

66960

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İLETKEN VE YALITKAN DAYKLARIN  
ANALOG DENEY TANKI VE SONLU ELEMAN YÖNTEMİ  
KULLANARAK MODELLENMESİ

Jeofizik Müh. Fatih KAZANCI

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

" Jeofizik Yüksek Mühendisi"

Ünvanı Verilmesi için Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19.12.1996

Tezin Savunma Tarihi : 03.02.1997

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nart COŞKUN

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Kenan GELİŞLİ

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hasan ÇAVŞAK

Enstitü Müdürü : Doç. Dr. Asım KADIOĞLU

Ocak 1997

TRABZON

TC. YÜREKİTİM VE GELİŞİM BAKANLIĞI  
DOKÜMANİZYON MERKEZİ

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı'nda yapılmıştır.

Analog deney tankı ve sonlu eleman yöntemi kullanılarak düşey, eğik, iletken ve yalıtkan dayk türü yapıların, elektrik özdirenç modellemelerinin yapıldığı bu çalışma-nın arazi verilerini yorumlamada fayda sağlayacağına inanıyorum.

Danışmanlığımı üstlenen ve karşılaştığım her türlü zorlukta maddi ve manevi her türlü desteği ve katkısını gördüğüm hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Nart COŞKUN' a teşekkür ederim. Ayrıca her zaman dostluklarıyla bana destek olan arkadaşlarım Arş. Gör. Hakan KARSLI, Arş. Gör. Y. Arif KUTLU ve bölümdeki diğer hoca ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Başlangıçtan bugüne gelmemi sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

Trabzon, Ocak 1997

Fatih KAZANCI

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	V
SUMMARY .....	VI
ŞEKİL LİSTESİ .....	VII
TABLO LİSTESİ .....	XIII
SEMBOL LİSTESİ .....	XIV
<b>1. GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>1</b>
1.1. Elektrik Özdirenç Teorisine Giriş .....	1
1.2. Homojen Ortamda Potansiyel .....	1
1.3. Elektrot Dizilimleri .....	7
1.4. Jeofizikte Modelleme .....	10
1.5. Analog Modelleme Yöntemi .....	12
1.6. Analitik Modelleme (Görüntü) Yöntemi .....	12
1.7. Sayısal Modelleme Yöntemleri .....	14
1.7.1. Temel Elektrik Eşitlikleri .....	14
1.7.2. Sayısal Modelleme .....	18
1.7.3. Sonlu Fark Yöntemi .....	20
1.7.4. Ağ Yöntemi .....	22
1.7.5. Sonlu Eleman Yöntemi .....	26
1.7.5.1. Sonlu Eleman Yönteminin Gelişimi, Jeofizikteki Uygulamaları, Avantaj ve Dezavantajları .....	26
1.7.5.2. Sonlu Eleman Yönteminde Adımlar .....	27
1.7.5.3. Eleman ve Sistem Eşitliklerinin Elde Edilmesi .....	28
1.7.5.4. Sınır Şartları .....	33
1.7.5.5. Deneme Fonksiyonları .....	35
1.7.5.6. Sonlu Eleman Yönteminde Kullanılan Ağ Dizaynı .....	38
<b>2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>40</b>
2.1. Fiziksel Model Çalışmalar (Analog Tank ile Modelleme) ve Elektrik Özdirenç Yönteminde Kullanılması .....	40
2.1.2. Giriş .....	40
2.1.3. Analog Modelleme Yönteminin Gelişimi ve Jeofizikteki Uygulamaları .....	41
2.1.4. Model Deney Tankı .....	42
2.1.5. Deney Tankında Ölçü Alma Tekniği .....	44

2.1.6.	Kullanılan Dizilimler .....	45
2.1.7.	Kullanılan Modeller .....	46
2.1.8.	Yapılan Ölçümler .....	47
2.1.9.	Andıran-Kesitlerin Hazırlanması .....	47
2.1.10.	Kullanılan Deney Tankının Avantaj ve Dezavantajları .....	47
2.2.	Dipol-Dipol Elektrik Özdirenç Verilerinin Andıran-Kesit Konturları Şeklinde Temsil Edilmesi .....	48
2.3.	Çeşitli Modelleme Yöntemleriyle Bir Karşılaştırma .....	50
2.4.	Düşey ve Eğik Dayklar İçin Yapılan Çalışmalarla Bir Karşılaştırma .....	56
2.5.	Sayısal Modelleme Yöntemiyle Elde Edilen Andıran-Kesitler .....	64
2.6.	Analog Modelleme Yöntemiyle Elde Edilen Andıran-Kesitler .....	73
2.7.	Sayısal Modelleme Yöntemiyle Elde Edilen $n=2$ Anomalileri .....	100
2.8.	Analog Modelleme Yöntemiyle Elde Edilen $n=2$ Anomalileri .....	109
<b>3.</b>	<b>BULGULAR</b> .....	<b>136</b>
3.1.	Giriş .....	136
3.2.	Sayısal Modelleme ile İlgili Bulgular .....	136
3.2.1.	Yatay Sondaj İçin Dipol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular .....	136
3.2.2.	Sondaj-Profil İçin Dipol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular .....	137
3.3.	Analog Modelleme ile İlgili Bulgular .....	138
3.3.1.	Yatay Sondaj İçin Dipol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular .....	138
3.3.2.	Yatay Sondaj İçin Pol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular .....	139
3.3.3.	Yatay Sondaj İçin Gradyent Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular .....	139
3.3.4.	Sondaj-Profil İçin Dipol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular .....	140
3.3.5.	Sondaj-Profil İçin Pol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular .....	141
3.3.6.	Sondaj-Profil İçin Gradyent Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular .....	143
3.4.	Dipol-Dipol Elektrik Özdirenç Verilerinin Andıran-Kesit Konturları Şeklinde Temsil Edilmesi ile İlgili Bulgular .....	144
<b>4.</b>	<b>İRDELEME</b> .....	<b>146</b>
<b>5.</b>	<b>SONUÇLAR</b> .....	<b>149</b>
<b>6.</b>	<b>ÖNERİLER</b> .....	<b>152</b>
<b>7.</b>	<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>153</b>
<b>8.</b>	<b>EKLER</b> .....	<b>158</b>
<b>9.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>240</b>



T. C.  
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
TRABZON

SAYI :

B.30.2.KTÜ.0.C1.00.00/350-271

26 1 2 1 99 7

KONU :

Tezler hk.

YÖK DÖKÜMANTASYON MERKEZİ BAŞKANLIĞINA

Enstitümüz yüksek lisans programlarından mezun olan öğrencilerin adları ve tez konuları aşağıda belirtilmiştir. Tezlerden birer adet ekte sunulmuştur.

Bilgilerinize arz ederim.

Eki : 5 tez

Doç.Dr. Asım KADIOĞLU  
Enstitü Müdürü

Adı, soyadı ve anabilim dalı

Tezin adı

1. Mustafa ATASOY  
Jeodezi ve Fot.Müh.

İmar Uygulamalarına İlişkin Hukuki Kararların  
İrdelenmesi.

2. Mehmet ALKAN  
Jeodezi ve Fot.Müh.

Otoyollarda Mühendislik Ölçmeleri.

3. Fatih KAZANCI  
Jeofizik Müh.

İletken ve Yalıtkan Daykların Analog Deney Tankı ve  
Sonlu Eleman Yöntemi Kullanarak Moedellenmesi.

4. Emin BACAKSIZ  
Fizik

Bakır Difüzyonunun CuGaSe<sub>2</sub>-GaLas Güneş Pillerinin  
Karakteristiklerine Etkisi.

5. Mustafa YILMAZLAR  
Fizik

Elektrodifüzyon Yoluyla Ag Katkısının  
Bi<sub>1.6</sub>Pb<sub>0.4</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2.3</sub>Cu<sub>3.3</sub>O<sub>10</sub>(2223) Süperiletkenlerin  
Yapısal Özellikleri Üzerine Etkisi.

DAĞITIM :

- KTÜ Kütüphane ve Dök.Daire Bşk.lığına,
- İlgili Anabilim Dalı Başkanlıklarına,
- Yükseköğretim Kurulu Dök. Merkezi Başkanlığına
- Öğrenci Danışmanlarına.

## ÖZET

Elektrik özdirenç yönteminde, sondaj ve yatay profilde araştırma derinliği, yatay yapıların ayrımlılığı ve derinliğe duyarlılık, gömülü yapılara veya yüzeydeki yapılara duyarlılık gibi özelliklerin çeşitli dizilimlerle karşılaştırmalı olarak incelenmesi, arazi verilerinin yorumu için gerekli olup, bu konularda çalışmalar yapılması gerekmektedir. Analog tank ile modelleme çalışmaları laboratuvar koşullarında her türlü dizilimin kullanılmasına ve istenen yapının modellenmesine imkan verir. Bu sayede arazide elde edilen verilerin karşılaştırmalı yorumu yapılabilir. Bu tezde diğer analitik ve sayısal modelleme yöntemlerine de ayrıntılı olarak yer verilmiştir. Sayısal yöntemlerden; sonlu eleman yöntemi, önemi gün geçtikçe artan, karmaşık şekilli yapıları modellemede kullanılan bir yöntemdir.

Kullanılan analog deney tankı, bu çalışma için dizayn edilerek inşa edilmiştir. Bu tankta iletken ve yalıtkan dayk şekilli yapıların verdikleri tepkiler andıran-kesit olarak hazırlandı. Modellenen cisimler, plexiglass ve alüminyumdan yapılmış olup, tank içerisine çift olarak yerleştirilmiştir. Hedefler, birbirlerinden uzaklaştırılarak ve eğimleri artırılarak üzerlerinde ölçümler alınmıştır.

Bu çalışmada, analog deney tankında dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimleri kullanılarak andıran-kesitler hazırlandı. Ayrıca dipol-dipol dizilimi için analog yöntem ve sonlu eleman yöntemiyle elde edilen andıran kesitler ve bu kesitlerden elde edilen  $n=2$  anomalileri detaylı olarak karşılaştırıldı. Sonlu eleman yöntemini kullanan bilgisayar programı Rijo tarafından yazılmıştır. Ek olarak analog deney tankında elde edilen dipol-dipol verileri filtre işleminden geçirildi.

Elde edilen andıran kesitler ve  $n=2$  anomalileri; tepki genliği, eğim artışıyla ulaşılan tepki genliği, yapının eğimine duyarlılık, yanal ayrımlılık, yapının gerçek lokasyonu ve yapıya şekilsel benzerlik gibi kriterler dikkate alınarak yorumlanmış ve dizilimlerin birbirlerine göre üstünlükleri saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Elektrik Özdirenç, Analog Modelleme, Sonlu Eleman Yöntemi, Andıran-Kesit, Dayk.

## SUMMARY

The Modeling of Conductive and Resistive Dikes Using The Analogue Experiment Tank and The Finite Element Method.

Exploration depth of horizontal profiling and sounding, resolution of lateral structures and the sensitivity to depth, resolution of buried or near surface structures in electrical resistivity method has to be explored comparatively by use of different arrays. Interpretation of field data can be better performed in this way and more research has to be worked out on these issues. Modeling works with analogue tank enable to use several kinds of arrays in laboratory. Therefore, it is possible to make comparative interpretation of field data. In this thesis it is given place to be in detail also other analytical and numerical modeling methods. Complex bodies are modeled by numerical methods such as the finite element method.

Analogue experiment tank used is designed for this thesis. Anomalies from conductive and resistive dikes are constructed as pseudo-sections. Modeled targets are made of plexiglas and aluminium. These targets are placed in pairs in the tank. Measurements are made by increasing the distance between targets and their slopes.

The pseudo-sections are prepared for dipole-dipole, pole-dipole and gradient arrays, in the analogue experiment tank. In addition, using analogue method and the finite element method, pseudo-sections are prepared and  $n=2$  anomalies are compared in detail. The computer program using the finite element method has been written by Rijo.

Dipole-dipole data prepared in analogue experiment tank was filtered.

Anomaly amplitudes, anomaly amplitude obtained with slope increase, sensitivity to slope, lateral resolution, real location of body and similarity of the pseudo-sections to the shape of body and for  $n=2$  anomalies are interpreted. Advantages of arrays has been determined. In addition other numerical methods and field data are compared and therefore is tested accuracy and validity of using the analogue experiment tank.

**Key Words:** Electrical Resistivity, Analogue Modeling, The Finite Element Method, Pseudo-Section, Dike.

## ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1. Derinde tek akım elektrodunun oluşturduğu akım ve potansiyel çizgileri.
- Şekil 2. Yüzeyde tek akım elektrodunun homojen ortamda oluşturduğu akım ve potansiyel çizgileri.
- Şekil 3. Yüzeyde iki akım elektrodunun homojen ortamda oluşturduğu akım ve potansiyel çizgileri.
- Şekil 4.  $\rho$  öz direncine sahip bir yeraltı üzerinde iki akım ve iki potansiyel elektrodu.
- Şekil 5. İletken bir kütle için akım ve potansiyel çizgilerine etkisi.
- Şekil 6. Yalıtkan bir kütle için akım ve potansiyel çizgilerine etkisi.
- Şekil 7. Gradyent diziliminin gösterimi.
- Şekil 8. Pol-dipol diziliminin gösterimi.
- Şekil 9. Dipol-dipol diziliminin gösterimi.
- Şekil 10. Jeofizikte düz (forward) problem çözümü.
- Şekil 11. Görüntü yönteminin şekilsel gösterimi.
- Şekil 12. Terminolojide kullanılan genel yeraltı ağı.
- Şekil 13. Genel sonlu fark gridi.
- Şekil 14. Yeraltını canlandıran direnç ağını gösteren program.
- Şekil 15. Genel ağ gridi.
- Şekil 16. Efektif paralel grid.
- Şekil 17. Eleman matrislerinden sistem matrisinin nasıl elde edildiğini gösteren basit eleman sistemi.
- Şekil 18. Üçgensel ve lagrange dörtgensel elemanların lineer, kuadratik ve kübik şekilleri.
- Şekil 19. Yeraltını modellemede kullanılan SEY ağı.
- Şekil 20. Deneylerde kullanılan model deney tankının görünümü.
- Şekil 21. Analog deney tankında kullanılan aletlerin bağlantılarının gösterimi.
- Şekil 22. Gradyent dizilimi ile ölçü alınan noktalar.
- Şekil 23. Dipol-dipol dizilimi ile ölçü alınan noktalar.
- Şekil 24. Pol-dipol dizilimi ile ölçü alınan noktalar.
- Şekil 25. Filtreleme işlemi.
- Şekil 26. Standart test modeli ve ona ait görünür öz direnç andıran-kesiti.
- Şekil 27. Alfa merkez yöntemi kullanarak prizmatik bir modelin inversiyon sonucu
- Şekil 28. Aynı öz direnç kesiti için ağ çözüm yöntemi ve sonlu eleman yöntemi kullanılarak hesaplanmış dipol-dipol görünür öz direnç andıran-kesitleri.
- Şekil 29. Aynı yeraltı kesiti için yüzey integral yaklaşımı ve analog tank modelinin karşılaştırılması.
- Şekil 30. Lake, Chibogamau, Quebec' te yapılan bir arazi çalışması.
- Şekil 31. Dipol-dipol dizilimi kullanarak bitişik iki düşey iletken dayk için alınan andıran-kesitler.
- Şekil 32. Dipol-dipol dizilimi kullanarak iletken düşey dayk için elde edilen andıran-kesitler.
- Şekil 33. Pol-dipol dizilimi kullanılarak iletken düşey dayk için elde edilen andıran-kesitler.
- Şekil 34. Gradyent dizilimi kullanılarak iletken düşey dayk için elde edilen profiller.
- Şekil 35. Dipol-dipol dizilimi kullanarak iletken eğik dayk için elde edilen andıran-kesitler.
- Şekil 36. Pol-dipol dizilimi kullanarak iletken eğik dayk için elde edilen andıran-kesitler.



- Şekil 37. Gradyent dizilimi kullanarak iletken eğik dayk için elde edilen profiller.
- Şekil 38. Dipol-dipol dizilimi kullanarak iki adet iletken eğik dayk için elde edilen andıran-kesitler.
- Şekil 39. Pol-dipol dizilimi kullanarak iki adet iletken eğik dayk için elde edilen andıran-kesitler.
- Şekil 40. Gradyent dizilimi kullanarak iki adet iletken eğik dayk için elde edilen profiller.
- Şekil 41. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.
- Şekil 42. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.
- Şekil 43. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.
- Şekil 44. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların andıran-kesitleri.
- Şekil 45. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların andıran-kesitleri.
- Şekil 46. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların andıran-kesitleri.
- Şekil 47. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların andıran-kesitleri.
- Şekil 48. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların andıran-kesitleri.
- Şekil 49. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların andıran-kesitleri.
- Şekil 50. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın dipol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 51. Analog tankta, iletken iki düşey daykın dipol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 52. Analog tankta, biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın dipol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 53. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 54. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 55. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 56. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 57. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 58. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 59. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın pol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 60. Analog tankta, iletken iki düşey daykın pol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 61. Analog tankta, biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın pol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

- Şekil 62. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların pol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 63. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların pol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 64. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların pol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 65. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların pol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 66. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların pol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 67. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların pol-dipol dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 68. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın gradyent dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 69. Analog tankta, iletken iki düşey daykın gradyent dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 70. Analog tankta, biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın gradyent dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 71. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların gradyent dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 72. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların gradyent dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 73. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların gradyent dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 74. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların gradyent dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 75. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların gradyent dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 76. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların gradyent dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.
- Şekil 77. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan yalıtkan iki düşey daykın  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 78. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan iletken iki düşey daykın  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 79. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 80. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 81. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 82. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 83. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 84. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 85. SEY ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 86. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın dipol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

- Şekil 87. Analog tankta, iletken iki düşey daykın dipol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 88. Analog tankta, biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın dipol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 89. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 90. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 91. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 92. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 93. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 94. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların dipol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 95. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın pol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 96. Analog tankta, iletken iki düşey daykın pol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 97. Analog tankta, biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın pol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 98. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların pol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 99. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların pol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 100. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların pol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 101. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların pol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 102. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların pol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 103. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların pol-dipol dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 104. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın gradyent dizilimi ile alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 105. Analog tankta, iletken iki düşey daykın gradyent dizilimi ile alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 106. Analog tankta, biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın gradyent dizilimi ile alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 107. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların gradyent dizilimi ile alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 108. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların gradyent dizilimi ile alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 109. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların gradyent dizilimi ile alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 110. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların gradyent dizilimi ile alınan  $n=2$  anomalileri.
- Şekil 111. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların gradyent dizilimi ile alınan  $n=2$  anomalileri.

Şekil 112. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan dayk-  
ların gradyent dizilimi ile alınan  $n=2$  anomalileri.

- Ek Şekil 1. Birbirine bitişik yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 2. 1 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 3. 2 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 4. 3 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 5. 4 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 6. 5 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 7. 6 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 8. 7 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 9. 8 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 10. Birbirine bitişik 30 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 11. Birbirine bitişik 45 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 12. Birbirine bitişik 60 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 13. 2 birim aralıklı 30 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 14. 2 birim aralıklı 45 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 15. 2 birim aralıklı 60 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 16. 4 birim aralıklı 30 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 17. 4 birim aralıklı 45 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 18. 4 birim aralıklı 60 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 19. 6 birim aralıklı 30 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 20. 6 birim aralıklı 45 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 21. 6 birim aralıklı 60 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 22. Birbirine bitişik iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 23. 1 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 24. 2 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 25. 3 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 26. 4 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 27. 5 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 28. 6 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 29. 7 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 30. 8 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 31. Birbirine bitişik 30 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 32. Birbirine bitişik 45 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 33. Birbirine bitişik 60 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 34. 2 birim aralıklı 30 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 35. 2 birim aralıklı 45 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 36. 2 birim aralıklı 60 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 37. 4 birim aralıklı 30 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 38. 4 birim aralıklı 45 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 39. 4 birim aralıklı 60 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 40. 6 birim aralıklı 30 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 41. 6 birim aralıklı 45 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 42. 6 birim aralıklı 60 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.  
Ek Şekil 43. Birbirine bitişik biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran kesitleri.  
Ek Şekil 44. 1 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran kesitleri.  
Ek Şekil 45. 2 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran kesitleri.  
Ek Şekil 46. 3 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran kesitleri.  
Ek Şekil 47. 4 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran kesitleri.

- Ek Şekil 48. 5 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran kesitleri.
- Ek Şekil 49. 6 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran kesitleri.
- Ek Şekil 50. 7 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran kesitleri.
- Ek Şekil 51. 8 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran kesitleri.
- Ek Şekil 52. Birbirine bitişik 30 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 53. Birbirine bitişik 45 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 54. Birbirine bitişik 60 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 55. 2 birim aralıklı 30 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 56. 2 birim aralıklı 45 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 57. 2 birim aralıklı 60 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 58. 4 birim aralıklı 30 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 59. 4 birim aralıklı 45 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 60. 4 birim aralıklı 60 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 61. 6 birim aralıklı 30 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 62. 6 birim aralıklı 45 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 63. 6 birim aralıklı 60 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.
- Ek Şekil 64. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle yalıtkan dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin filtrelenmiş durumları.
- Ek Şekil 65. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle bir iletken bir yalıtkan dayk üzerinde alınan andıran-kesitlerin filtrelenmiş durumları.
- Ek Şekil 66. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle iletken dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin filtrelenmiş durumları.
- Ek Şekil 67. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle birbirine bitişik ve 2 br. aralıklı, yalıtkan, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin filtrelenmiş durumları.
- Ek Şekil 68. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle birbirine bitişik ve 2 br. aralıklı, biri iletken diğeri yalıtkan, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin filtrelenmiş durumları.
- Ek Şekil 69. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle birbirine bitişik ve 2 br. aralıklı, iletken, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin filtrelenmiş durumları.
- Ek Şekil 70. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle 4 ve 6 br. aralıklı, yalıtkan, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin filtrelenmiş durumları.
- Ek Şekil 71. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle 4 ve 6 br. aralıklı, biri iletken diğeri yalıtkan, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin filtrelenmiş durumları.
- Ek Şekil 72. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle 4 ve 6 br. aralıklı, iletken, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin filtrelenmiş durumları.

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Yapılan yorum sonucunda dizimlerin birbirleriyle karşılaştırılması ve çeşitli özelliklere göre incelenmesi.



## SEMBOL LİSTESİ

<b>J</b>	Akım yoğunluğu.
$\sigma$	Ortamın iletkenliği.
<b>E</b>	Elektrik alan.
$\nabla V$	Potansiyel gradyenti.
$\nabla J$	Akım yoğunluğu diverjansı.
<b>r</b>	Akım elektrodundan olan uzaklık.
<b>A, B</b>	Sabitler.
<b>I</b>	Akım.
$\rho$	Özdirenç.
$\Delta V$	Potansiyel fark.
<b>G</b>	Geometrik faktör.
<b>L</b>	Akım elektrotları arası mesafenin yarısı (gradyent).
<b>l</b>	Potansiyel elektrotları arası mesafenin yarısı (gradyent).
<b>x</b>	Potansiyel elektrot çiftinin merkezden olan uzaklığı (gradyent).
<b>a</b>	Potansiyel elektrotları arası mesafe (dipol-dipol ve pol-dipol).
<b>P<sub>1</sub></b>	Birinci potansiyel elektrodu.
<b>P<sub>2</sub></b>	İkinci potansiyel elektrodu.
<b>C<sub>1</sub></b>	Birinci akım elektrodu.
<b>C<sub>2</sub></b>	İkinci akım elektrodu.
<b>n</b>	Dizilim faktörü.
<b>P</b>	Birinci ortamdaki potansiyel.
<b>P'</b>	İkinci ortamdaki potansiyel.
<b>C<sub>1</sub>'</b>	Akım elektrodunun imajı.
<b>k</b>	Yansıma katsayısı (görüntü yöntemi).
$\delta(x - x_e)$	x boyutunda dirac delta fonksiyonu.
$\delta(y - y_e)$	y boyutunda dirac delta fonksiyonu.
$\delta(z - z_e)$	z boyutunda dirac delta fonksiyonu.
<b>V(x,y,z)</b>	Potansiyel.
$\tilde{V}(x, k, z)$	Dönüştürülmüş potansiyel.
<b>k</b>	Dönüşüm değişkeni (sonlu eleman yöntemi).
<b>C</b>	2B ve 3B için ağın düğüm geometrisini içeren matris.
$\tilde{C}$	2½B için ağın düğüm geometrisini içeren matris.
<b>V</b>	2B ve 3B için ağ üzerindeki düğüm noktalarının potansiyeli.
$\tilde{V}$	2½B için ağ üzerindeki düğüm noktalarının potansiyeli.
<b>f</b>	Yeraltına uygulanan akımlarla ilgili bilgi içeren vektör.
$\partial x$	x-doğrultusunda değişim.

$\partial z$	z-doğrultusunda değişim.
$\tilde{V}$	Düğüm noktaları potansiyeli (sonlu fark yöntemi).
R	Direnç.
$\Lambda(x, k, z)$	Deneme çözümü için yaklaşık dönüştürülmüş potansiyel.
$\phi_j(x, z)$	Deneme fonksiyonu.
$a_j$	Serbestlik derecesi.
$R(x, k, z; a)$	Galerkin yönteminde artık bileşen.
$n_x$	Dış normalin x parçası.
$n_z$	Dış normalin z parçası.
$\xi_n$	İç birim normal olan n doğrultusunda akım yoğunluğu fonksiyonu.
$\xi_{-n}$	Dış birim normal olan n doğrultusunda akım yoğunluğu fonksiyonu.
$S_{ij}$	Katsayı matrisi terimleri.
$a_i$	Ağ üzerindeki düğüm noktaları potansiyeli.
$P_i$	Yük matrisi terimleri.
$\Delta$	Üçgensel elemanın alanı.
$\psi_1^{l,m,n}$	Saha koordinatı.



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Elektrik Özdirenç Teorisine Giriş

Yere verilecek yapay bir akımdan (I) elde edilen alanın potansiyelini ( $\Delta V$ ) ölçmekle yeraltının özdirenci ( $\rho$ ) adı verilen bir parametreyi hesaplayabiliriz. I ve  $\Delta V$  yi ölçtükten sonra hesaplanacak olan  $\rho$ , yeraltı homojen ise gerçek, heterojense görünür özdirenç eşit olacaktır. Elektrotlar arasındaki uzaklığı değiştirmekle ölçülecek çeşitli görünür özdirenç değerlerinden, yatay ya da az çok yatay olan yeraltı tabakalarının kalınlığı ve özdirençleri hesaplanabilir.

Elektrik özdirenç yöntemlerinde akımın etkin bir şekilde nüfuz edebileceği derinlik, elektrotlar arasındaki uzaklığa, yeraltındaki tabakaların bağül kalınlığına ya da yeraltı cisimlerinin şekillerine, büyüklüklerine ve özdirençlerine bağlıdır.

### 1.2. Homojen Ortamda Potansiyel

Homojen ve izotrop olan bir ortamda sürekli olan bir akımı dikkate alalım.  $\delta A$  yüzeyin bir elemanı ve  $J$  akım yoğunluğudur ( $\text{amper}/\text{m}^2$ ). Akım  $\delta A$  içinden geçtiği zaman  $J \cdot \delta A$  olur. Ohm kanunu; akım yoğunluğu  $J$  ve elektrik alan  $E$  ile ilişkilidir.

Ohm kanunu;

$$J = \sigma E \quad (1)$$

$E$ ; elektrik alan ( $\text{V}/\text{m}$ ).

$\sigma$ ; ortamın iletkenliği ( $\Omega^{-1}/\text{m}$ )

Elektrik alan, skaler potansiyelin gradyentidir.

$$E = -\nabla V \quad (2)$$

Böylece;

$$J = -\sigma \cdot \nabla V \quad (3)$$

Akım yoğunluğunun diverjansı;

$$\nabla J = -\nabla \cdot (\sigma \cdot \nabla V) \quad (4)$$

Homojen bir ortamda  $\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$  dir.

$$\nabla \cdot (\sigma \nabla V) = 0 \quad (5)$$

Daha açık şekilde yazılırsa;

$$\nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \nabla^2 V = 0 \quad (6)$$

Eğer  $\sigma$  her tarafta sabitse, diverjansı sıfır olacaktır.

Laplace eşitliğine göre;

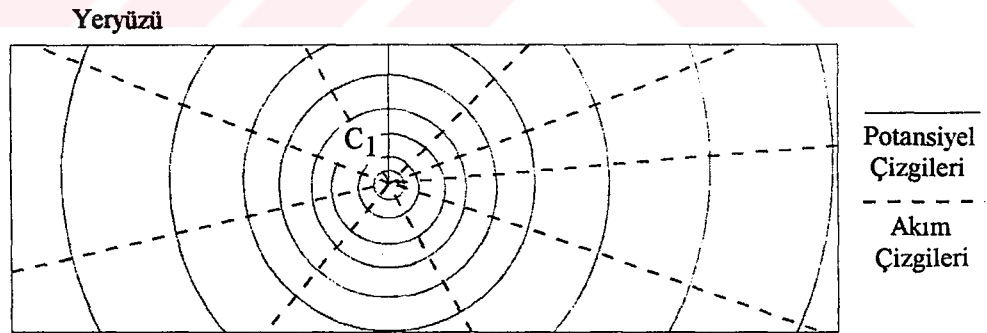
$$\nabla^2 V = 0 \quad (7)$$

elde edilir.

*Derinde Tek Akım Elektrodu;*

Homojen, izotrop bir ortamda gömülü olan bir elektrot düşünelim (şekil 1). Akım akışı yüzeydeki diğer bir elektrotla tamamlanır. Yüzeydeki bu elektrot etkisinin az olması için yeterince uzaktadır.

Sistemin simetrisinden dolayı, potansiyel sadece  $r$  nin bir fonksiyonu olacaktır.  $r$ ; ilk elektrottan olan uzaklıktır.



Şekil 1. Derinde tek akım elektrodunun homojen ortamda oluşturduğu akım ve potansiyel çizgileri.

Bu durumda Laplace denklemi, küresel koordinatlarda,

$$\nabla^2 V = \frac{d^2 V}{dr^2} + \left(\frac{2}{r}\right) \frac{dV}{dr} = 0 \quad (8)$$

Şeklinde ifade edilir. Bu eşitliği  $r^2$  ile çarpıp integre edersek;

$$\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \quad (9)$$

Tekrar integre ettiğimizde;

$$V = -\frac{A}{r} + B \quad (10)$$

$r \rightarrow \infty$  ise  $V=0$  dır. Dolayısıyla  $B=0$  alabiliriz.

Akım akışı, nokta elektrottan tüm yönlere radyal olarak dışa doğrudur. Böylece bir küre yüzeyindeki toplam akım;

$$I = 4\pi r^2 J = -4\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -4\pi r^2 \sigma \frac{A}{r^2} = -4\pi \sigma A \quad (11)$$

Böylece;

$$A = -\frac{I}{4\pi\sigma} = -\frac{I\rho}{4\pi} \quad (12)$$

(10) da yerine yazarsak;

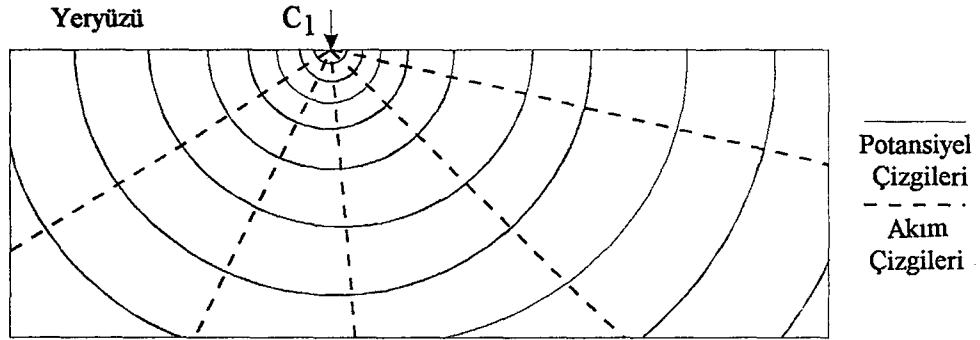
$$V = \frac{I\rho}{4\pi r} \quad \text{veya} \quad \rho = \frac{4\pi r V}{I} \quad (13)$$

Eşpotansiyel çizgileri her yerde akım çizgilerine diktir.

*Yüzeyde Tek Akım Elektrodu;*

Eğer I akımını veren nokta elektrot homojen, izotrop ortamın yüzeyinde ve üzerindeki hava sıfır iletkenliğe sahip ise buna tek elektrot sistemi adı verilir (şekil 2). Diğer akım elektrodu yeterince uzağa konulur. Simetri nedeniyle Laplace denklemi küresel koordinatlara uygulanabilir.

Çözüm yine eşitlik (10)' u ( $B=0$  için) verir.



Şekil 2. Yüzeyde tek akım elektrodunun homojen ortamda oluşturduğu akım ve potansiyel çizgileri.

Yüzeyde sınır şartları;

$$z=0 \text{ da, } E_z = \frac{dV}{dz} = 0 \quad (\sigma_{hava} = 0) \quad (14)$$

$$z=0 \text{ da, } \frac{\partial V}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left( -\frac{A}{r} \right) = -\frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{A}{r} \right) \left( \frac{\partial r}{\partial z} \right) = \frac{Az}{r^3} = 0 \quad (15)$$

Akımın tümü şimdi yeraltında yarı küresel bir yüzeyde akar.

$$A = -\frac{I \rho}{2\pi} \quad (16)$$

Böylece;

$$V = \frac{I \rho}{2\pi r} \quad \text{veya} \quad \rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (17)$$

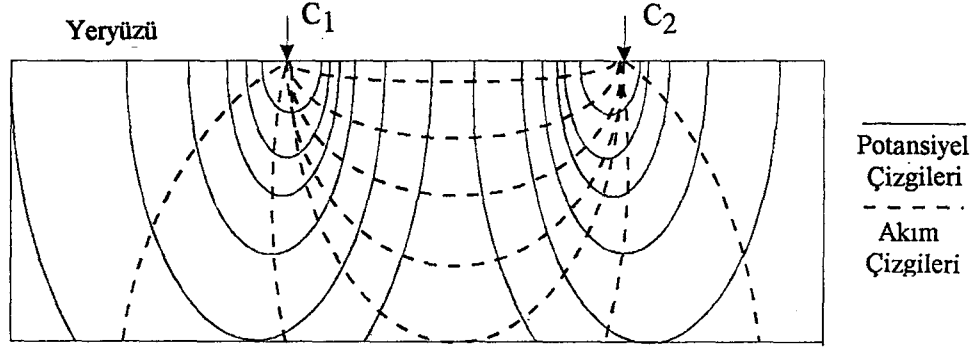
Eşpotansiyeller yeraltında yarıküresel yüzeylerdir.

*Yüzeyde İki Akım Elektrodu;*

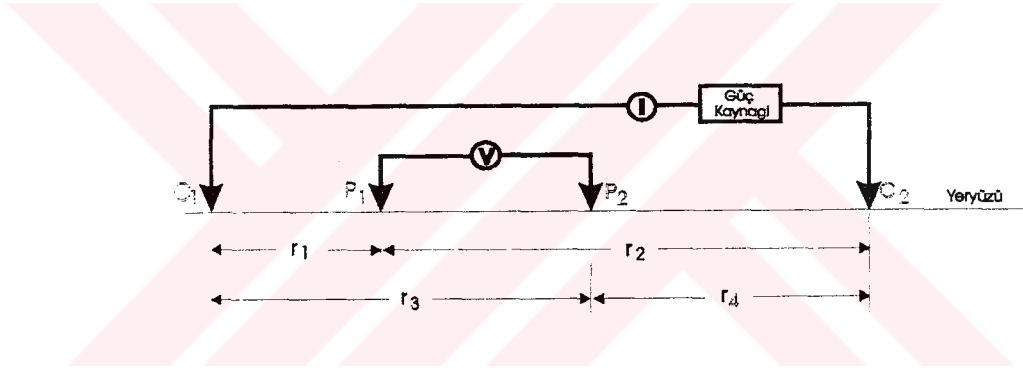
İki akım elektrodu arasındaki mesafe sonlu olduğu zaman (şekil 3), bunlara yakın olan potansiyel elektrotları her iki akım elektrodundan etkilenecektir (şekil 4).  $P_1$  noktasında  $C_1$  'e bağlı potansiyel;

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \quad A_1 = -\frac{I \rho}{2\pi} \quad (18)$$

ile verilir.



Şekil 3. Yüzeyde iki akım elektrodunun homojen ortamda oluşturduğu akım ve potansiyel çizgileri.



Şekil 4.  $\rho$  öz direncine sahip homojen izotrop bir yeraltı üzerinde iki akım ve iki potansiyel elektrodu.

Her iki elektrotta da akımların eşit olması nedeniyle,  $P_1$  noktasında  $C_2$  ye bağlı potansiyel;

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \quad A_2 = -\frac{I \rho}{2\pi} = -A_1 \quad (19)$$

Sonuçta;  $P_2$  'de de aynı durum söz konusu olacaktır.  $P_1$  ve  $P_2$  arasındaki potansiyel fark;

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \frac{I \rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (20)$$

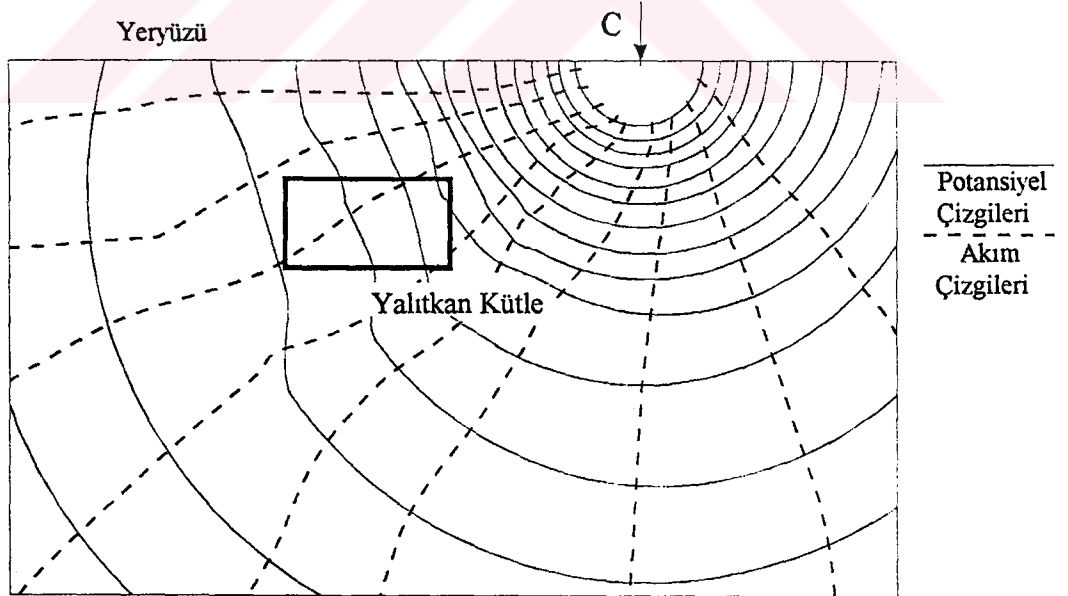
Özdirenç arazi ve analog tank çalışmalarında dört elektrotlu açılımlar bu formülle ifade edilir.

Eşitlik (20) yi düzenleyelim;

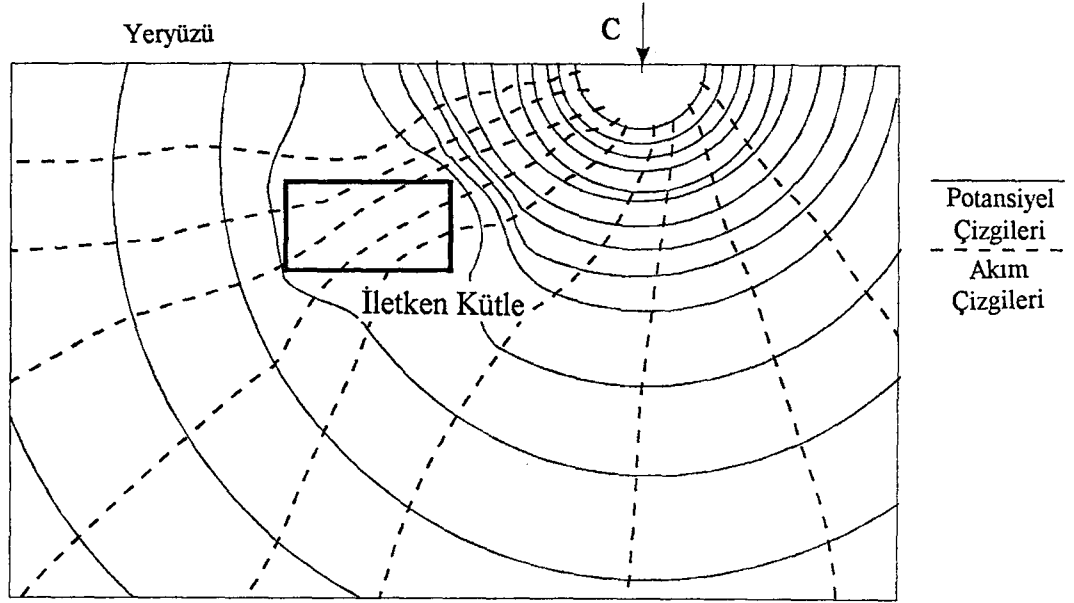
$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{I} \frac{1}{\left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}} = \left( 2\pi \frac{\Delta V}{I} \right) \cdot P \quad (21)$$

G: Geometrik faktör.

$\rho$  özdirenci ;  $\Delta V$  ve  $I$  nin ölçülmesi ve elektrot dizilimine bağlı olan  $G$  nin belirlenmesiyle hesaplanır. Elde edilen bu özdirenç değeri, yere uygulanan herhangi bir miktar akım ve herhangi bir elektrot diziliminde dahi aynı olacaktır. Fakat yer heterojense aynı dizilim kullanılsa dahi farklı bir özdirenç değeri elde edilir. Heterojen ortamı oluşturan iletken ve yalıtkan kütlelerin akım ve potansiyel çizgilerine etkisi şekil 5 ve 6' da görülmüyor.



Şekil 5. Yalıtkan bir kütlelin akım ve potansiyel çizgilerine etkisi.



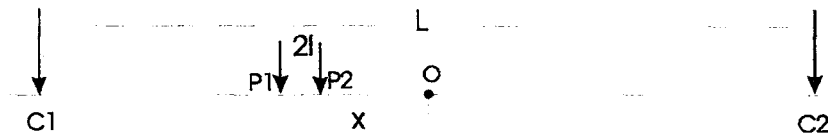
Şekil 6. İletken bir kütle için akım ve potansiyel çizgilerine etkisi.

### 1.3. Elektrot Dizilimleri

Elektrotların birbirlerine göre yeri ve aralarındaki uzaklık değişik şekillerde alınabilir. Genellikle akım ve potansiyel elektrotlarının bir noktaya göre simetrik olması hesapları kolaylaştırmak açısından faydalıdır. Akım elektrotlarının birbirine yakın olması, akımın fazla derine inmesini önler. Potansiyel elektrodu akım elektroduna yakın olunca da yeryüzüne yakın olan cisimlerin etkileri fazla olur. Bu nedenle eldeki problem ve ortama bağlı olarak dizilimlerden biri seçilebilir. Yaygın olarak kullanılan dizilimler Wenner, Schlumberger, gradyent, yarım Wenner, yarım Schlumberger, dipol-dipol ve pol-dipol olarak isimlendirilebilir.

Bu tezde gradyent, pol-dipol ve dipol-dipol dizilimleriyle andıran-kesitler (pseudo-sections) hazırlandığından bu dizilimlerin geometrisini ve formüllerini kısaca açıklayalım.

*Gradyent dizilimi;*



Şekil 7. Gradyent diziliminin gösterimi.

Gradyent diziliminde akım elektrotları potansiyel elektrotlarından oldukça uzaktır.

Şekil 7' den;

$$\begin{aligned} r_1 &= (L - x) - l \\ r_2 &= (L + x) + l \\ r_3 &= (L - x) + l \\ r_4 &= (L + x) - l \end{aligned} \quad (22)$$

Eşitlik (20) de bu ifadeler yerine yazılırsa;

$$\rho_a = \frac{2\pi \Delta V}{I} \left[ \left\{ \frac{1}{(L-x)-l} - \frac{1}{(L+x)+l} \right\} - \left\{ \frac{1}{(L-x)+l} - \frac{1}{(L+x)-l} \right\} \right]^{-1} \quad (23)$$

Eğer akım-potansiyel elektrodu arasındaki en küçük mesafe, iki potansiyel elektrodu arasındaki mesafeden oldukça büyük ise  $(L-x) \gg 3l$  olarak kabul edilerek şu eşitlik yazılabilir.

$$\rho_a \approx \frac{\pi (L^2 - x^2)^2}{2l (L^2 + x^2)} \left( \frac{\Delta V}{I} \right) \quad (24)$$

Gradyent dizilimi için bu formül geçerlidir.

Schlumberger dizilimi için dizilim simetrik kullanıldığından dolayı  $x=0$  alınabilir. Dolayısıyla;

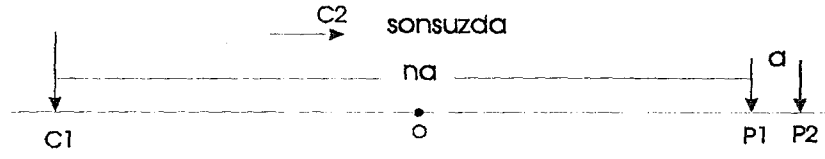
$$\rho_a \approx \frac{\pi L^2}{2l} \left( \frac{\Delta V}{I} \right) \quad (25)$$

Schlumberger diziliminde potansiyel elektrotları sabit kalmak şartıyla akım elektrotları merkezden simetrik olarak uzaklaştırılır. L değeri çok büyüdüğünde yani akım elektrotları oldukça geniş bir mesafeye açıldığında potansiyel değerini okuyabilmek için  $l$  mesafesi artırılmalıdır.

Yatay profilde (gradyent) akım elektrotları geniş bir mesafeye açıldıktan sonra bunların 1/3 ü arasında (L/3) potansiyel elektrot çifti hareket ettirilir. Görünür öz direnç değerleri potansiyel elektrot çiftinin orta noktasına yazılır. Bu dizilim gradyent dizilimi olarak da adlandırılır.



*Pol-Dipol dizilimi;*



Şekil 8. Pol-dipol diziliminin gösterimi.

Bu dizilimde akım elektrotlarından biri diğer üçünden oldukça uzak bir noktaya yerleştirilir. Bu üç elektrot arasındaki mesafe farklı olabilir.

Burada;

$$r_1 = na$$

$$r_2 = \infty$$

$$r_3 = a + na$$

$$r_4 = \infty$$

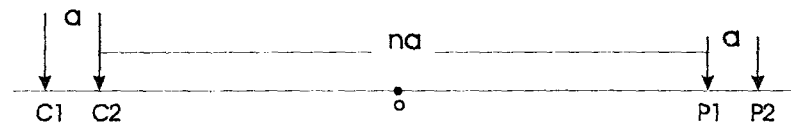
(26)

Bunları (20) de yerine yazalım.

$$\rho_a = \frac{2\pi \Delta V}{I} \left[ \left\{ \frac{1}{na} - \frac{1}{\infty} \right\} - \left\{ \frac{1}{a+na} - \frac{1}{\infty} \right\} \right]^{-1} \quad (27)$$

$$\rho_a = 2\pi an(n+1) \left( \frac{\Delta V}{I} \right) \quad (28)$$

*Dipol-Dipol dizilimi;*



Şekil 9. Dipol-dipol diziliminin gösterimi.

Bu dizilimde; potansiyel elektrot çifti akım elektrot çiftinden ayrı ve uzaktadır.

Bu dizilimde;

$$\begin{aligned}
 r_1 &= a + na \\
 r_2 &= na \\
 r_3 &= 2a + na \\
 r_4 &= a + na
 \end{aligned}
 \tag{29}$$

Böylece;

$$\rho_a = \frac{2\pi \Delta V}{I} \left[ \left\{ \frac{1}{a+na} - \frac{1}{na} \right\} - \left\{ \frac{1}{2a+na} - \frac{1}{a+na} \right\} \right]^{-1}
 \tag{30}$$

$$\rho_a = \pi an(n+1)(n+2) \left( \frac{\Delta V}{I} \right)
 \tag{31}$$

elde edilir (Telford ve diğ.[1]).

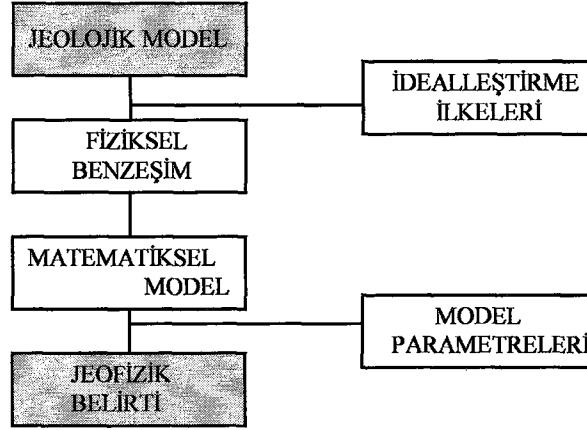
#### 1.4. Jeofizikte Modelleme

Jeofizik problemlerinin çözümünde genel amaç, yeriçini ya da bir jeofizik belirtiyeye neden olan kaynağı modellemeye çalışmaktır. Bu yönü ile jeofizik algıladığı ya da incelediğı sinyal aracılığı ile yeryuvarıyla bir iletişim içindedir.

Jeofizik modellemede problemin çözümü iki yönlüdür. Bunlardan birincisi "model tepkisi" olarakta isimlendirilebilir. Bu çözüm yönteminde, jeolojik bir modelin vereceğı jeofizik belirti hesaplanmaya çalışılır. Bu yaklaşım düz (forward) problem çözümü olarak bilinir. İkinci yaklaşım ise bunun tersi olan yaklaşımdır. Burada jeofizik belirtiden yola çıkarak jeolojik modelin parametreleri bulunmaya çalışılır.

Modelleme bir anlamda parametre saptama işlemidir. Parametreler modeli belirleyen büyüklüklerdir. Parametrelerin saptanabilmesi için verinin tanımsal nitelikte olması gerekir. Yani veriler; matematiksel bir bağıntıyla tanımlanabilen, deneylerle yinelenen, önekestirilebilen ve parametreleri saptanabilen verilerdir. Gerçekte tam anlamıyla tanımsal bir gözlemsel veri bulabilmek zordur; çünkü tüm gözlemsel veriler belirli ölçüler içinde, değişik kökenli rasgele bileşenleri içerirler. Bunlar genel olarak gürültü olarak adlandırılır.

Jeolojik bir taslaktan yola çıkarak jeofizik belirtiyeye ulaşma biçimindeki düz problem çözümünün ayrıntıları şekil 10' da görüldüğü gibi açıklanabilir. Bu yolla problem çözümünün ilk aşaması, jeolojik yapının modellenmesidir.



Şekil 10. Jeofizikte düz (forward) problem çözümü.

Jeolojik bir yapıyı modellemek için genel olarak iki grup parametrenin belirlenmesi gerekir.

- a) Geometrik parametreler.
- b) Fiziksel parametreler.

Geometrik parametreler yapının biçimini tanımlayan büyüklüklerdir. Bilgisayar olanaklarının kısıtlı olduğu zamanlarda karmaşık jeolojik yapılar yerine küre, silindir, yarı sonsuz düzlem gibi basit geometrik yapılar modellenebiliyorken günümüzde bilgisayar imkanlarının gelişimi sayesinde sonlu elemanlar, sonlu farklar gibi sayısal modelleme teknikleri kullanılarak modelleme yapılabilmektedir.

Jeolojik yapıların modellenmesi 2-Boyutlu (2B) ya da 3-Boyutlu (3B) olarak yapılabilir. Yapılan işlem, seçilen bir koordinat sistemine göre yapının geometrik sınırlarına ilişkin koordinatları saptamaktır. Çoğu zaman hesaplama zamanından kazanmak için geometri olabildiğince az nokta ile tanımlanmaya çalışılır. Bu durumda çoğu zaman cisim belirleyen sınırların noktalar arasında doğrusal olduğu varsayılır.

Jeofizik belirtiyi etkileyen yalnızca cismin geometrisi değildir. Ortamın fiziksel özelliklerinin de bilinmesi gerekir. Jeolojik modellemeyi tanımlayabilmemiz için gerekli parametre önce fiziksel büyüklük olup, sonra da bunun değerini saptamak gerekir. Mesela, elektrik özdirenç yönteminde etkin fiziksel büyüklük özdirençtir.

Cismin geometrisi karışıkça ve özellikle ortam homojenlikten ayrıldıkça saptanması gereken fiziksel parametrenin çeşidi değişmese bile sayısı artar. Sözgelimi fiziksel büyüklük yine tek ve özdirenç olduğu halde, katman veya süreksizlik sayısı arttıkça belirlenmesi gereken özdirenç sayısı da artacaktır. Çözümün sadeliği ya da karmaşıklığı fiziksel modelin durumuna bağlıdır. Bu nedenle fiziksel modellemeye

geçmeden birtakım varsayımların yapılması gerekebilir. Bu varsayımlar kimi zaman jeolojik yapının aşırı derecede basitleştirilmesine neden olur.

- Çoğu jeofizik problemin çözümünde;
- Ortam yatay tabakalardan oluşmuştur.
- Tabakalar kendi içlerinde homojendir.
- Ortam izotropdur, gibi varsayımlar yapılır.

Kimi zaman problem bir diferansiyel denklemin çözümü ile sonuçlanabilir. Bu durumda özel çözümlerin bulunabilmesi için başlangıç ve sınır koşullarının belirlenmesi gerekebilir. Bunlar fiziksel modelin kurulmasından önce saptanması gereken koşullardır.

Fiziksel modellemeyi kurmaktan amaç, jeofizik problemi çözümü bilinen bir fizik problemine dönüştürmektir. Problem böylece bir jeoloji problemi olmaktan çıkarak bir matematiksel-fizik problemine dönüşür.

Fiziksel modelin ortaya koyduğu ve çözülmesi gereken bağıntı genelde bir diferansiyel denklemdir. Bu bağıntı kurduğumuz jeolojik modelden beklediğimiz jeofizik belirtinin ifadesidir. Parametrelerin belirli değerleri için hesaplanan büyüklükler kuramsal jeofizik belirtiyi verecektir. Bu aşamayla düz problem çözümü tamamlanmış olur (Canitez, [2]).

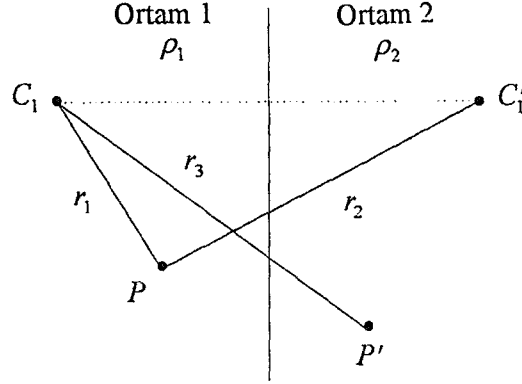
### 1.5. Analog Modelleme Yöntemi

Analog modelleme, laboratuvar koşullarında analog deney tankları ile yapılır. Analog deney tankında genellikle basit geometrik şekle sahip cisimler modellenir. Bu modellerin jeolojik yapıları yaklaşık olarak temsil ettikleri kabul edilir. Bu basit geometrik şekiller; küre, silindir, yarı-sonsuz tabakalar veya içi boş çeşitli cisimlerdir. Bu tür yapılar üzerinde düz çözüm yapılarak bu yapıların verdiği elektriksel öz direnç tepkisi arazi öz direnç tepkisiyle karşılaştırılarak bir yoruma gidilebilir. Sayısal yöntemlerden bazılarının ve analog deney tanklarının bir dezavantajı bunların tamamen homojen ortamları modellemesidir. Oysa arazide tam homojen olan bir ortam bulunamaz. Arazide ölçümlere daima gürültü diye nitelendirebileceğimiz heterojeniteler etki eder. Bu nedenle sayısal, analitik ve analog tank modelleri, ideal olarak adlandırabileceğimiz modeller olup arazi tepkilerini yorumlamada bize yardımcı olurlar. Analog modelleme ile ilgili geniş bilgi Yapılan Çalışmalar Bölümü' ndedir.

### 1.6. Analitik Modelleme (Görüntü) Yöntemi

Bir öz dirençli ortamdan diğerine geçerken akım akışı bozulmuşsa, eşpotansiyel çizgileri de bozulacaktır. Doğrudan integralle veya Laplace denkleminin matematiksel

olarak çözümlenmesiyle potansiyel alanı saptamak mümkündür. Her iki metod da büyük ölçüde matematiksel işlem gerektirir. Daha basit bir yaklaşım geometrik optikle benzer olan elektrik görüntü (image) yöntemidir. Görüntü yöntemi, küre ve sınırları düzgün olan sınırlı sayıda potansiyel problemini çözmekte kullanılır.



Şekil 11. Görüntü yönteminin şekilsel gösterimi.

Elektriksel olaylar ve optik arasındaki benzerlik, akım yoğunluğu ve ışık yoğunluğu arasındaki benzerlik gibidir. Optikte, ortamı bir yarıgeçişli ayna bölmüşse bir ışık ışınının yansımaya katsayısı  $k$ , geçiş katsayısı ise  $1-k$  olur. Eğer bir nokta ışık kaynağını, nokta akım kaynağı ve bir noktadaki ışık yoğunluğunu potansiyel olarak düşünürsek problem elektrik ortamında kabul edilebilir. Şekil 11' de birinci ortamda  $P$  noktasındaki potansiyel;

$$V = \frac{I \cdot \rho_1}{4\pi} \left( \frac{1}{r_1} + \frac{k}{r_2} \right) \quad (32)$$

ve ikinci ortamdaki  $P'$  noktasındaki potansiyel,

$$V' = \frac{I \cdot \rho_2}{4\pi} \left( \frac{1-k}{r_3} \right) \quad (33)$$

$V_1 = V_2$  sınır şartı uygulanırsa arayüzeyde potansiyeller eşit olmak zorundadır.

$r_1 = r_2 = r_3$  olduğu zaman,

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{1-k}{1+k} \quad \text{veya} \quad k = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$

$k$  yansımaya katsayısı olup değeri  $\pm 1$  arasında değişir. Değeri her iki ortamdaki öz dirençlerin değerine bağlıdır.

Yukarıda bahsedilen durum tek bir akım kaynağı ve tek bir potansiyel elektrodu içindir. Eşitlik (32) her iki elektrot aynı ortamda ise, eşitlik (33) elektrotlar arasında bir kontak (sınır) varsa geçerlidir. (Telford ve diğ. [1]).

### 1.7. Sayısal Modelleme Yöntemleri

Özdirenç yöntemi aktif bir yöntemdir. Bir özdirenç eğrisi, yeraltı iletkenlik dağılımına uygulanmış olan akımın, vermiş olduğu tepkinin bir sonucudur. İleri bir modelleme yöntemi;

- Uygulanan akımın; genlik, polarite ve zamana bağlı değişimine,
- Akım kaynağının yerine ve şekline. (Akım kaynakları nokta kaynak veya çizgi kaynak olmalıdır).
- Kullanılan Wenner, Schlumberger vs. gibi elektrot dizilimlerine,
- İstenen yeraltı iletkenlik dağılımına ve yeraltı iletkenlik dağılımının davranışına. (Bu çalışma için kullanılan modelleme yöntemi önceden taslak halinde ayrılaştırılmış olan bir yer modelini kullanmak zorundadır).
- Yer içinde akım akıyorken, akım akışının kusursuz bir biçimde modellenebiliyor olmasına yani kullanılan elektrot dizilimleriyle ilgilenilen tüm yeraltı bölgesindeki potansiyel alanın hesabının yapılabilmesi,

bağlı olmak zorundadır.

Kullanılan modelleme şemasına geçmeden önce her elektrik modelleme yöntemi için kullanılan temel eşitlikleri türetmek gereklidir.

#### 1.7.1. Temel Elektrik Eşitlikleri

Bir noktada Ohm Kanunu; elektrik alan yoğunluğu  $E$  ve akım yoğunluğu  $J$  ye bağlıdır.

Elektrik alan yoğunluğunun ( $E$ ) akım yoğunluğuyla ( $J$ ) alakalı olduğu bir noktada

Ohm kanununu dikkate alalım,

$$J = \sigma E \quad (34)$$

Burada  $\sigma$ , iletkenliktir. (Özdirenç  $\rho = \sigma^{-1}$ ).

$$E = -\nabla V \quad (35)$$

ile gösterilebilir.

Burada,  $V$  skaler elektrik potansiyelidir.

Eşitlik (34) içerisine, Eşitlik (35) i yazarsak;

$$\mathbf{J} = -\sigma \nabla V \quad (36)$$

Akım yoğunluğunun diverjansı,

$$\nabla \bullet \mathbf{J} = -\nabla \cdot (\sigma \nabla V)$$

veya

$$f(x, y, z) = -\nabla \cdot (\sigma \nabla V) \quad (37)$$

olur.

Eşitlik (37) nin,

$$-(\sigma \nabla^2 V(x, y, z) + \nabla \sigma \cdot \nabla V(x, y, z)) = f(x, y, z) \quad (38)$$

şeklinde ifade edilebileceği görülüyor.

Bu, elektriksel denklemin genel bir ifadesidir.

Yeraltının homojen iletkenlikteki bölgelerden oluştuğu varsayılır. Örneğin, her bölgede  $\nabla \sigma = \text{sıfır}$  kabul edilir. Bu yaklaşım eşitlik (38) i,

$$-\sigma \nabla^2 V = f(x, y, z) \quad (39)$$

şeklinde basitleştirir.

Bu ilişki, yeraltı bölgelerinin iletkenlik açısından izotropik olması gerektiğini göstermez. Doğru akım (DC) için,  $f(x, y, z)$  iki biçimde varolur.

1. Akım elektrotlarında;

$$\nabla \bullet \mathbf{J} = I \delta(x - x_e) \delta(y - y_e) \delta(z - z_e)$$

$\delta(x - x_e)$ ,  $\delta(y - y_e)$  ve  $\delta(z - z_e)$ ;  $x$ ,  $y$  ve  $z$  boyutlarında Dirac delta fonksiyonları,  $x_e, y_e, z_e$  akım elektrotlarının koordinatları,  $I$  ise uygulanan akımın genliğidir.

Bu, Poisson ilişkisini sonuçlandırır.

$$-\sigma \nabla^2 V = I \delta(x - x_e) \delta(y - y_e) \delta(z - z_e)$$

2. Yeraltının başka bir yerinde, sabit bir durumda,

$$\nabla \cdot J = 0$$

şeklinde mevcuttur.

Buradan Laplacien ilişkisine varılır,

$$-\sigma \nabla^2 V = 0$$

Her modelleme işleminde, hem Poisson hem de Laplacien ilişkisi sağlanmak zorundadır.

Eşitlik (38), V nin x, y, z ile ifade edildiği genel üç boyutlu formudur. Problem, pratikte iki boyutlu bir problem olarak görülür. İki-boyutlu yaklaşımın zorunlu hale getirdiği sınırlamalar ve profil düzlemine dik sonsuz çizgisel akım kaynakları sebebiyle genel bağıntı şu şekli alır;

$$-\sigma \nabla^2 V(x, z) = f(x, z)$$

y, yönündeki tüm özellikler sabittir.

Fiziksel olarak daha doğru ve gerçekçi yaklaşımlar Coggon [3], Sasaki [4] gibi araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacılar yeri iki boyutlu fakat akım kaynaklarını üç boyutlu kabul etmişlerdir. Bu nedenle bu yaklaşıma 2½ boyutlu yaklaşım adı verilir. Bunu gerçekleştirebilmek için üç boyutlu yer potansiyeli olan V(x,y,z), Fourier kosinüs dönüşümü ile 2½ boyutlu potansiyele dönüştürülmelidir. Kosinüs dönüşümünde çift ve reel olan bir akım kaynağı kullanılır.

Böylece dönüştürülmüş potansiyel;

$$\tilde{V}(x, k, z) = \int_0^\infty V(x, y, z) \cos(ky) dy \quad (40)$$

ile ifade edilir. k, dönüşüm değişkenidir



Eşitlik (39) aşağıdaki şekli alacaktır,

$$-\sigma \nabla^2 \tilde{V}(x, k, z) + k^2 \sigma \tilde{V}(x, k, z) = f(x, z) \quad (41)$$

Dönüştürülmemiş potansiyel olan  $V(x, y, z)$  yi  $2\frac{1}{2}$  boyutlu durumda çözmek için,  $\tilde{V}(x, k, z)$  nin farklı  $k$  değerleri için hesaplanması gerekir. Bunun için de bir ters Fourier cosinüs dönüşümü uygulanır.

$$V(x, y, z) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \tilde{V}(x, k, z) \cos(ky) dk \quad (42)$$

Profilin  $y=0$  düzleminde olduğu durumda , Eşitlik (42);

$$V(x, 0, z) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \tilde{V}(x, k, z) dk \quad (43)$$

şeklini alır.

Bu eşitlik, çeşitli sayısal integral çözüm teknikleri ile çözülebilir. Bu metodların bir karşılaştırması sonlu eleman yöntemi bölümünde yapılacaktır. Ayrıca hem 2 boyutlu hem de  $2\frac{1}{2}$  boyutlu yaklaşımlar araştırılacak ve ileri modelleme için bu yöntemler karşılaştırılacaktır. Bunun yapılma nedeni modelin, 2 boyutlu bir yaklaşıma ne kadarlık bir uyum göstereceğidir.

*Temel eşitliklerin bir özeti;*

Üç boyutlu (3B) :

$$-\sigma \nabla^2 V(x, y, z) = f(x, y, z)$$

İki buçuk boyutlu ( $2\frac{1}{2}$ B) :

$$-\sigma \nabla^2 \tilde{V}(x, k, z) + k^2 \sigma \tilde{V}(x, k, z) = f(x, z)$$

İki boyutlu (2B) :

$$-\sigma \nabla^2 V(x, z) = f(x, z)$$

### 1.7.2. Sayısal Modelleme

Modelleme yöntemleri, düz (forward) modelleme tekniği seçilerek yeraltının ayrıklaştırılması ile uygulanırlar. Bu yöntemlerden alfa merkez yöntemi (Stefanescu ve Stefanescu [5], Petrick ve diğ. [6] ve Shima [7], [8]) potansiyeli ve iletkenliği, akım kaynakları ve iletkenlik (alfa) merkezlerinden dolayı herhangi bir noktadaki basit toplamlar şeklinde ifade eder. Geçtiğimiz yıllarda  $\alpha$  ortamı ( $\alpha$  merkezlerinde tanımlanan iletkenlik dağılımı) magnetometrik öz direnç tepkilerinin hesabında Edwards ve diğ. [9] tarafından kullanıldı. Bu yöntem ortam iletkenliği ve elektrik potansiyelinin hesabında lineer olmayan durumlarda kullanılır. Daha sonra bu verilere görüntü (imaj) teorisi uygulanır (Petrick ve diğ. [6]).

Yüzey integral yaklaşımı Alfano [10], [11], [12] tarafından uygulandı. Makalelerinde kullandığı matematiksel notasyonun karmaşıklığı nedeni ile çok az referans göstermiştir. Çalışmaları 3B lu problemlerde derinlik üzerineydi. Sonraki çalışmalarda yüzey integral yaklaşımı Keller ve Frischknecht [13] tarafından yapıldı fakat matematiksel çözümünde çeşitli teorik hatalar mevcuttu. Yüzey integral yaklaşımında daha iyi bir sonuç Dieter ve diğ. [14] tarafından yapıldı. Çalışmaları yeraltını modelledikleri şema hariç Alfano [10], [11], [12] ile aynıdır. Bu yöntemde şekli keyfi olarak seçilen yapıya üç ana ortogonal ekseninden (x, y, z) birine dik olan yüzey düzlemi ile yaklaşım yapılır.

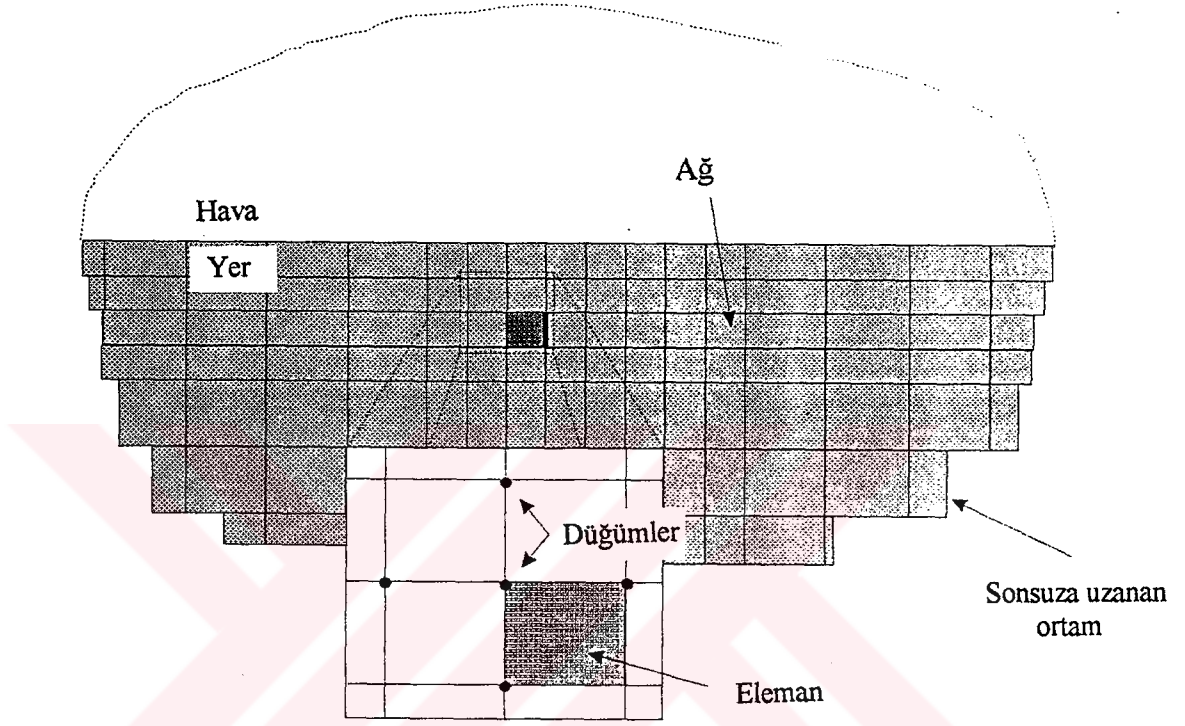
Alfa merkez yöntemi (Stefanescu ve diğ. [5]; Petrick ve diğ. [6] ve Shima [7],[8]), yüzey integral yaklaşımı (Lee [15]; Das ve diğ. [16]) ve basit görüntü toplama yöntemi (görüntü yöntemi) (Telford ve diğ. [1]; Chunduru ve diğ. [17]) karmaşık yapıları kolayca modelleyemez. Ayrık hale getirilmiş olan yeraltını, elektriksel olarak modelleyebilen üç sayısal yöntem vardır;

1. Sonlu Fark Yöntemi (The Finite Difference Method); Mufti [18]; Dey ve Morrison [19], [20], Smith ve Vozoff [21].

2. Ağ Yöntemi (The Network Method); Pelton ve diğ. [22]; Tripp ve diğ. [23].

3. Sonlu Eleman Yöntemi (The Finite Element Method); Coggon [3], [24]; Rijo ve diğ. [25]; Bibby [26]; Fox ve diğ. [27]; Pridmore ve diğ. [28]; Sasaki [4]; Lee ve diğ. [29]; Cendes [30]; Queralt ve diğ. [31]; Dittmer ve Syzmanski [32].

Bu son üç yöntem yeraltını küçük bir ağ içerisinde bölümlere ayırarak uygulanır. Şekil 12' de tipik bir yeraltı gridlemesi görülüyor. Sonlu fark yöntemi sadece dörtgen şeklindeki gridleri içerdiğinden dolayı uygulaması sınırlı olan bir yöntemdir. Oysa ağ ve sonlu eleman yöntemleri üçgensel gridlere ayrılabilirler. Her üç yöntem sonuçta basit lineer matris formunu alır.



Şekil 12. Terminolojide kullanılan genel yeraltı ağı (Dittmer ve Syzmanski [32]).

$$3B \text{ veya } 2B \text{ için, } C v = f$$

$$2\frac{1}{2}B \text{ için, } \tilde{C} \tilde{v} = f$$

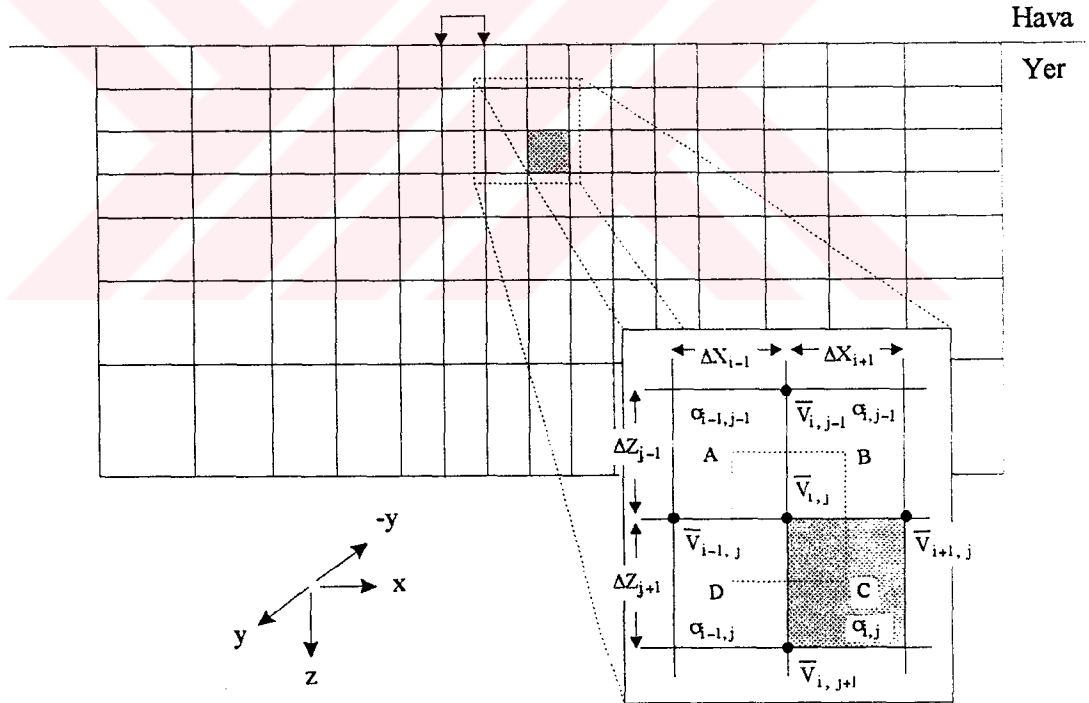
$C$  ve  $\tilde{C}$  ağın, düğüm geometrisi ve iletkenliği gibi kendine özgü bilgilerini içeren matristir.  $v$  ve  $\tilde{v}$  ağ üzerinde bulunan düğüm noktalarındaki dönüştürülmüş potansiyel veya skaler potansiyel değerlerini içeren vektördür.  $f$  vektörü ise yeraltına uygulanan akımlar ile ilgili bilgileri içerir. Aynı ağın kullanılması halinde bu üç yöntem de aynı  $C$  ve  $\tilde{C}$  matrisini verir.

Eşitlikleri çözmek için sınır şartları kullanılmak zorundadır. Bu işlem sonlu eleman bölümünde ayrıntılı olarak anlatılacaktır. Eğer dönüştürülmüş potansiyel hesaplanacaksa, bu denklemler  $k$  nın farklı değerleri kullanılarak çözülmelidir (bak eşitlik (41)).  $\tilde{v}$  vektörü, potansiyel değerinin istendiği herhangi bir düğüme veya tüm düğümlere uygulanan Fourier kosinüs dönüşümünü ifade eder.  $v$  vektörü ise toplam

dağılımını ifade eder. Eğer potansiyel dağılımı isteniyorsa potansiyelin tek bir  $v$  vektörü türetilir. Potansiyel dağılımı öz direnç profillerinin hesaplanmasını sağlar.

### 1.7.3. Sonlu Fark Yöntemi

İleri modelleme için kullanılan sonlu fark yöntemi jeofizik literatüründe detaylı olarak anlatılmıştır. Sadece öz direnç amaçlı değil (Mufti [18], Dey ve Morrison [19], Smith ve Vozoff [21]) elektromanyetik modellemede de (Oristaglio ve Hohmann[33]) kullanılmıştır. Mufti, genel elektrik eşitliğinin çözümü için sayısal fark teknikleri kullanmış, Dey ve diğ. [19], Smith ve diğ. [21] ve Oristaglio ve diğ. [33] ise ABCD çevresindeki bir çizgi integralini (şekil 13) ABCD alanı üzerinde bir yüzey integraline indirgeyen Green teoremini uygulamışlardır. Mufti [18], ayrıca sabit iletkenliğe sahip ortamlarda farklı bir ağ şekli kullanmıştır. Mufti [18], ABCD bölgesini sabit iletkenliğe sahip olarak tanımlamış halbuki [19], [21] ve [33] şekil 13' te görülen ağ kullanmışlardır. Eğer benzer ağlar kullanılırsa sonuçlar aynı olacaktır fakat yukarıda anlatılan farklar nedeniyle C matrisinde değişiklikler görülecektir.



Şekil 13. Genel sonlu fark gridi. Büyütülmüş kısım yazıda referans alınan boyutları tanımlar (Dittmer ve Syzmanski [32]).

Burada [19], [21] ve [33] tarafından geliştirilen ağ şekli ve türetme işlemi kullanılacak ve  $2\frac{1}{2}$  boyutlu yaklaşım ele alınacaktır. Şekil 13' te genel sonlu fark yeraltı ağ sistemi ve bir bölgenin büyütülmüş hali görülüyor. Bu ağın özellikleri, gridlerin dörtgen biçimli olması ve değişik düğüm yoğunluklarına sahip üniform olmayan bir yapıda

olmasıdır. Yüksek yoğunluklu düğümler daha doğru olarak modellenmiş bir potansiyel alanı ifade eder. Çünkü ağın arakesitlerinin daralması potansiyelin ayrıntılı olarak hesaplanmasını sağlar. Teorik olarak ağ sonsuza uzanmıştır fakat pratikte bu gerekli değildir. İstenen sadece ağı pratik olarak sonsuza açmaktır. Herhangi bir akım elektrodundan yeteri kadar uzaktaki bir noktada potansiyel sıfır kabul edilir.

Şekil 13' deki büyütülmüş bölgeyi gözönüne alalım. Genel elektrik eşitliği ABCD dörtgeni çevresinde integre edilmiştir.

$$\iint_{ABCD} f(x, z) dx dz = \iint_{ABCD} \left[ -\sigma \frac{\partial^2 \tilde{V}}{\partial x^2} - \sigma \frac{\partial^2 \tilde{V}}{\partial z^2} + k^2 \sigma \tilde{V} \right] dx dz \quad (44)$$

Eşitlik (44) ün sağ tarafı (ST) şu şekilde yazılabilir.

$$ST = \left[ \int_{AB} \sigma \frac{\partial \tilde{V}}{\partial z} dx + \int_{BC} \sigma \frac{\partial \tilde{V}}{\partial x} dz + \int_{CD} \sigma \frac{\partial \tilde{V}}{\partial z} dx + \int_{DA} \sigma \frac{\partial \tilde{V}}{\partial x} dz \right] + \iint_{ABCD} k^2 \sigma \tilde{V} dx dz \quad (45)$$

Şekil 13 sayesinde aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\int_{AB} \sigma \frac{\partial \tilde{V}}{\partial z} dx \approx \frac{\sigma_{i-1,j-1} \Delta x_{i-1} + \sigma_{i,j-1} \Delta x_{i+1}}{2} \frac{\tilde{V}_{i,j-1} - \tilde{V}_{i,j}}{\Delta z_{j-1}} \approx C_{i,j}^T (\tilde{V}_{i,j-1} - \tilde{V}_{i,j})$$

Benzer şekilde,

$$\int_{BC} \sigma \frac{\partial \tilde{V}}{\partial x} dz \approx \frac{\sigma_{i,j-1} \Delta z_{j-1} + \sigma_{i,j} \Delta z_{i+1}}{2} \frac{\tilde{V}_{i+1,j} - \tilde{V}_{i,j}}{\Delta x_{i+1}} \approx \tilde{C}_{i,j}^L (\tilde{V}_{i+1,j} - \tilde{V}_{i,j})$$

$$\int_{CD} \sigma \frac{\partial \tilde{V}}{\partial z} dx \approx \frac{\sigma_{i-1,j} \Delta x_{i-1} + \sigma_{i,j} \Delta x_{i+1}}{2} \frac{\tilde{V}_{i,j+1} - \tilde{V}_{i,j}}{\Delta z_{j+1}} \approx C_{i,j}^B (\tilde{V}_{i,j+1} - \tilde{V}_{i,j})$$

$$\int_{DA} \sigma \frac{\partial \tilde{V}}{\partial x} dz \approx \frac{\sigma_{i-1,j} \Delta z_{j-1} + \sigma_{i-1,j} \Delta z_{j+1}}{2} \frac{\tilde{V}_{i-1,j} - \tilde{V}_{i,j}}{\Delta x_{i-1}}$$

$$\approx C_{ij}^R (\tilde{V}_{i-1,j} - \tilde{V}_{i,j})$$

Ayrıca,

$$\iint_{ABCD} k^2 \sigma \tilde{V} dx dz \approx \frac{k^2}{4} (\sigma_{i,j} \Delta z_{j+1} \Delta x_{i+1} + \sigma_{i,j-1} \Delta z_{j-1} \Delta x_{i+1}$$

$$+ \sigma_{i-1,j-1} \Delta z_{j-1} \Delta x_{i-1} + \sigma_{i-1,j} \Delta z_{j+1} \Delta x_{i-1}) \tilde{V}_{i,j}$$

$$\approx \tilde{C}_{ij}^k \tilde{V}_{i,j}$$

Bu eşitlikler eşitlik (45) te yerlerine yazılırsa;

$$\iint_{ABCD} f(x,z) dx dz = -[\tilde{C}_{ij}^T \tilde{V}_{i,j-1} + \tilde{C}_{ij}^B \tilde{V}_{i,j+1} + \tilde{C}_{ij}^R \tilde{V}_{i-1,j} + \tilde{C}_{ij}^L \tilde{V}_{i+1,j}]$$

$$+ [\tilde{C}_{ij}^k + \tilde{C}_{ij}^T + \tilde{C}_{ij}^B + \tilde{C}_{ij}^R + \tilde{C}_{ij}^L] \tilde{V}_{i,j} \quad (46)$$

$f(x,z)$  burada ya sıfırdır ya da  $I \delta(x - x_e) \delta(z - z_e)$  ye eşittir. Böylece  $f(x,z)$  nin integrali ya sıfır ya da düğüme uygulanan (I) akımı kadar olacaktır. Yukarıdaki yöntem ağın her düğümünü için uygulanır ve aşağıdaki lineer denklem matrisi elde edilir.

$$\tilde{C} \tilde{v} = f$$

#### 1.7.4. Ağ Yöntemi

Ağ yöntemi iletim yüzeyi analogisi temeline dayanır (Pelton ve diğ. [22], Tripp ve diğ. [23]) ve yeraltı, ağ şeklinde bulunan dirençlerle ifade edilir (bak Şekil 14). Şekil 15 de sonlu fark yönteminde kullanılan modele benzeyen ağın genel şekli görülüyor. Düğümler Tripp terminolojisine göre bağlanmışlardır. Bunun 2½B yaklaşımı mümkün kılacağı görülecektir. Akım kaynakları ile ilişkili olan düğümler 'port' olarak isimlendirilir. Kirchoff akım kanunu her düğüme uygulanır. Bu kanuna göre bir düğüme giren tüm akımların toplamı sıfırdır. Bu, lineer bir denklem takımının yazılmasına

imkan verir. Şekil 15' in büyütülmüş bölümünde bir düğümün tüm bağlantıları görülmektedir. Kirchoff akım kanunu uygulanarak;

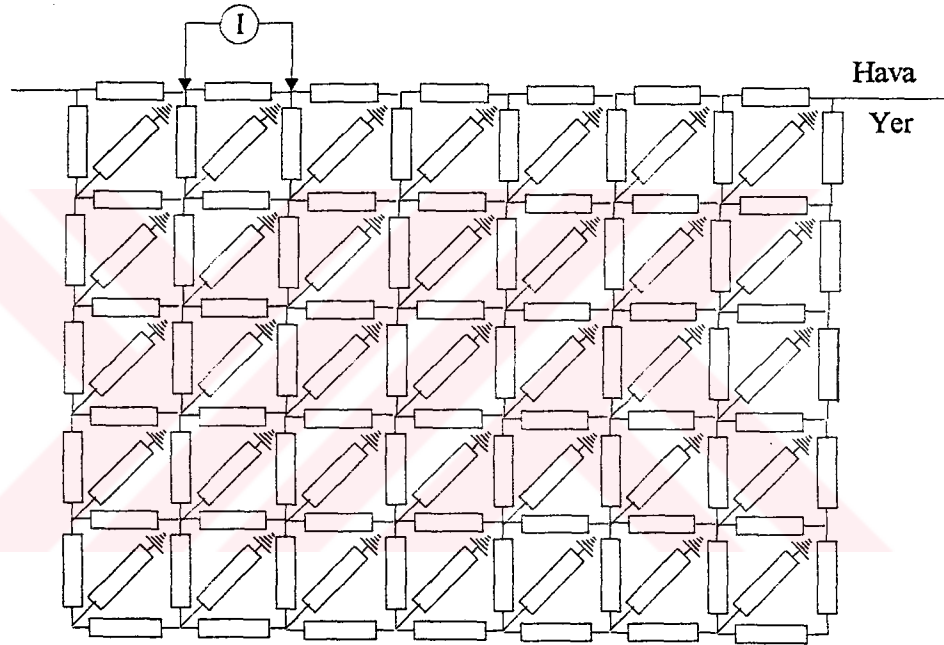
$$I_{i,j-1} + I_{i+1,j} + I_{i,j+1} + I_{i-1,j} + I_{i,j} = 0 \quad (47)$$

elde edilir.

Burada,

$$I_{rs} = \frac{\Delta \tilde{V}_{rs}}{R_{rs}}$$

$\Delta V_{rs}$  , direnç içerisindeki voltaj azalmasıdır.



Şekil 14. Yeraltını canlandıran direnç ağını gösteren diyagram.

Her branş için  $R_{rs}$  direnci, düşey branşlar için elemanların sağ ve sol yarısı veya yatay branşlar için elemanların üst ve alt yarısının eşdeğer empedanslarının paralel kombinasyonu ile verilir. Şekil 16' da efektif karşılaştırma görülüyor.

Paralel dirençler için;

$$\frac{1}{R_{eşdeğer}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

n=2 için;

$$\frac{1}{R_{i,j-1}} = \frac{1}{\Delta z_{j-1}} \left[ \frac{\Delta x_{i-1} \sigma_{i-1,j-1} + \Delta x_{i+1} \sigma_{i,j-1}}{2} \right]$$

$$\Delta \tilde{V}_{i,j-1} = (\tilde{V}_{i,j} - \tilde{V}_{i,j-1})$$

ve benzer şekilde;

$$\frac{1}{R_{i+1,j}} = \frac{1}{\Delta x_{i+1}} \left[ \frac{\Delta z_{i-1} \sigma_{i,j-1} + \Delta z_{i+1} \sigma_{i,j}}{2} \right]$$

$$\Delta \tilde{V}_{i+1,j} = (\tilde{V}_{i,j} - \tilde{V}_{i+1,j})$$

$$\frac{1}{R_{i,j+1}} = \frac{1}{\Delta z_{j+1}} \left[ \frac{\Delta x_{i-1} \sigma_{i-1,j} + \Delta x_{i+1} \sigma_{i,j}}{2} \right]$$

$$\Delta \tilde{V}_{i,j+1} = (\tilde{V}_{i,j} - \tilde{V}_{i,j+1})$$

$$\frac{1}{R_{i-1,j}} = \frac{1}{\Delta x_{i-1}} \left[ \frac{\Delta z_{i-1} \sigma_{i-1,j-1} + \Delta z_{j+1} \sigma_{i-1,j}}{2} \right]$$

$$\Delta \tilde{V}_{i-1,j} = (\tilde{V}_{i,j} - \tilde{V}_{i-1,j})$$

Yerdeki branş empedansı, elemanların çeyreklerinin paralel kombinasyonu ile verilir (Tripp ve diğ. [23]).

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{i,j}} &= \frac{k^2}{4} (\sigma_{i,j} \Delta z_{j+1} \Delta x_{i+1} + \sigma_{i,j-1} \Delta z_{j-1} \Delta x_{i+1} \\ &\quad + \sigma_{i-1,j-1} \Delta z_{j-1} \Delta x_{i-1} + \sigma_{i-1,j} \Delta z_{j+1} \Delta x_{i-1}) \end{aligned}$$

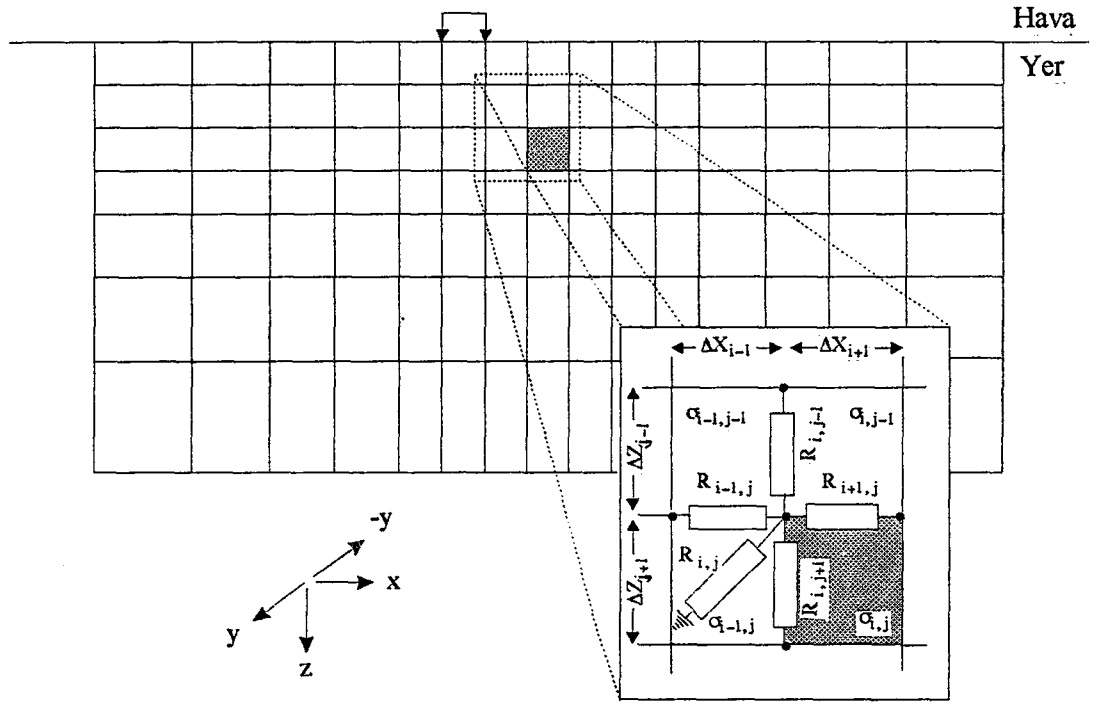
$$\Delta \tilde{V}_{i,j} = \tilde{V}_{i,j}$$

Böylece eşitlik (47) tekrar şu şekilde yazılabilir;

$$-\frac{\tilde{V}_{i,j-1}}{R_{i,j-1}} - \frac{\tilde{V}_{i+1,j}}{R_{i+1,j}} - \frac{\tilde{V}_{i,j+1}}{R_{i,j+1}} - \frac{\tilde{V}_{i-1,j}}{R_{i-1,j}} + \left[ \frac{1}{R_{i,j}} + \frac{1}{R_{i,j-1}} + \frac{1}{R_{i,j+1}} + \frac{1}{R_{i+1,j}} + \frac{1}{R_{i-1,j}} \right] \tilde{V}_{i,j} = 0$$

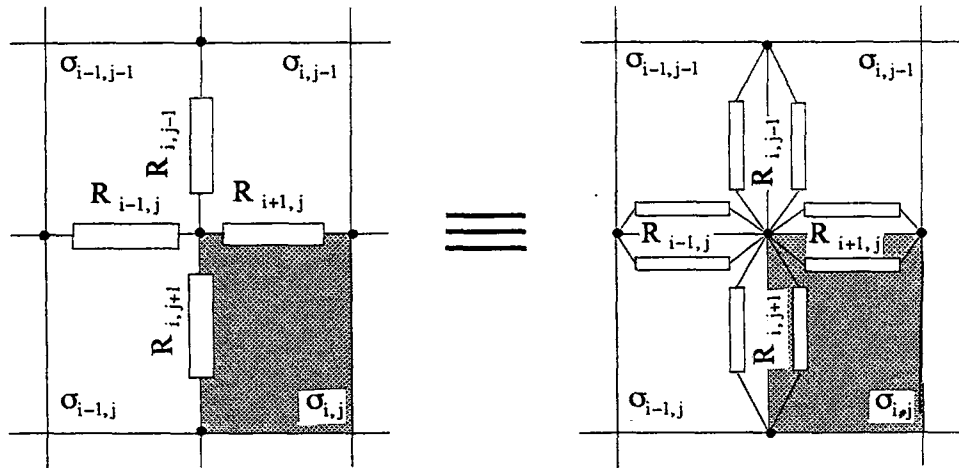
(48)





Şekil 15. Genel ağ gridi. Büyütülmüş kısım yazıda referans alınan boyutları tanımlar.

Bir portda, eşitlik (48) uygulanan  $I$  akımına eşittir. Bu ek bransa bağlı akım elektrodundan dolaydır. Yöntem tüm düğümler için tekrar edildiği zaman matris denkleminin sonuçları sonlu fark metodunda elde edilenle aynıdır. Aynı ağ kullanıldığı için bu doğaldır. Bu nedenle eğer ağ metodu dörtgen bir ağ kullanırsa sonuç sonlu farkla elde edilen sonuca eşit olacaktır. Ağ metodu üçgensel bir ağ için de kullanılabilir. Bu basit olarak, karşılıklı diyagonal olan iki düğümün birleştirilmesi ile yapılabilir. Böylece  $(i,j)$  düğümü  $(i+1,j+1)$  düğümü olur. Bu modelleme yöntemi daha karmaşık yapıları da modelleyebilir. Bu özellik sadece sonlu eleman yöntemi ile ağ yönteminde mevcuttur.



Şekil 16. Efektif paralel grid.

### 1.7.5. Sonlu Eleman Yöntemi

Sonlu eleman yöntemi (SEY), dış etkilerle zorlanan bir fiziksel sistemin davranışını belirlemeye yönelik problemleri, kabul edilebilir bir yaklaşımla çözen bilgisayar yardımlı sayısal bir yöntemdir (Burnett [34]).

Yöntem başlangıçta karmaşık yapılardaki gerilmelerin elde edilmesi amacıyla geliş-tirilmiş olup günümüzde; katı mekaniği (elastisite, plastisite, statik ve dinamik), ısı transferi (konveksiyon, radyasyon) ve akışkanlar mekaniği (akustik, elektromanyetizma) gibi alanlarda kullanılmaktadır. SEY jeofizikte; sismik DSP sismogramlarının he-saplanması, fay ve tuz domu gibi yapıların sıg sıcaklık anomalilerinin hesaplanması, manyetometrik öz direncin (MMR) topografik etkilerinin saptanması ayrıca manye-totellürük, indüksiyon polarizasyonu (IP), elektromanyetik (EM) ve elektrik öz direnç yöntemlerinde modelleme amacıyla kullanılmaktadır.

#### 1.7.5.1. Sonlu Eleman Yönteminin Gelişimi, Jeofizikteki Uygulamaları, Avantaj ve Dezavantajları

SEY gerilme analizinde, akı problemlerinde ve ısı iletiminde Zienkiewicz ve Cheung [35] tarafından geniş olarak kullanıldı. SEY in jeofizikteki uygulamaları ilk olarak 1971' de başlamıştır. Geertsima [36], yüzeye yakın faylar ve tuz domlarının sıg sıcaklık anomalilerini SEY ile hesapladı. Sonlu eleman yaklaşımını Coggon [3], jeofizikte alan problemlerine ilk uygulayan kişidir. Yapmış olduğu çalışmada 2 boyutlu yapıların IP ve EM modellemesini gerçekleştirdi. Coggon [24], ayrıca yapmış olduğu çalışmada değişik yeraltı şekillerini dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimleri kullanarak modelledi.

Wannamaker ve diğ. [37], 2B lu manyetotellürük modelleme için SEY i kullandılar. Iliceto ve diğ. [38], İtalya, Belvedere Spinello tuz yatağındaki MT verilerinin 2B lu modellemesini SEY ile yaptılar. Yang ve Tseng [39], SEY i kullanarak topoğrafyaya bağlı manyetometrik öz direncin (MMR) topoğrafik etkilerini saptayarak yarı sonsuz ve kontak modeller için bir bilgisayar programı yardımıyla karşılaştırma yaptılar.

SEY, kuyu çalışmalarında Zhao ve diğ. [40] tarafından 2B lu iletken ve ince jeolojik gürültü kaynaklarını analiz etmede kullanıldı. Bu işlemi bir kuyu içindeki akım elektrodu ve ona bitişik diğ bir kuyudaki hareketli bir potansiyel elektrodu kullanarak pol-pol dizilimi için yaptılar. La Brecque ve diğ. [41], SEY' i crosshole tomografi problemlerinde IP parametrelerinin ters çözümünde kullandılar. SEY, EM modellemede ilk olarak Coggon [3] tarafından 2B lu yapılara uygulandı. Rijo [42], SEY' i elektrik ve EM modellemede kullandı. Pridmore ve diğ.[28], 3B lu elektrik

ve EM modelleme yaptı. Goldman ve diğ. [43], 2B lu öz direnç dağılımının geçici (transient) EM tepkisini SEY kullanarak modelledi.

SEY, elektrik öz direnç yönteminde 2B ve 3B lu yapıların düz (forward) ve ters (invers) modellemelerini yapmakta kullanıldı. Bibby [26], düşey eksene simetrik yapılarda bir akım kaynak çiftinin oluşturduğu potansiyeli hesaplamak için öncelikle çözümü bir Fourier serisine indirgemiş ve Fourier katsayılarını hesaplamak için sonlu eleman yöntemini kullanmıştır. Pelton ve diğ. [22], transmisyon yüzey algoritması (ağ yöntemi) ve SEY kullanarak çeşitli arazi andıran-kesitlerine düz ve ters çözümlerle yaklaşmaya çalıştılar.

Son yıllarda Molano ve diğ. [44], 2B lu karmaşık öz direnç dağılımlı ortamlarda görünür öz direnç tepkisini sonlu eleman ve sonlu fark yöntemlerini kullanarak araştırdılar. Tong ve Yang [45], topoğrafik etkileri iyi bir şekilde modelleyebilmek amacıyla düz modelleme için SEY kullandılar. Queralt ve diğ. [31], Galerkin tekniği kullanan bir sonlu eleman algoritması geliştirerek elektrot diziliminin tabaka doğrultusuna paralel olduğu durumlardaki 2B lu yapıların öz direnç modellemesini gerçekleştirdiler. Shima [46], 2B ve 3B lu öz direnç imajlarını hesaplamak için alfa merkez yöntemi ve SEY algoritmasının bir kombinasyonunu kullandı. Sasaki [47], bir yer modelinin görünür öz direnç değerlerini dipol-dipol, pol-dipol ve pol-pol dizilimlerini kullanarak SEY ile hesapladı. Sasaki [48], ise 3B lu sentetik verilerin öz direnç inversiyonunu gerçekleştirdi.

İlk olarak SEY in avantajlarından bahsedelim. SEY geometrisi karmaşık şekillerin incelenmesine imkan sağlar. Bazı bölgeleri daha hassas hesaplayabilmek için değişik boyutlu ve şekilli sonlu elemanlar kullanılabilir. Değişik ve karmaşık malzeme özellikli sistemlere uygulanabilir. Sınır koşulları sistemin temel eşitlikleri kurulduktan sonra oldukça basit bir işlemle eşitliklere dahil edilebilir. Böylece sınır koşullarıyla değişken fonksiyonlarını değiştirmeye gerek kalmaz. SEY ayrıca matematiksel olarak genelleştirilebilir ve çok sayıda problemi çözmek için güçlü bir araç olarak kullanılabilir.

SEY şu dezavantajlara da sahiptir. Çatlama, kırılma ve temas mekaniği problemleri olan olaylara uygulanmasında zorluklar vardır. SEY genellikle büyük bilgisayar belleğine ve hesaplama zamanına ihtiyaç gösterir. Ayrıca doğru sonuç elde edebilmek için sürekli ortamın bölünmesi ve çok sayıdaki bilgi girişinin hatasız yapılması gereklidir.

#### 1.7.5.2. Sonlu Eleman Yönteminde Adımlar

Sonlu eleman yöntemi şu adımları izler;

a. Sürekli olan ortam veya çözüm bölgesi, elemanlarla alt bölgelere ayrılır. Bu ayırma işlemi, ortam tek boyutlu ise çizgi, iki boyutlu ise yüzeyler kullanılarak yapılır.

Sonlu boyutta olan her bölge bir eleman olarak adlandırılır. Sonlu sayıdaki bu elemanlar birbirlerine düğüm noktaları ile bağlanırlar. Düğüm noktaları genellikle bu elemanların sınırlarında bulunurlar. Birbirlerine bağlı elemanlardan oluşan ortama ağ (mesh) adı verilir.

b. Her bir elemanda temel eşitlikler olan integral eşitlikleri cebrik eşitliklere dönüştürülür. Bu eşitliklere eleman eşitlikleri denilir. Eleman eşitlikleri esas eşitlikleri yaklaşık olarak temsil ederler. Eleman eşitlikleri cebrik olarak aynı tipten olan tüm elemanlar için (mesela lineer üçgensel eleman) aynı olduğundan sonlu eleman ağında bir veya iki eleman eşitliği elde edilir. Ayrıca elemanlar basit geometrik şekillere sahip olduklarından eleman eşitliklerinin elde edilmesi de kolaylaşır.

c. Eleman eşitliklerindeki terimler ağ üzerindeki her bir eleman için sayısal olarak belirlenir. Sonuçta elde edilen sayılar, sistem eşitliği olarak adlandırılan daha büyük sayıdaki cebrik eşitliklerin yer aldığı bir sistemi oluşturacak biçimde toplanır. Bu sistem eşitliklerinin katsayılar matrisinin pek çok elemanı sıfır olduğu için çözümü de kolaylaşır.

d. Sınır koşulları sistem eşitliği modifiye edilerek uygulanır. Bu işlem mevcut terimlere bazı değerlerin ilave edilmesi veya bir taraftaki terimleri diğer tarafa taşınması ile yapılır.

e. Son olarak sistem eşitliği bazı sayısal çözüm yöntemleri kullanılarak çözülür (Burnett, [34]).

### 1.7.5.3. Eleman ve Sistem Eşitliklerinin Elde Edilmesi

$2\frac{1}{2}$  boyutlu temel elektriksel eşitlik Burnett [34] tarafından tarif edilen yöntemle çözerek eleman ve sistem eşitliklerini elde edelim.

Temel elektriksel eşitlik;

$$-\sigma \nabla^2 \tilde{V}(x, k, z; a) + k^2 \sigma \tilde{V}(x, k, z; a) = f(x, z) \quad (49)$$

Sonlu eleman yöntemi, basit cebirsel ilişkilerle her elemandaki potansiyel alanın ifade edilmesi ve bir eleman dizisi içindeki domene nüfuz etmesiyle  $\tilde{V}(x, k, z)$  dönüştürülmüş alanına yaklaşmaya çalışır.  $\tilde{V}(x, k, z)$  ye yaklaşmak için  $\Lambda(x, k, z)$  deneme çözümü kullanılır. Tek bir eleman için, yaklaşık dönüştürülmüş potansiyel şu şekilde ifade edilir.

$$\Lambda(x, k, z; a) = \sum_{j=1}^n \phi_j(x, z) a_j \quad (50)$$

Potansiyel şimdi hem  $a$  nın bir fonksiyonu hem de  $x$ ,  $k$  ve  $z$  nin bir fonksiyonudur.  $a_j$  katsayısı serbestlik derecesi olarak bilinir. Eleman üzerindeki her düğüm için bir serbestlik derecesi vardır.  $\phi_j(x, z)$  fonksiyonu deneme veya şekil fonksiyonu olarak adlandırılır.

Temel elektrik eşitliğini, yaklaşık potansiyel ifadesiyle yazalım,

$$-\sigma \nabla^2 \Lambda + k^2 \sigma \Lambda = f(x, z) \quad (51)$$

Buradaki  $f(x, z)$ ;  $I \delta(x - x_e) \delta(z - z_e)$  ye veya sıfıra eşittir.  $x_e$  ve  $z_e$  akım elektrotlarının koordinatlarıdır ve bir düğümle ilişkilendirilecektir.

İlk olarak eşitlik (51) deki yaklaşımın doğruluğu ve kabul edilebilirliği dikkate alınır. Doğruluk derecesini anlamak için sonlu eleman yönteminde şu iki yöntem kullanılır. Bunlar Galerkin yöntemi (weighted residuals method) ve Ritz değişim yöntemidir. Her iki yöntemin de aynı sonucu verdiği görülmüştür (Pridmore ve diğ. [28], Burnett [34]). Bu çalışma için Galerkin yöntemi kullanılacaktır.

Aşağıdaki eşitliği dikkate alalım,

$$-\sigma \nabla^2 \Lambda(x, k, z; a) + k^2 \sigma \Lambda(x, k, z; a) - f(x, z) = R(x, k, z; a) \quad (52)$$

Eğer yaklaşım tamsa, eleman üzerinde  $\Lambda = V$  ve  $R(x, k, z; a)$  sıfıra eşit olacaktır. Fakat yaklaşım her zaman tam olamayacağı için  $R(x, k, z; a)$  minimize/optimize metodu kullanılır. Galerkin yönteminin integral ifadesini her eleman için yazarsak;

$$\iint_e R(x, k, z; a) \phi_i(x, z) dx dz = 0 \quad i=1, 2, \dots, n \quad (53)$$

(53) içerisine (52) ifadesini yerleştirelim,

$$-\iint_e \sigma \nabla^2 (\Lambda \phi_i) dx dz + \iint_e k^2 \sigma \Lambda \phi_i dx dz - \iint_e f(x, z) \phi_i dx dz = 0 \quad (54)$$

$i=1, 2, \dots, n$

(54) ifadesini ayrıntılı olarak yazarsak,

$$-\iint_e \left\{ -\frac{\partial}{\partial x} \left[ \sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x} \phi_i \right] - \frac{\partial}{\partial z} \left[ \sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \phi_i \right] \right\} dx dz + \iint_e k^2 \sigma \phi_i dx dz - \iint_e f \phi_i dx dz = 0 \quad (55)$$

Sol taraftaki integrale zincir kuralı (chain rule) uygulanarak deneme çözümündeki yüksek mertebeli türevlerin derecesi azaltılmış ve katsayı (stiffness) matrisi simetrik hale getirilmiştir olur.

Zincir kuralına göre;

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[ \sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x} \phi_i \right] = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x} \phi_i \right] - \left[ \sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} \right]$$

$$\frac{\partial}{\partial z} \left[ \sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \phi_i \right] = \frac{\partial}{\partial z} \left[ \sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \phi_i \right] - \left[ \sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \frac{\partial \phi_i}{\partial z} \right]$$
(56)

(55) eşitliği içerisinde bu ifadeler yerleştirilirse;

$$-\iint_e \left[ \sigma_x \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \Lambda}{\partial x} \phi_i \right) + \sigma_z \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \phi_i \right) \right] dx dz$$

$$+ \iint_e \left[ \left( \sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} \right) + \left( \sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \frac{\partial \phi_i}{\partial z} \right) \right] dx dz$$

$$+ \iint_e k^2 \sigma \Lambda \phi_i dx dz - \iint_e f \phi_i dx dz = 0$$
(57)

$i=1,2,\dots,n$   
elde edilir.

Burada,  $\sigma_x$  ve  $\sigma_z$ ; homojen iletkenlik olan  $\sigma$  nın x ve z parçalarıdır. İzotrop olan bir ortamda  $\sigma_x = \sigma_z$  dir.

(57) eşitliğindeki ilk integral bir tam diferansiyeldir. 2B lu diverjans teoremi yardımıyla ilk integral yüzey sınırları üzerinde bir çizgi integraline indirgenebilir.

Diverjans teoremine göre; F(x,z) ve G(x,z), e inci eleman olarak ifade edilen x-z düzlemi üzerindeki bir bölgede tanımlanmış iki fonksiyon ise;

$$\iint_e \left[ \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial z} \right] dx dz = \oint_e (Fn_x + Gn_z) ds$$
(58)

Burada n, eleman sınırının dış normalidir.  $n_x$  ve  $n_z$ , dış normalin x ve z parçalarıdır. s ise sınır boyunca bir koordinattır.

(57) eşitliğindeki ilk integrale (58) eşitliği ile ifade edilen diverjans teoremini uygularsak;

$$\iint_e \left[ \left( \sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} \right) + \left( \sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \frac{\partial \phi_i}{\partial z} \right) \right] dx dz$$

$$+ \iint_e k^2 \sigma \Lambda \phi_i dx dz = \iint_e f \phi_i dx dz$$

$$i=1,2,\dots,n \quad + \oint_e \left[ \sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x} \phi_i n_x + \sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \phi_i n_z \right] ds \quad (59)$$

elde edilir.

(59) eşitliğindeki çizgi integralini daha da basitleştirebiliriz.

$$\xi_x = -\sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x}$$

$$\xi_z = -\sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \quad (60)$$

olarak kabul edelim.

n doğrultusundaki akım yoğunluğu fonksiyonu olan  $\xi_n$ , şöyle yazılabilir:

$$\xi_n = \xi_x n_x + \xi_z n_z \quad (61)$$

$$\xi_n = -\sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x} n_x - \sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} n_z \quad (62)$$

Çizgi integrale (62) eşitliğini yerleştirirsek, integral göreceli olarak daha basit hale gelir.

$$\oint_e \left[ \sigma_x \frac{\partial \Lambda}{\partial x} \phi_i n_x + \sigma_z \frac{\partial \Lambda}{\partial z} \phi_i n_z \right] ds = -\oint_e \xi_n \phi_i ds \quad (63)$$

Özdirenç yönteminde sistem içerisine akım akışını düşünmek daha uygun olduğundan, dış birim normal olan n, iç birim normal olarak -n haline gelir.

$$-\xi_n = \xi_{-n}$$

Dolayısıyla;

$$-\oint_e \xi_n \phi_i ds = \oint_e \xi_{-n} \phi_i ds \quad (64)$$

olacaktır.

(59) içerisine (64) ve (50) eşitliklerini yerleştirerek eleman eşitliklerinin genel şeklini elde ederiz.

$$\sum_{j=1}^n \left[ \iint_e \left( \sigma_x \frac{\partial \phi_j}{\partial x} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} + \sigma_z \frac{\partial \phi_j}{\partial z} \frac{\partial \phi_i}{\partial z} \right) dx dz + \iint_e k^2 \sigma \phi_j \phi_i dx dz \right] a_j$$

$$= \iint_e f \phi_i dx dz + \oint_e \xi_{-n} \phi_i ds \quad (65)$$

$i=1,2,\dots,n$

Eleman denklemlerini matris formunda yazalım;

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdot & \cdot & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdot & \cdot & S_{2n} \\ \cdot & \cdot & & & \\ \cdot & \cdot & & & \\ S_{n1} & S_{n2} & & & S_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ P_n \end{bmatrix} \quad (66)$$

Katsayı matrisindeki terimleri açık olarak yazalım;

$$S_{ij} = \iint_e \sigma_x \frac{\partial \phi_j}{\partial x} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} dx dz + \iint_e \sigma_z \frac{\partial \phi_j}{\partial z} \frac{\partial \phi_i}{\partial z} dx dz + \iint_e k^2 \sigma \phi_j \phi_i dx dz \quad (67)$$

Yük matrisindeki terimleri de ayrıntılı olarak yazarsak;

$$P_i = \iint_e f \phi_i dx dz + \oint_e \xi_{-n} \phi_i ds \quad (68)$$

Matrisi daha basit formda yazarsak;

$$\mathbf{S_e a} = \mathbf{P_e}$$

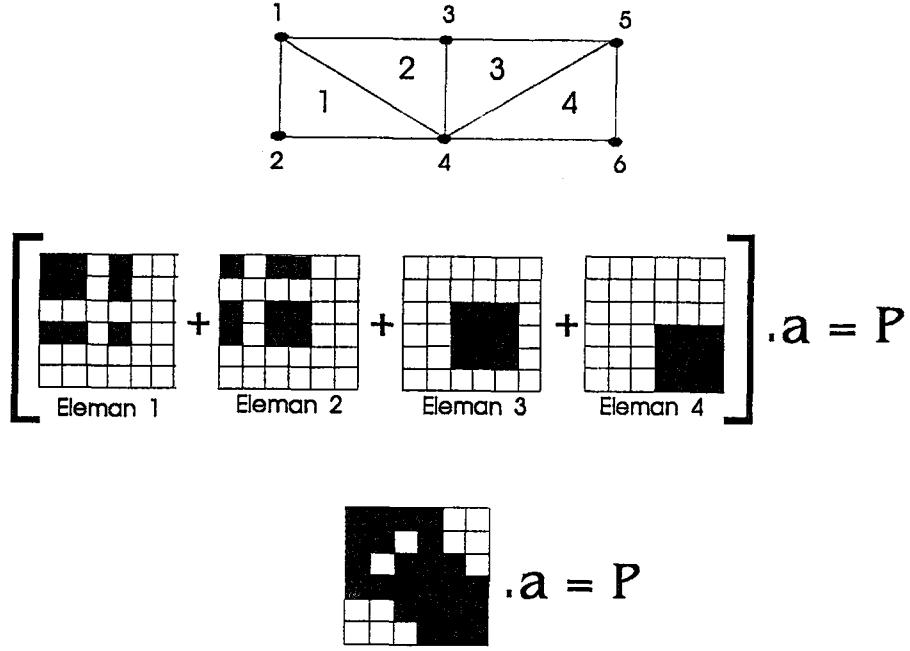
Sistemdeki her düğüm bir  $\mathbf{a}$  serbestlik derecesine sahiptir. Tüm domende elde edilen matrisler şekil 17' deki gibi toplanır.

Böylece;

$$\mathbf{S a} = \mathbf{P}$$

elde edilir.





Şekil 17. Eleman matrislerinden sistem matrisinin nasıl elde edildiğini gösteren basit eleman sistemi (Zienkiewicz [35]).

S matrisi  $n \times n$  lik bir matristir.  $n$ , sistemdeki düğüm sayısıdır. S ye *stiffness* matris adı verilir. Bu ifade yapısal mühendislikten türetilmiş ve SEY' in gelişiminde kullanılan ilk kurallardan birisidir. Matris tipik olarak sparse ve band matristir.

Uygun deneme fonksiyonları olan  $\phi_j(x, z)$  nin seçimi ile her parametre  $j$  inci düğümde yaklaşık dönüştürülmüş potansiyel olan  $\Lambda(x, k, z; a)$  ye sayısal olarak eşdeğer olacaktır. Böylece  $a$  vektörü yaklaşık dönüştürülmüş potansiyelin sayısal değerine sahip olur.

Bu çalışmada P ifadesi akım elektrotlarından sistem içine ve dışına olan akım akışını ve uygulanan sınır şartlarını içerir. Uygulanan akımlar  $I\delta(x - x_e)\delta(z - z_e)$  ile tanımlanan  $f(x, z)$  ifadesi ile verilir. Böylece düğümlere uygulanan akım ya sıfır (elektrotsuz) ya  $+I$  ya da  $-I$  dir. Queralt ve diğ. [31] uygulanan sınır durumları olarak bir çizgi integrali ifadesi tanımlamıştır.

#### 1.7.5.4. Sınır Şartları

Matris denklem sisteminin tek bir çözümü olması için, sınır şartları domen kenarları üzerindeki her düğüme uygulanmak zorundadır. Sınır şartları aşağıda anlatılan iki tiptedir.

1. Dirichlet sınır şartları. Bir düğümde  $\Lambda(x, k, z; a)$  nın değerini tanımlar.

2. Neumann sınır şartları. Bir düğüm veya düğümlerde  $\Lambda(x,k,z;a)$  nın türevleri olan  $\partial \Lambda / \partial x$ ,  $\partial \Lambda / \partial z$  değerlerini tanımlar.

Bu sınır şartları iki yere uygulanabilir.

I. Yaklaşımı geçerli kılmak için sistemin fiziksel ihtiyaçları olan iç (dahili) sınır şartları.

II. Sistem denklemlerinin tek bir çözüme sahip olması için domen sınırlarına uygulanan dış (harici) sınır şartları..

#### *İç (Dahili) Sınır Şartları;*

1. İç Dirichlet sınır şartına göre potansiyel, elemanlar arasındaki sınırlarda sürekli olmak zorundadır. Potansiyel bir yerde iki ayrı değere sahip olamaz. Bu şart sistem denklemlerinin biraraya gelmesinin doğal bir sonucudur.

2. İç Neumann sınır şartı  $\partial \Lambda / \partial x$  ve  $\partial \Lambda / \partial z$  nin elemanlar arası sürekliliğini de gerektirir. Pratikte elde edilen yaklaşık çözüm ayrımlılığın daima doğrudan bir sonucu olarak elemanlar arası akışta bazı süreksizlikler meydana getirir. Metod bu ifadeyi hesaplamak için kullanılır. Bu hesap aslında tüm eş elemanlar için hesaplanmış ortalama akıştır. Daha yüksek düğüm yoğunluğu kullanılarak süreksizlikler azaltılır.

#### *Dış (Harici) Sınır Şartları;*

Bu sınır şartları domenin sınırında sistem denklemlerinin davranışını tanımlar. Sınır şartları tüm sınır boyunca uygulanmak zorundadır. Klasik bir alan problemi olan özdi-renç modelleme çalışmalarında hem Dirichlet hem de Neumann sınır şartları dış (hari-ci) sınırların bazı yerlerinde uygulanmalıdır.

1. Problemin tek bir çözümünü elde etmek için, dış sınır durumlarının bazıları Dirichlet tipinde olmak zorundadır. Bu şart, sistem denklemlerinin potansiyelini ( $\Lambda$ ) değil onun türevlerini içerir. Dirichlet sınır şartları, eğer potansiyelin değeri akım kaynaklarında epeyce bir uzaklıkta sıfıra yeraltına uygulanabilir. Teorik olarak bir ağ sonsuza uzanmalıdır. Pratikte ise potansiyel sınırlı bir uzaklıkta farzedilerek, küçük bir potansiyel değeri sıfır olarak kabul edilebilir.

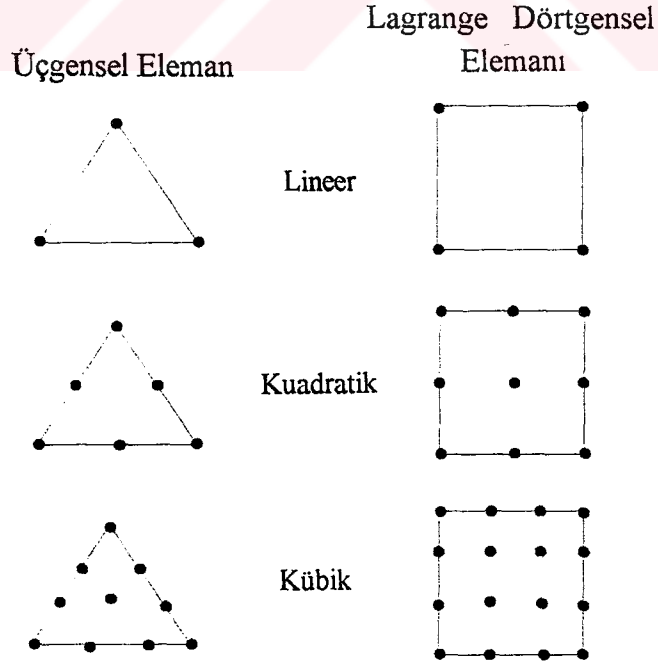
2. Havanın iletkenliğinin sıfır kabul edilmesiyle (Pridmore ve diğ. [28]), Neumann sınır şartı geçerli olur. Buna göre hava/yer arayüzeyinde  $\sigma \partial \Lambda / \partial z = \text{sıfır}$  kabul edilir. Hava/yer arayüzeyi x eksenine paraleldir.

### 1.7.5.5. Deneme Fonksiyonları

(50) eşitliğini tekrar yazalım,

$$\Lambda(x, k, z; a) = \sum_{j=1}^n \phi_j(x, z) a_j, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (69)$$

Eğer j inci düğümde  $\phi_j(x, y) = 1$  ise ve diğer düğümlerde sıfır ise, j inci düğümde  $\Lambda(x, k, z; a) = a_j$  dir. Deneme fonksiyonlarının tipi, elemandaki düğümlerin sayısının toplamıyla saptanır. Basit lineer deneme fonksiyonları sadece köşelerinde düğüm bulunan elemanları kullanırlar. Bu çalışmada basit üçgensel elemanlar kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, üçgensel direnç ağı kullanan ağ metoduyla aynıdır. Doğruluk derecesini arttırmak için teorik olarak daha yüksek dereceli elemanlar kullanılabilir. Yüksek dereceli eleman demek ağın daha çok düğüm içermesi ve dolayısıyla düğüm yoğunluğunun da yüksek olmasıdır. Şekil 18' de farklı derecelerdeki üçgensel ve Lagrange dörtgensel elemanları görülüyor. Fazla düğüm sayısı S nin boyutlarını arttırır. Bununla ilişkili olarak matris boyutunu, elemanların sayısı değil düğümlerin sayısı belirler.



Şekil 18. Üçgensel ve Lagrange dörtgensel elemanların lineer, kuadratik ve kübik şekilleri (Burnett [34]).

Lineer üçgensel elemanlar, elemanların köşelerindeki üç düğüm noktasıyla tanımlanır. Brebbia ve diğ. [50] ve Burnett [34] basit elemanlar için deneme (trial) fonksiyonu şu formülle vermişlerdir;

$$\phi_j(x,z) = \frac{m_j + n_j x + p_j z}{2\Delta} \quad j=1,2 \text{ ve } 3 \quad (70)$$

burada,  $\Delta$ =elemanın alanı.

$$m_j = x_k z_l - x_l z_k$$

$$n_j = z_k - z_l$$

$$p_j = x_l - x_k$$

$j, k$  ve  $l$  1,2,3....2,3,1....3,1,2 olarak dönüştürülür.

Eleman eşitliklerinin genel şeklini dikkate alalım;

$$\sum_{j=1}^n \left[ \iint_e \left( \sigma_x \frac{\partial \phi_j}{\partial x} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} + \sigma_z \frac{\partial \phi_j}{\partial z} \frac{\partial \phi_i}{\partial z} \right) dx dz + \iint_e k^2 \sigma \phi_j \phi_i dx dz \right] a_j = \iint_e f \phi_i dx dz + \int_e \xi_{-n} \phi_i ds \quad (71)$$

$i=1,2,\dots,n$

Eşitlik (70) in türevleri,

$$\frac{\partial \phi_j}{\partial x} = \frac{n_j}{2\Delta} \quad (72)$$

$$\frac{\partial \phi_j}{\partial z} = \frac{p_j}{2\Delta}$$

şekindedir. Böylece eleman denklemlerinin ilk integrali daha basit bir hale gelir.

$$\sum_{j=1}^n \left[ \iint_e \left( \sigma_x \frac{\partial \phi_j}{\partial x} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} + \sigma_z \frac{\partial \phi_j}{\partial z} \frac{\partial \phi_i}{\partial z} \right) dx dz \right] \approx \frac{\sigma_x}{4\Delta} n_i n_j + \frac{\sigma_z}{4\Delta} p_i p_j \quad (73)$$

$$\iint_e dx dz = \Delta \text{ dir.} \quad (74)$$

(71) in ikinci integrali, standart üçgen integral formülü kullanılarak basitleştirilir.

$$\iint_e \psi_1^l \psi_2^m \psi_3^n dx dz = \frac{l!m!n!}{(l+m+n+2)!} 2\Delta \quad (75)$$

Bu integral; l, m ve n kuvvetlerinden oluşmuş olup  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  saha koordinatlarını içerir. Böylece (71) in ikinci integrali iki şekilde ifade edilebilir.

1.  $i \neq j$  olduğu zaman  $\phi_i \rightarrow \psi_1^1, \phi_j \rightarrow \psi_2^1$  ise  $\psi_3^0 = 1$  dir. Bu durumda,

$$\iint_e k^2 \sigma \phi_i \phi_j dx dz = \frac{k^2 \sigma \Delta}{12} \quad (76)$$

2.  $i = j$  olduğu zaman,

$$\iint_e k^2 \sigma \phi_i^2 dx dz = \frac{k^2 \sigma \Delta}{6} \quad (77)$$

$f(x,z)$  yi içeren integralin, sadece akım uygulanan düğümde değeri vardır. Akım akışının davranışını tanımlayan çizgi integrali iki yolla ifade edilebilir.

1. Eğer bir akım dağılımı varsa, eleman kenarının her iki ucundaki iki düğüme bu eşit olarak dağılır. Özdirenç çalışmalarında Neumann sınır şartına uymak için bu sadece hava/yer arayüzeyinde yapılır (Bakınız dış sınır şartları). Bu arayüze normal olan akım akışı her yüzey düğüme sıfır olarak uygulanır. Dolayısıyla o noktanın değeri sıfır olur.

2. Yoğunlaştırılmış akılar ayrı düğümlere uygulanabilir. Pratikte bu özel akım elektrotları ile yapılır.

Böylece lineer üçgensel elemanlar için eleman eşitlikleri tekrar yazılabilir.

$i \neq j$  olduğu zaman,

$$\sum_{j=1}^n \left[ \frac{\sigma_x}{4\Delta} n_i n_j + \frac{\sigma_z}{4\Delta} p_i p_j + \frac{k^2 \sigma \Delta}{12} \right] a_j = \text{Sınır şartları uygulanmış} \quad (78)$$

$i=j$  olduğu zaman,

$$\sum_{j=1}^n \left[ \frac{\sigma_x}{4\Delta} n_i n_j + \frac{\sigma_z}{4\Delta} p_i p_j + \frac{k^2 \sigma \Delta}{6} \right] a_j = \text{Sınır şartları uygulanmış}$$

$$i=1,2,\dots,n \quad (79)$$

(78) ve (79) daki eleman eşitlikleri genel formda olup herhangi bir elemana uygulanabilir. Programlamada aynı tipteki elemanlar için tüm eleman matrislerini genelleştirmede oldukça faydalıdır.

Eleman eşitliklerinin 2B lu şekli 2½B lu formülden kolaylıkla türetilir.  $k=0$  olunca problem daha da basit bir hale gelir. Eleman eşitliğinin genel formu olan (60) eşitliği tekrar yazılırsa;

$$\sum_{j=1}^n \left[ \iint_e \left( \sigma_x \frac{\partial \phi_j}{\partial x} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} + \sigma_z \frac{\partial \phi_j}{\partial z} \frac{\partial \phi_i}{\partial z} \right) dx dz \right] a_j = \iint_e f \phi_i dx dz + \oint_e \xi_{-n} \phi_i ds \quad (80)$$

$$i=1,2,\dots,n$$

Lineer üçgenel elemanlar için denklemler 2½ boyuta benzer olarak ( $k^2$  siz) basitleştirilir. Eşitlik (73) ü matris formunda tekrar yazarsak;

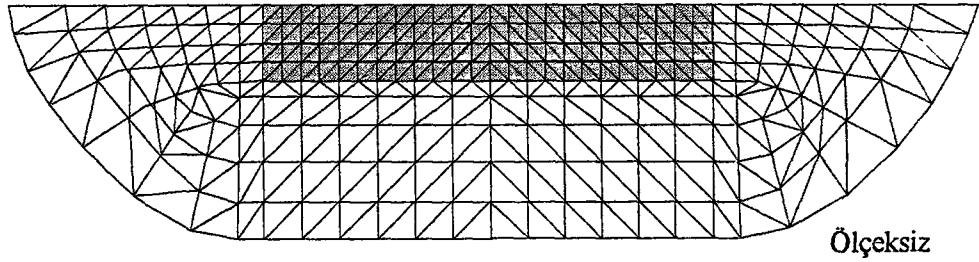
$$\mathbf{S} \mathbf{a} = \mathbf{P}$$

Bu denklem bir elektrot diziliminde yaklaşık potansiyel dağılımını hesaplamak için sadece bir kez çözülür.

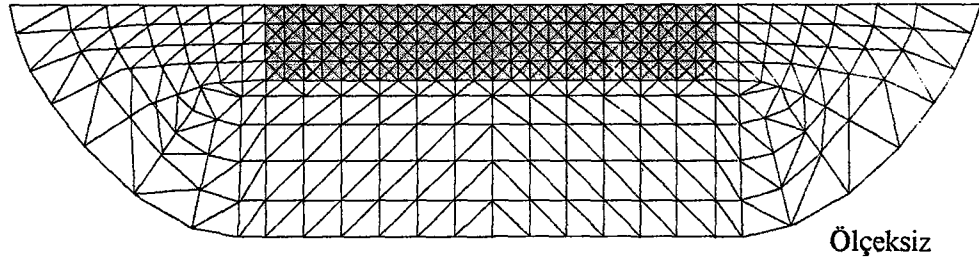
#### 1.7.5.6. Sonlu Eleman Yönteminde Kullanılan Ağ Dizayını

Elektrik yeraltı model çalışmasında iki temel ağ dizayını kullanılmaktadır. Her ikisi de Coggon [3] tarafından geliştirilmiştir. Şekil 19a' da basit 2B model için kullanılan ağ görülmekte. Düğüm yoğunluğunun yüksek olduğu bölge (gri renkli alan) yeraltında modelleme için kullanılan alanı gösteriyor. Ağın geri kalan kısmı aşağı ve yana doğru yayılmıştır. Bu ağ, dış Dirichlet sınır şartı için geliştirilmiştir. İkinci ağın (şekil 19b) sadece merkez bölgesi farklıdır. Yüzeyde düğümler arası mesafe ilgilenilen alan için 0.5 metredir. İlgilenilen alan 20.0 metre genişliktedir. Bu alanda tabakaların her biri 2.0 metre kalınlıktadır. Yüzeydeki düğümlerde artışlar 1.0 metre olup yelpaze şeklindeki alana ulaşıncaya kadar her yönde 2.0 metrelik kısımlar 10.0 metredir. Bunlar her yönde 50.0 metreye kadar hatta daha fazla miktarda da genişleyebilirler.

a) Ağ 1.



b) Ağ 2.



Şekil 19. Yeraltını modellemede kullanılan sonlu eleman ağı.

Ağ dizaynı SEY de S matrisinin yapısını belirlediği için oldukça önemlidir. Yukarıda S matrisinin sparse, band ve simetrik olduğu belirtilmişti. Matrisin band genişliğinin mümkün olduğu kadar az olması istenir.

- Dar bir band genişliği bilgisayar hafızasında daha az yer tutar. Simetrik matriste sadece diyagonalin (köşegenin) yarısı depolanır. S matrisinin üst yarısı sıfırlarla dolu olduğu için yüklenmesi gereksizdir. Yüklemede meydana gelen bu azalma daha geniş sistemlerin analizine imkan verir.

Bu yöntem sparse matrisin inversiyonuna imkan verir.

Kötü bir ağ dizaynı S de istenmeyen durumlara (ill-conditioned) yol açabilir. Mesela elde edilen sayısal hatalar S nin inversiyonunu zorlaştırır. Buna ağın iki ana kusuru neden olabilir.

- Büyük ve küçük elemanların bir karışımından oluşan bir ağ içerisinde eğer göreceli lineer boyutlar 1:100 oranını geçerse istenmeyen durumlar ortaya çıkabilir.

- Eğer üçgensel elemanların iç açısı  $0^\circ$  veya  $180^\circ$  ise istenmeyen durumlar oluşabilir.

Bu çalışmada kullanılan ağ bu kriterler dikkate alınarak dizayn edilmiştir (Dittmer [51]).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Fiziksel Model Çalışmalar (Analog Tank ile Modelleme) ve Elektrik Özdirenç Yönteminde Kullanılması

#### 2.1.2. Giriş

Günümüzde özdirenç çalışmalarında genellikle dipol-dipol, pol-dipol, gradyent, Schlumberger ve Wenner dizilimleri kullanılır. İndüksiyon polarizasyonu (IP) aramalarında ise elektromanyetik kublajı minimuma indirmek için dipol-dipol ve pol-dipol dizilimleri kullanılır. Dipol-dipol ve pol-dipol dizilimleri iletken yapıların aranmasında geniş olarak kullanılmaktadır. Gradyent dizilimi ise yanal profilde kullanımı en kolay olan dizilim olup, özdirençin düşey değişimlerine de göreceli olarak duyarlıdır (Ward, [52] ).

Hangi tür uygulamada hangi tür dizilimin kullanılacağına dair literatürde bilgi bulmak zordur. Bu tezde dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimlerinin hangi tür uygulamalarda en iyi sonucu verdiği araştırıldı. Bununla ilgili bilgiler sonuçlar bölümünde bulunabilir.

Ward [52], çalışması sonucunda sondaj ve yatay profilde araştırma derinliği, yatay yapıların ayrımlılığı ve derinliğe duyarlılık, yanal etkilere duyarlılık, gömülü yapılara (temel kayaç) veya yüzeydeki yapılara (topoğrafya) duyarlılık gibi özelliklerin çeşitli dizilimlerle karşılaştırmalı olarak incelenmesinin verilerin yüksek seviyede yorumu için gerekli olduğunu ve bu konularda çalışmalar yapılması gerektiğini belirtmiştir. Bu tezde, yanal etkilere duyarlılık, yapının gerçek lokasyonu, gömülü yapılara duyarlılık ve yapıya şekilsel benzerlik gibi özellikler dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimleriyle karşılaştırmalı olarak hem yatay profil hem de geniş ölçüde andıran-kesit şeklinde incelendi.

Düşey elektrik sondajı sadece ortam tabakalı olarak düşünüldüğünde sonuç verilmemektedir ve eğer ortam tabakalı değilse bu bir yorum zorluğu meydana getirmektedir. Andıran-kesit uygulaması ise tabakalı ortamdan ziyade yeraltındaki rasgele şekilli bir cisim veya cisimlerin varlığını araştırmaya yarar. Yeraltının karmaşık şekilli yapılardan oluşması halinde andıran-kesit uygulaması araştırmacıya yorum kolaylığı sağlar. Bu nedenle bu tezde analog model çalışmasında geniş ölçüde andıran-kesit uygulaması yapıldı.

Küçük modeller kullanarak simülasyonla minyatür olarak elektrik özdirenç çalışmaları laboratuvarında yapılmaktadır. Tank içerisindeki su, yer ile eşdeğer görev yapar. Özdirenç modeller genellikle; küre, silindir, prizma vb. gibi basit geometrik şekillerde olabilir ve hemen hemen tüm dizilimler tank boyutları uygunsa kullanılabilir. Kontrol



edilebilir geometriler bize bazı yaklaşım metodlarıyla karşılaştırma yapma imkanı verir. Gelişigüzel şekildeki yapıları da modellemek mümkündür. Deney tankının avantajı her çeşit dizilimi kullanmaya imkan vermesidir. Deney tankları IP de görünür özdirenç, yüzde frekans etkisi ve metal faktör haritalarının hazırlanmasında kullanılabilir. Tankta tünel ve boşluk tipi yapıları da modellemek eğer tank uygun şekilde üretilmişse oldukça kolaydır. Ayrıca fay tipi yapılar ve anizotrop yapılar da modellenmektedir.

Modelleme sonuçları yaklaşımın doğruluğu için niceliksel bir fikir verir. Arazi ölçümlerinin yorumu için geliştirilen teorik modelleme teknikleri genel bilgiler bölümünde detaylı olarak anlatıldı. Bu bölümde analog modelleme yöntemiyle ilgili bilgiler verilecektir.

### 2.1.3. Analog Modelleme Yönteminin Gelişimi ve Jeofizikteki Uygulamaları

Analog model deney tanklarında ilk ciddi çalışmalar yaklaşık 30 yıl öncesinde başlamıştır. İlk olarak Apparao ve diğ. [53], model deney tankında Wenner ve yüzey lateralog dizilimlerini kullanarak değişik iletkenlik oranlarına sahip materyallerin derinlik ve eğimlerdeki değişimlerin verdiği elektrik özdirenç tepkisini araştırdı. Yüzey lateralogun basit şekilli, cevher üzerinde merkezlenmiş ve büyük genlikli anomali verdiğini saptadı. Apparao ve diğ. [54], 2B lu iletken ve yalıtkan düşey damar şeklindeki yapılar üzerinde Wenner, yüzey lateralog, unipol, düzenlenmiş unipol ve iki-elektrot dizilimleriyle hedef doğrultusuna dik (in-line) ölçümler yaptı. İletken damar tipindeki hedefler için iki elektrot diziliminin en iyi tepkiyi verdiğini, yalıtkan damarlar içinse dizilimlerin birbirlerine üstünlüğü olmadığını gördü. Singh ve diğ. [55], iletken ve yalıtkan tabakalar üzerinde model tank deneyleri yaptılar. Aiken ve diğ. [56], IP modellemesi için alüminyum, grafit, masif kalkopirit-pirit ve saçılmış (dissemine olmuş) piritten oluşan yarı küresel materyalleri modellemişler ve sonlu farklar yöntemiyle elde edilmiş modellerle karşılaştırma yapmışlardır. Apparao [57], Wenner ve iki-elektrot dizilimleriyle iki düşey, paralel, sonsuza uzandığı varsayılan iletken daykı temsil eden yapı üzerinde hedefe dik (in-line) ve hedef doğrultusunda (broad-side) görünür özdirenç anomalileri saptadı ve iki-elektrot özdirenç anomalilerinin dört-elektrot Wenner anomalilerinden daha iyi sonuç verdiğini ifade etti. Apparao ve diğ. [58], Wenner, iki-elektrot, üç-elektrot ve dipol-dipol dizilimleriyle gömülü düşey tabaka, yatay silindir ve küre gibi iletken hedeflerin derinliklerinin değişimlerinin verdiği anomalileri gözlemladiler. Sonuçta, iki-elektrot diziliminin en iyi derinlik bilgisi verdiği ve bu dizilimi üç-elektrot ve Wenner diziliminin izlediğini saptadılar.

Tünel tipindeki yapılar da model deney tankında çalışılan konulardandır. Spiegel ve diğ. [59], 130 cm. uzunluğunda 10x10 cm. kesitinde içi boş bir hedef kullanarak tünel tipi yapıları modelleyip teorik sonuçlarla karşılaştırma yaptılar. Karwatowsky

ve diğ. [60], verileri otomatik olarak kaydeden bir tuzlu su tankı kullanarak tünel tipi yapıları modellediler.

Model deney tankında anizotrop ortam oluşturarak deney yapılabilir. Matias ve diğ. [61], üzeri bir tabaka ile kaplı düşey iletken dayk ve tank içerisinde anizotrop bir ortam oluşturmak için iletken dayk duvarları arasında düşey PVC plakaları kullanarak dayk ve fay tipi yapıları modellediler ve elde edilen sonuçları anizotrop özelliğe sahip arazi verileri ile karşılaştırdılar.

Bu tezde ise; analog model deney tankında iletken ve yalıtkan daykların dik ve eğimli ( $30^\circ$ ,  $45^\circ$  ve  $60^\circ$ ) durumlarda dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimine verdiği elektriksel özdirenç tepkileri andıran-kesit ve yatay profil olarak incelendi. Bu çalışmanın yapılma nedeni yeraltında gömülü iletken ve yalıtkan dayk tipi yapıların bulunmasına ve yorumuna yardımcı olmaktır. Ayrıca hangi tip dizilimin hangi durumlarda kullanılmasının yararlı olacağı da araştırıldı.

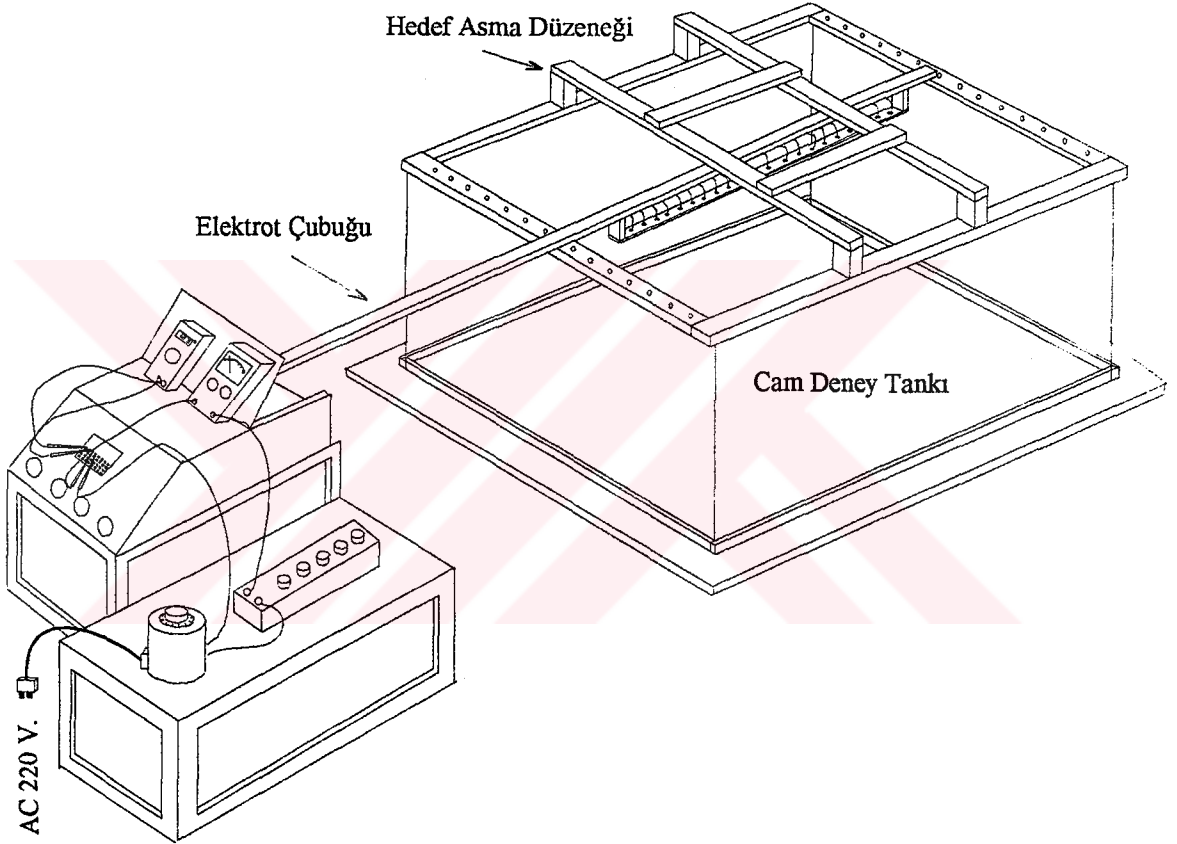
Daha önceki çalışmalarda Apparao [53], [54], [57], [58] daha çok Wenner, unipol, yüzey lateralog, iki-elektrot, üç-elektrot ve dipol-dipol dizilimleriyle çalıştı. Ayrıca Apparao [53], [57], [58] çalışmalarını iletken yapılar üzerinde yoğunlaştırdı. Tank içerisinde tünel tipi yapıları ise Spiegel ve diğ. [59], Karwatowsky ve diğ. [60] çalıştırdı. Bu tezde ise; Apparao' nun üzerinde pek çalışmadığı yalıtkan dayklar dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimleriyle incelendi. Apparao' nun yaptığı, daha çok dizilimlerin birbirlerine üstünlüğünü saptamak ve hangi tip yapılar üzerinde hangi tip dizilimin daha iyi tepki verdiğini belirlemeye yönelikti. Bu çalışmada buna ek olarak yanıl ayrımlılık, yapıya şekilsel benzerlik, yapının eğimine duyarlılık gibi konular da ele alındı. Analog deney tankı kullanan araştırmacılar, çalışmalarında daha çok yatay profil incelemeleri yapmıştır. Bu çalışmada ise, buna ek olarak yatay profil ve düşey sondajın bileşkesi olan andıran-kesitler üzerinde de yoruma gidildi.

#### 2.1.4. Model Deney Tankı

Jeofizikte, arazide elde edilen görünür özdirenç verilerini yorumlayabilmek önemli bir konudur. Çünkü elde bulunan arazi görünür özdirenç verisinin yeraltında nasıl bir yapıyı temsil ettiği kolaylıkla anlaşılabilir. Yapının şekli, büyüklüğü, derinliği, eğimi ve iletkenliğinin elde edilen görünür özdirenç tepkisine katkısının belirlenmesi bir başka deyişle, görünür özdirenç tepkisinin yorumlanması gerekmektedir.

Yorum için ya sayısal, ya analitik modelleme yöntemleri kullanılmakta ya da analog deney tankında modelleme yaparak yoruma gidilmektedir. Sayısal modelleme yöntemleri olarak ağ yöntemi, sonlu fark yöntemi, integral eşitlik yöntemi, alfa merkez yöntemi veya sonlu eleman yöntemleri kullanılabilir. Analitik modelleme yöntemi olarak da görüntü yöntemi kullanılabilir.

Analog deney tankında genellikle basit geometrik şekle sahip cisimler modellenir. Bu modellerin jeolojik yapıları yaklaşık olarak temsil ettikleri kabul edilir. Bu basit geometrik şekiller; küre, silindir, yarı-sonsuz tabakalar veya içi boş çeşitli cisimlerdir. Bu tür yapılar üzerinde düz çözüm yapılarak bu yapıların verdiği elektriksel öz direnç tepkisi arazi öz direnç tepkisiyle karşılaştırılarak bir yoruma gidilebilir. Sayısal yöntemlerden bazılarının ve analog deney tanklarının bir dezavantajı bunların tamamen homojen ortamları modellemesidir. Oysa arazide tam homojen olan bir ortam bulunamaz. Arazide ölçümlere daima gürültü diye nitelendirebileceğimiz heterojeniteler etki eder. Bu nedenle sayısal, analitik ve analog tank modelleri, ideal olarak adlandırabileceğimiz modeller olup arazi tepkilerini yorumlamada bize yardımcı olurlar.



Şekil 20. Deneylerde kullanılan model deney tankının görünümü.

Deneylerde kullanılan model deney tankı Jeofizik Mühendisliği Bölümü' nün imkanlarıyla bu çalışma için dizayn edilerek hazırlandı. Model deney tankının duvarları 8 mm. kalınlığında camdan imal edilmiş olup sağlamlığını arttırmak için etrafi ahşap çerçeve ile çevrilmiştir. Cam deney tankı 88 cm. eninde, 90 cm. boyunda ve 50 cm. derinliktedir (şekil 20). Tankta; çevre kayacı, homojen olan su temsil etmektedir. Ölçü alma anında tank tamamen doluyken 390 dm<sup>3</sup> su alabilmektedir. Daha iletken bir ortam elde edebilmek amacıyla tanka tuz ilavesi yapılmaktadır.

İletken ve yalıtkan hedeflerin tanktaki su içerisinde düzgün bir şekilde durması veya hedeflerin eğimli bir şekilde asılabilmesi amacıyla tank üzerine bir model asma

düzeneği yerleştirilmiştir. İletken ve yalıtkan hedefler ince misina ile bu düzeneğe bağlanmaktadır.

Ölçümlerde kullanılan elektrotlar 0.31 cm. çapında paslanmaz çelikten olup toplam 33 adettirler. Bu elektrotlar ölçüye başlanmadan önce ince zımpara ile temizlenmektedir. Elektrotlar 83 cm. boyunda, 2.4 cm. enindeki bir PVC çubuk içerisine yerleştirilmiştir. Elektrotlar arasındaki mesafe 2.54 cm. (1 inç) dir.

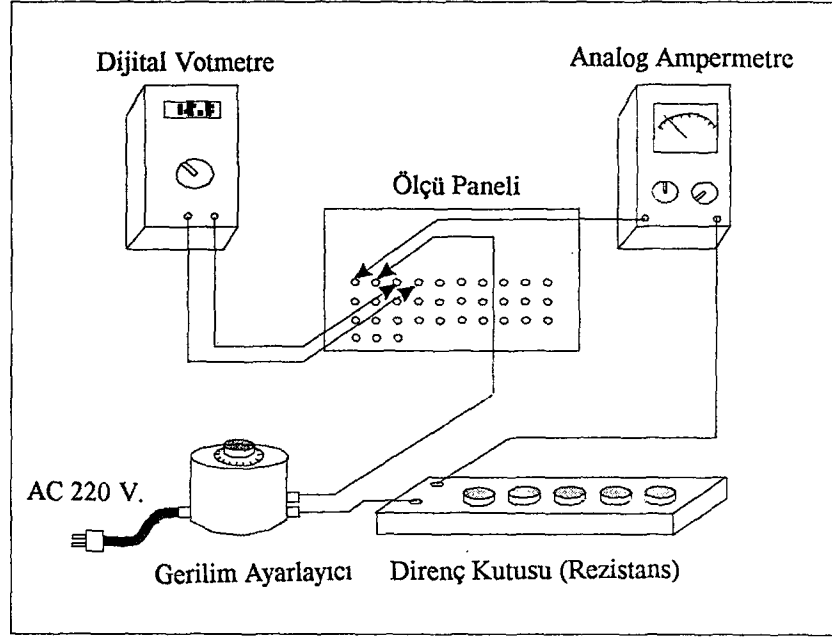
Tank içerisindeki suya akım vermek için ayarlı bir güç kaynağı kullanılmıştır. Verilen akımın miktarını kontrol edebilmek ve aynı seviyede tutabilmek için Jay Instruments yapımı bir rezistans (direnç kutusu) kullanıldı. Verilen akım miktarını ölçmek amacıyla analog Universal Avometer tipi bir ampermetre kullanıldı. Potansiyel değerini ölçmek için de Kingdom KD-4000 tipi dijital bir voltmetre kullanıldı (şekil 21).

Akım vermek, potansiyel ölçmek ve istenen dizilimi kullanmak amacıyla kare şeklinde, içerisinde 80 adet kablo bulunan bir düzenek kullanıldı. Bu 80 kablodan 33 ü kullanılan elektrotlara bağlandı. Bu kablolar vasıtasıyla tankta istenen her türlü dizilim rahatlıkla kullanılabilir.

### 2.1.5. Deney Tankında Ölçü Alma Tekniği

Deney tankında ölçü alma tekniği şu şekildedir. Ölçü almadan önce tankın içerisi her türlü gürültü nedeni sayılabilecek materyalden temizlenmeli ve filtre edilmiş su ile doldurulmalıdır. Eğer modellemede yalıtkan hedefler kullanılacaksa bir miktar tuz suda eritildikten sonra tank içerisindeki suya eklenir. İletken hedefler için bu tür bir işleme gerek yoktur. Su seviyesi elektrotlarla aynı seviyede olmalıdır. Aksi halde elektrotlar üst kısımlarından ıslanarak yanlış potansiyel değerleri okunmasına yolaçacaklardır.

Elektrot çubuğu yerine yerleştirilmeden önce ince zımpara ile iyice temizlenmelidir. Aksi halde, suya akım vermede bazı güçlüklerle karşılaşılır. Ayrıca okunan potansiyel değerlerinde farklılıklar görülebilir. Elektrot çubuğu bir miktar eğimli tutularak akım verme esnasında elektrot yüzeylerinde oluşacak hava kabarcıklarının su yüzeyine çıkması sağlanmalıdır. Ölçü almaya başlamadan önce ayarlı güç kaynağı ile şehir voltajı olan AC 220 V. yaklaşık AC 100 V. a indirgenir (şekil 21). Bu gerilim bir ayarlı direnç kutusundan (rezistans) geçirilerek, tanka verilen akımın daha hassas olarak kontrolü sağlanır. Akım, bir analog ampermetre üzerinden tanka verilmektedir. Analog ampermetreden okunan akım değeri direnç kutusu vasıtasıyla yaklaşık 10 mA. de tutulmalıdır. Akım vermede kullanılan kabloların ölçü panelindeki deliklere yerleştirilmesiyle tanka akım ulaştırılmaktadır. Digital potansiyometre AC gerilim okuma pozisyonuna getirilerek potansiyometre elektrotları (problar) ölçü panelindeki deliklere yerleştirilir. 10 mA. de akım sabit kaldığında digital potansiyometreden iki elektrot arasındaki potansiyel fark milivolt cinsinden okunur.



Şekil 21: Analog deney tankında kullanılan aletlerin bağlantılarının gösterimi.

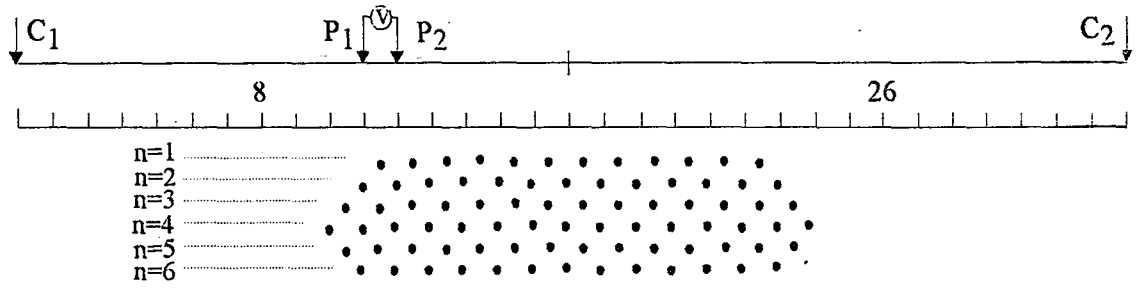
Kullanılan dizilime göre bu işlemlere devam ederek istenen konumlarda elektrotlardan akım verip istenen konumlardaki elektrotlardan da potansiyel fark okumak suretiyle ölçümler tamamlanır.

### 2.1.6. Kullanılan Dizilimler

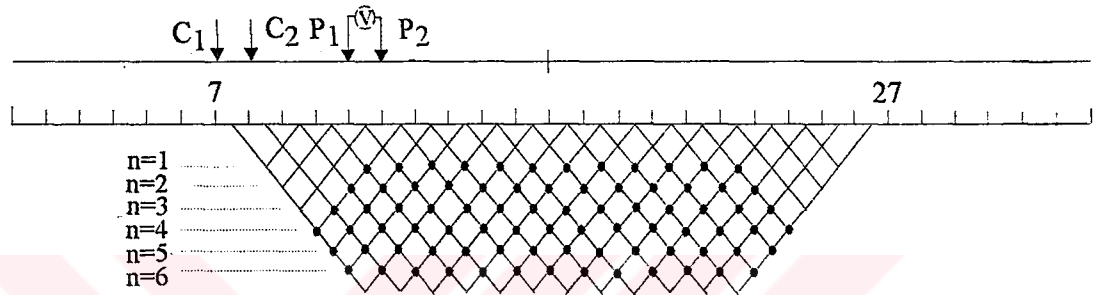
Model deney tankında herhangi bir şekle ve iletkenliğe sahip cisimler rahatlıkla modellenebilmekte ve bu cisimler üzerinde istenilen elektriksel dizilim kullanılabilir. Tankta öz direnç haritalama, yatay profil, düşey sondaj ve andıran-kesitler rahatlıkla elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimleri ile andıran kesitler hazırlanmıştır. Her andıran-kesitte  $n=6$  ya kadar ölçüler alınmış olup bu işlemle yaklaşık olarak 3 birim (3 inç=7.6 cm.) derine kadar bilgi alınabilmektedir. Andıran kesitler;  $n=1$  için 12 değer,  $n=2$  için 13 değer,  $n=3$  için 14 değer,  $n=4$  için 15 değer,  $n=5$  için 14 değer ve  $n=6$  için de 13 değer olmak üzere toplam 81 adet öz direnç değeri içerir (şekil 22, 23, 24).

Dipol-dipol diziliminde akım ve potansiyel problemleri 7-27 nolu elektrotlar arasında gezdirilerek ölçüler alınmıştır (şekil 23). Pol-dipol dizilimi ile ölçü alabilmek için akım elektrotlarından birinin sonsuza atılması gereklidir. Bu nedenle akım elektrotlarından biri, diğer bir içi su ile dolu tanka yerleştirilerek ana tanka akım verilmiştir. Problemler bu dizilimde 8-27 nolu elektrotlar arasında gezdirilmiştir (şekil 24). Gradyent diziliminde ise akım problemleri 1. ve 33. elektrotlara yerleştirilmiş olup, potansiyel problemleri 8-26 nolu elektrotlar arasında gezdirilmiştir (şekil 22).



Şekil 22. Gradyent dizilimi ile ölçü alınan noktalar.



Şekil 23. Dipol-dipol dizilimi ile ölçü alınan noktalar.



Şekil 24. Pol-dipol dizilimi ile ölçü alınan noktalar.

### 2.1.7. Kullanılan Modeller

Bu çalışmada iletken ve yalıtkan dayk türü yapıların çeşitli dizilimlere vereceği elektrik özdirenç tepkileri araştırıldı. Bunun için yalıtkan hedef olarak,  $2 \times 7 \times 0.5$  birim (1 birim=1 inç) boyutlarında dikdörtgen prizma şeklindeki plexiglass (polymetilmeta-crylate) adı verilen şeffaf görünümlü bir materyal kullanıldı. İletken hedef olarak,  $2 \times 7 \times 0.5$  birim boyutlarında dikdörtgen prizma şeklinde saf alüminyum kullanıldı. Yalıtkan hedef olarak kullanılan plexiglassın özdirenci  $10^{12}$  ila  $10^{15}$   $\Omega \cdot \text{m}$ . dir. İletken hedef olarak kullanılan saf alüminyumun özdirenci ise  $2.67 \times 10^{-8}$   $\Omega \cdot \text{m}$ . dir.

### 2.1.8. Yapılan Ölçümler

Model olarak kullanılan cisimler yalıtkan-yalıtkan, iletken-iletken, yalıtkan-iletken olarak tank içerisine yerleştirildi. Bu çift modeller önce birbirlerine bitişik olarak bağlı olduğu durumda ölçüler alındı. Daha sonra aralarındaki mesafe 1 br, 2 br., 3 br., 4 br., 5 br., 6 br., 7 br., 8 br. miktarında arttırılarak ölçüler alındı. Sonra bitişik olarak birbirlerine bağlı cisimler 30°, 45° ve 60° derece saat ibresi yönünde döndürülerek ölçüler alındı. Ayrıca cisimler 2 br., 4 br. ve 6 br. mesafeyle açıldıktan sonra 30°, 45° ve 60° eğimli hale getirilmek suretiyle de ölçüler alındı.

Dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimleri kullanılarak alınan bu ölçümler sonucu toplam 189 adet andıran-kesit hazırlandı.

Her ölçüde modellerin su yüzeyinden olan derinlikleri 0.5 br. de sabit tutuldu.

### 2.1.9. Andıran-Kesitlerin Hazırlanması

Her andıran-kesit için elde edilen 81 adet potansiyel değeri kullanılarak, FORTRAN programlama diliyle yazılan dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimleri için öz direnç hesabı yapan program yardımıyla öz dirençleri hesaplandı. Bu program ayrıca çıkış verilerini Windows altında çalışan Surfer adlı konturlama programına uygun hale getirmektedir. (Ek-3' te programın listesi verilmektedir). Sonuçta elde edilen bu veriler Surfer programı ile konturlanarak andıran-kesitler hazırlandı. Hazırlanan bu andıran-kesitler, bu bölümün sonunda ve Ek-1 bölümünde görülmektedir.

### 2.1.10. Kullanılan Deney Tankının Avantaj ve Dezavantajları

Jeofizik Bölümü' nde inşa edilen model deney tankı şu avantajlara sahiptir. Deney tankında istenilen herhangi bir elektriksel dizilim kullanılabilmekte ve tanka gerekli düzeyde akım verilebilmektedir. Yaklaşık 20 dk. içerisinde bir andıran-kesit için ölçümler alınabilmekte olup modeller istenilen büyüklük ve biçimde seçilerek istenilen eğim de verilebilmektedir. Küçük boyutlu deney tanklarında raslanabilecek duvar etkileri, duvarlardan uzakta ölçü alındığı için yoktur. Her elektrot, hem akım hem de potansiyel elektrodu olarak kullanılabilmekte olup diğer deney tanklarındaki gibi ayağa kalkarak elektrotları kaydırma gibi bir zorluğu olmadığı gibi tüm ölçüler oturularak rahatlıkla alınabilmektedir. Akım olarak AC akım kullanıldığı için ölçümlere doğal potansiyel (SP) etkisi karışmamaktadır.

Bu sayılan avantajlar yanında bazı dezavantajlarla da karşılaşılabilir. Bunları ve çözüm yollarını şöyle sıralayabiliriz. Tuzlu su kullanmak gerektiğinde tuz tam anlamıyla homojen olarak dağılmamakta bu nedenle tank boşken tuz bir miktar

suda eritildikten sonra tank içerisine dökülüp daha sonra tank doldurulmalı böylece tank doluncaya kadar tuzun homojen bir şekilde dağılması sağlanmalıdır. Pol-dipol, yarım Wenner, yarım Schlumberger gibi dizilimlerde bir akım elektrodu, pol-pol diziliminde ise bir akım ve bir potansiyel elektrodu sonsuz olarak kabul edilen bir noktaya yerleştirilmelidir. Tankın boyutları yeterince büyük olmadığından bu sorunu gidermek için akım veya potansiyel elektrodu (veya her iki elektrot) diğer bir tank içerisindeki sudan geçirilerek kullanılabilir. Akım verilirken elektrot yüzeylerinde akım verme süresine bağlı olarak oksitlenme oluşmakta bu da tank içerisine akım vermekte ve bu elektrotlardan potansiyel değerini okumakta çeşitli sorunlar çıkarmaktadır. Bu nedenle ölçüye başlanmadan evvel elektrotların tümü ince zımpara ile iyice temizlenmelidir. Tank içerisindeki suyun sıcaklık farkı ile özdirençinin değişimi yüzey haritalama yapılırken sorun çıkartabilmektedir. Bu nedenle yüzey haritalama işlemi bir gün içerisinde bitirilmelidir. Bu sorunla andıran-kesitler hazırlanırken pek karşılaşmamaktadır.

Arazi ölçümleri model sonuçlarından daha doğrudur. Arazide meydana gelen hatalar ihmal edilebilir. Çünkü özdirenç haritaları logaritmik ara değerler kullanılarak kon-turlandığında % 2 lik hatalar tamamen kaybolur. Modellemede ise istasyon aralıkları 1 inç gibi küçük mesafelerde olduklarından hatalar da büyüyecektir (Hallof, [61]).

## 2.2. Dipol-Dipol Elektrik Özdirenç Verilerinin Andıran-Kesit Konturları Şeklinde Temsil Edilmesi

IP ve özdirenç verileri genellikle bir andıran-kesit formunda düzenlenir ve konturları (Hallof, [63]). Andıran-kesitler yeraltındaki özdirenç değişiminin grafiksel bir gösterimidir. Fakat konturların biçimi sadece yeraltı özdirenç dağılımına bağlı olmayıp elektrotların geometrisine de bağlıdır. Yeraltındaki tek bir yapının farklı dizilimlerle alınan andıran-kesitleri birbirlerinden çok farklı olabilir.

Dipoller arasındaki  $n$  değeri büyüdükçe araştırma derinliği de artar. Böylece veriyle 2 boyutlu bir andıran kesit hazırlanabilir. Bir andıran-kesit hem yatay hem de düşey değişimleri gösterir. Hallof [63], dipol merkezlerinden iki  $45^\circ$  eğimli çizgi çizip birleştikleri yere özdirenç değerini atamıştır (şekil 25). Her yatay veri hattı bir  $n$  değeri ile ilişkilidir. Bu bize bir efektif derinlik araştırması verir. Sonuç olarak andıran-kesitler görünür özdirençin düşey değişimlerini niteliksel olarak gösterirler.

Daha detaylı çalışmalar için dipol genişlikleri küçükten büyüğe doğru arttırılarak farklı andıran-kesitler hazırlanabilir. Fakat farklı dipol genişlikleri için elde edilen andıran-kesitleri tek bir andıran-kesit halinde gösteren kabul edilebilir bir yöntem yoktur.

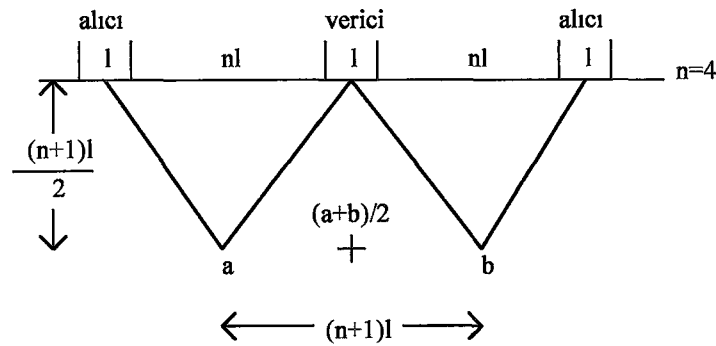


Görünür öz direnç modeli kompleks bir yeraltı yapısıyla ilişkili olup çoğu kez gerçek öz direnç dağılımıyla ilişkisi yoktur. Çizim yöntemindeki herhangi bir basit düzenlemeyle tüm yapılar için genel bir iyileşme mümkündür. Fakat kesitler hem de 'pseudo' yani andırandır. Şöyle ki; derinliklerin çizimi dipol-dipol dizilimi için herhangi bir efektif derinlikle doğrudan ilişkili değildir. Dolayısıyla andıran-kesitin düşey ölçeği kesin olarak derinliği yansıtmaz (Edwards, [64]).

2 boyutlu görünür öz direnç verilerinin işlenebilmesi için hızlı bir teknik olan nonli-neer en küçük kareler optimizasyon yöntemini temel alan dekonvolüsyon yöntemi Loke [65], tarafından önerilmiştir. Bu yöntemde, elektrot diziliminin geometrisiyle meydana gelen görünür öz direnç andıran-kesitlerindeki distorsiyonlar (bozulmalar) başarılı bir şekilde ayıklanabilmektedir. Ayrıca bu yöntemin, farklı kütlelerin neden olduğu üstüste binen anomalileri ayırmada da başarılı olduğu görülmüştür. Bu yöntem sonucu üretilen model, gerçek yeraltı öz direnç dağılımı ile ilgili faydalı bir bilgi sağla-maktadır.

IP ve öz direnç dipol-dipol verisinin bir kapanım (kontur) haritasında gösterimi için Fraser [66], tarafından bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde, istenildiğinde elle de yapılabilecek şekilde verinin basit aritmetik ortalaması alınarak çok seviyeli dipol-dipol verisi tek seviyeli bir profile çevrilmekte ve böylece bir andıran-kesit bir profil haline almaktadır. Bu profil, araştırmacıya andıran-kesitin genel bir yorumunu verir. Fakat sonuçta önemli oranda bilgi kaybı meydana gelmektedir.

Bu çalışmada ise Bertin ve Loeb [67], tarafından üretilen bir filtre tekniği kullanıldı. Filtreleme işleminin genel görünümü şekil 25' de verilmektedir. Bu teknik IP ve öz direnç ölçümlerinde dipol-dipol dizilimi için kullanılmaktadır. Filtreleme işlemiyle, dipol-dipol dizilimi kullanıldığında elektrotların dizilimi nedeniyle meydana gelen durum düzeltilir. Böylece maximum genlik, düşey olarak polarize olmuş yapının tam üzerinde belirecektir.



Şekil 25. Filtreleme işlemi.

Şekil 23' de görüldüğü gibi bir andıran-kesitte dipol-dipol dizilimi simetrik olarak uygulanır. a ve b noktaları dipol merkezlerinden  $45^\circ$  eğimli olarak çizilmiş çizgilerin kesim noktalarıdır. Filtreleme işlemi a ve b değerlerinin cebirsel ortalamasının alınarak merkez dipolün orta kısmına yazılmasıyla uygulanır. Sonra bu işleme sırayla devam edilir. Şekil 25' de  $n=4$  için bu işlemin uygulanması görülüyor. Bu filtreleme tekniğine mixed plotting adı verilmekte olup hızlı ve kolay olarak uygulanabilmesi bir avantajdır. Bu filtre tekniği dipol-dipol verilerine uygulanarak Ek-2' de görülen sonuçlar elde edilmiştir.

### 2.3. Çeşitli Modelleme Yöntemleri ile Bir Karşılaştırma

Jeofizikte araştırmacıların pek çoğu düşey prizmalar, küreler ve bunlar gibi düzgün geometrik şekilli modeller üzerinde çalıştılar. Yeraltında tam olarak düzgün şekilli yapılar mevcut olmamasına rağmen, bu tür yapılar üzerinde modelleme yapmak bir başka deyişle düz çözüm yapmak, elde bulunan arazi verilerini yorumlamada mühendislere yardımcı olmak amaçlıdır. Modelleme sonucu elde edilen anomali ile arazi verisi karşılaştırılarak hangi yapının arazi verisiyle en çok çakıştığı saptanmaya çalışılır. Sonuçta, belirli bir yüzdeyle anomaliler çakışıyorsa, yeraltında modellenen cisme benzer bir cisim olduğu varsayılır.

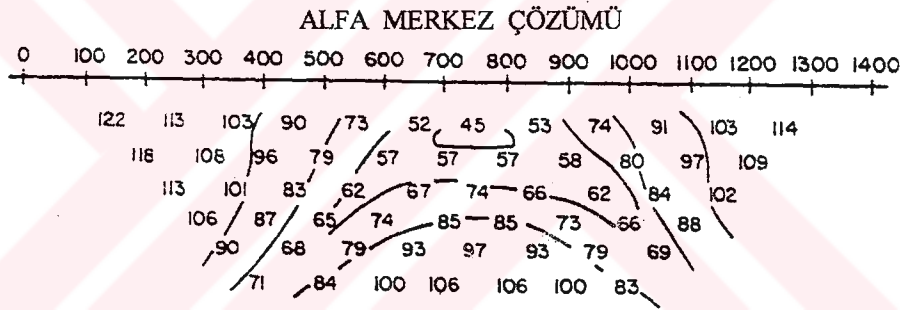
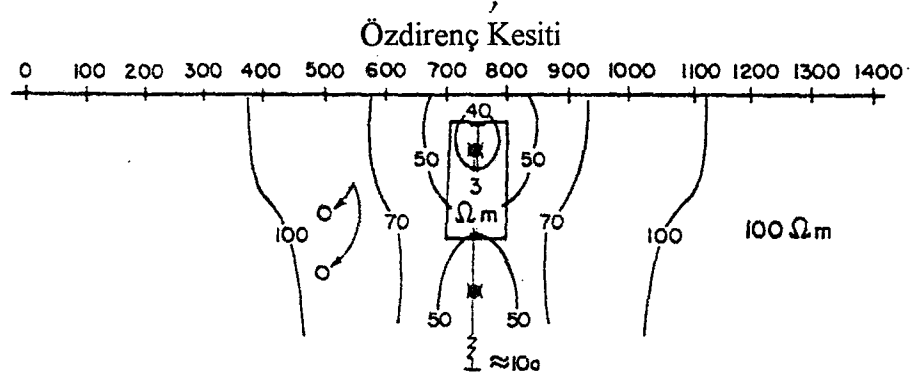
Araştırmacılar modelledikleri düşey prizmaları yeraltındaki dayk türü yapılar olarak düşünürler. Yalıtkan dayklar olarak, yeraltındaki duvar, ark veya gömülü kalmış mühendislik yapıları sayılabilir. İletken dayklara örnek olarak ise düşey veya eğik şekilde dalım gösteren masif sülfid yatakları, içi kil ile dolu arklar sayılabilir. Araştırmacılar daha çok iletken daykları temel alarak sayısal ve analog model çalışmaları yaptılar. Bunun nedeni, iletken yapıların ekonomik açıdan önemli olmasıdır. Fakat son yıllarda arkeoloji ve zemin etüdü çalışmalarında jeofiziğin öneminin artmasıyla yalıtkan modeller üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır. Bu tezde hem yalıtkan hem de iletken daykların çeşitli dizilimlere verdikleri anomaliler sayısal ve analog modelleme yöntemleriyle elde edildi.

Araştırmacıların pek çoğu andıran-kesit elde etmek için dipol-dipol dizilimi kullanır. Bu tezde, andıran-kesitlerin hazırlanması için dipol-dipol dizilimine ek olarak pol-dipol ve gradyent dizilimleri de kullanıldı. Bunun yapılma nedeni, yeraltındaki değişik şekilli ve öz dirençli yapılar üzerinde hangi dizilimin kullanılması gerektiğini saptamaktır.

Aşağıda iletken düşey dayk için dipol-dipol dizilimi kullanarak araştırmacıların yaptığı çalışmalarla bu tez için yapılan çalışmalar karşılaştırmalı olarak verildi. Bir analitik modelleme yöntemi olan görüntü yöntemi sadece yüzeylemiş daykları modelleyebildiği için bu kısma dahil edilmemiştir (Bak Genel Bilgiler Bölümü). Sayısal

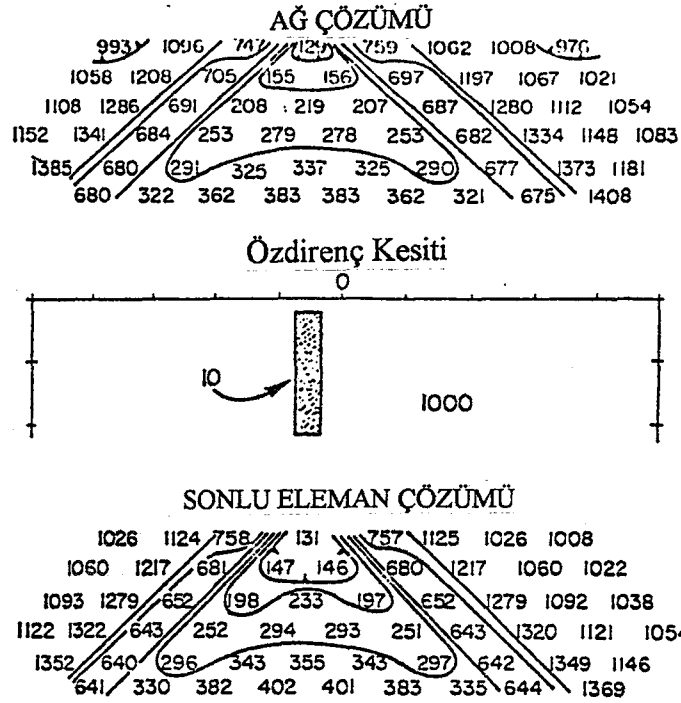


düsey dayk şeklindeki bir yapının alfa merkez yöntemiyle elde edilen andıran-kesiti görülmüyor.

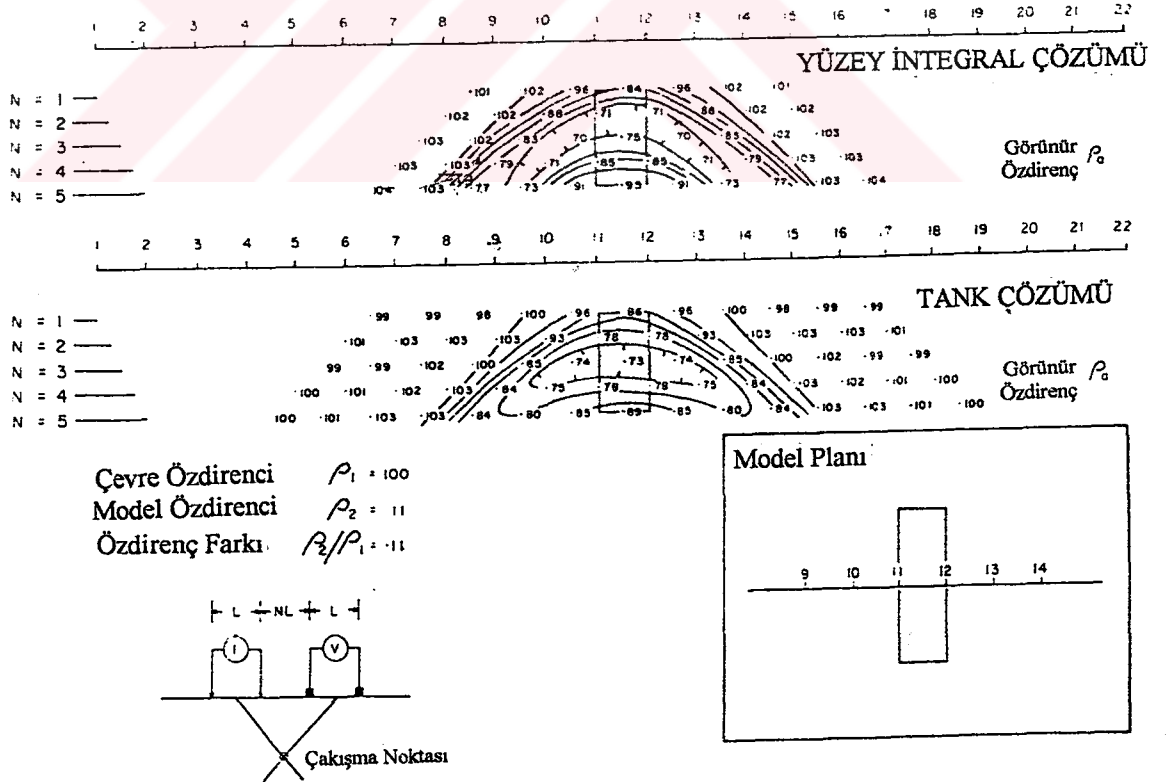


Şekil 27. Alfa merkez yöntemi kullanarak prizmatik bir modelin inversiyon sonucu. Üstte prizmatik model altta ise ona ait andıran-kesit görülmüyor. (Petrick ve diğ. [6]).

Pelton ve diğ. [22], ağ yöntemi ve sonlu eleman yöntemi kullanarak özdirenç ve IP için iki boyutlu yapıların inversiyonunu gerçekleştirdi. Ağ yöntemi ve sonlu eleman yönteminin algoritmaları kavramsal olarak oldukça farklı olmasına rağmen sonuçta elde edilen matris denklemleri hemen hemen birbirleriyle aynıdır. Şekil 28' de iletken bir düsey dayk için ağ yöntemi ve sonlu eleman yöntemiyle elde edilen andıran-kesitler görülmüyor. Görüldüğü gibi andıran-kesit konturları büyük ölçüde birbirine benzemektedir.



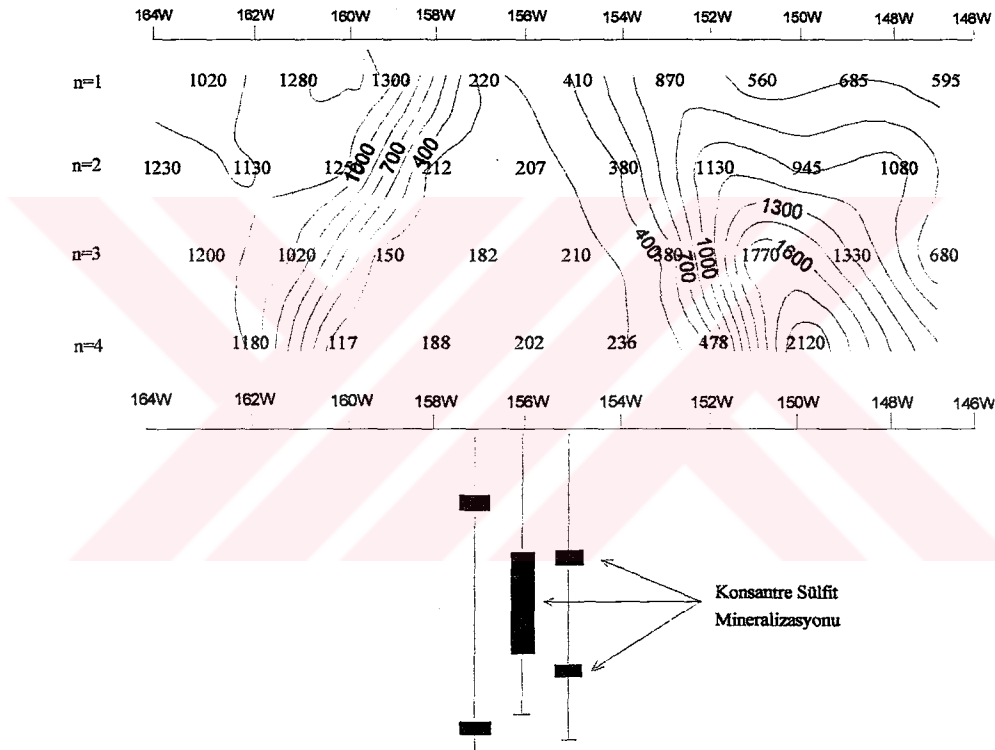
Şekil 28. Aynı özdirenç kesiti için ağ çözüm yöntemi ve sonlu eleman yöntemi kullanılarak hesaplanmış dipol-dipol görünür özdirenç andıran-kesitleri. (Pelton ve diğ. [22]).



Şekil 29. Aynı yeraltı kesiti için yüzey integral yaklaşımı ve analog tank modelinin karşılaştırılması. (Pratt [68]).

Bir diğer sayısal modelleme yöntemi de yüzey integral yaklaşımıdır. Pratt [68], 3 boyutlu öz direnç problemlerinin çözümüne yüzey integral yaklaşım yöntemini uygulamıştır. Bu yöntemde şekli keyfi olarak seçilen yapıya üç ana ortogonal eksen (x, y, z) birine dik olan yüzey düzlemi ile yaklaşım yapılır. Şekil 29' da iletken düşey dayk için bu yöntemle elde edilen çözüm ve Hallof [62] nin model deney tankında elde ettiği analog tank modeli görülüyor.

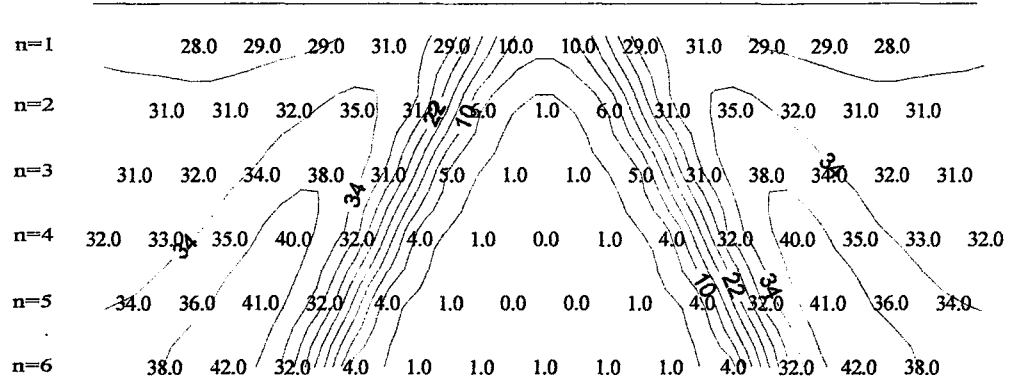
Aşağıdaki şekilde düşey bir daykı andıran konsantre sülfat mineralizasyonunun andıran-kesiti görülmektedir. Bu kesit Lake, Chibougamau, Quebec' te dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınmıştır (Hallof, [62]).



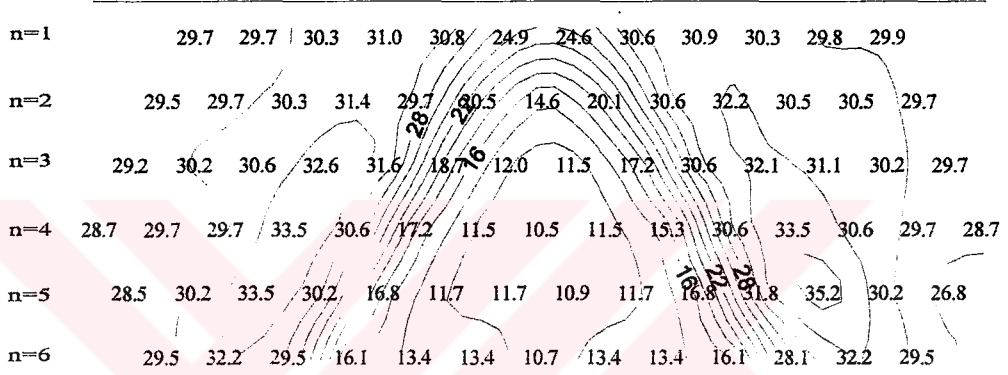
Şekil 30. Lake, Chibougamau, Quebec' te yapılan bir arazi çalışması. Üstte andıran-kesit, altta ise sondaj sonuçları görülüyor. (Hallof, [62]).

Aşağıda ise bu tez için sonlu eleman yöntemi ve analog deney tankı kullanılarak birbirine tamamen bitişik iki iletken düşey daykın dipol-dipol dizilimiyle elde edilen andıran-kesitler görülüyor.

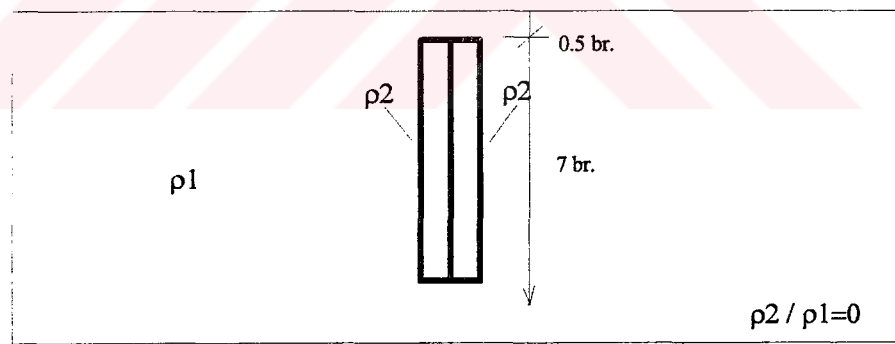
a).



b).



c).



Şekil 31. Dipol-dipol dizilimi kullanarak bitişik iki düşey iletken dayk için alınan andıran-kesitler. a). Sonlu eleman yöntemiyle elde edilen andıran-kesit, b). Analog deney tankı ile elde edilen andıran-kesit, c). Model.

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü gibi sayısal yöntemlerin tümü ve deney tankında elde edilen andıran-kesitlerin birbirlerine olan benzerlikleri açıkça belirgindir. Bu çalışmaların tümü şekil 30' daki arazi kesitini yorumlamada yardımcı olmaktadır.

## 2.4. Düşey ve Eğik Dayklar İçin Yapılan Çalışmalarla Bir Karşılaştırma

Coggon [24], sonlu eleman yöntemi kullanarak dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimlerinin tepkilerini inceledi. Elde ettiği sonuçları şu şekilde sınıflandırmıştır.

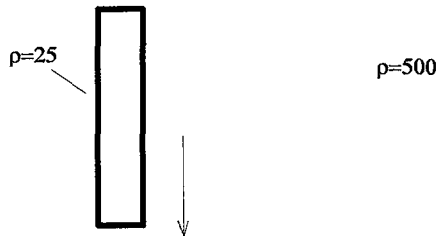
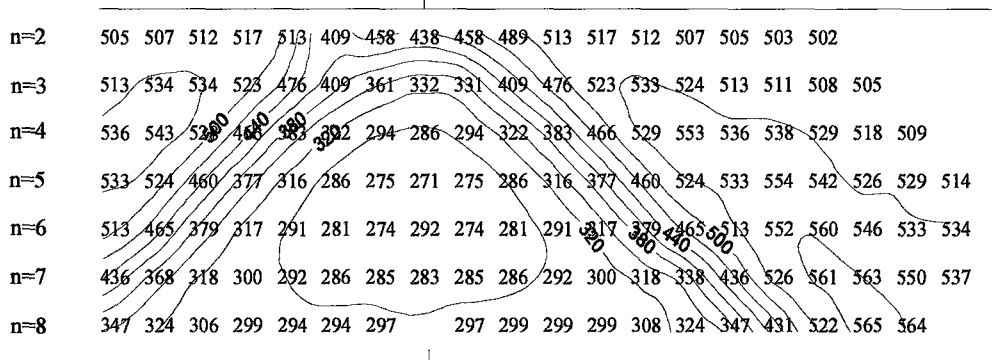
1. Dipol-dipol dizilimi genellikle en geniş anomaliyi verir. Fakat anomaliler yapının eğimi hakkında nadir olarak bilgi verirler ve anomaliler örtü tabakasındaki düzensizliklerden aşırı derecede etkilenirler.

2. Pol-dipol anomalileri ise hemen hemen dipol-dipol anomalileri kadar geniş olup aynı genel şekle sahiptirler. Fakat daha az ayrımlı görülürler. Yani ayrımlılıkları daha düşüktür. Düşük ayrımlılık ve asimetri nedeniyle bu dizilimde yorum yapmak daha zordur.

3. Gradyent dizilimi eğim bilgisi ve iyi derecede yanal ayrımlılık verir. İnce düşey yapılara olan tepkileri zayıftır ve anomaliler örtü tabakasındaki düzensizliklerden aşırı derecede etkilenirler. Ayrıca derinliğe duyarlı değildir.

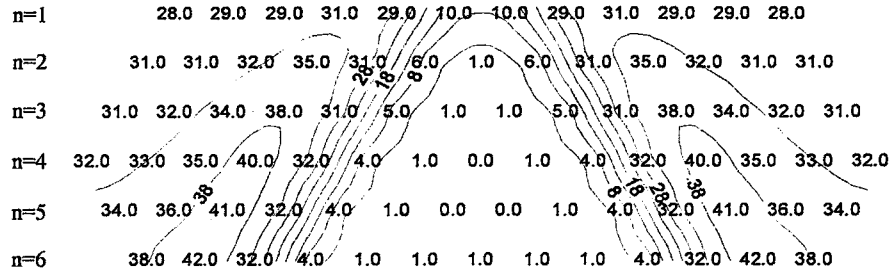
Aşağıda Coggon [24] tarafından düşey, eğik ve çift eğik dayklara ne gibi tepki alındığı ve bu tez için sonlu eleman ve analog modelleme sonucu elde edilen çalışmalar karşılaştırmalı olarak gösteriliyor. Bunların yorumu sonuçlar bölümünde verilmektedir.

a).

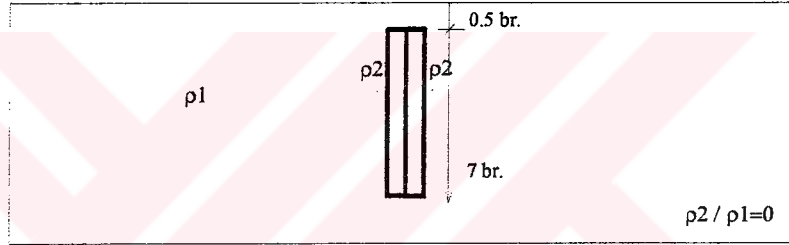
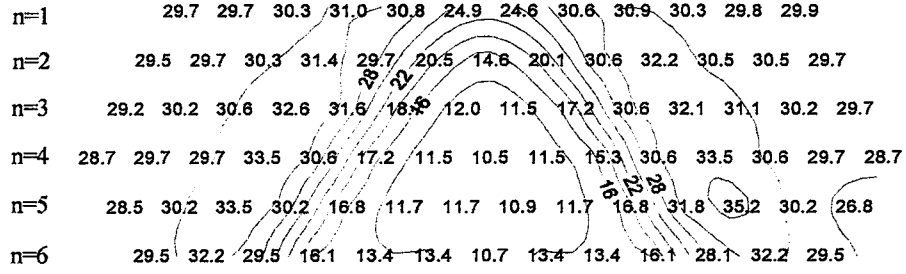




b).

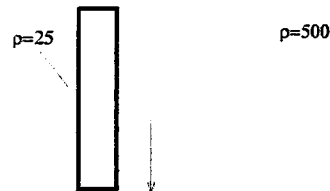
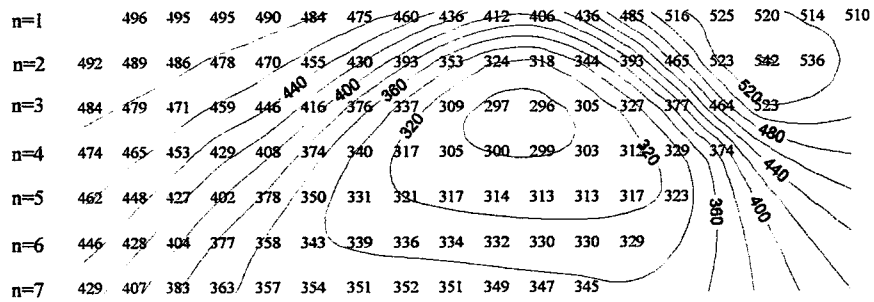


c).

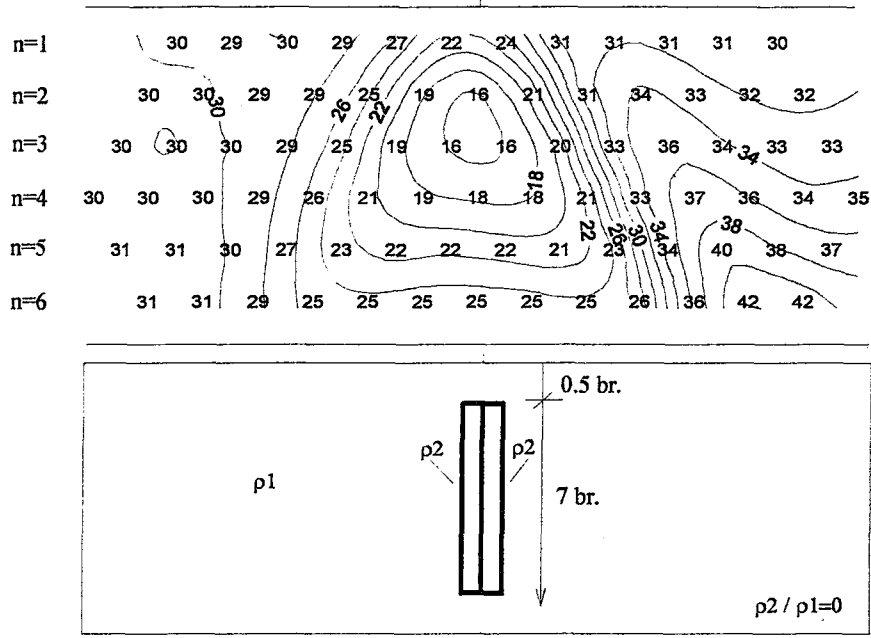


Şekil 32. Dipol-dipol dizilimi kullanarak iletken düşey dayk için elde edilen andıran-kesitler. a). Coggon' un sonlu eleman yöntemiyle elde ettiği andıran-kesit, (Coggon [24]), b). Bu tez için sonlu eleman yöntemi kullanılarak elde edilen andıran-kesit, c). Bu tez için analog tank kullanılarak elde edilen andıran-kesit.

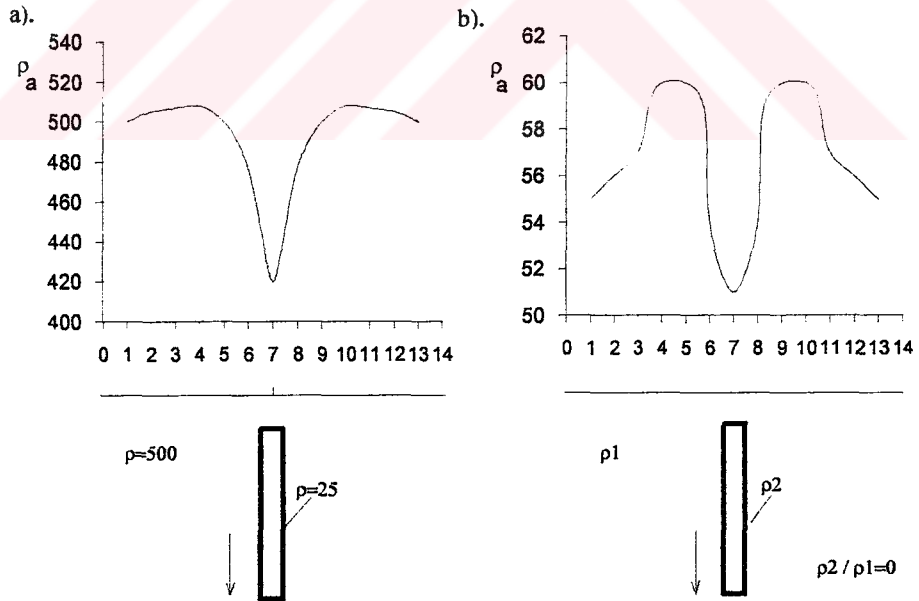
a).



b).



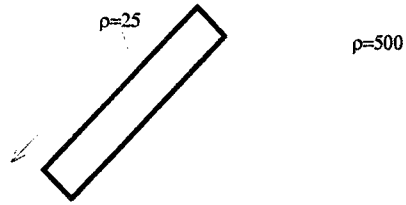
Şekil 33. Pol-dipol dizilimi kullanarak iletken düşey dayk için elde edilen andıran-kesitler. a). Coggon' un sonlu eleman yöntemiyle elde ettiği andıran-kesit, (Coggon [24]), b). Bu tez için analog tank kullanılarak elde edilen andıran-kesit.



Şekil 34. Gradyent dizilimi kullanarak iletken düşey dayk için elde edilen profiller. a). Coggon' un sonlu eleman yöntemiyle elde ettiği profil, b). Bu tez için analog tank kullanılarak elde edilen profil.

a).

n=2	502	503	505	507	510	512	511	499	470	450	448	475	504	515	513	508	505	502					
n=3	504	507	505	514	514	516	506	474	432	367	345	346	388	430	507	532	530	520	513	506			
n=4	501	508	525	517	532	530	492	448	380	367	344	317	304	302	316	359	433	509	544	541	532	521	
n=5	509	514	530	514	478	519	472	425	369	338	316	301	296	284	286	301	344	428	519	558	562	542	529
n=6	517	517	511	503	464	477	464	364	342	328	315	302		284	278	279	297	336	409	505	368	572	551
n=7	517	509	504	495	456	412	394	363	353	347	335	323	300		280	275	276	289	332	410	505	575	576
n=8	501	500	486	449	407	385	366	367	367	359	347		323	299		280	274	276	293	333	467	511	

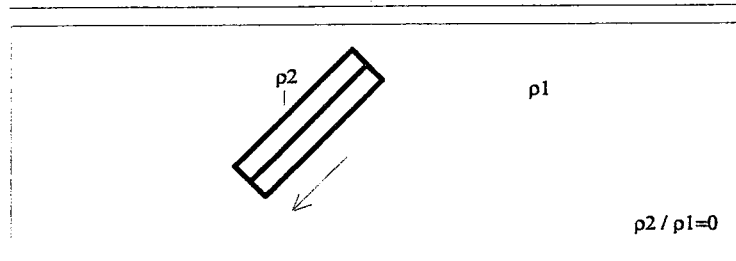


b).

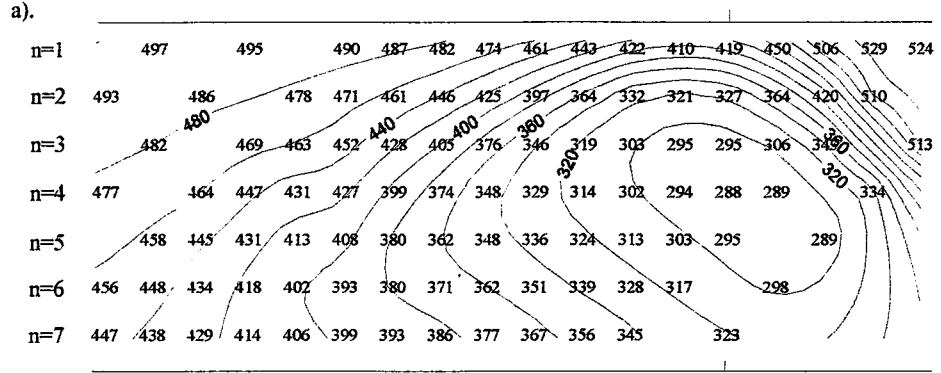
n=1	29.0	29.0	29.0	31.0	24.0	9.0	11.0	29.0	31.0	29.0	29.0	28.0			
n=2	31.0	31.0	32.0	33.0	22.0	4.0	1.0	6.0	32.0	35.0	32.0	31.0	30.0		
n=3	32.0	32.0	33.0	33.0	19.0	2.0	0.0	1.0	5.0	33.0	38.0	34.0	32.0	31.0	
n=4	32.0	33.0	33.0	31.0	16.0	2.0	0.0	0.0	0.0	5.0	34.0	41.0	35.0	33.0	32.0
n=5	33.0	32.0	29.0	14.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	35.0	43.0	37.0	34.0	
n=6	32.0	28.0	12.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	35.0	45.0	38.0		

c).

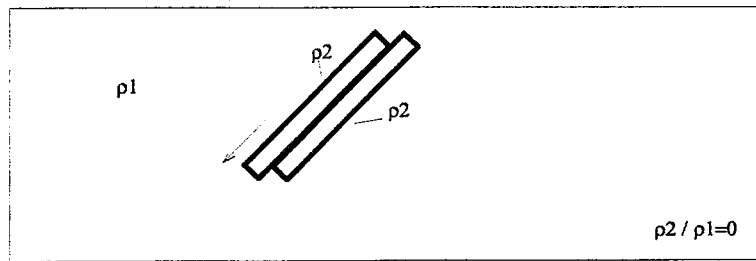
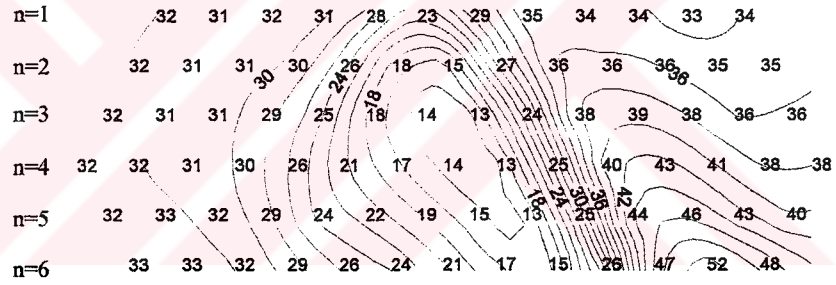
n=1	32.3	32.9	33.4	34.2	33.5	27.5	29.5	34.7	34.2	33.6	33.8	33.3			
n=2	32.6	33.9	33.5	34.3	33.5	22.6	18.4	28.4	36.0	34.7	33.3	33.1	33.1		
n=3	31.6	33.0	33.5	34.5	32.1	20.1	13.4	13.9	23.0	35.9	35.0	35.4	33.5	32.6	
n=4	30.6	31.6	31.6	32.8	29.7	19.1	12.4	11.5	11.5	21.1	35.4	36.4	32.6	31.6	30.6
n=5	31.8	30.2	30.2	28.5	20.1	15.1	13.4	10.1	10.1	20.1	36.9	36.9	31.8	30.2	
n=6	29.5	29.5	24.1	18.8	16.1	13.4	13.4	10.7	8.0	21.5	32.2	32.2	32.2		



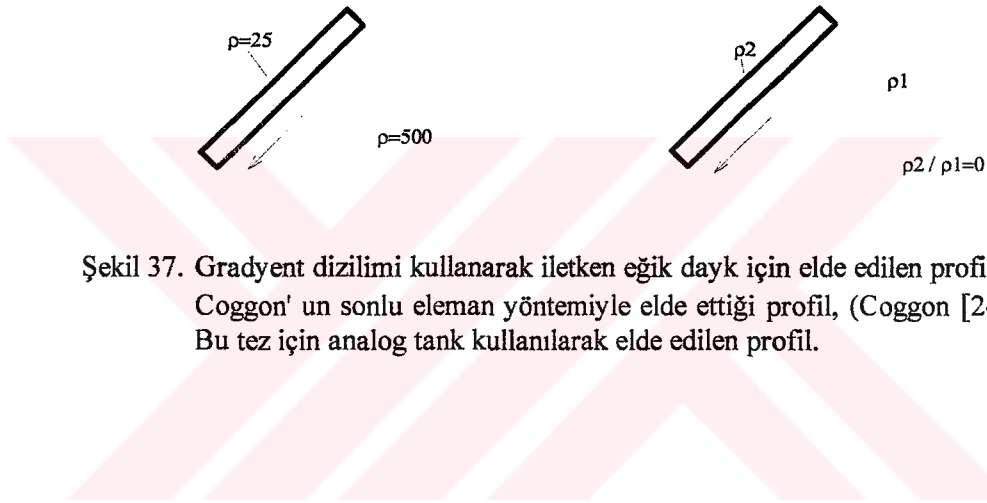
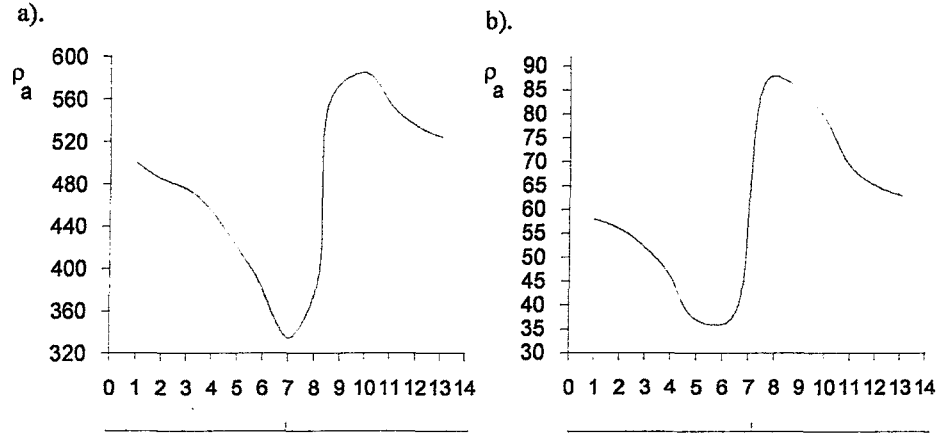
Şekil 35. Dipol-dipol dizilimi kullanarak iletken eğik dayk için elde edilen andıran-kesitler. a). Coggon' un sonlu eleman yöntemiyle elde ettiği andıran-kesit, (Coggon [24]), b). Bu tez için sonlu eleman yöntemi kullanılarak elde edilen andıran-kesit, c). Bu tez için analog tank kullanılarak elde edilen andıran-kesit.



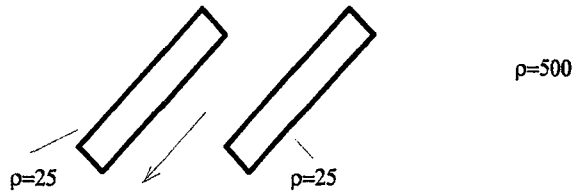
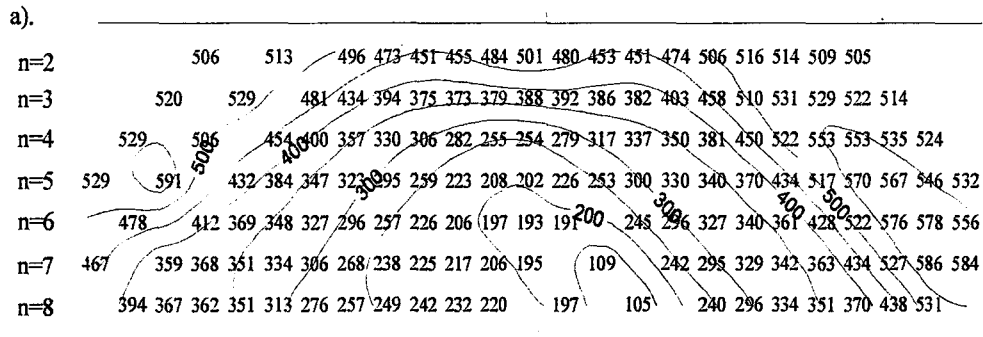
b).



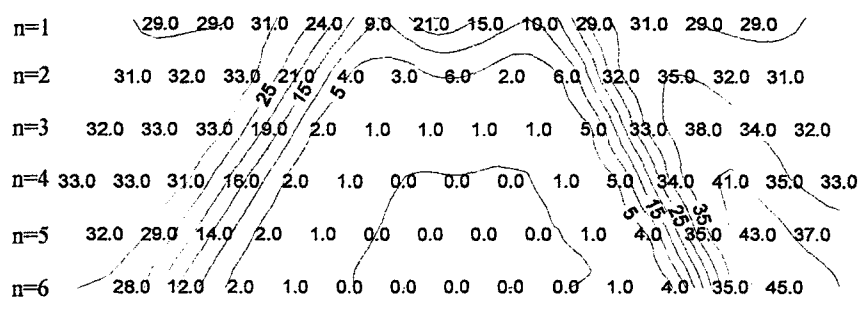
Şekil 36. Pol-dipol dizilimi kullanarak iletken eğik dayk için elde edilen andıran-kesitler. a).Coggon' un sonlu eleman yöntemiyle elde ettiği andıran-kesit, (Coggon [24]), b). Bu tez için analog tank kullanılarak elde edilen andıran-kesit.



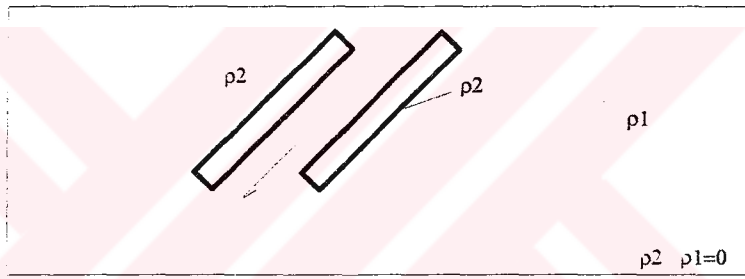
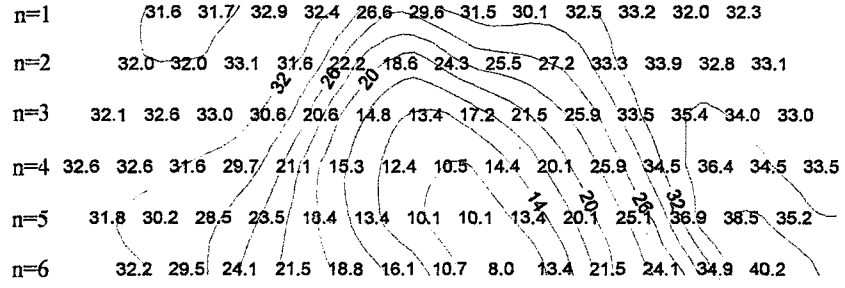
Şekil 37. Gradyent dizilimi kullanarak iletken eğik dayk için elde edilen profiller. a). Coggon' un sonlu eleman yöntemiyle elde ettiği profil, (Coggon [24]), b). Bu tez için analog tank kullanılarak elde edilen profil.



b).

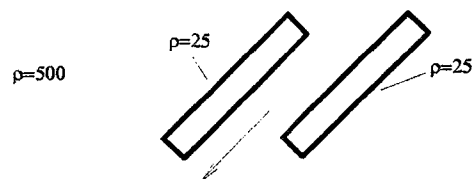
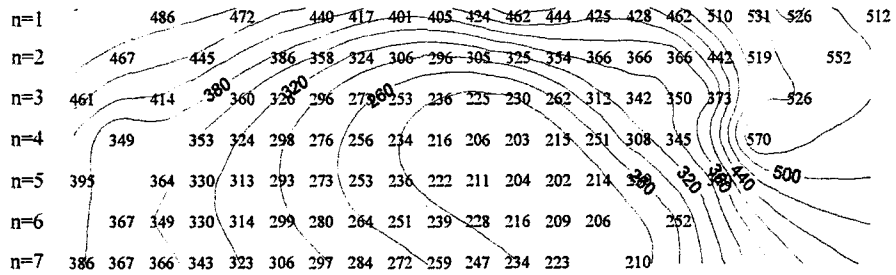


c).

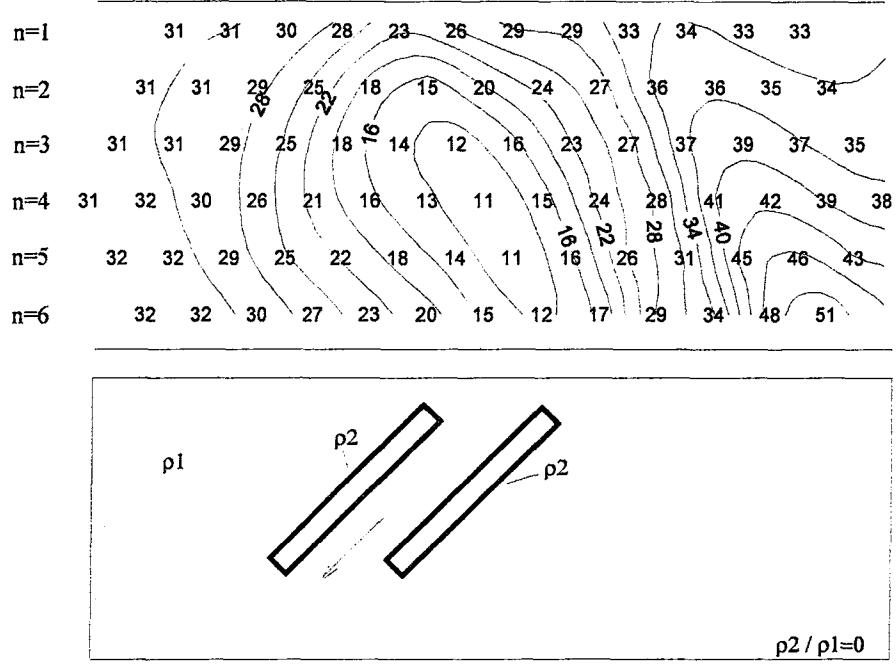


Şekil 38. Dipol-dipol dizilimi kullanarak iki adet iletken eğik dayk için elde edilen andıran-kesitler. a). Coggon' un sonlu eleman yöntemiyle elde ettiği andıran-kesit. (Coggon [24]), b). Bu tez için sonlu eleman yöntemi kullanılarak elde edilen andıran-kesit, c). Bu tez için analog tank kullanılarak elde edilen andıran-kesit.

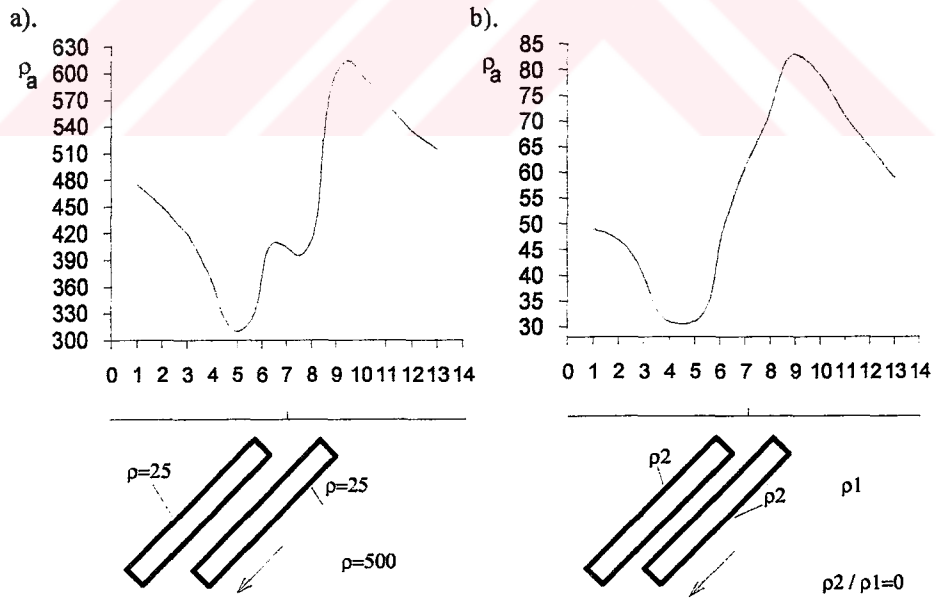
a).



b).



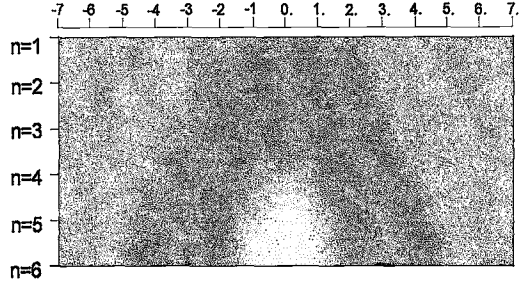
Şekil 39. Pol-dipol dizilimi kullanarak iki adet iletken eğik dayk için elde edilen andıran-kesitler. a). Coggon' un sonlu eleman yöntemiyle elde ettiği andıran-kesit, (Coggon [24]), b). Bu tez için analog tank kullanılarak elde edilen andıran-kesit.



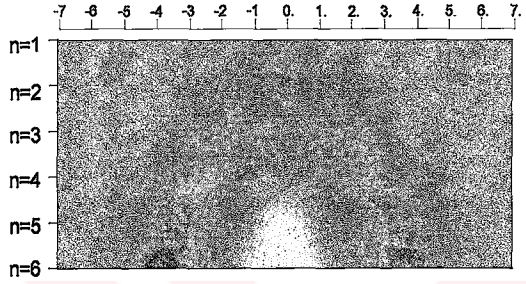
Şekil 40. Gradyent dizilimi kullanarak iki adet iletken eğik dayk için elde edilen profiller. a). Coggon' un sonlu eleman yöntemiyle elde ettiği profil, (Coggon [24]), b). Bu tez için analog tank kullanılarak elde edilen profil.

## 2.5. Sayısal Modelleme Yöntemiyle Elde Edilen Andıran-Kesitler

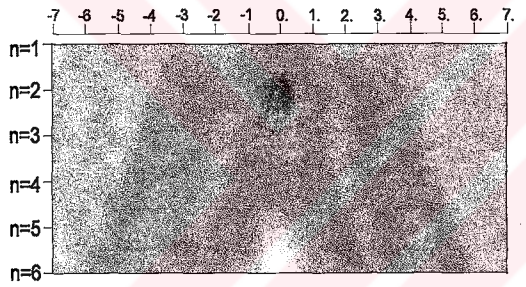
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



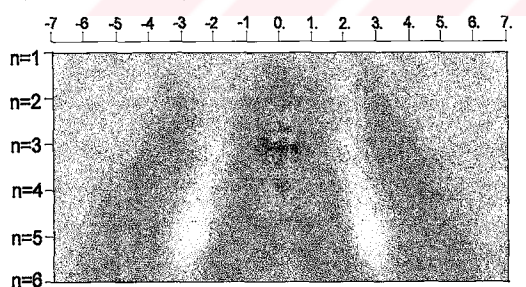
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



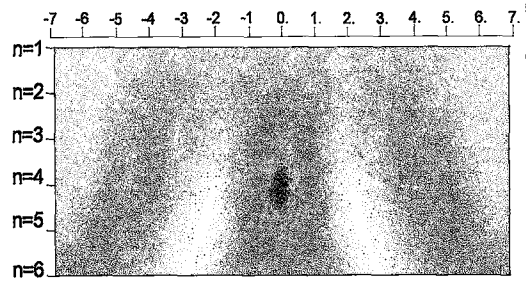
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



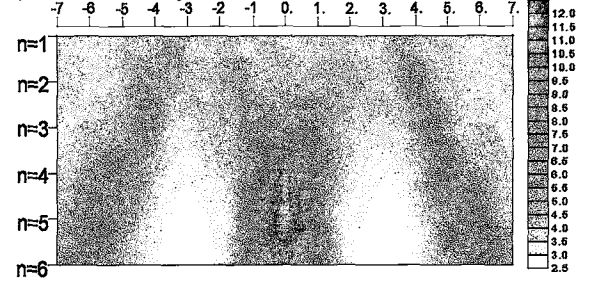
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



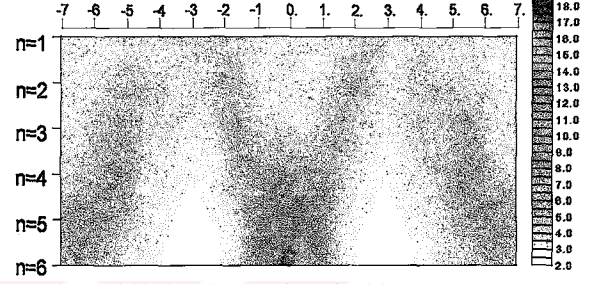
e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



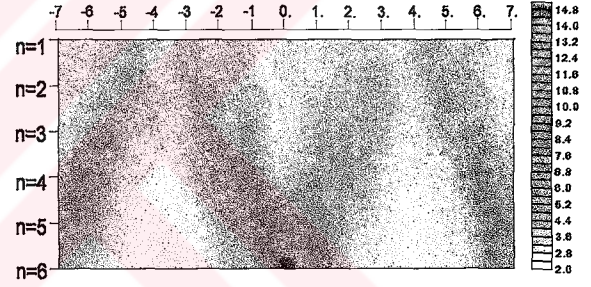
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



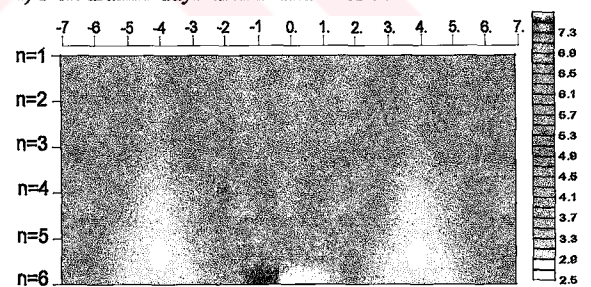
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



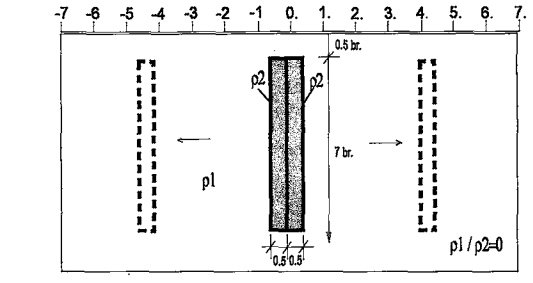
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



ı) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



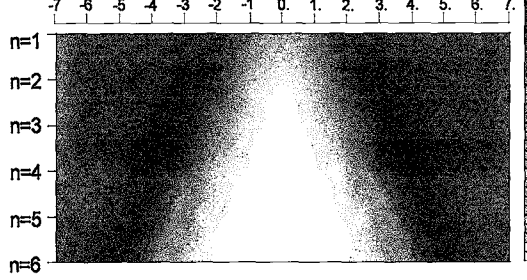
j) Yeraltı kesiti.



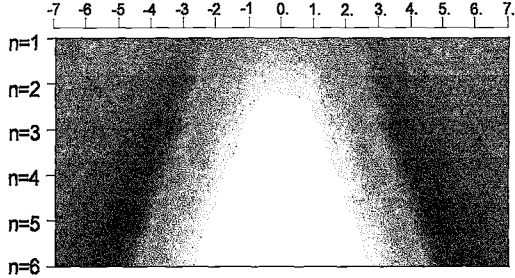
Şekil 41. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.



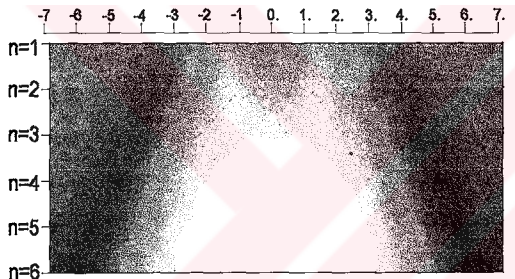
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



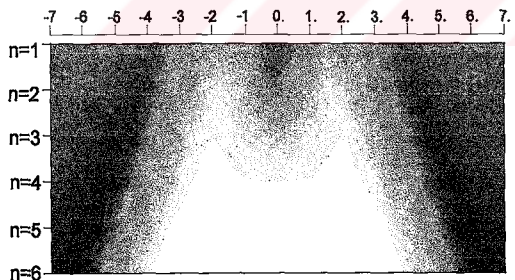
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



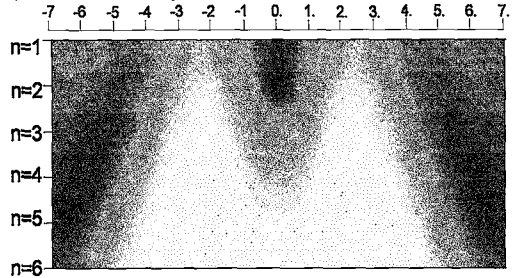
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



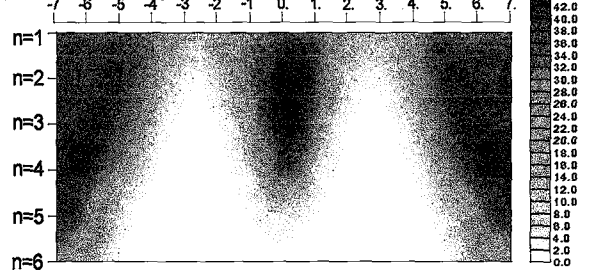
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



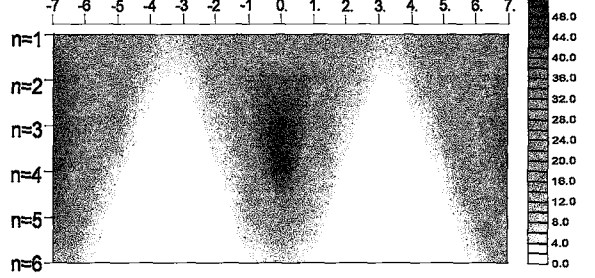
e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



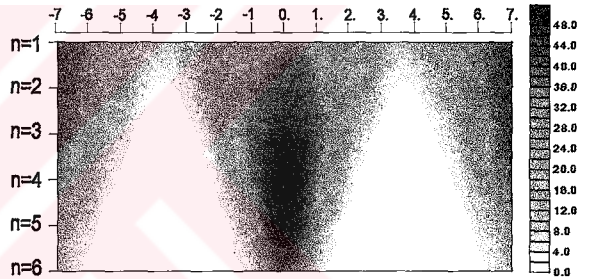
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



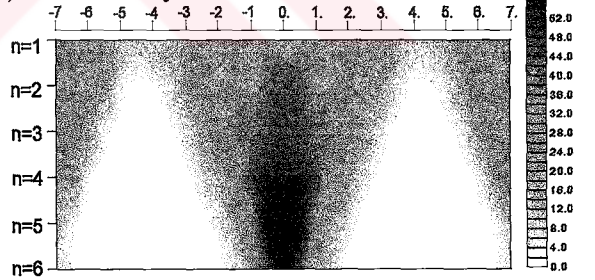
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



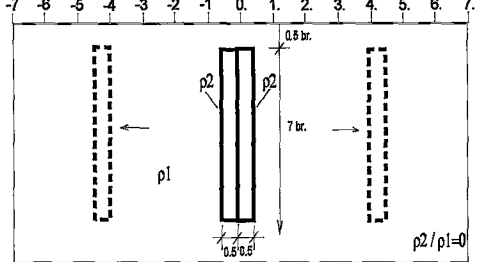
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



i) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.

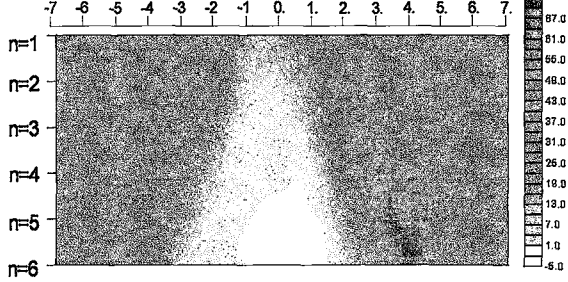


j) Yeraltı kesiti.

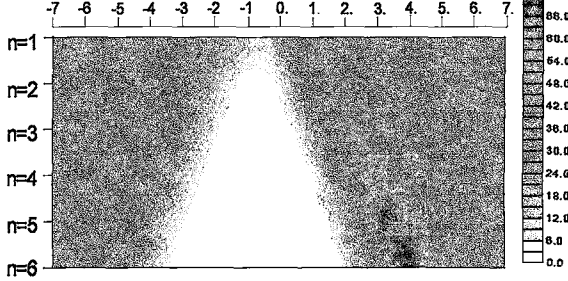


Şekil 42. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.

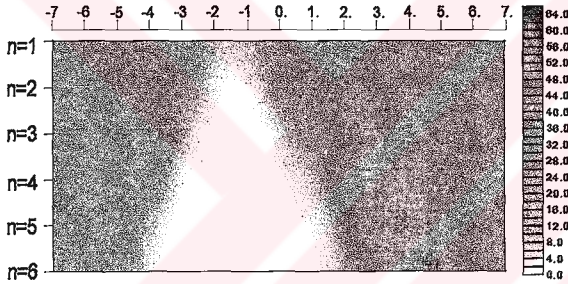
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



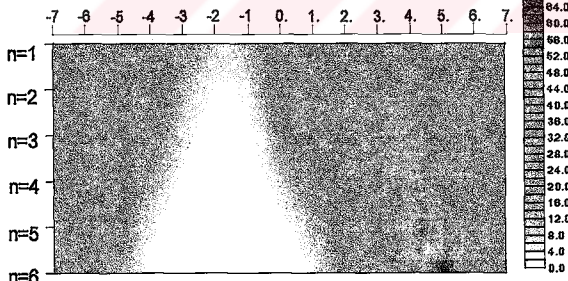
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



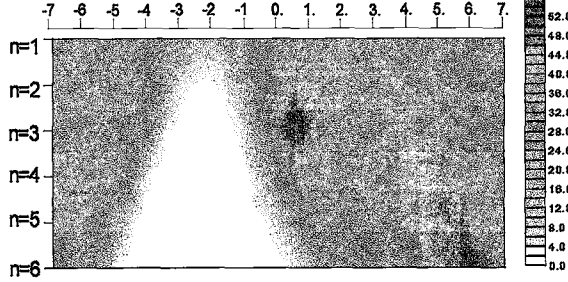
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



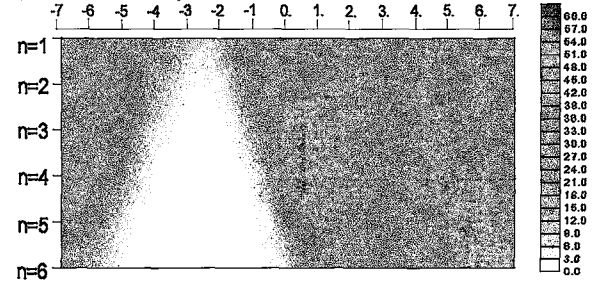
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



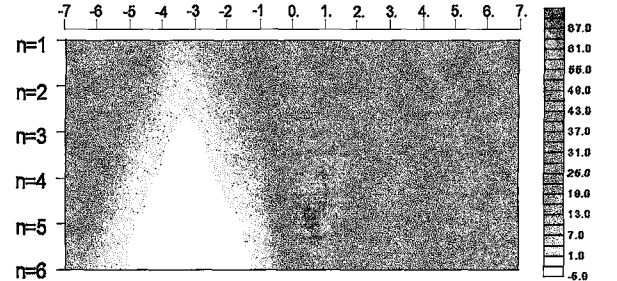
e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



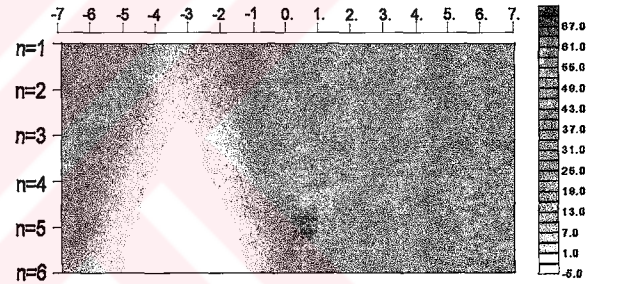
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



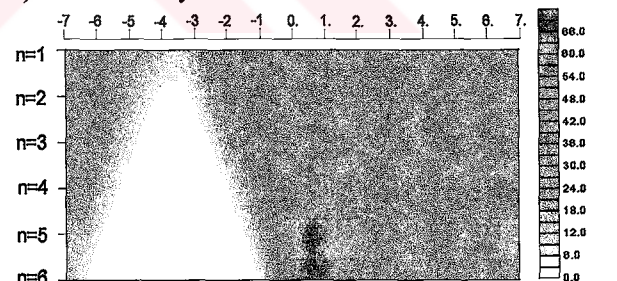
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



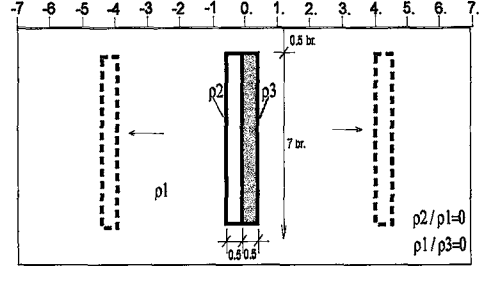
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



ı) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.

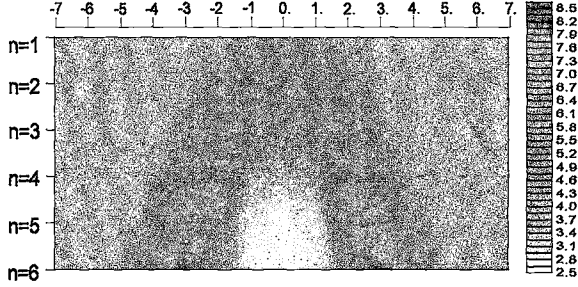


j) Yeraltı kesiti.

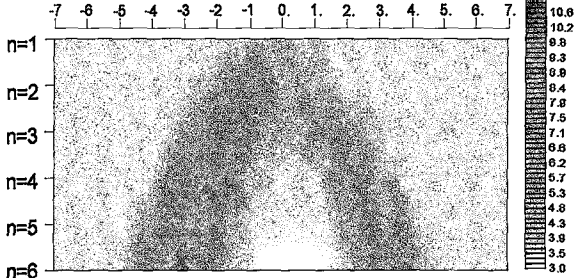


Şekil 43. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

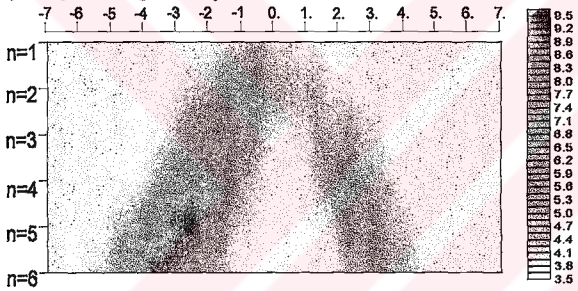
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



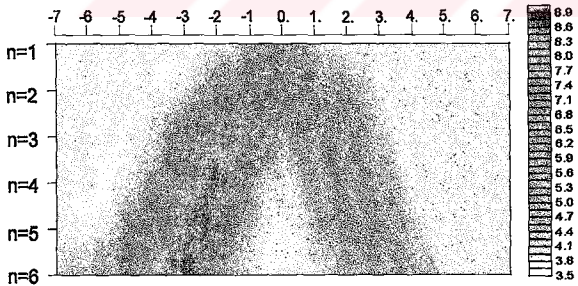
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



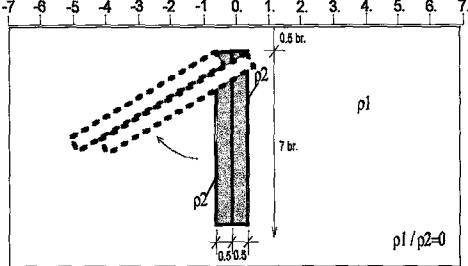
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



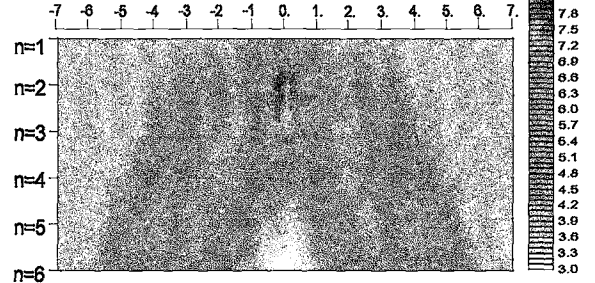
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



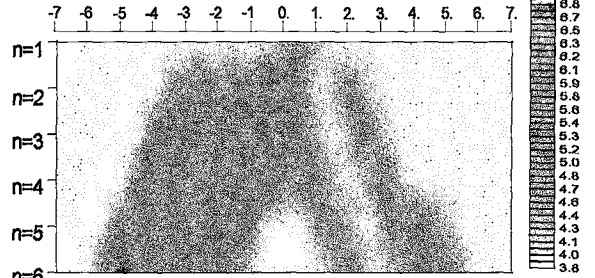
e) Yeraltı kesiti.



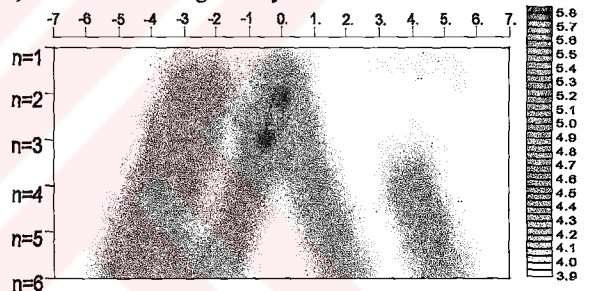
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



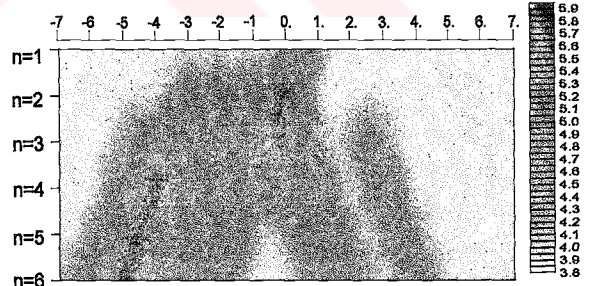
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



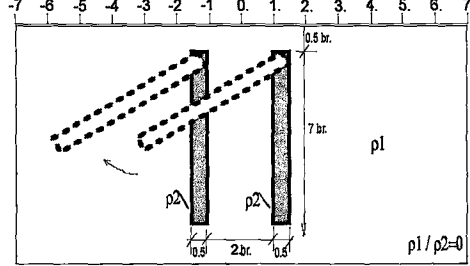
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

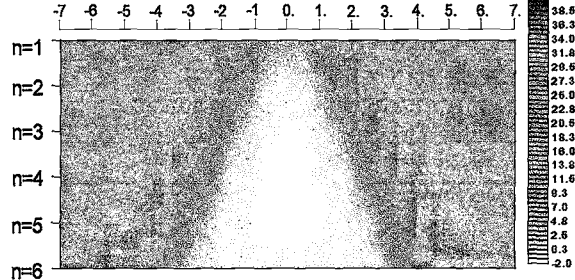


j) Yeraltı kesiti.

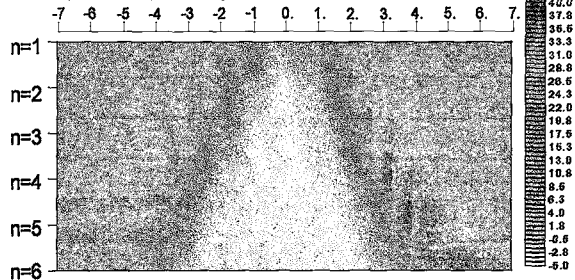


Şekil 44. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yahtkan daykların andıran-kesitleri.

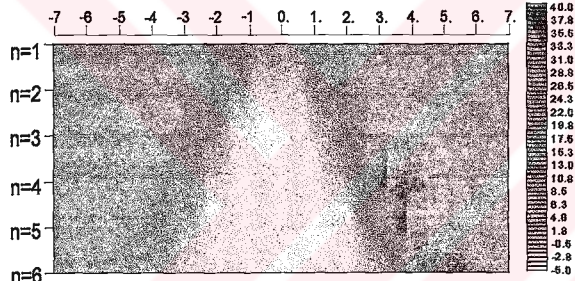
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



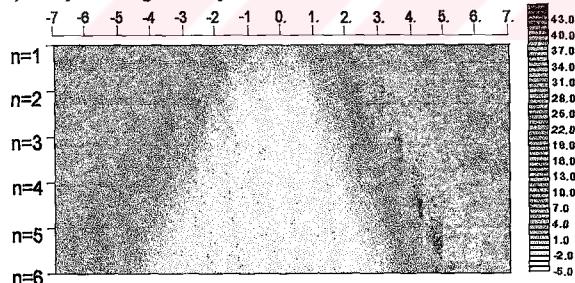
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



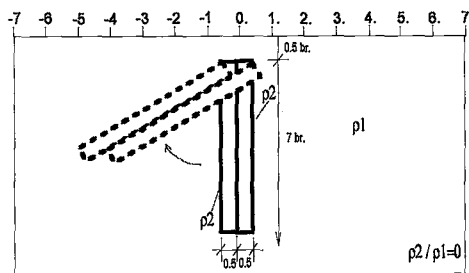
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



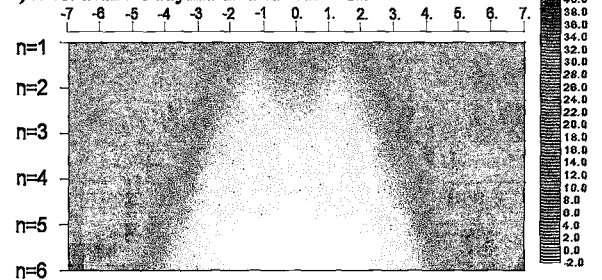
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



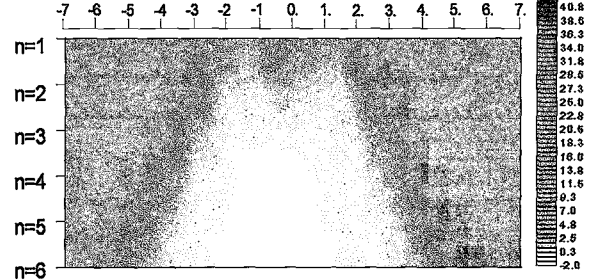
e) Yeraltı kesiti.



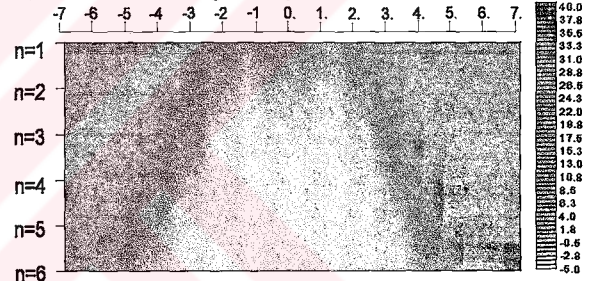
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



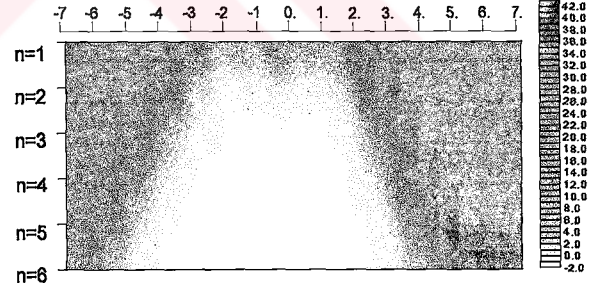
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



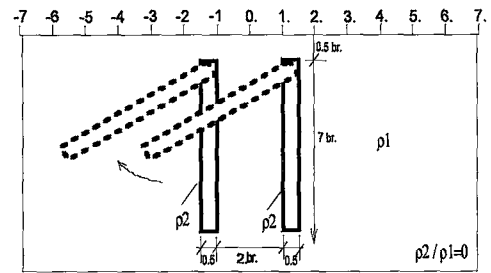
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

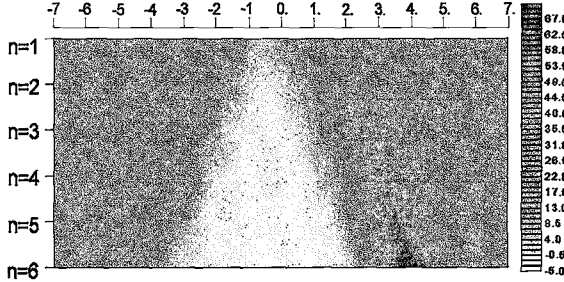


j) Yeraltı kesiti.

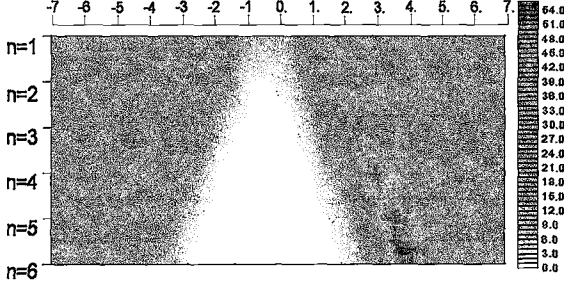


Şekil 45. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılan bitişik ve 2 br. aralıklı eğimli iletken daykların andıran-kesitleri.

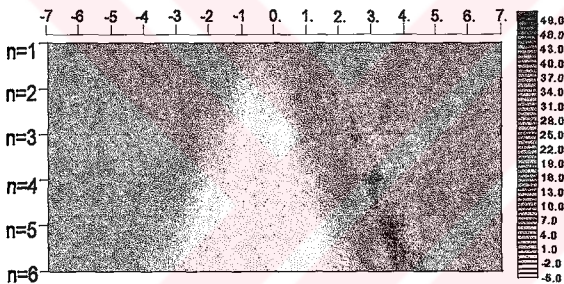
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



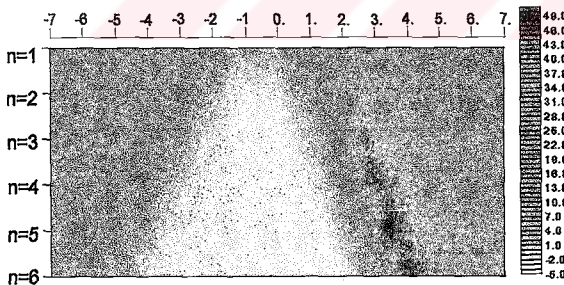
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



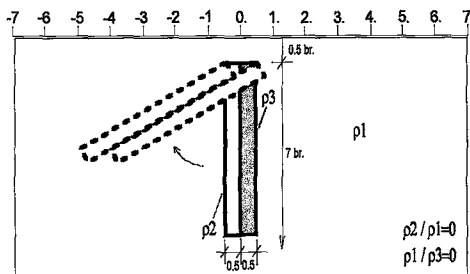
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



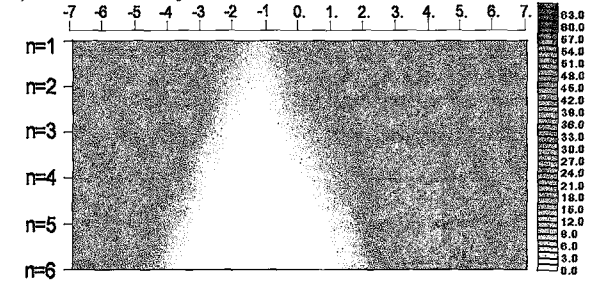
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



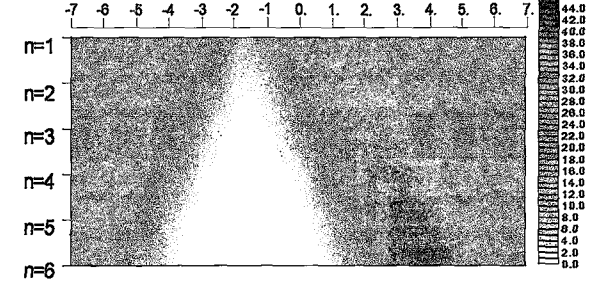
e) Yeraltı kesiti.



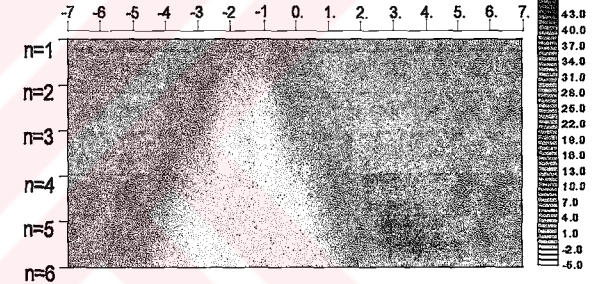
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



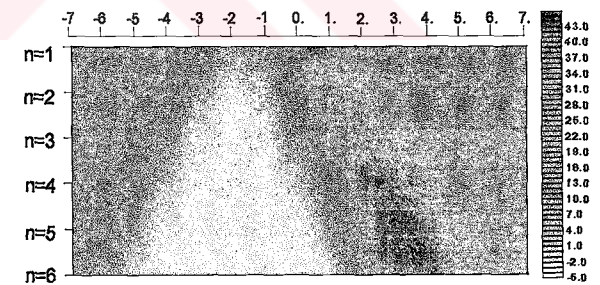
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



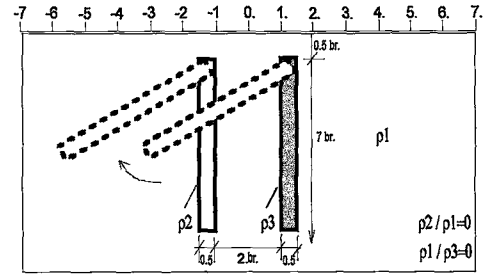
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

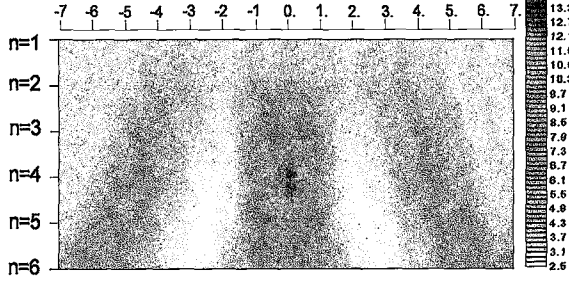


j) Yeraltı kesiti.

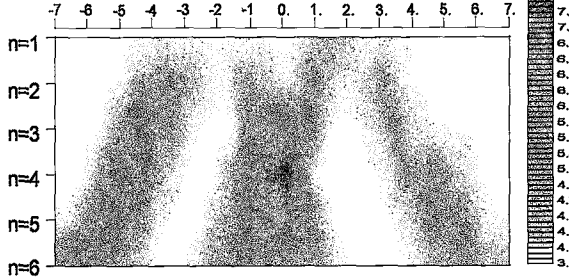


Şekil 46. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların andıran-kesitleri.

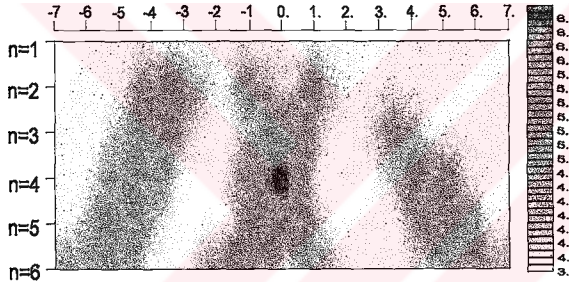
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



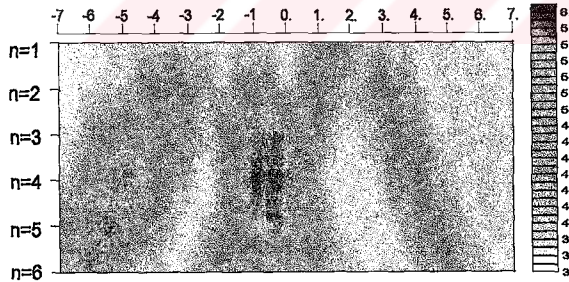
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



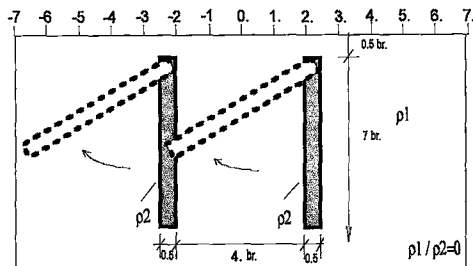
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



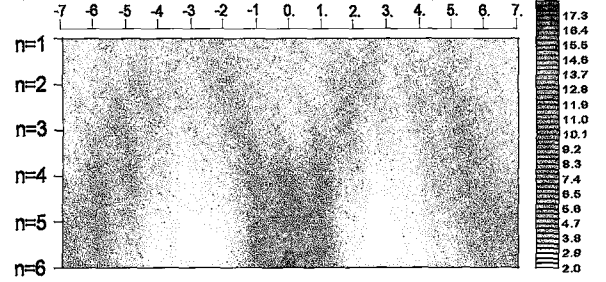
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



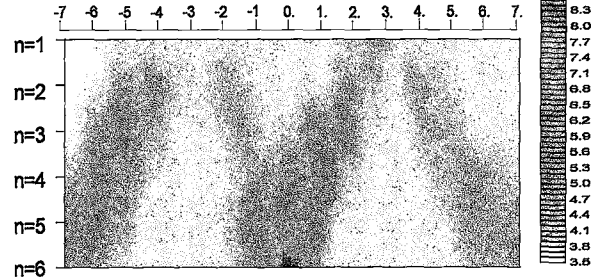
e) Yeraltı kesiti



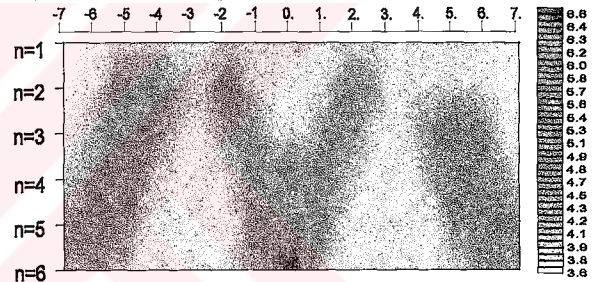
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



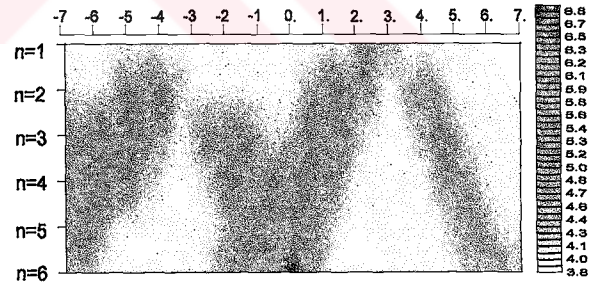
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



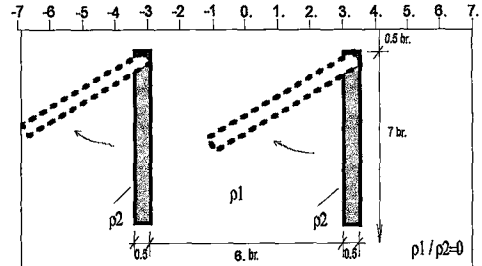
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

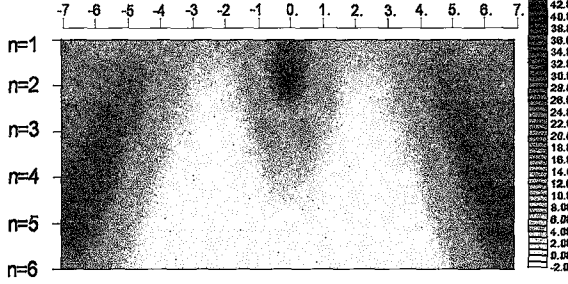


j) Yeraltı kesiti.

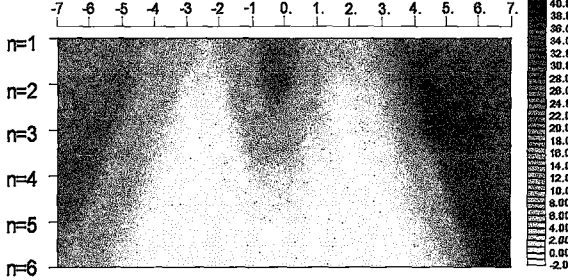


Şekil 47. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların andıran-kesitleri.

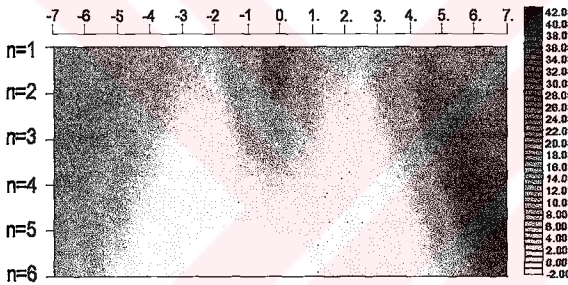
a) 4 br. aralıklı dayların andıran-kesiti.



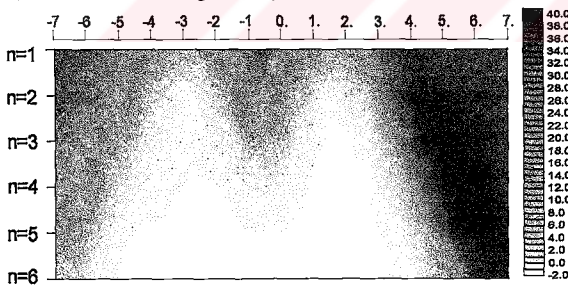
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli dayların andıran-kesiti.



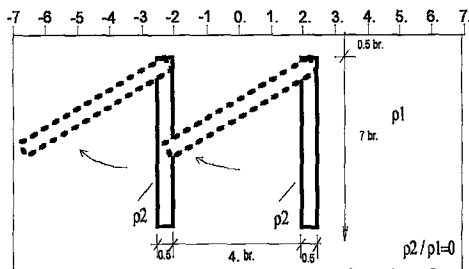
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli dayların andıran-kesiti.



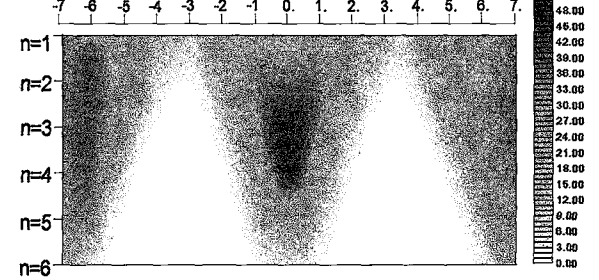
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli dayların andıran-kesiti.



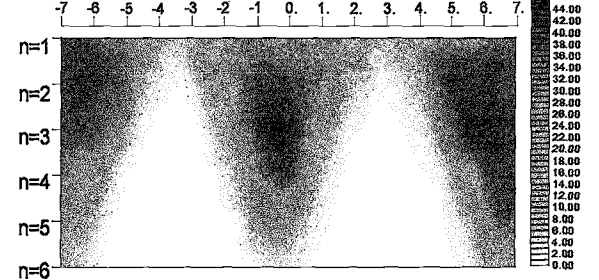
e) Yeraltı kesiti



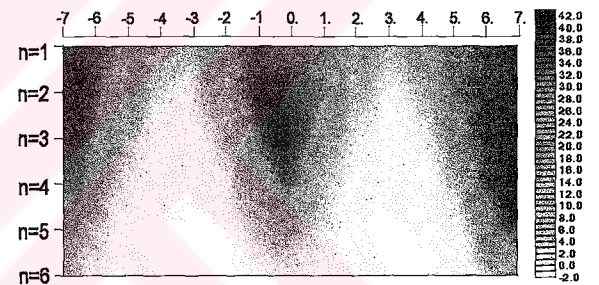
f) 6 br. aralıklı dayların andıran-kesiti.



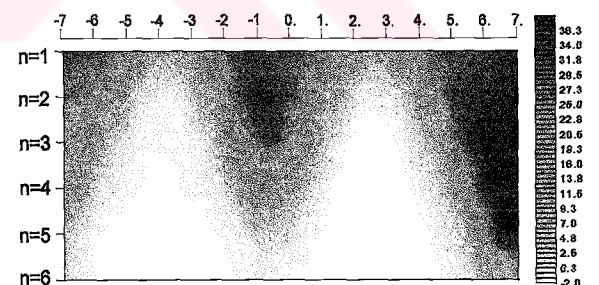
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli dayların andıran-kesiti.



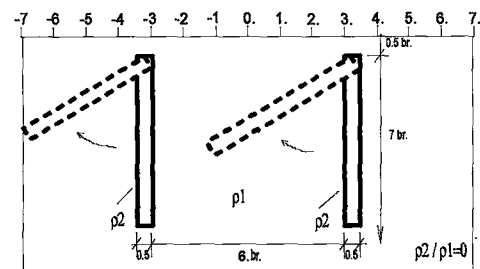
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli dayların andıran-kesiti.



ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli dayların andıran-kesiti.

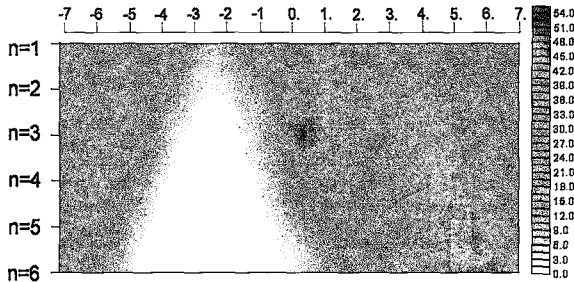


j) Yeraltı kesiti.

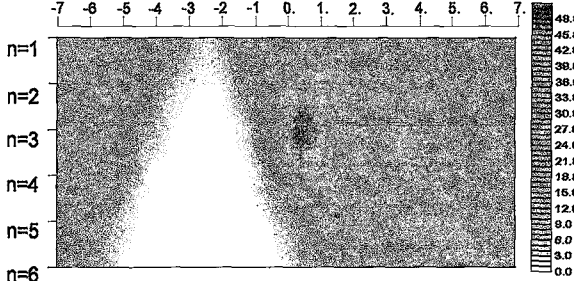


Şekil 48. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan, 4 br. ve 6 br. aralıklı eğimli iletken dayların andıran-kesitleri.

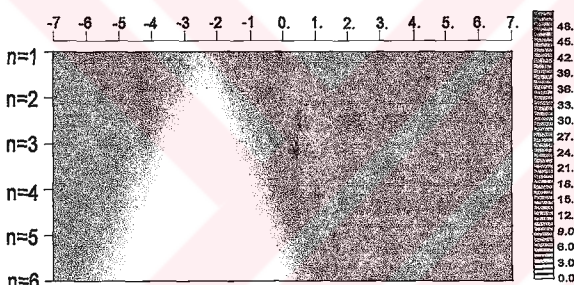
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



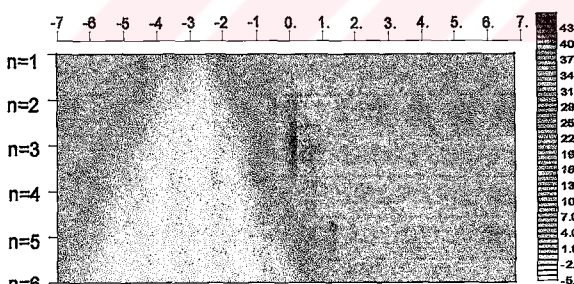
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



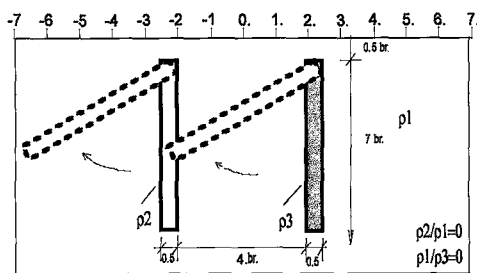
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



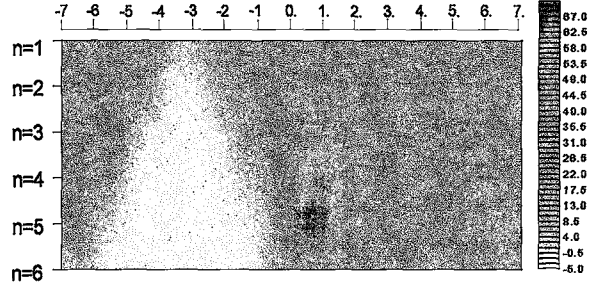
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



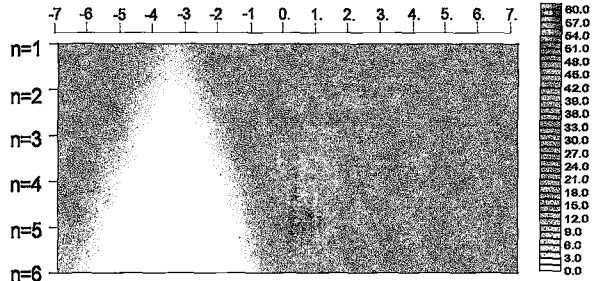
e) Yeraltı kesiti



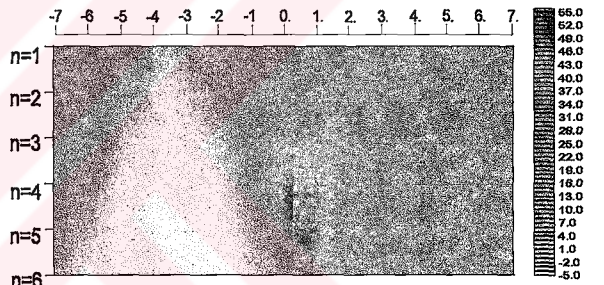
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



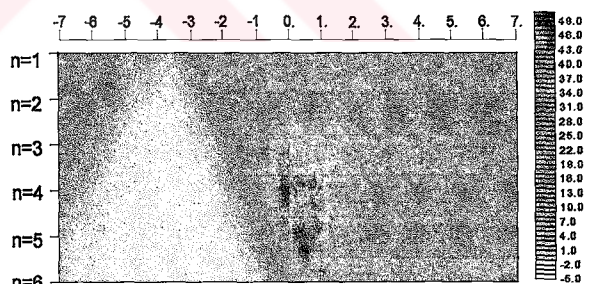
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



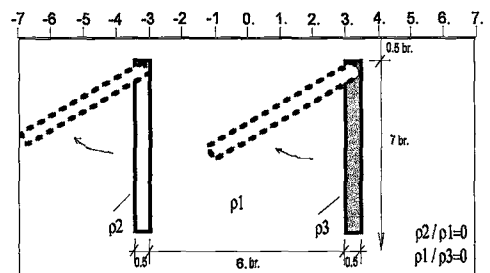
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



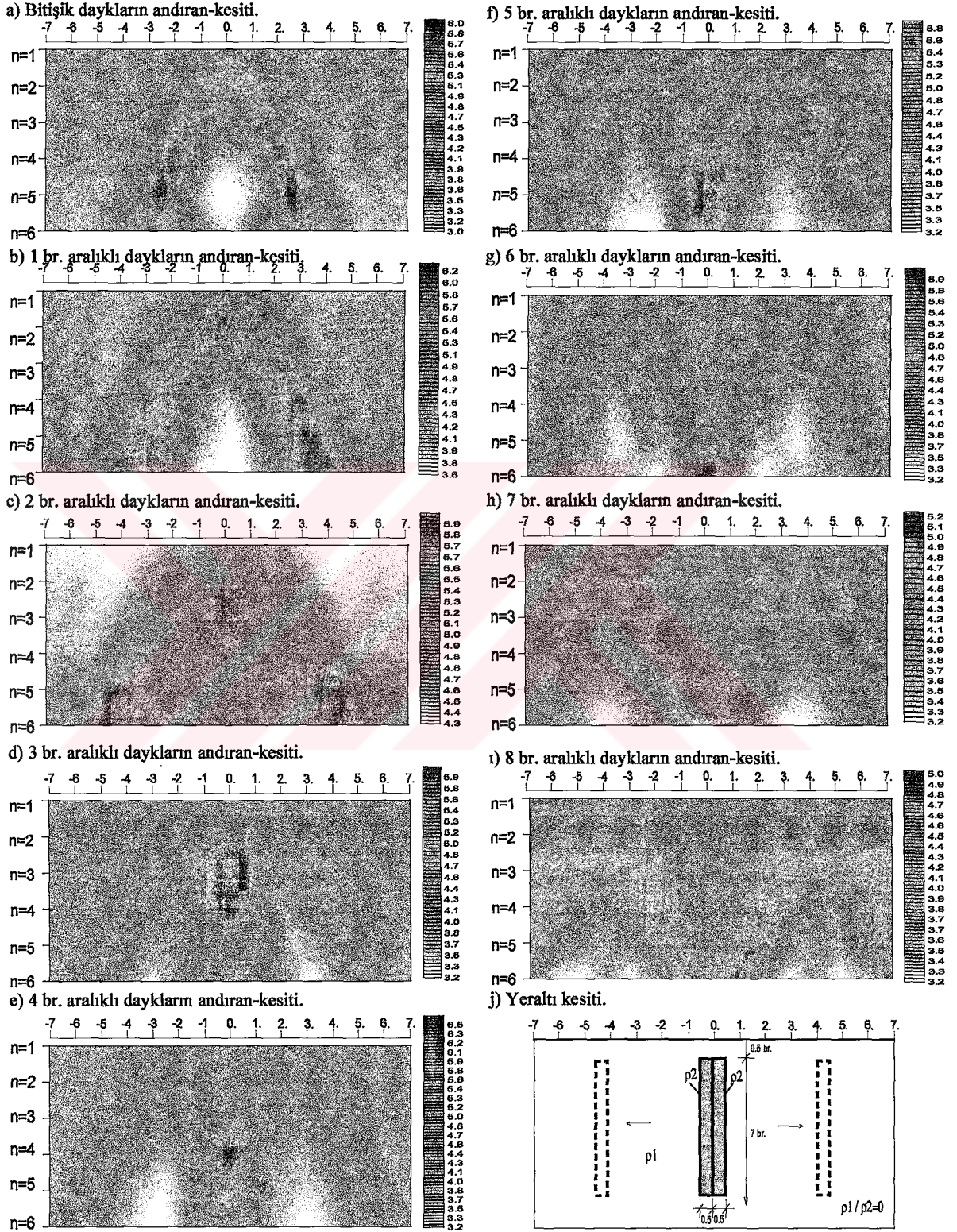
j) Yeraltı kesiti.



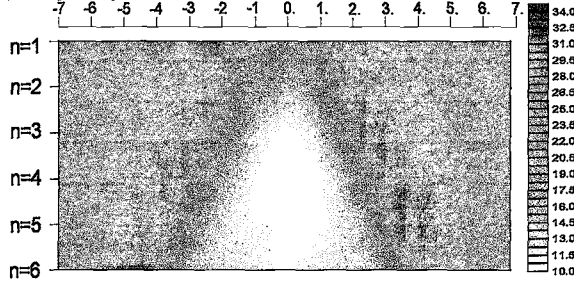
Şekil 49. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların andıran-kesitleri.



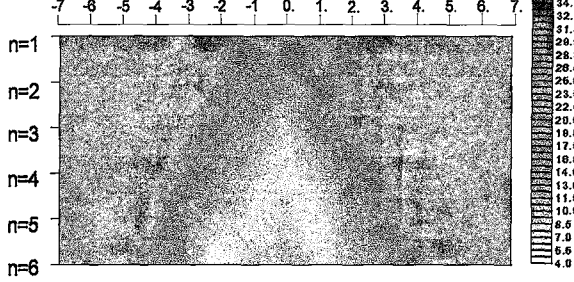
## 2.6. Analog Modelleme Yöntemiyle Elde Edilen Andıran-Kesitler



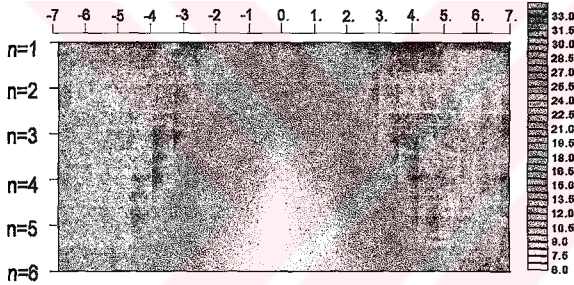
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



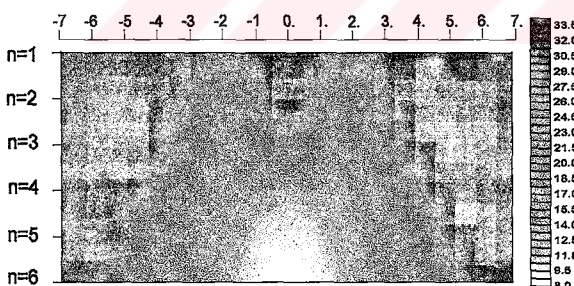
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



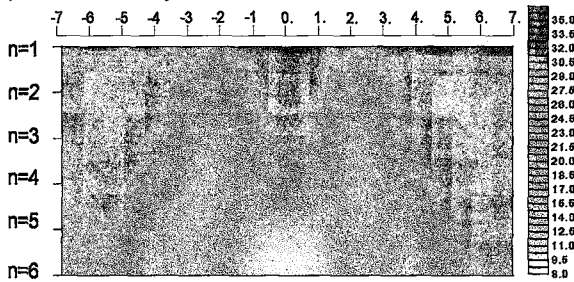
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



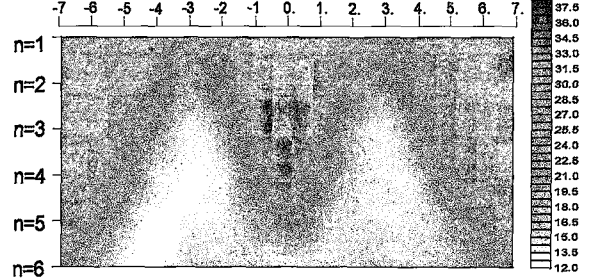
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



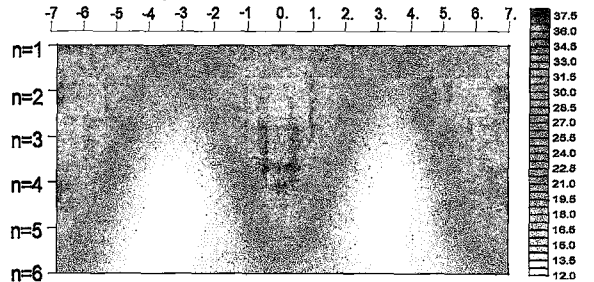
e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



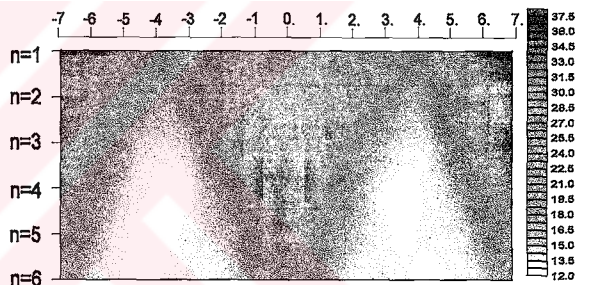
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



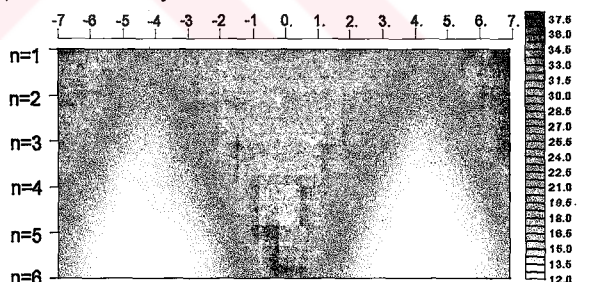
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



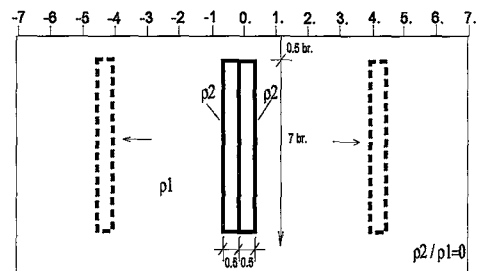
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



i) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.

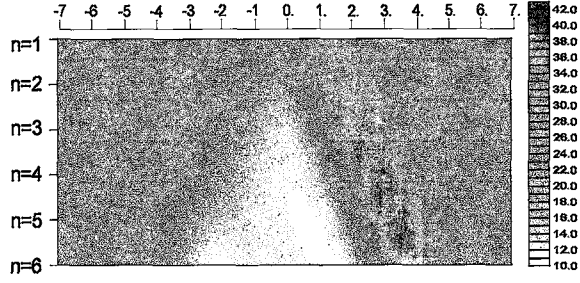


j) Yeraltı kesiti.

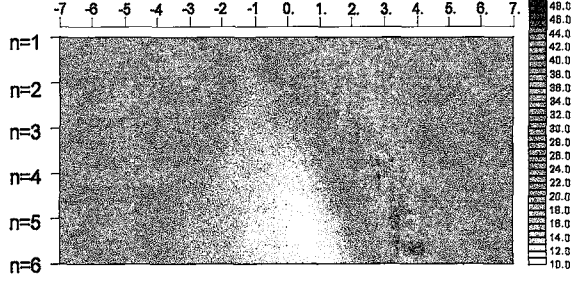


Şekil 51. Analog tankta, iletken iki düşey daykın DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

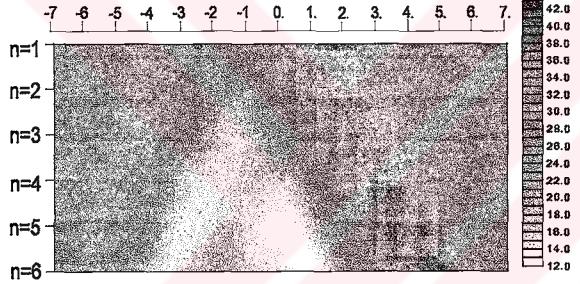
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



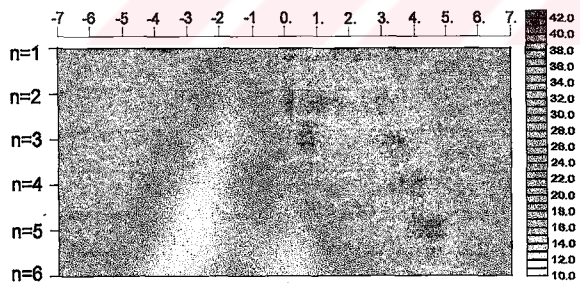
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



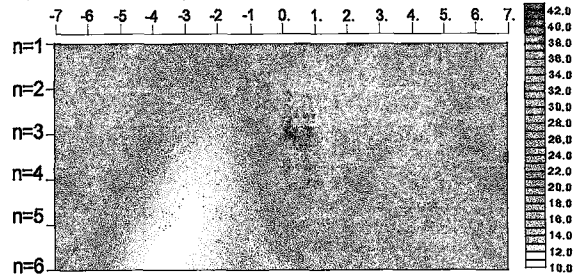
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



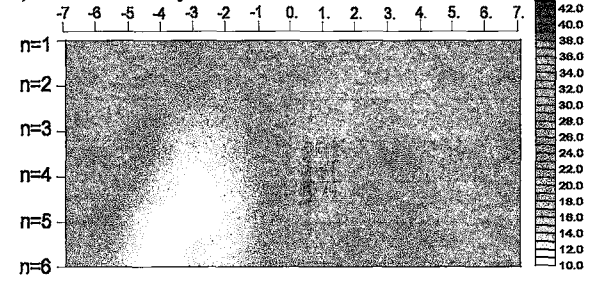
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



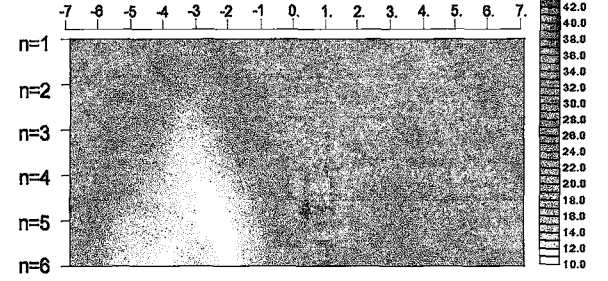
e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



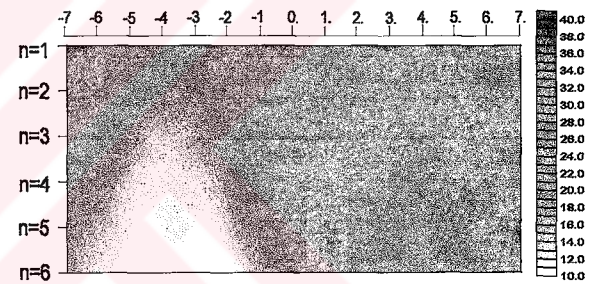
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



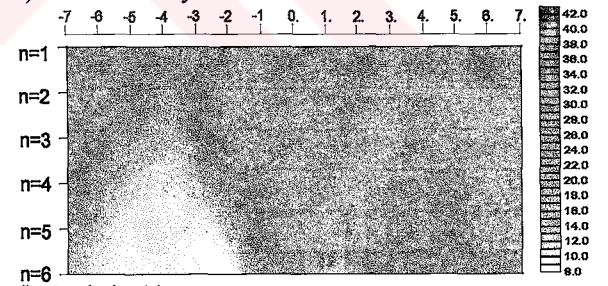
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



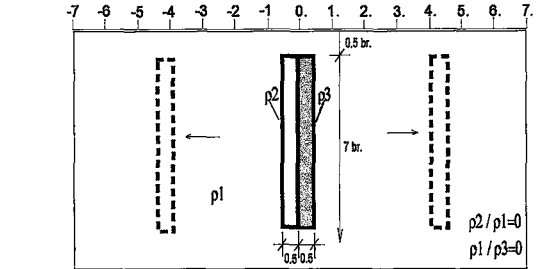
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



ı) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.

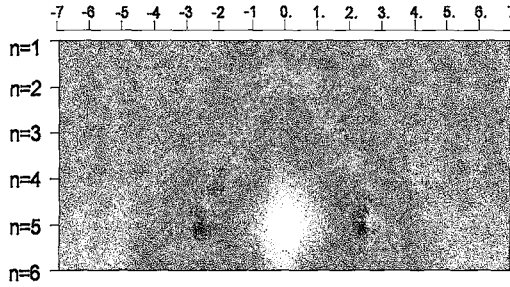


j) Yeraltı kesiti.

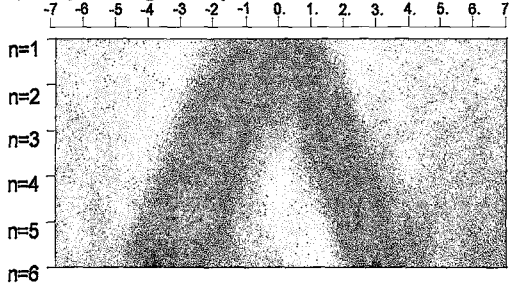


Şekil 52. Analog tankta, biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın DİPOL-DİPOL dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.

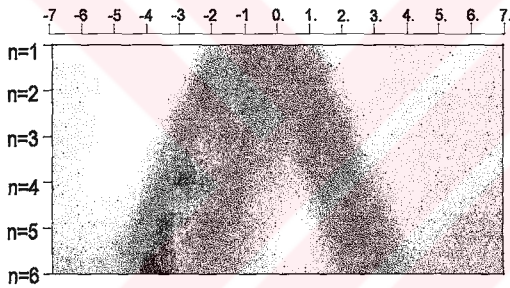
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



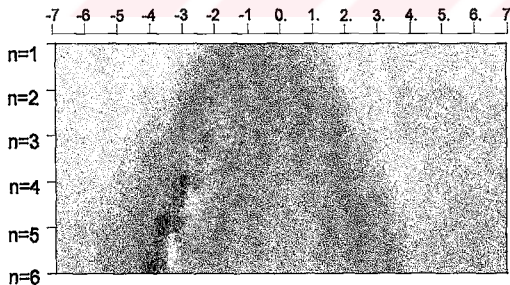
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



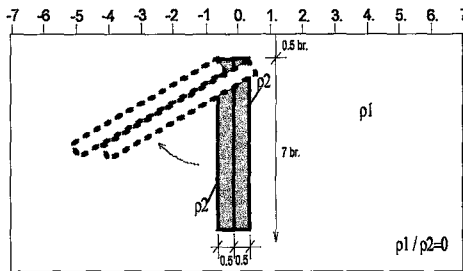
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



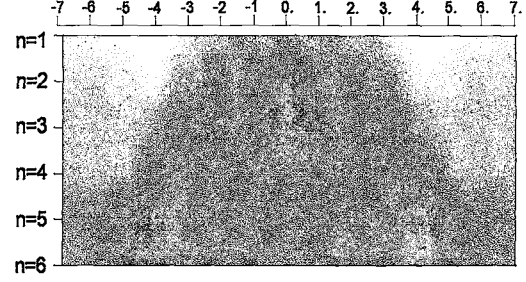
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



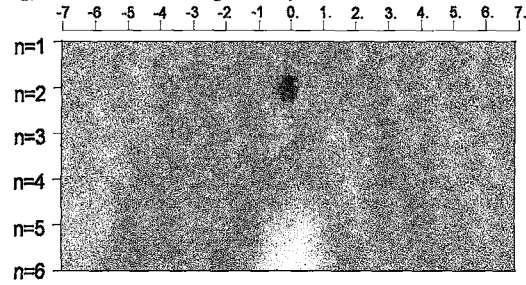
e) Yeraltı kesiti.



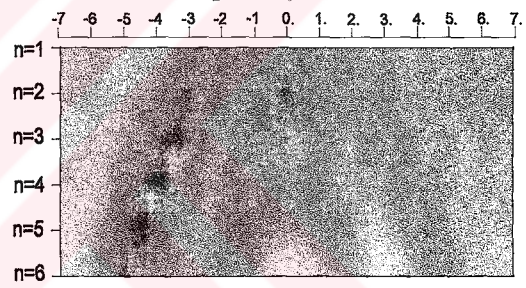
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



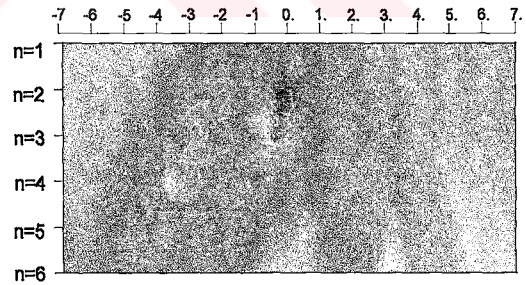
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



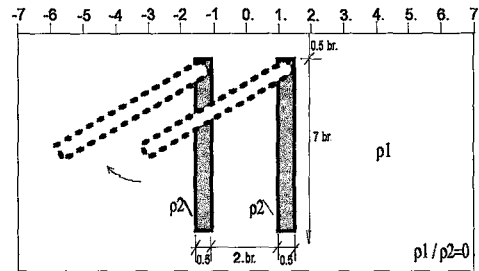
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

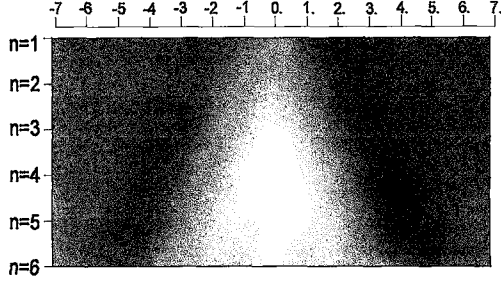


j) Yeraltı kesiti.

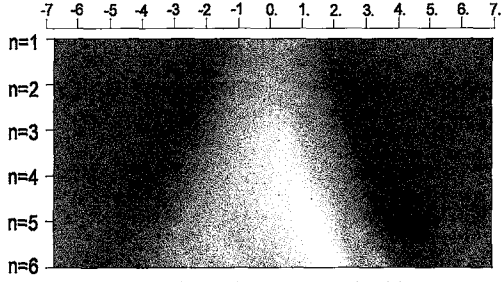


Şekil 53. Analog tankta, bitişik ve 2br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

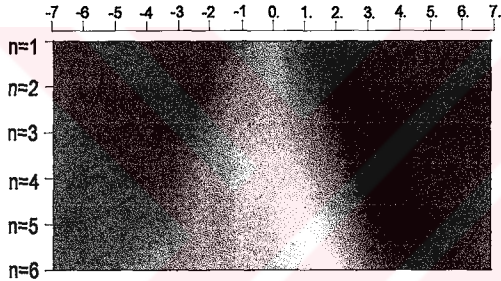
a) Bitişik dayların andıran-kesiti.



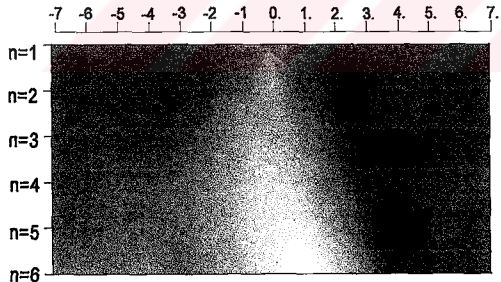
b) Bitişik 30 eğimli dayların andıran-kesiti.



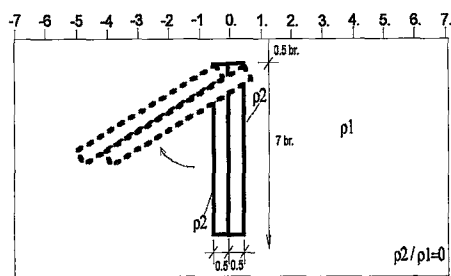
c) Bitişik 45 eğimli dayların andıran-kesiti.



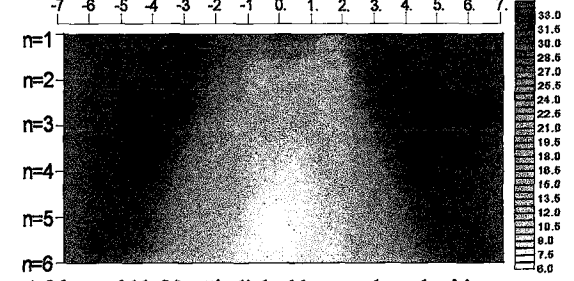
d) Bitişik 60 eğimli dayların andıran-kesiti.



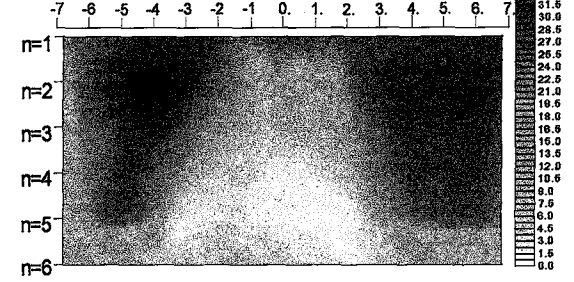
e) Yeraltı kesiti.



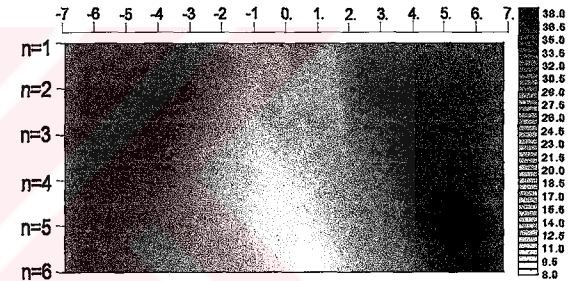
f) 2 br. aralıklı dayların andıran-kesiti.



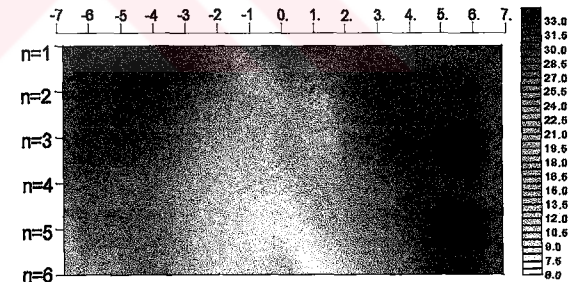
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli dayların andıran-kesiti.



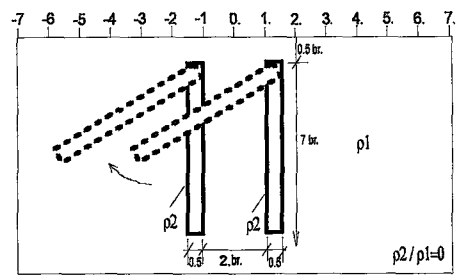
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli dayların andıran-kesiti.



i) 2 br. aralıklı 60 eğimli dayların andıran-kesiti.

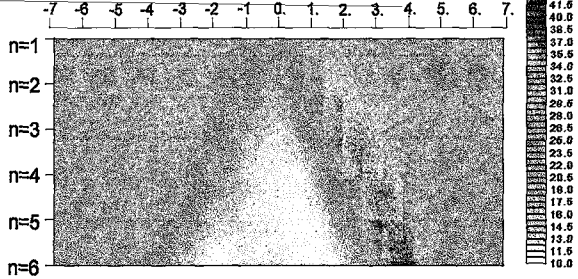


j) Yeraltı kesiti.

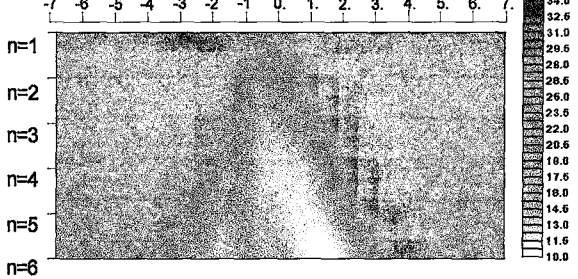


Şekil 54. Analog tankta, bitişik ve 2br. aralıklı, eğimli iletken dayların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

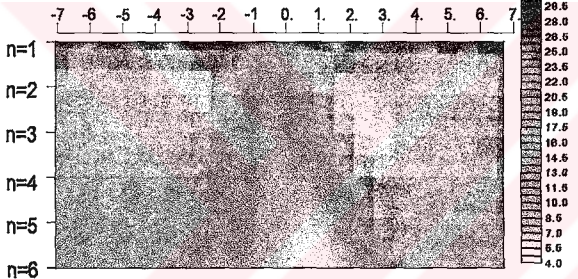
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



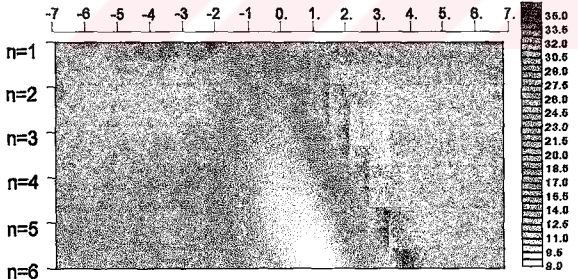
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



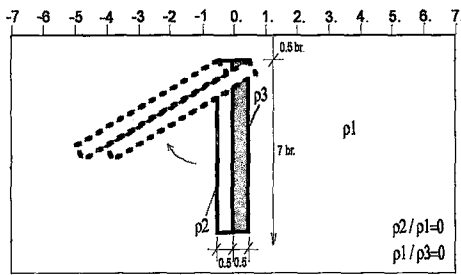
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



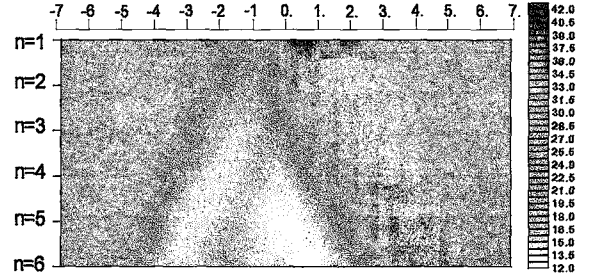
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



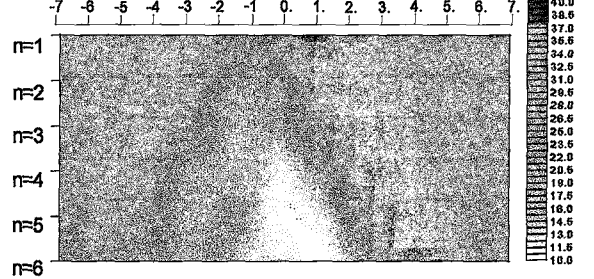
e) Yeraltı kesiti.



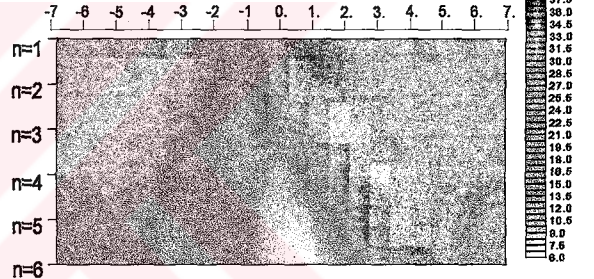
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



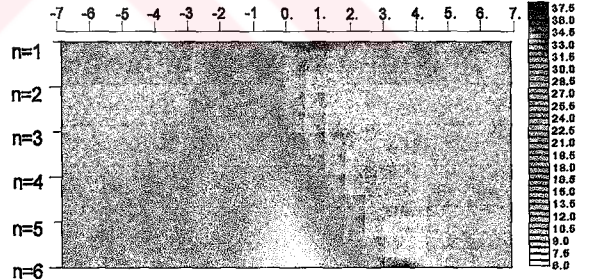
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



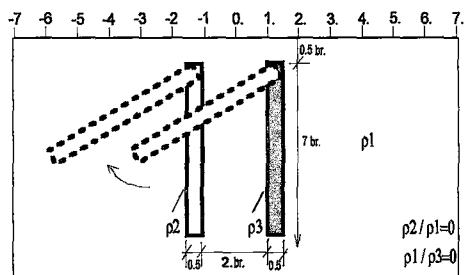
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

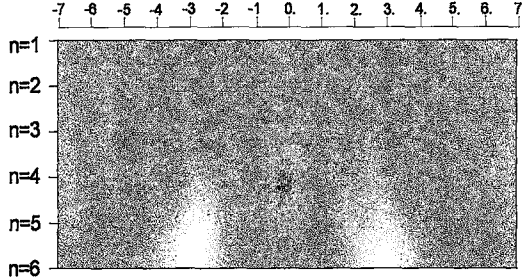


j) Yeraltı kesiti.

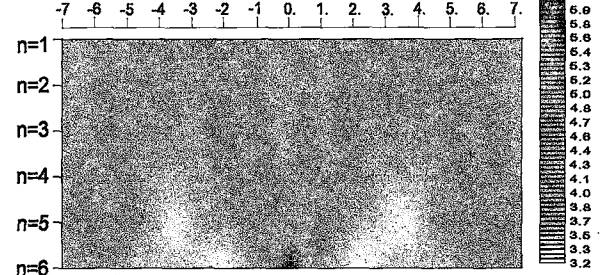


Şekil 55. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

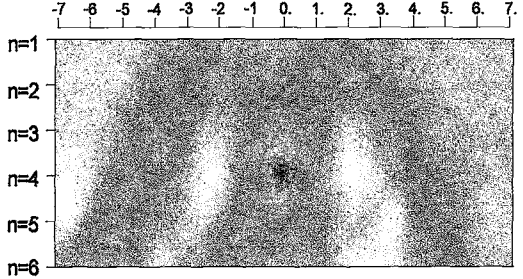
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



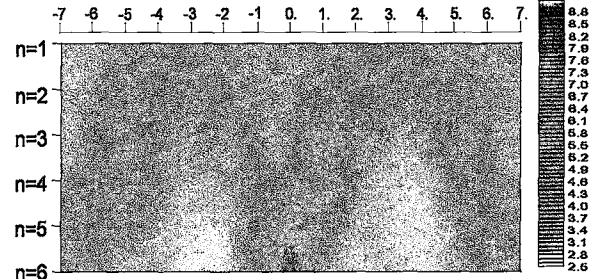
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



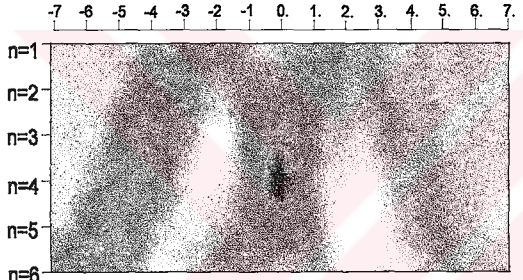
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



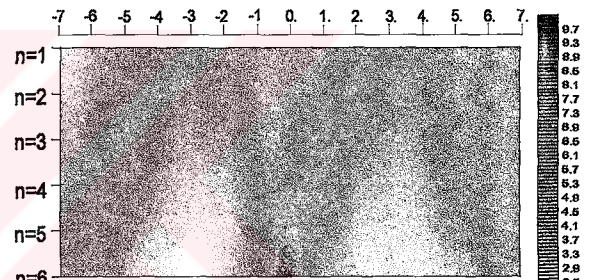
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



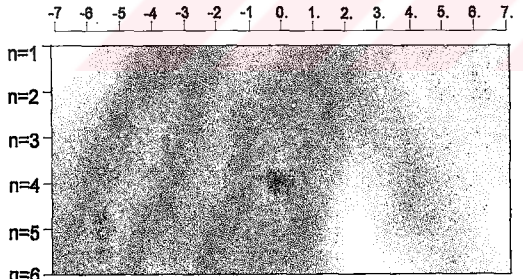
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



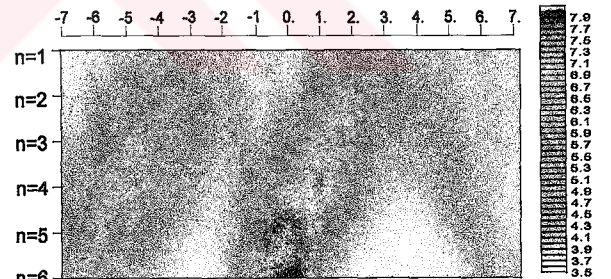
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



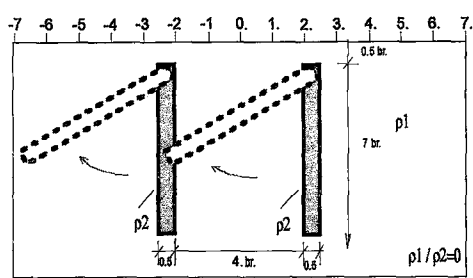
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



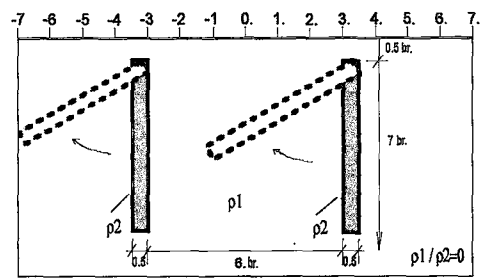
ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



e) Yeraltı kesiti

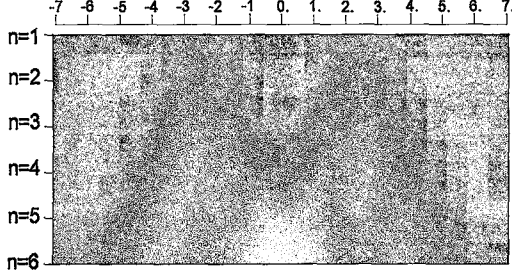


j) Yeraltı kesiti.

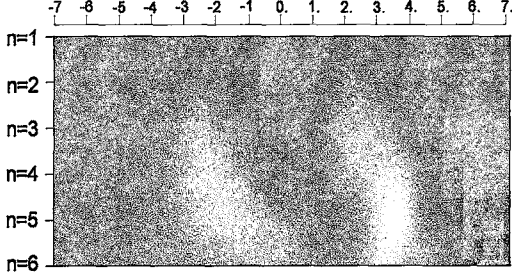


Şekil 56. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların DİPOL-DİPOL dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.

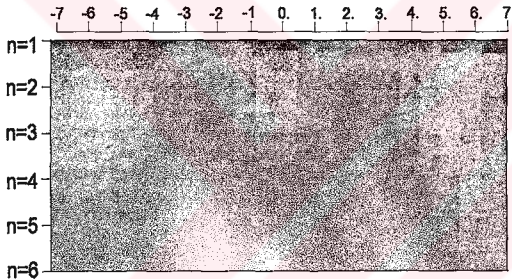
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



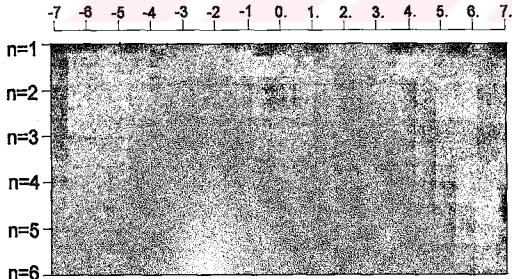
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



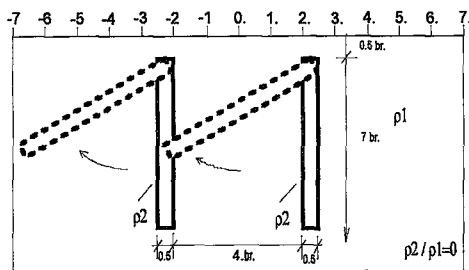
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



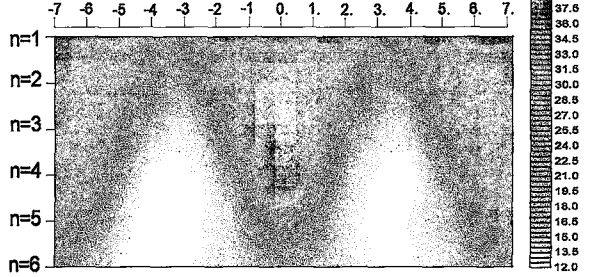
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



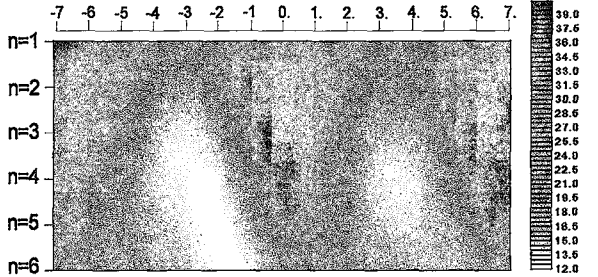
e) Yeraltı kesiti



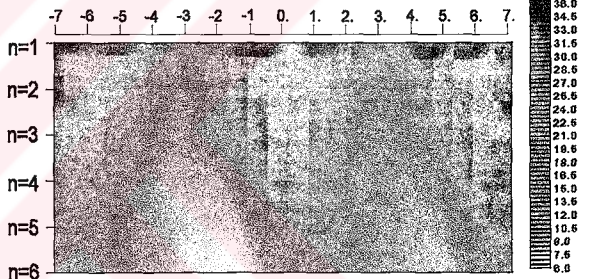
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



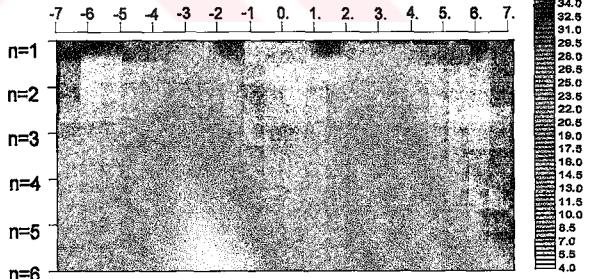
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



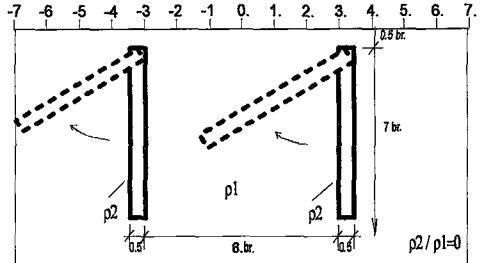
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



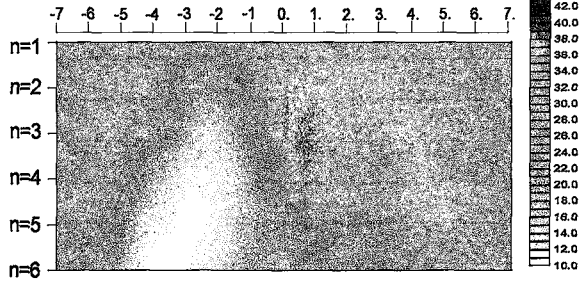
j) Yeraltı kesiti.



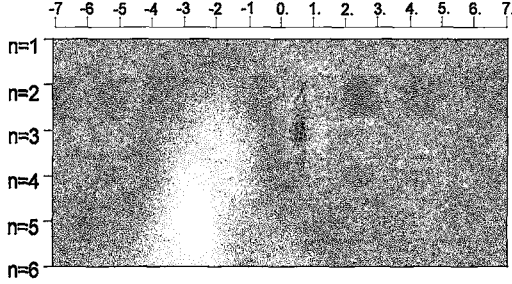
Şekil 57. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.



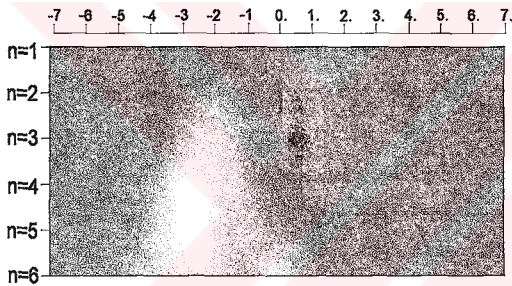
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



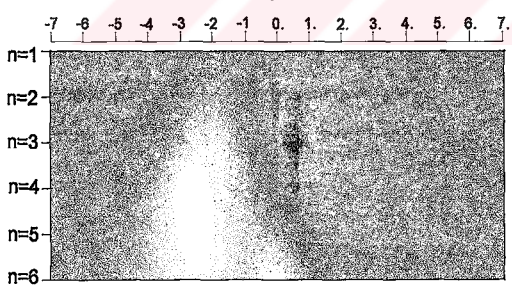
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



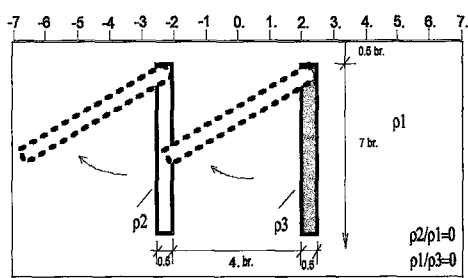
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



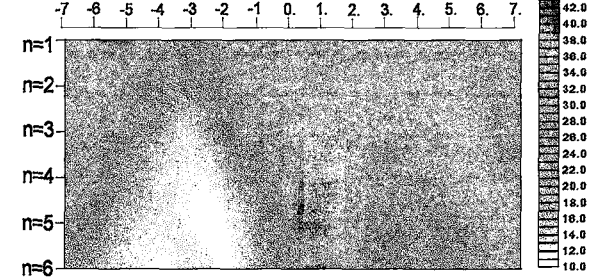
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



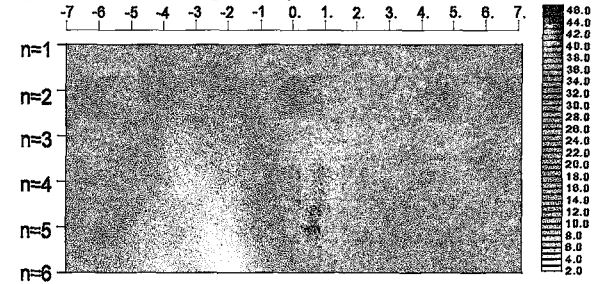
e) Yeraltı kesiti



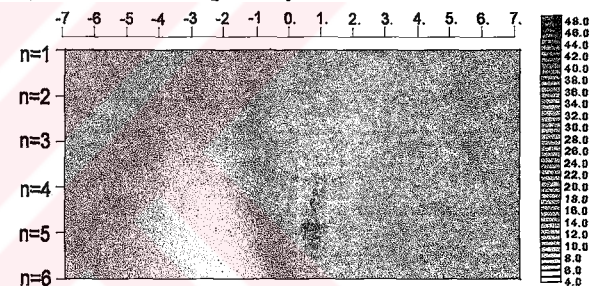
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



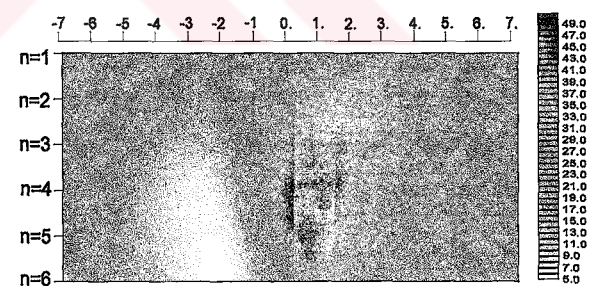
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



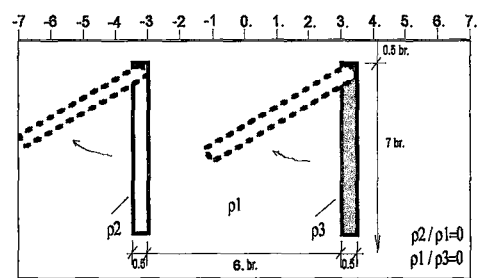
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

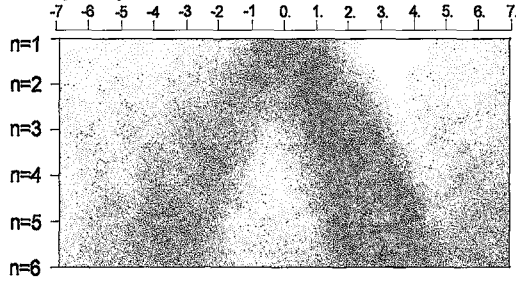


j) Yeraltı kesiti.

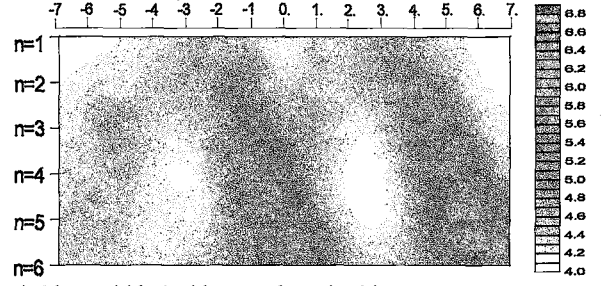


Şekil 58. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

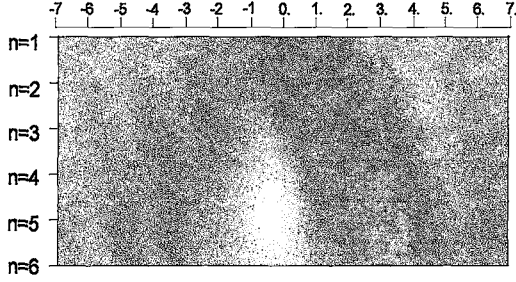
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



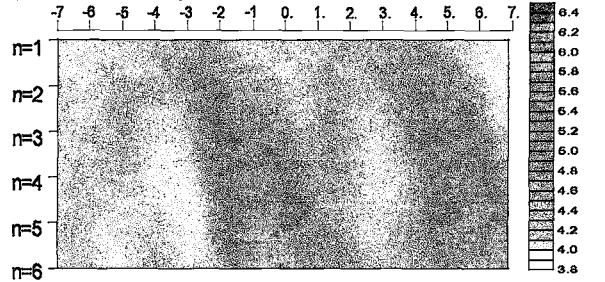
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



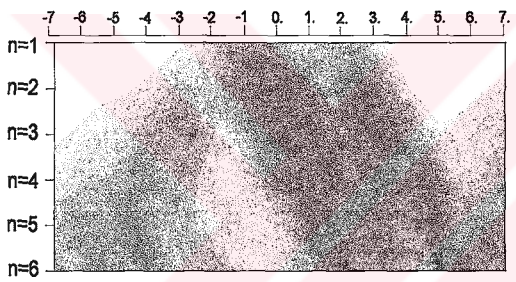
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



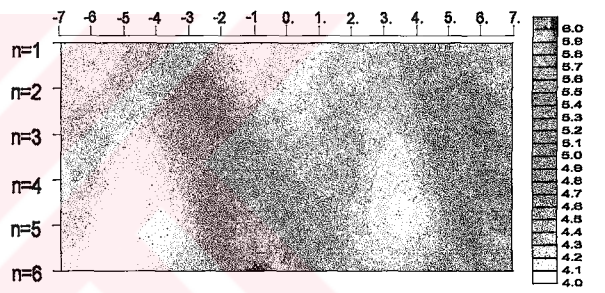
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



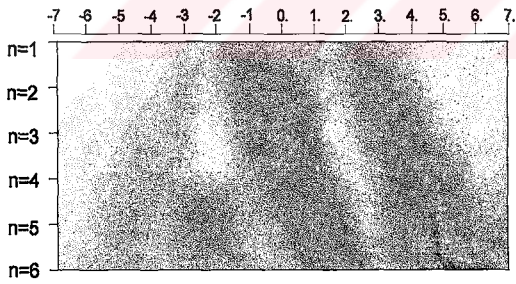
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



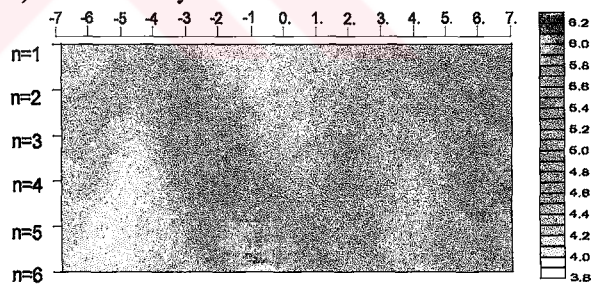
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



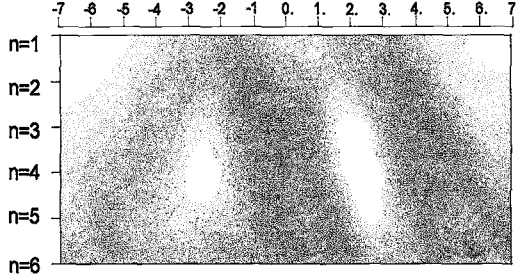
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



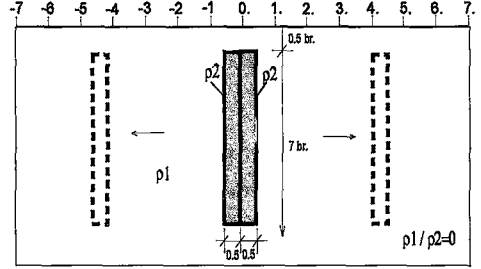
i) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.

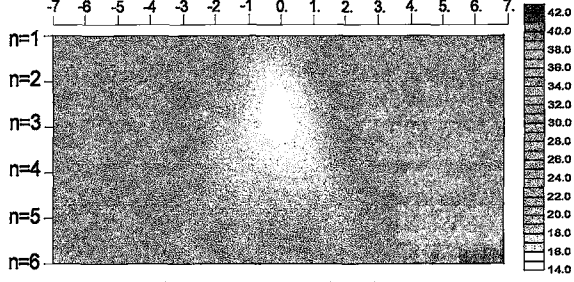


j) Yeraltı kesiti.

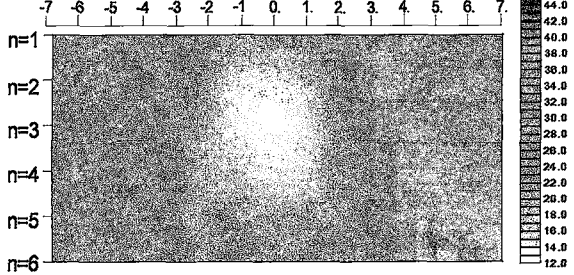


Şekil 59. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın POL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

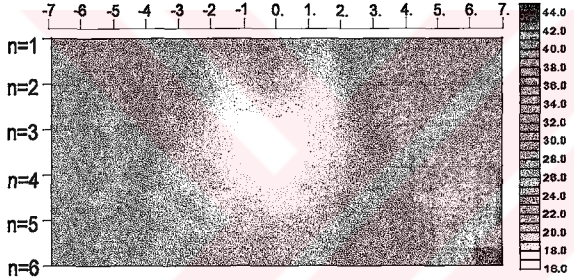
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



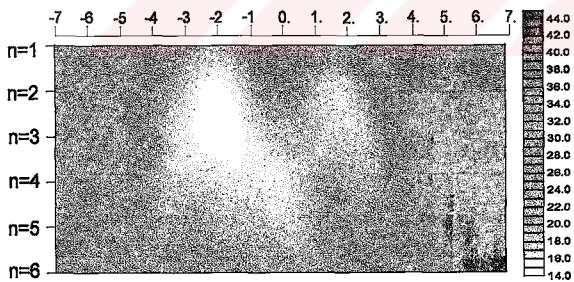
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



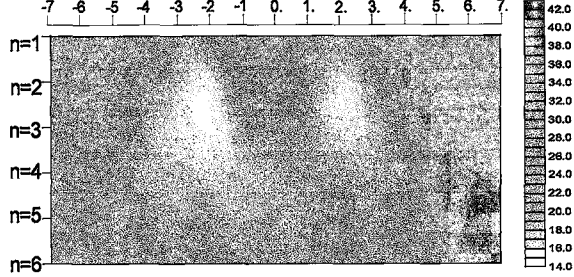
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



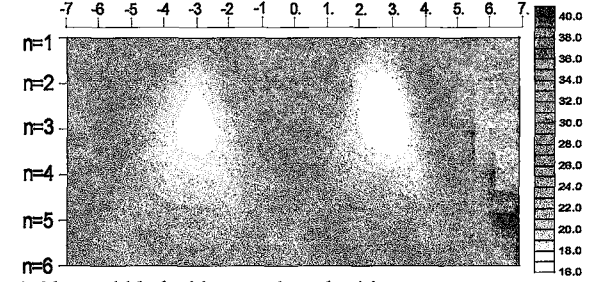
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



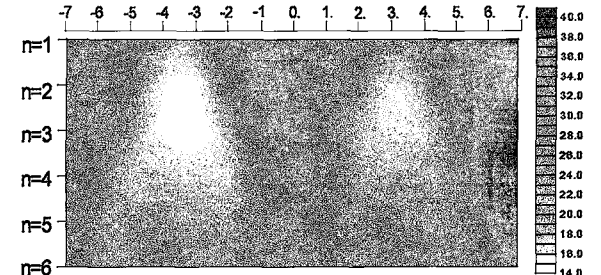
e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



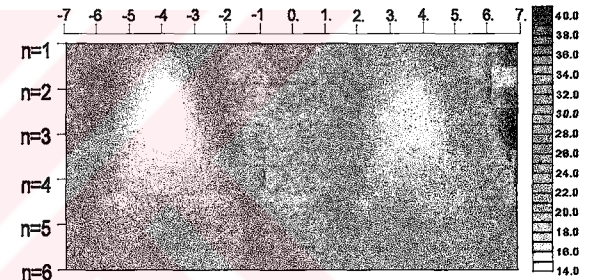
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



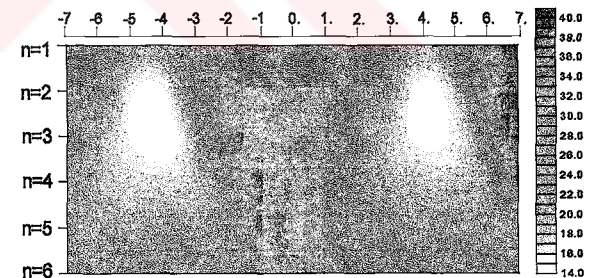
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



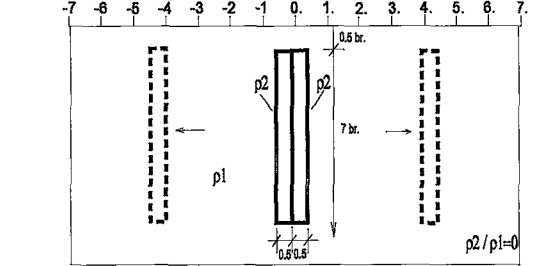
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



i) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.

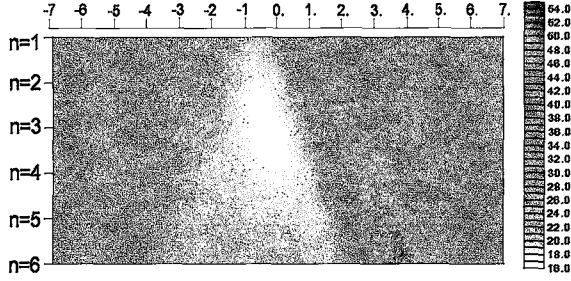


j) Yeraltı kesiti.

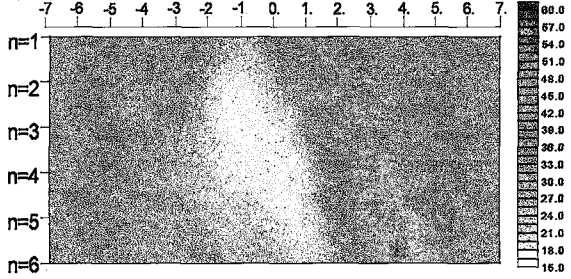


Şekil 60. Analog tankta, iletken iki düşey daykın POL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

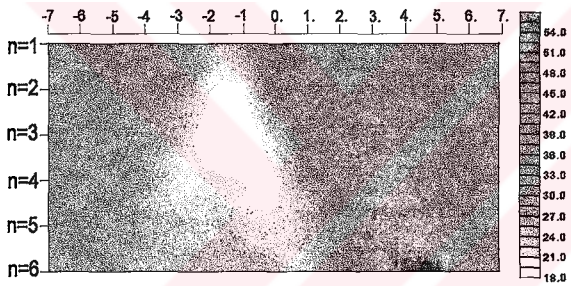
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



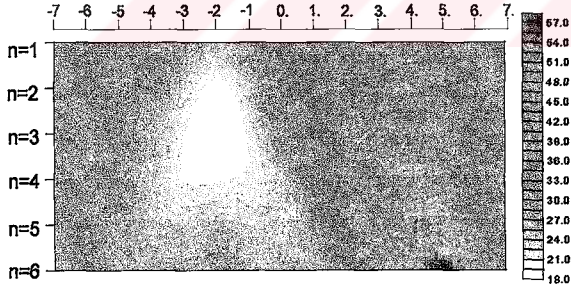
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



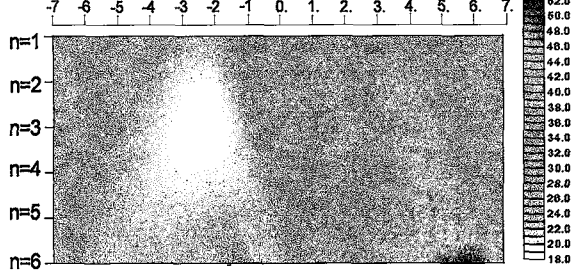
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



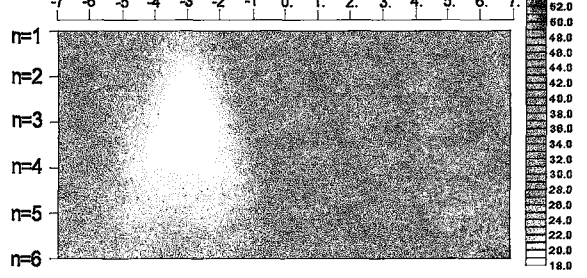
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



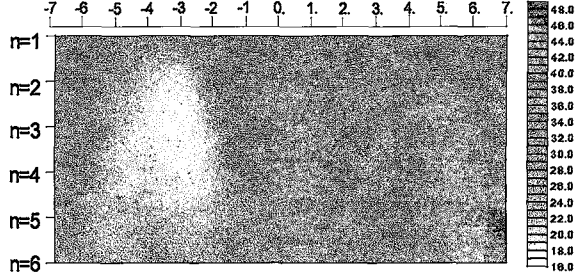
e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



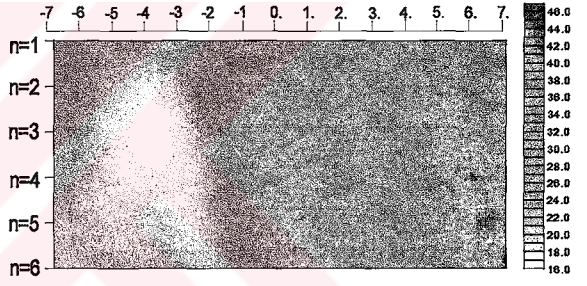
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



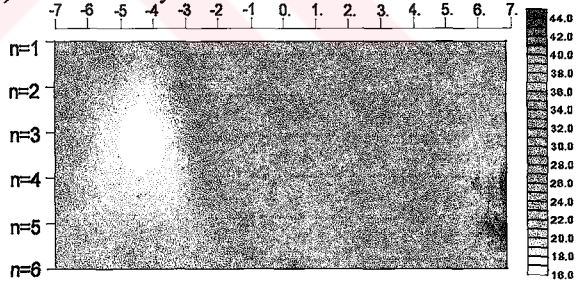
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



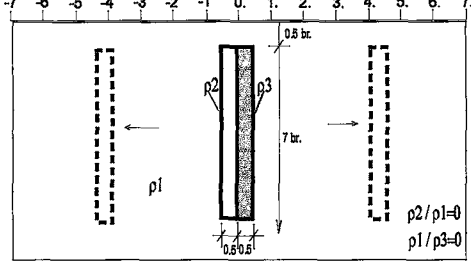
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



i) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.

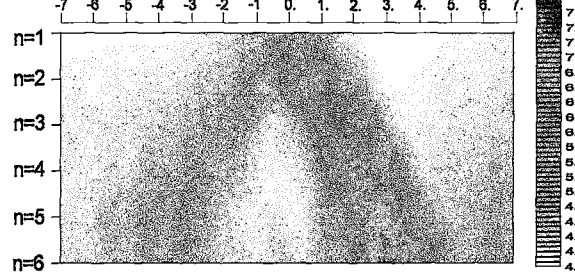


j) Yeraltı kesiti.

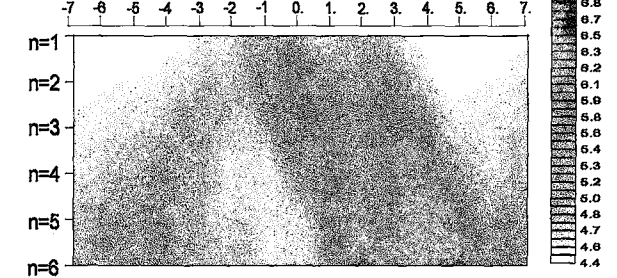


Şekil 61. Analog tankta, biri iletken biri yalıtıkan iki düşey daykın POL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

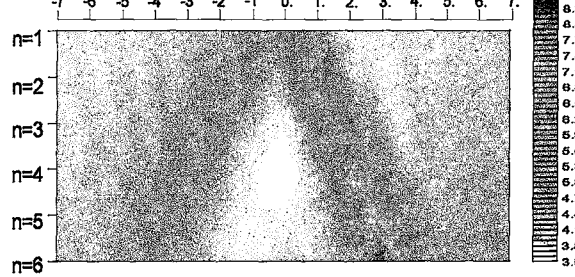
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



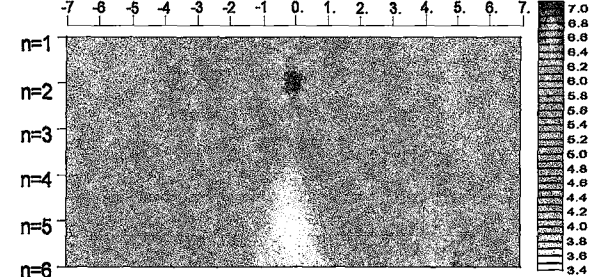
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



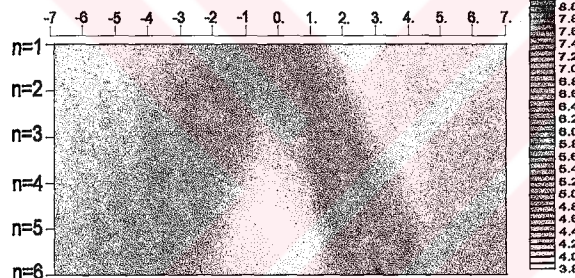
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



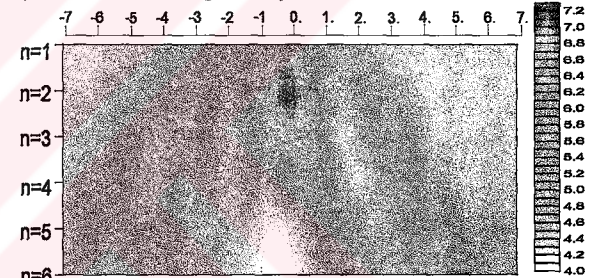
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



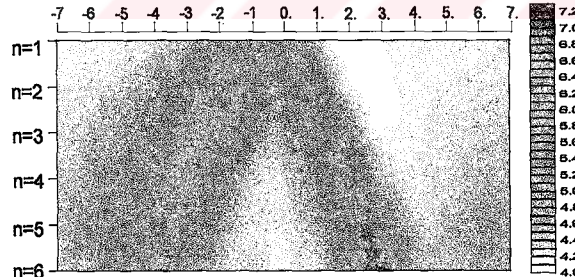
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



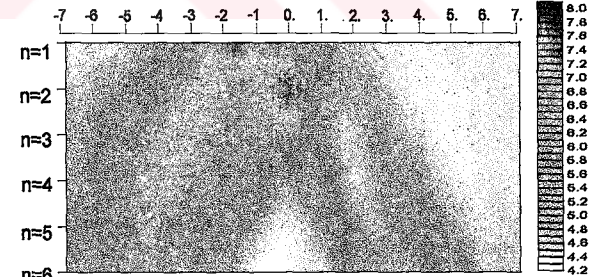
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



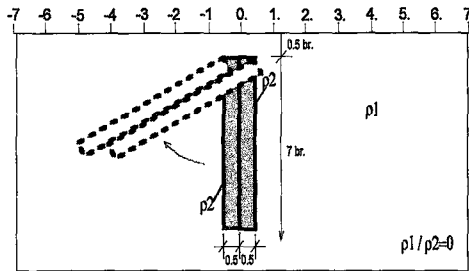
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



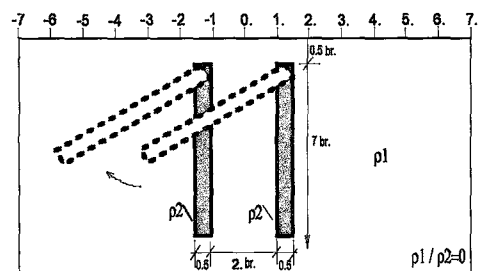
i) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



e) Yeraltı kesiti.

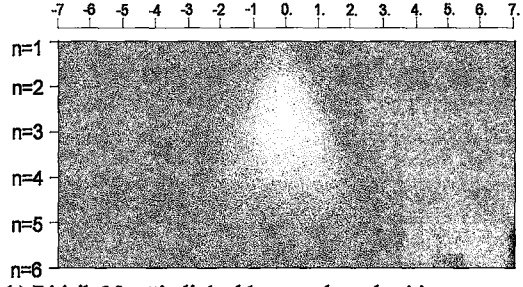


j) Yeraltı kesiti.

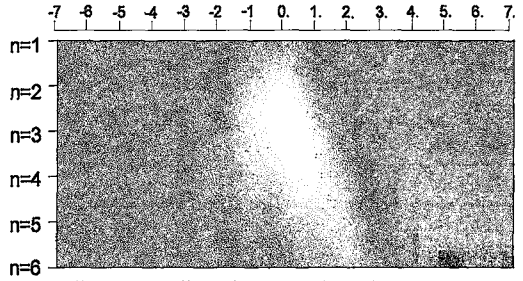


Şekil 62. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların POL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

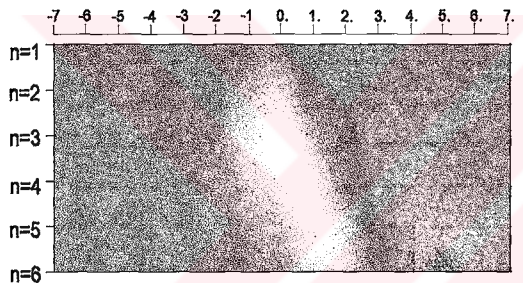
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



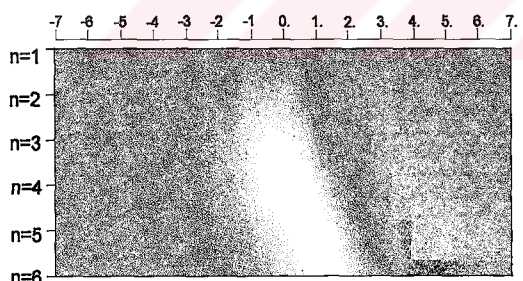
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



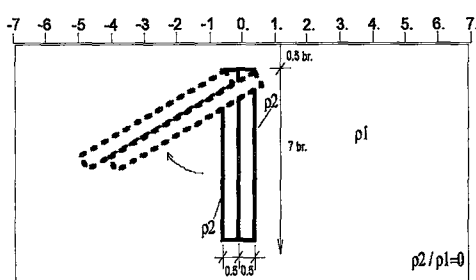
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



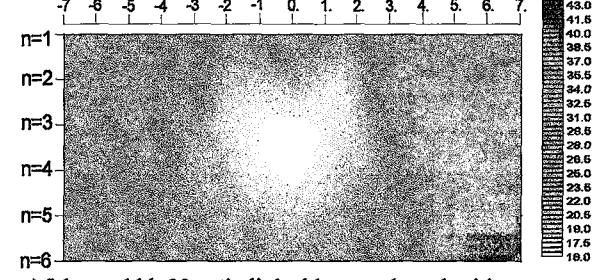
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



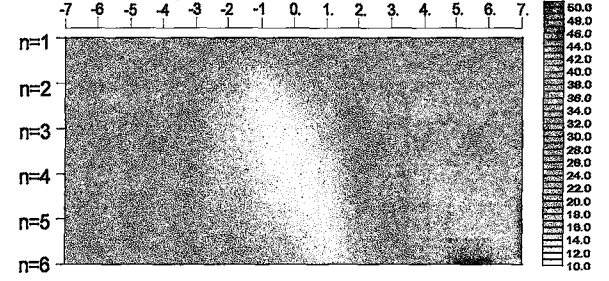
e) Yeraltı kesiti.



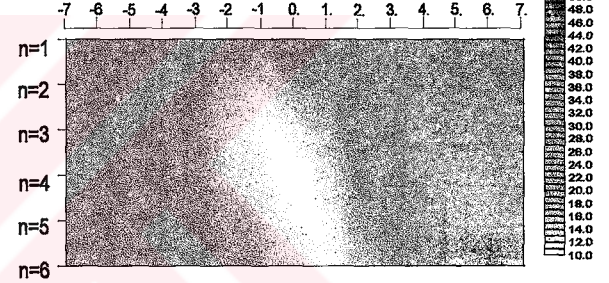
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



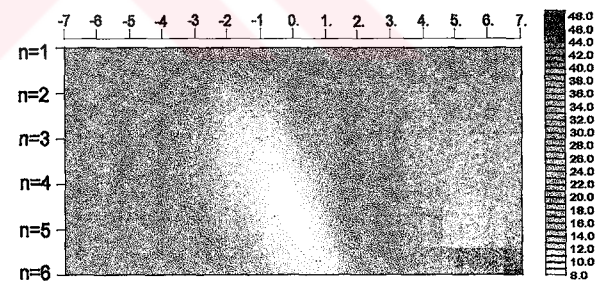
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



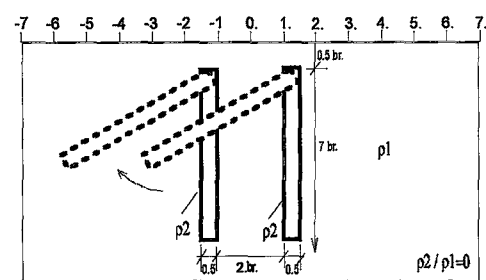
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

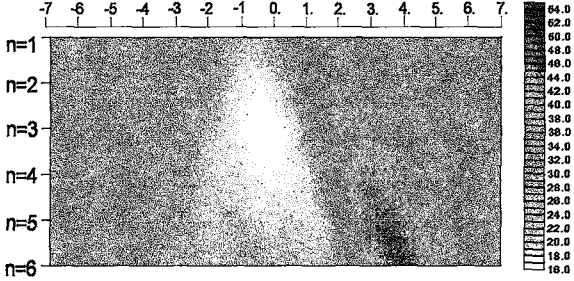


j) Yeraltı kesiti.

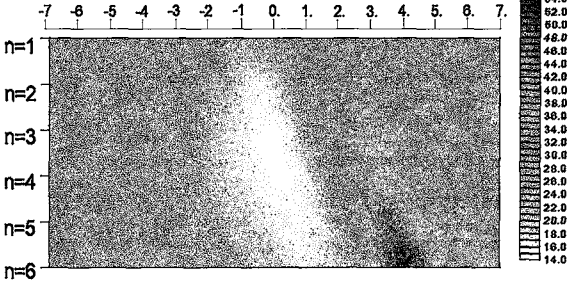


Şekil 63. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların POL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

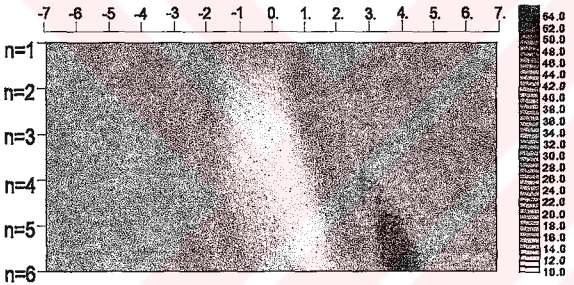
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



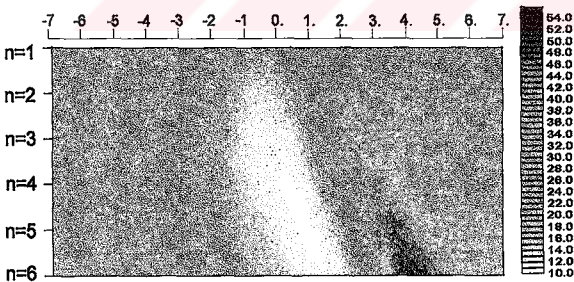
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



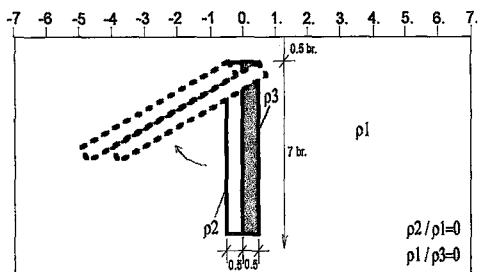
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



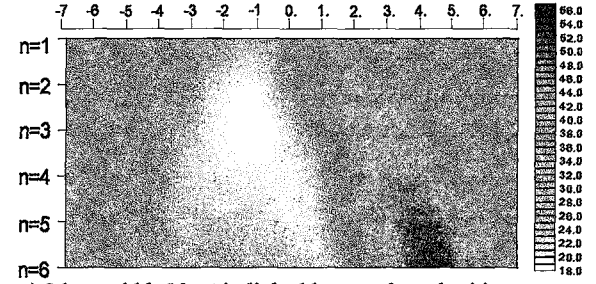
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



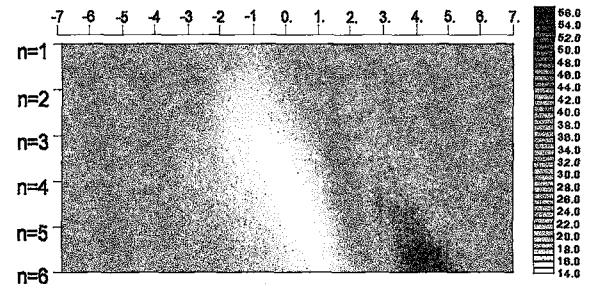
e) Yeraltı kesiti.



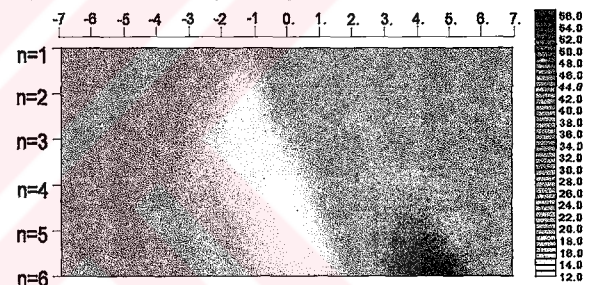
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



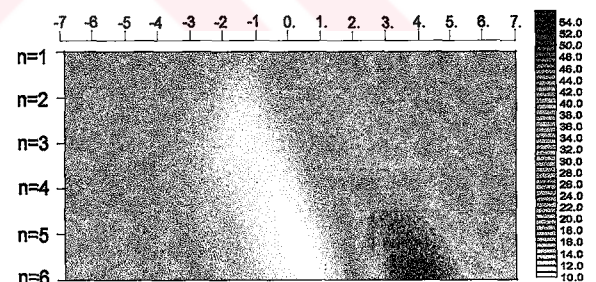
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



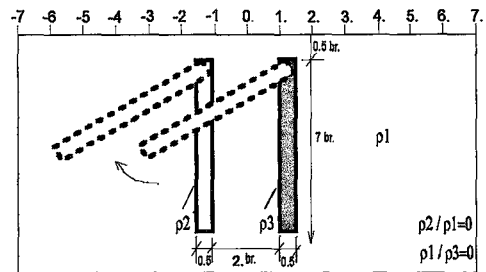
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

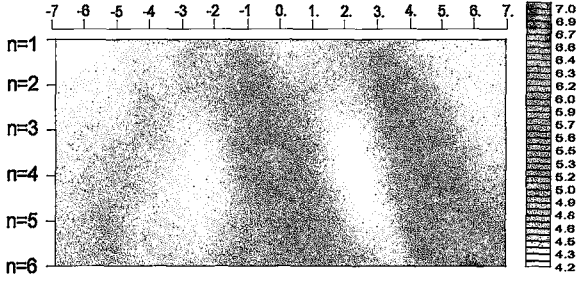


j) Yeraltı kesiti.

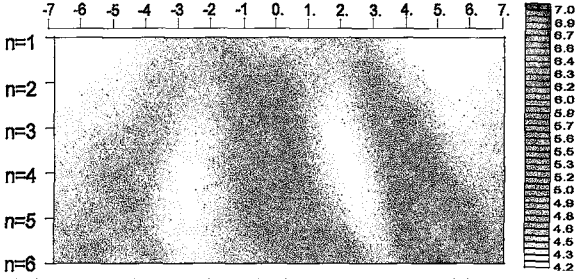


Şekil 64. Analog tankta, bitişik ve 2br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların POL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

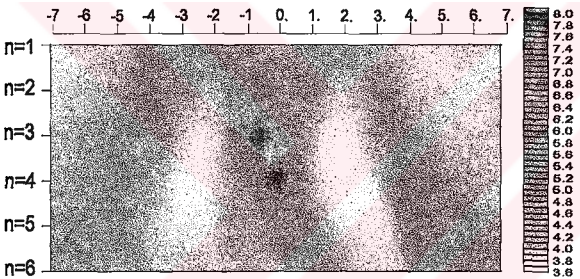
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



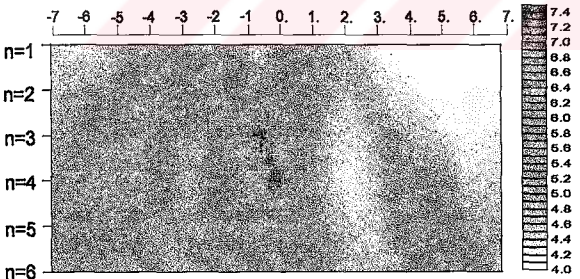
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



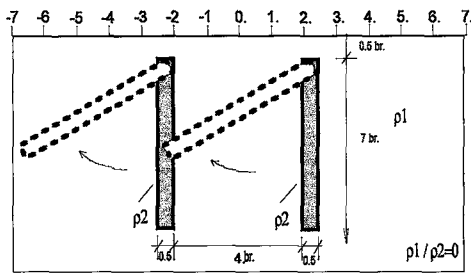
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



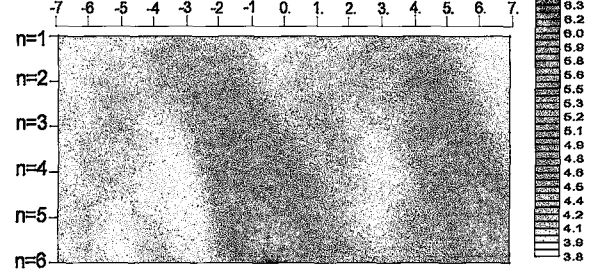
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



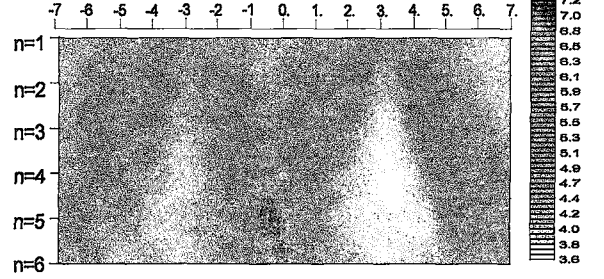
e) Yeraltı kesiti



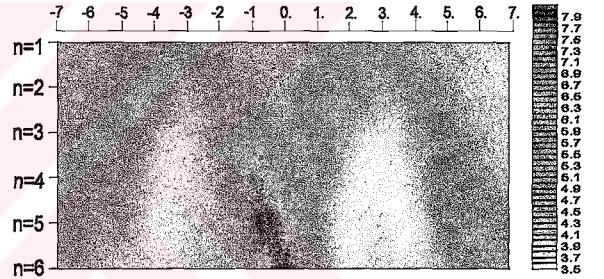
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



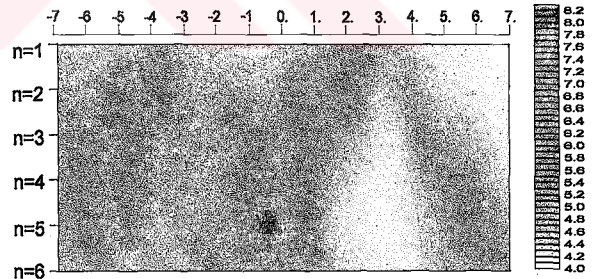
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



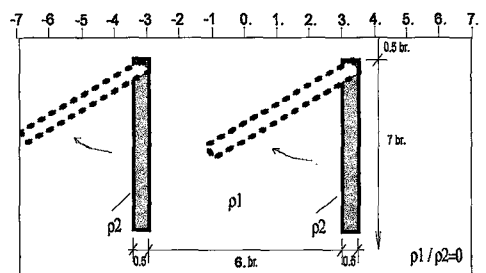
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



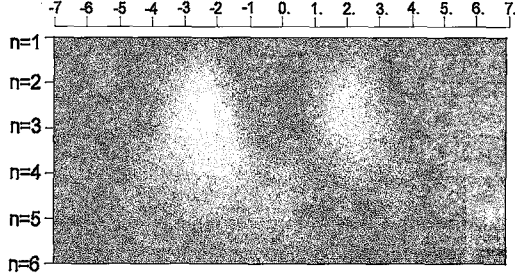
j) Yeraltı kesiti.



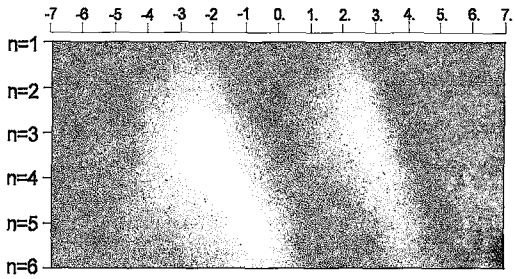
Şekil 65. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların POL-DİPOL dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.



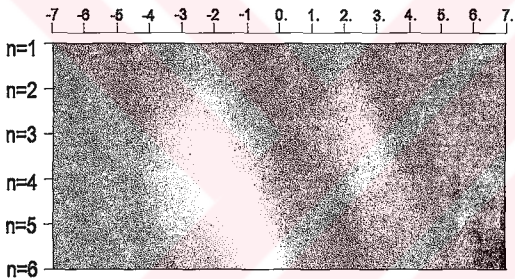
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



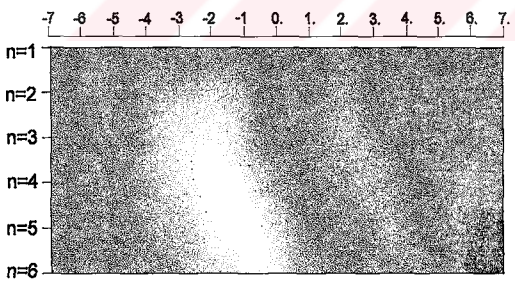
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



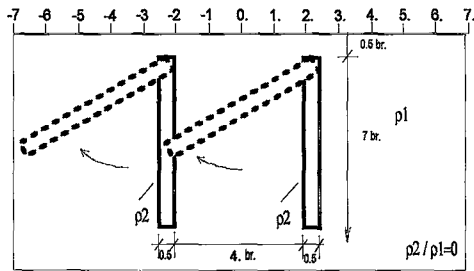
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



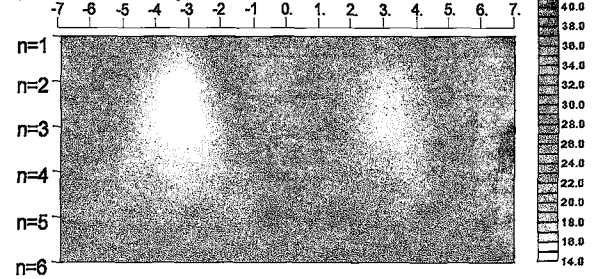
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



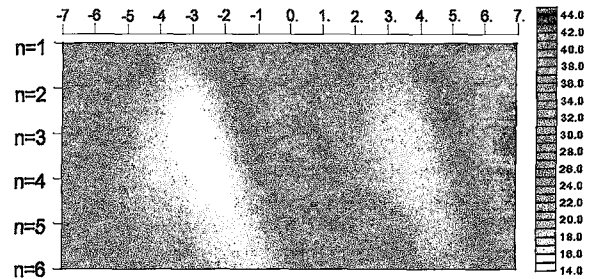
e) Yeraltı kesiti



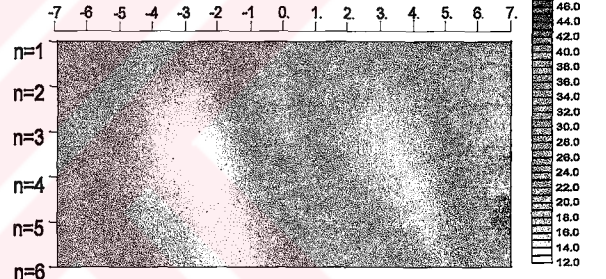
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



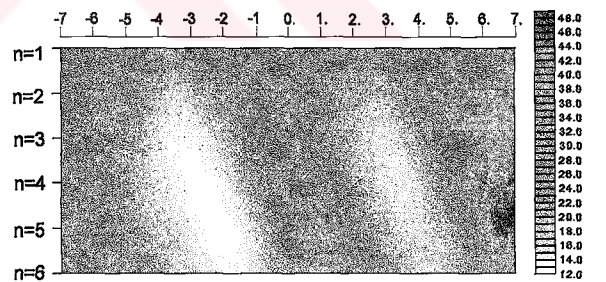
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



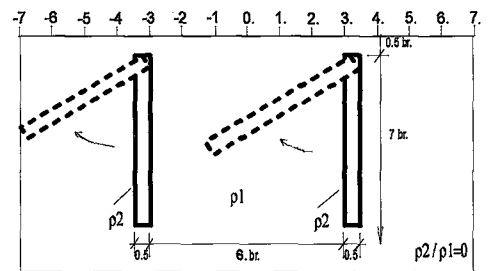
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



i) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

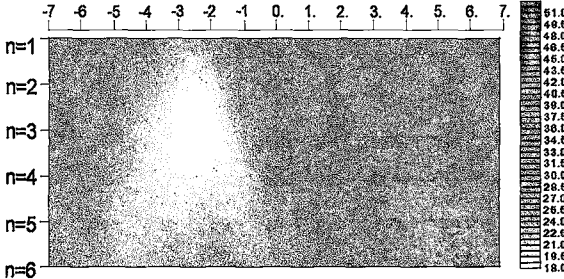


j) Yeraltı kesiti.

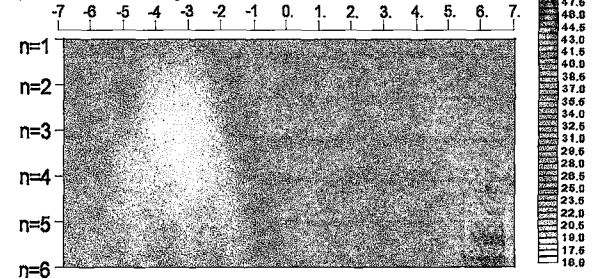


Şekil 66. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların POL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

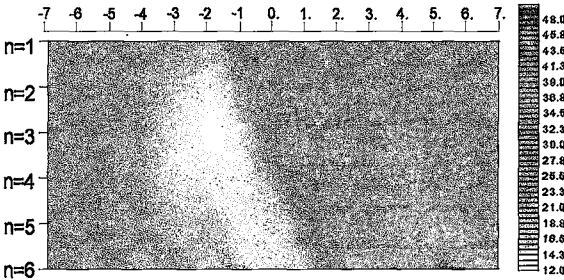
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



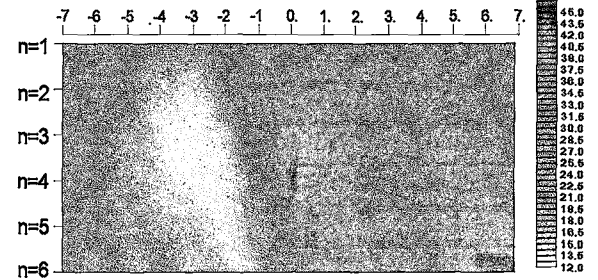
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



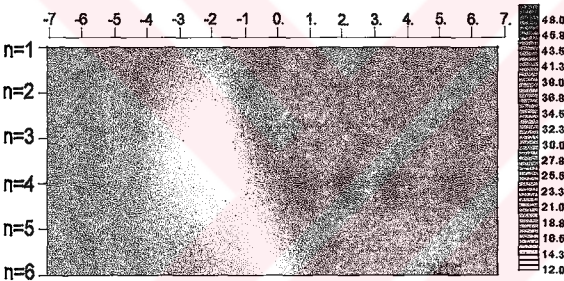
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



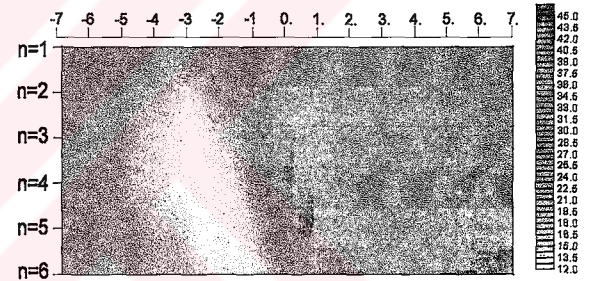
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



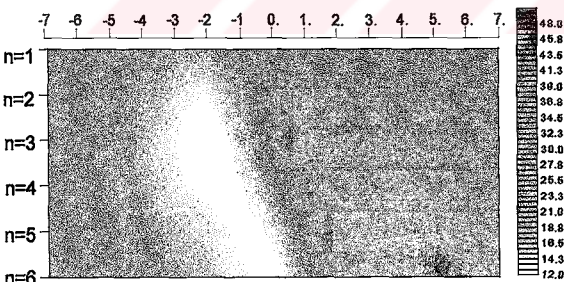
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



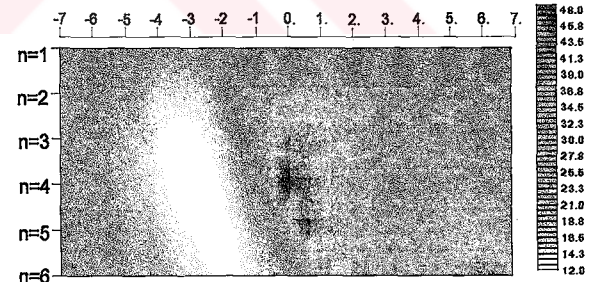
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



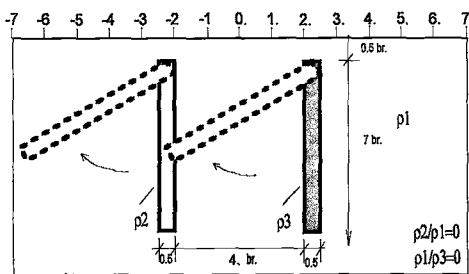
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



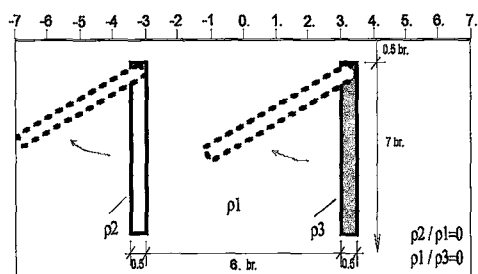
ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



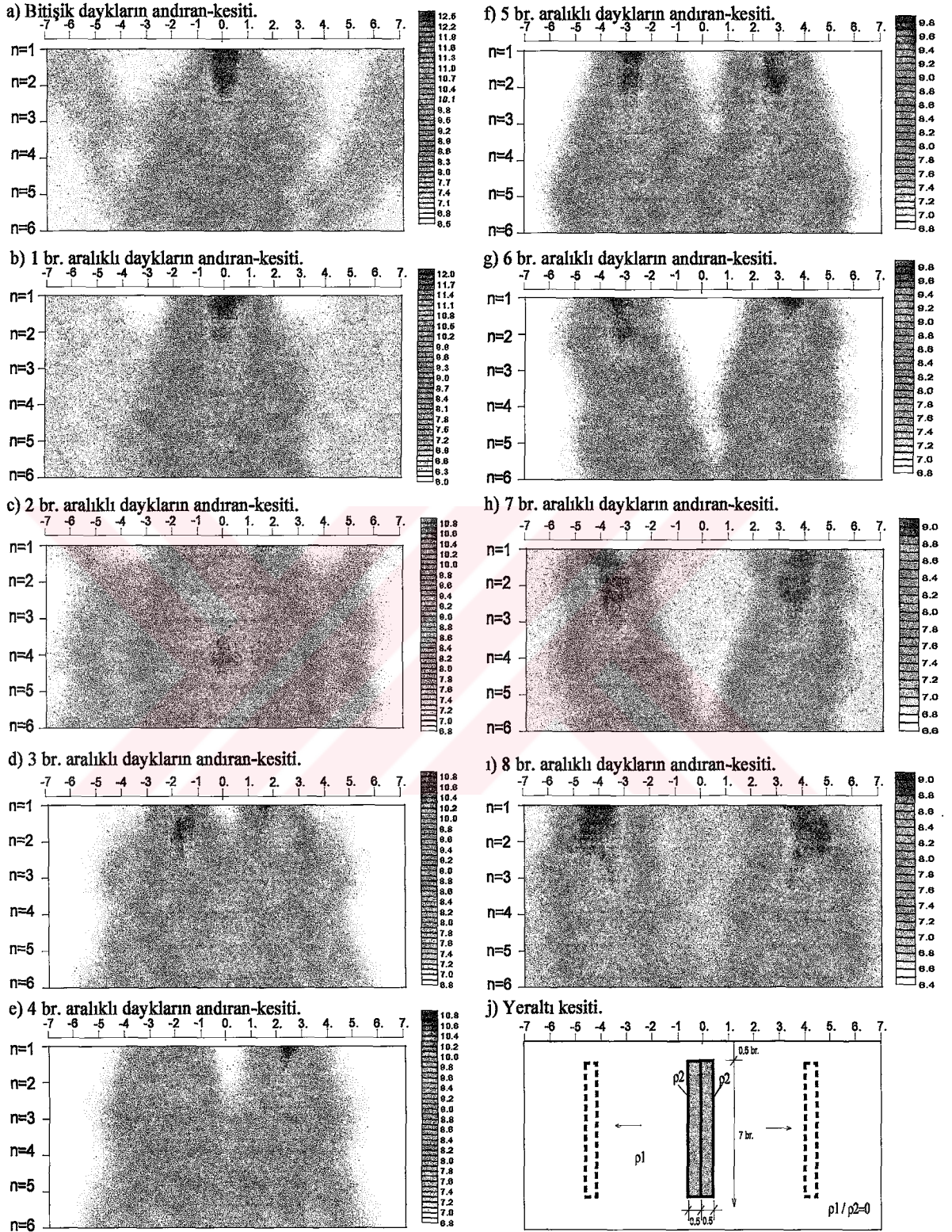
e) Yeraltı kesiti



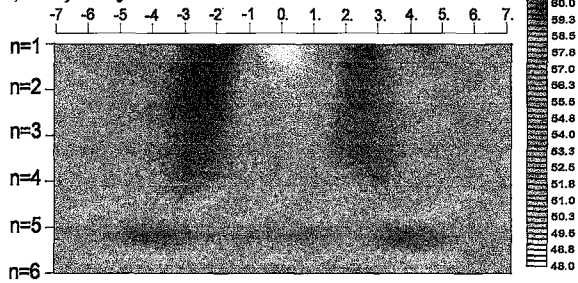
j) Yeraltı kesiti.



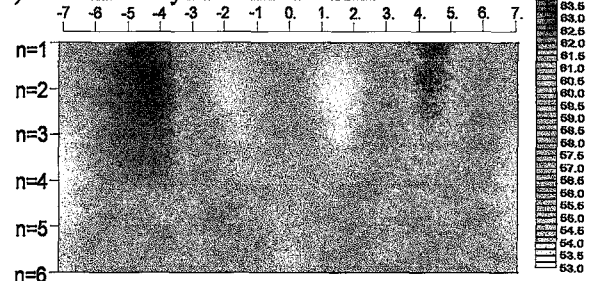
Şekil 67. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli, biri iletken biri yalıtkan daykların POL-DİPOL dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.



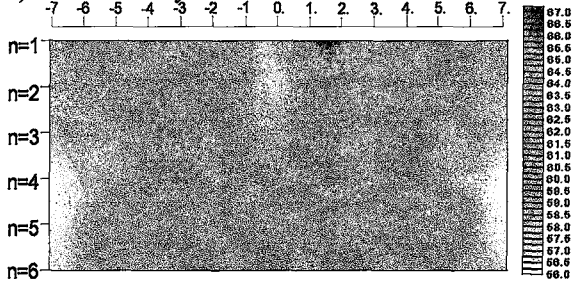
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



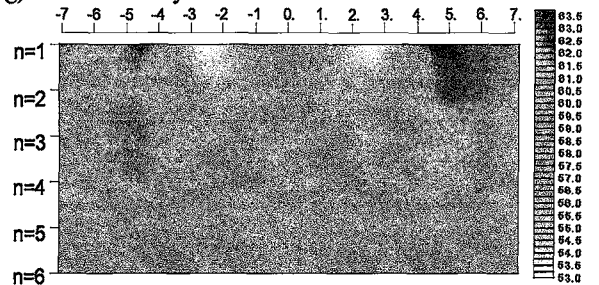
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



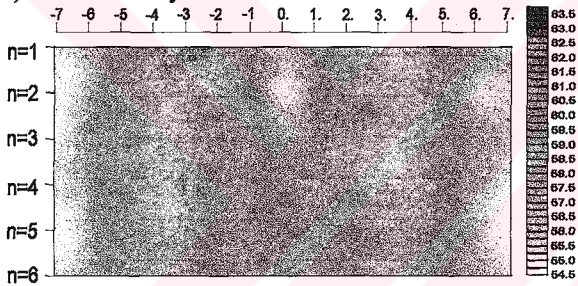
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



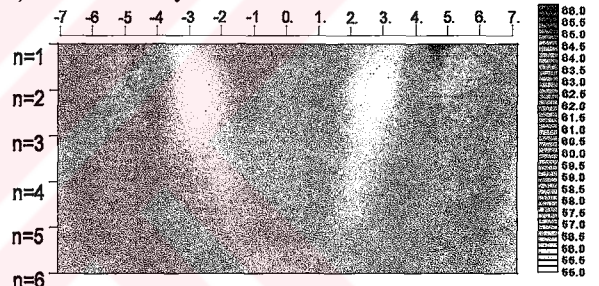
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



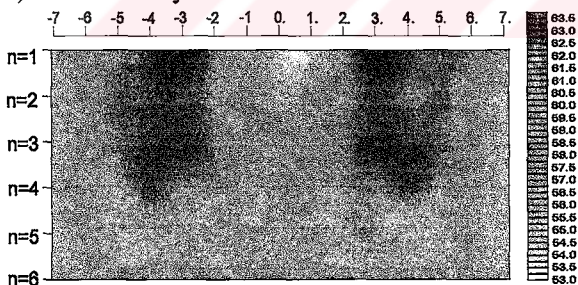
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



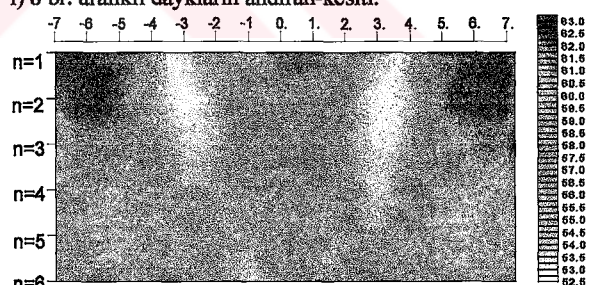
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



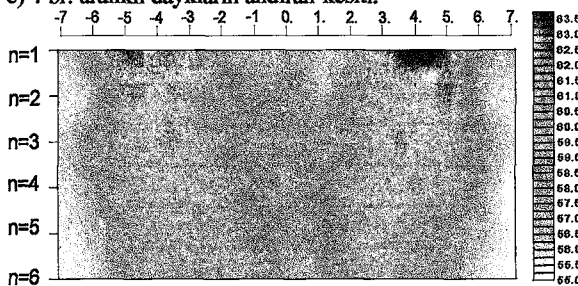
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



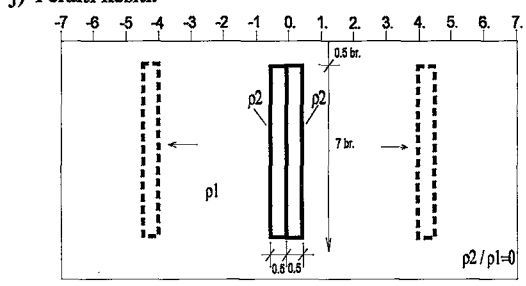
i) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



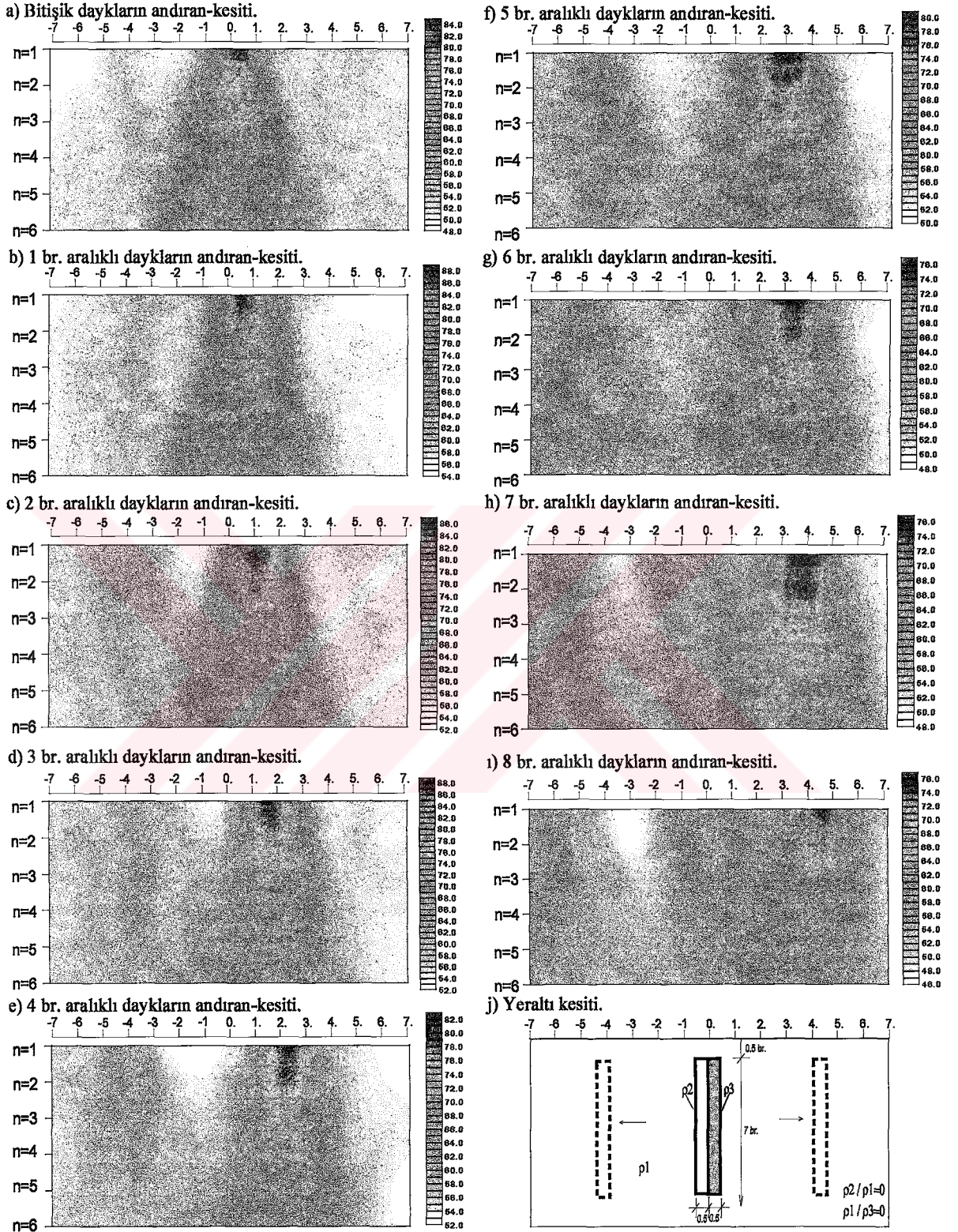
e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



j) Yeraltı kesiti.

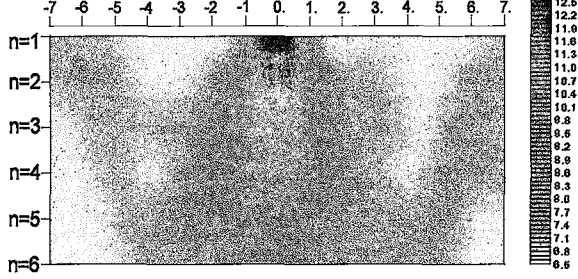


Şekil 69. Analog tankta, iletken iki düşey daykının GRADYENT dizilimi ile alınan andıran-kesitleri

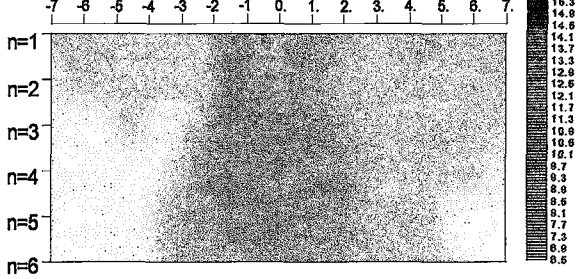


Şekil 70. Analog tankta, biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın GRADYENT dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.

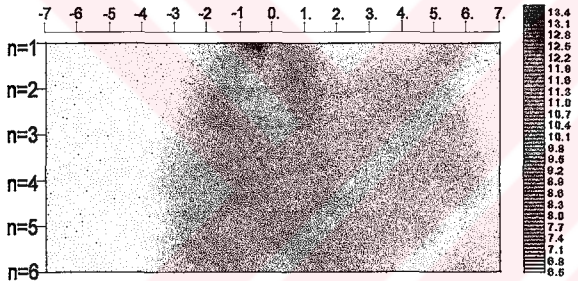
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



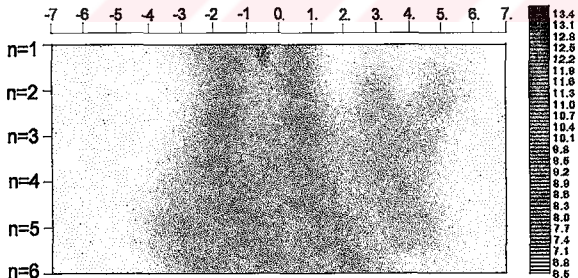
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



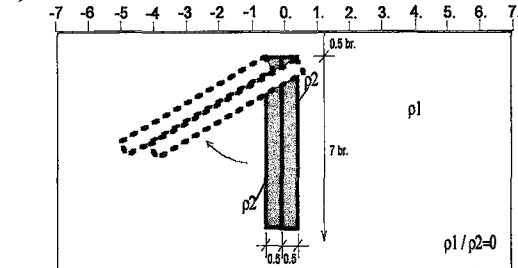
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



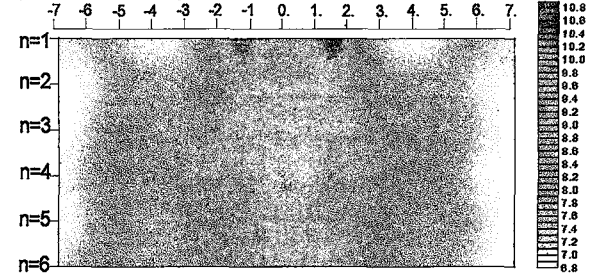
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



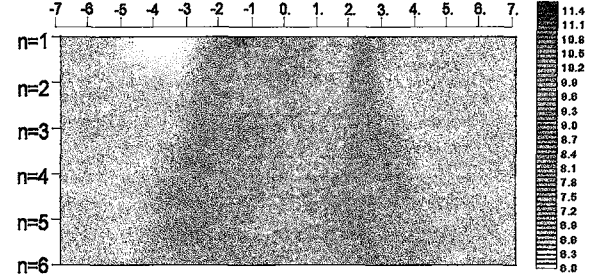
e) Yeraltı kesiti.



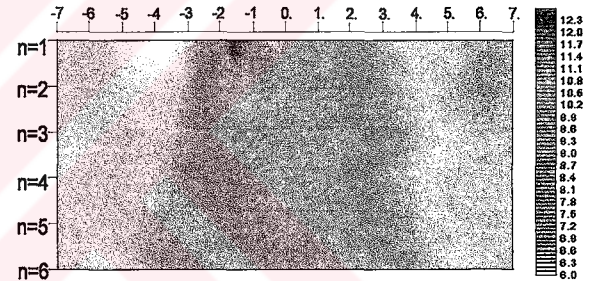
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



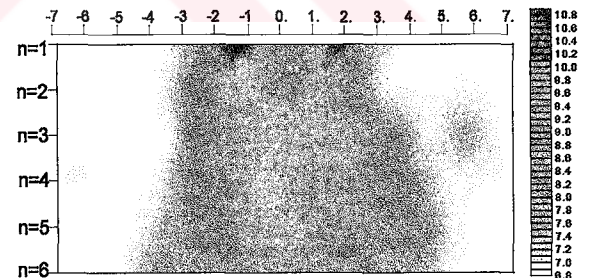
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



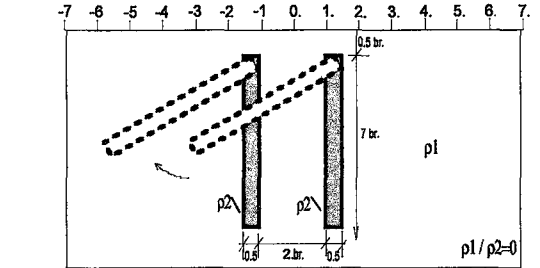
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

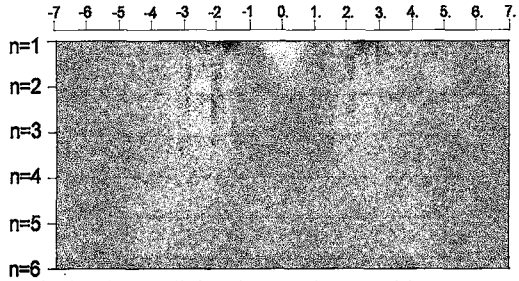


j) Yeraltı kesiti.

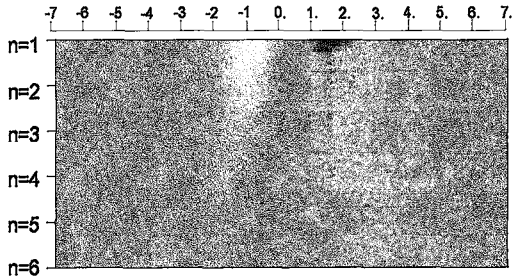


Şekil 71. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların GRADYENT dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.

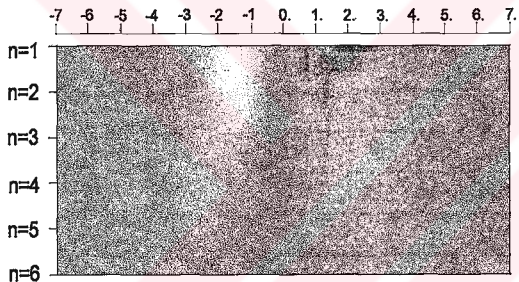
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



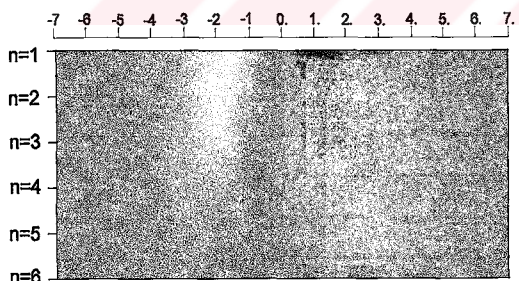
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



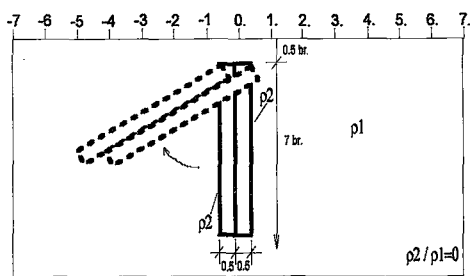
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



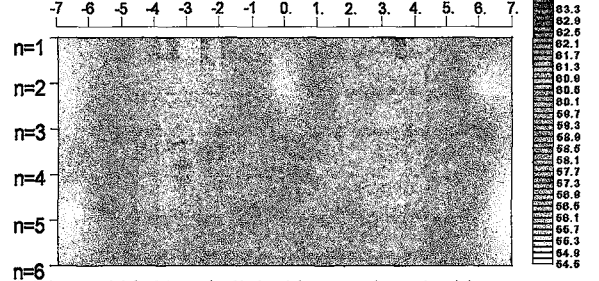
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



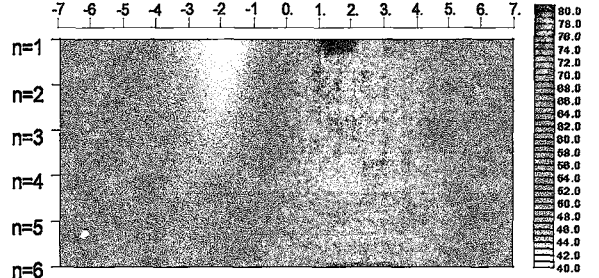
e) Yeraltı kesiti.



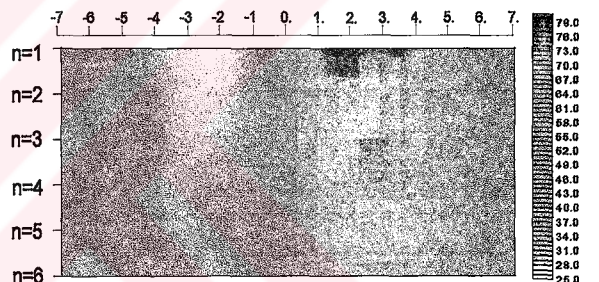
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



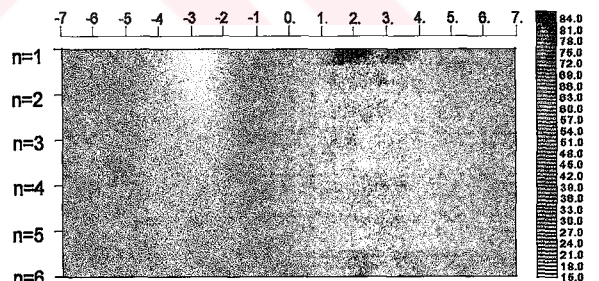
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



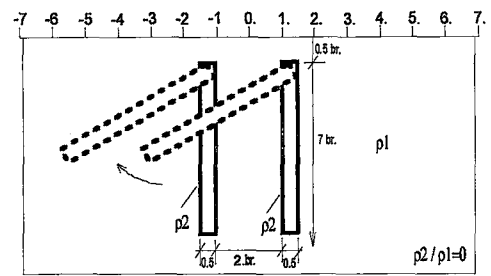
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



i) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

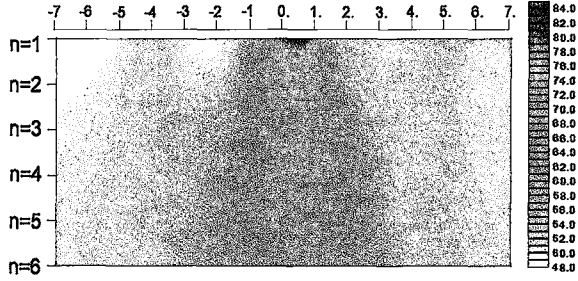


j) Yeraltı kesiti.

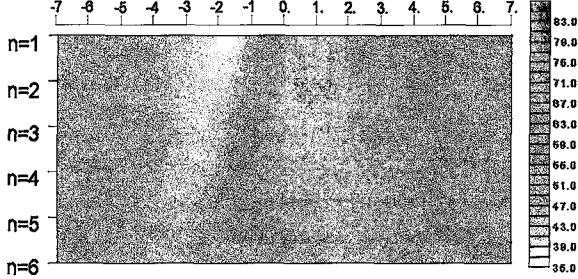


Şekil 72. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların GRADYENT dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.

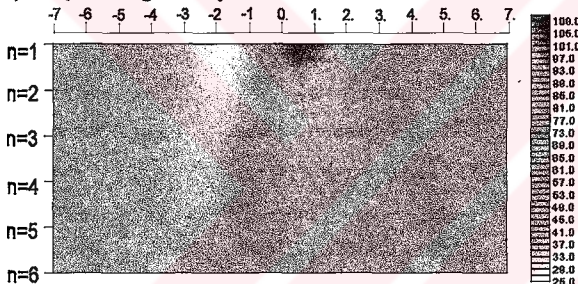
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



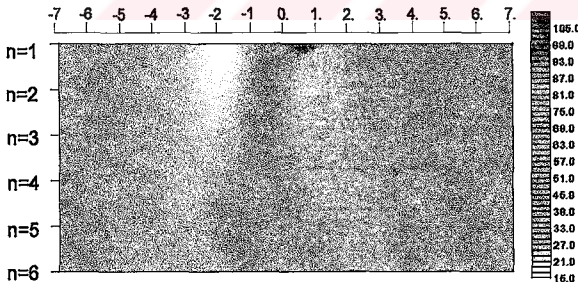
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



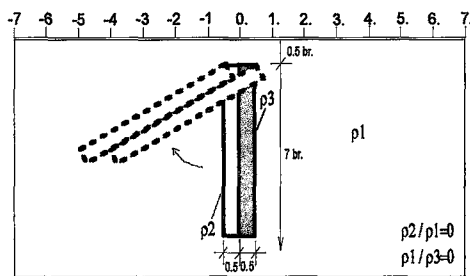
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



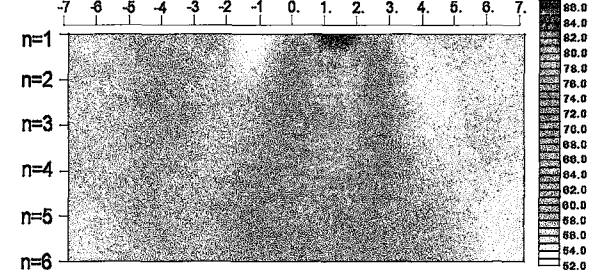
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



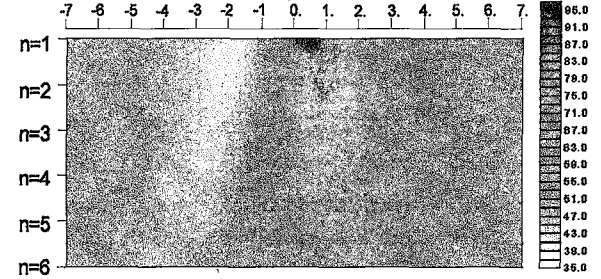
e) Yeraltı kesiti.



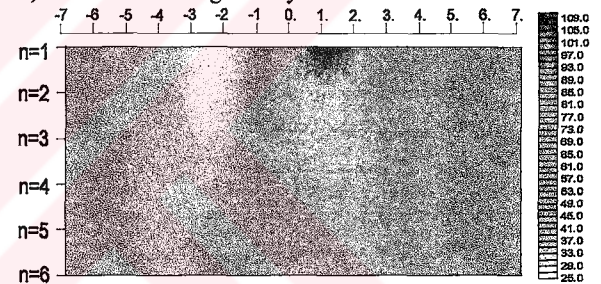
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



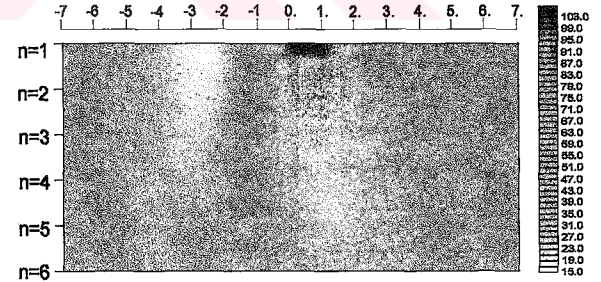
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



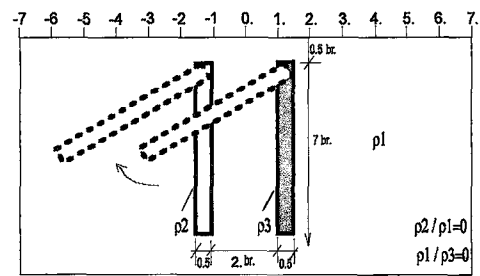
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



ı) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



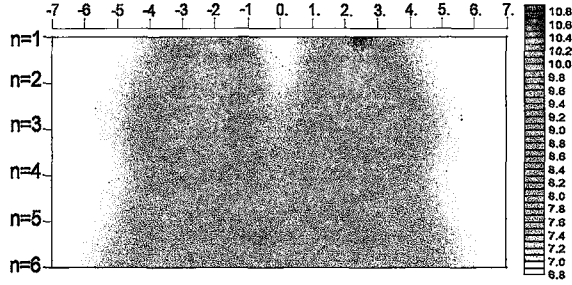
j) Yeraltı kesiti.



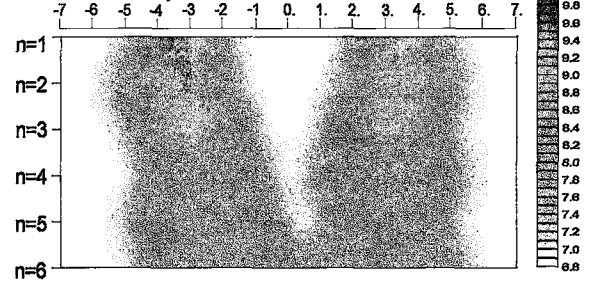
Şekil 73. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli, biri iletken biri yalıtkan daykların GRAD-YENT dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.



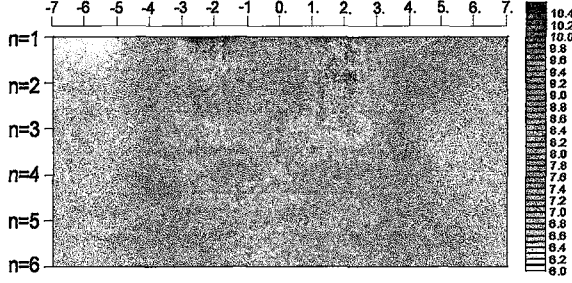
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



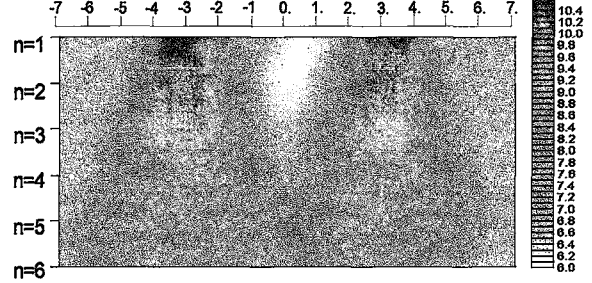
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



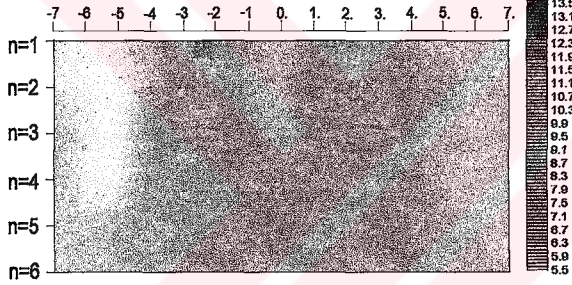
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



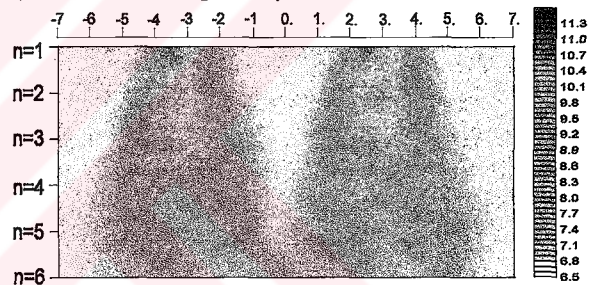
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



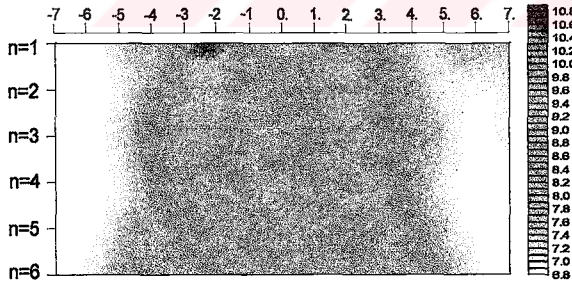
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



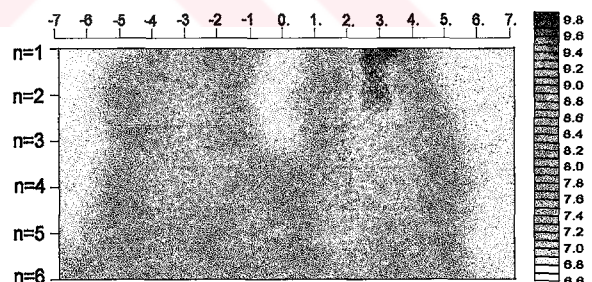
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



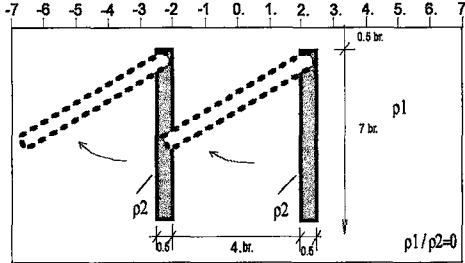
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



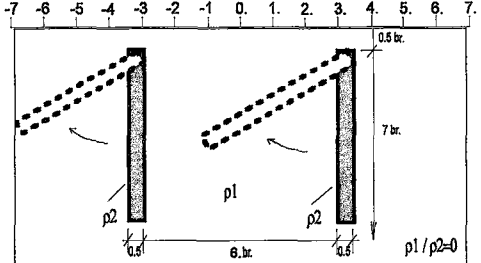
ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



e) Yeraltı kesiti

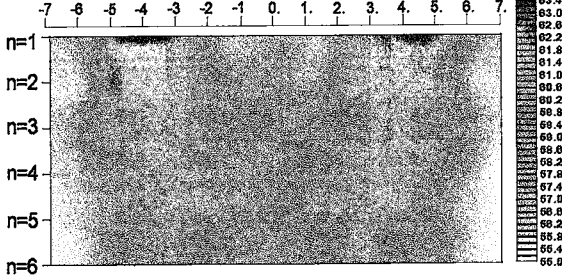


j) Yeraltı kesiti.

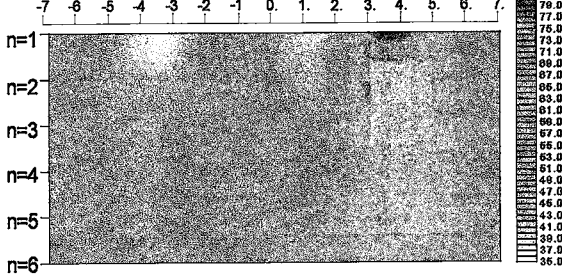


Şekil 74. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların GRADYENT dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.

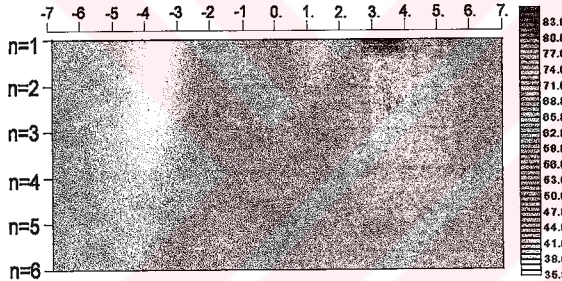
a) 4 br. aralıklı dayların andıran-kesiti.



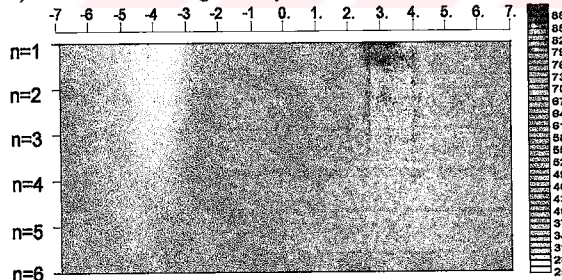
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli dayların andıran-kesiti.



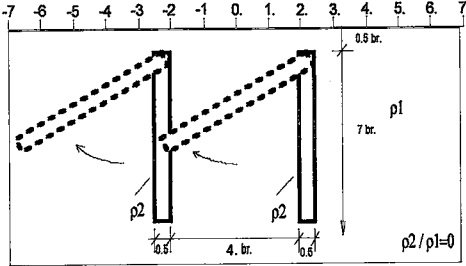
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli dayların andıran-kesiti.



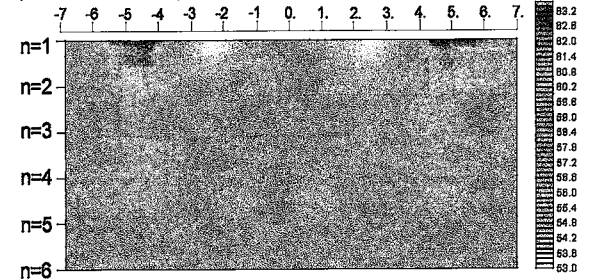
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli dayların andıran-kesiti.



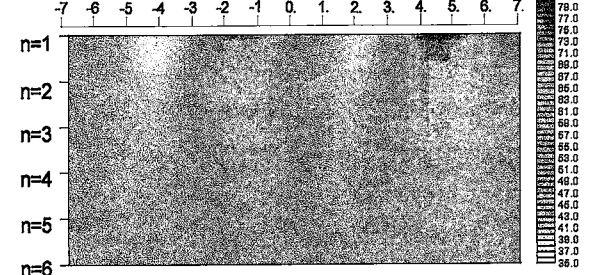
e) Yeraltı kesiti



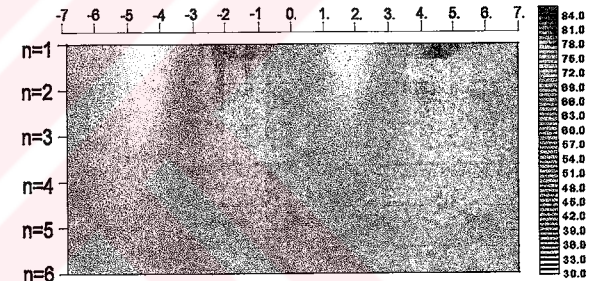
f) 6 br. aralıklı dayların andıran-kesiti.



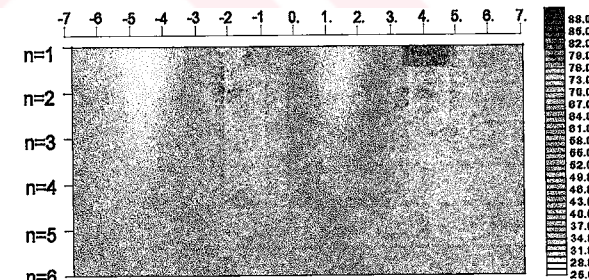
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli dayların andıran-kesiti.



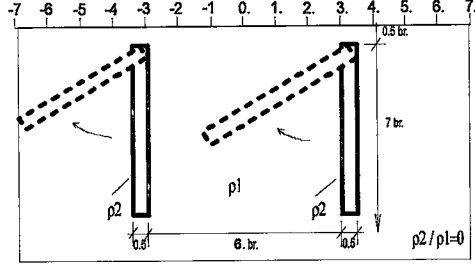
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli dayların andıran-kesiti.



ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli dayların andıran-kesiti.

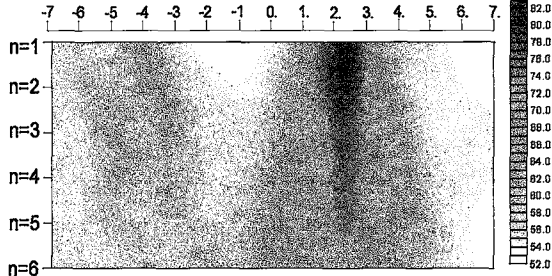


j) Yeraltı kesiti.

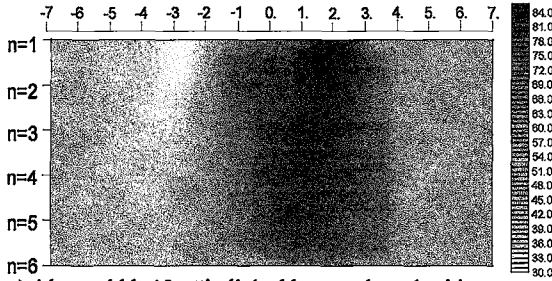


Şekil 75. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken dayların GRADYENT dizilimi ile alınan andıran-kesitleri.

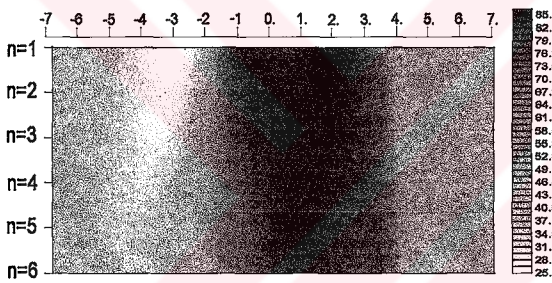
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



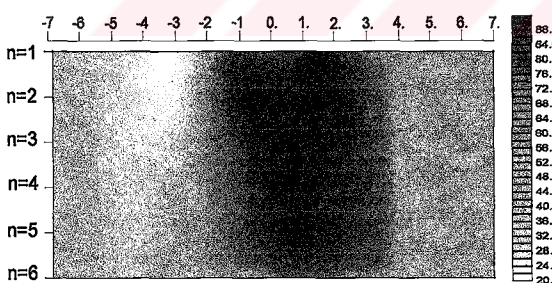
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



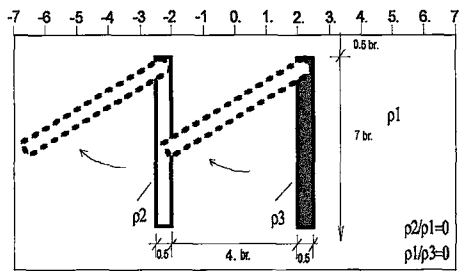
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



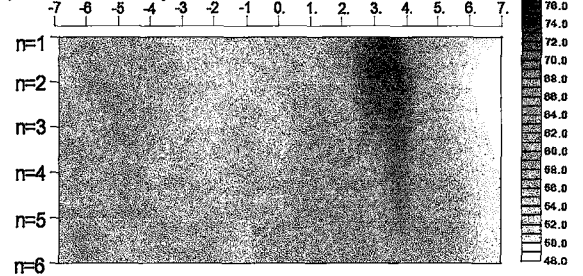
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



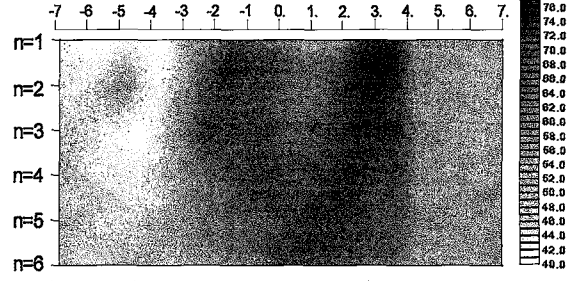
e) Yeraltı kesiti



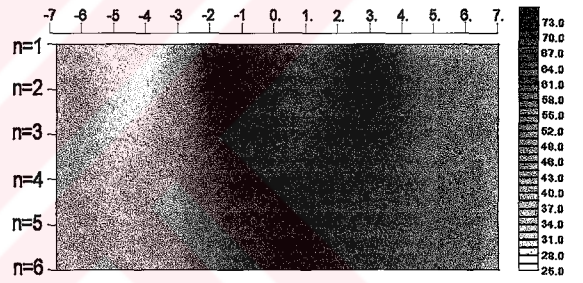
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



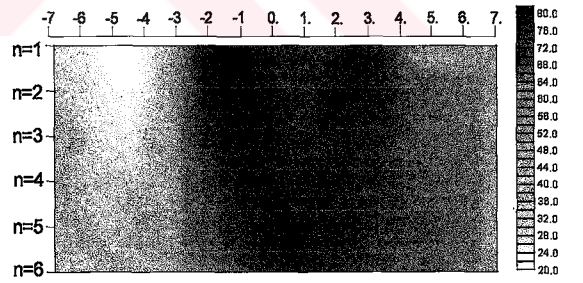
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



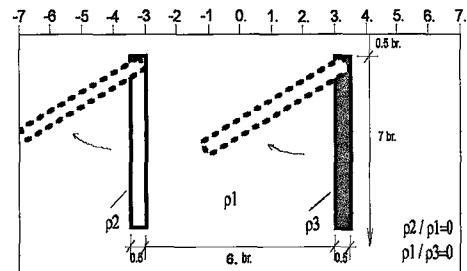
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



i) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.

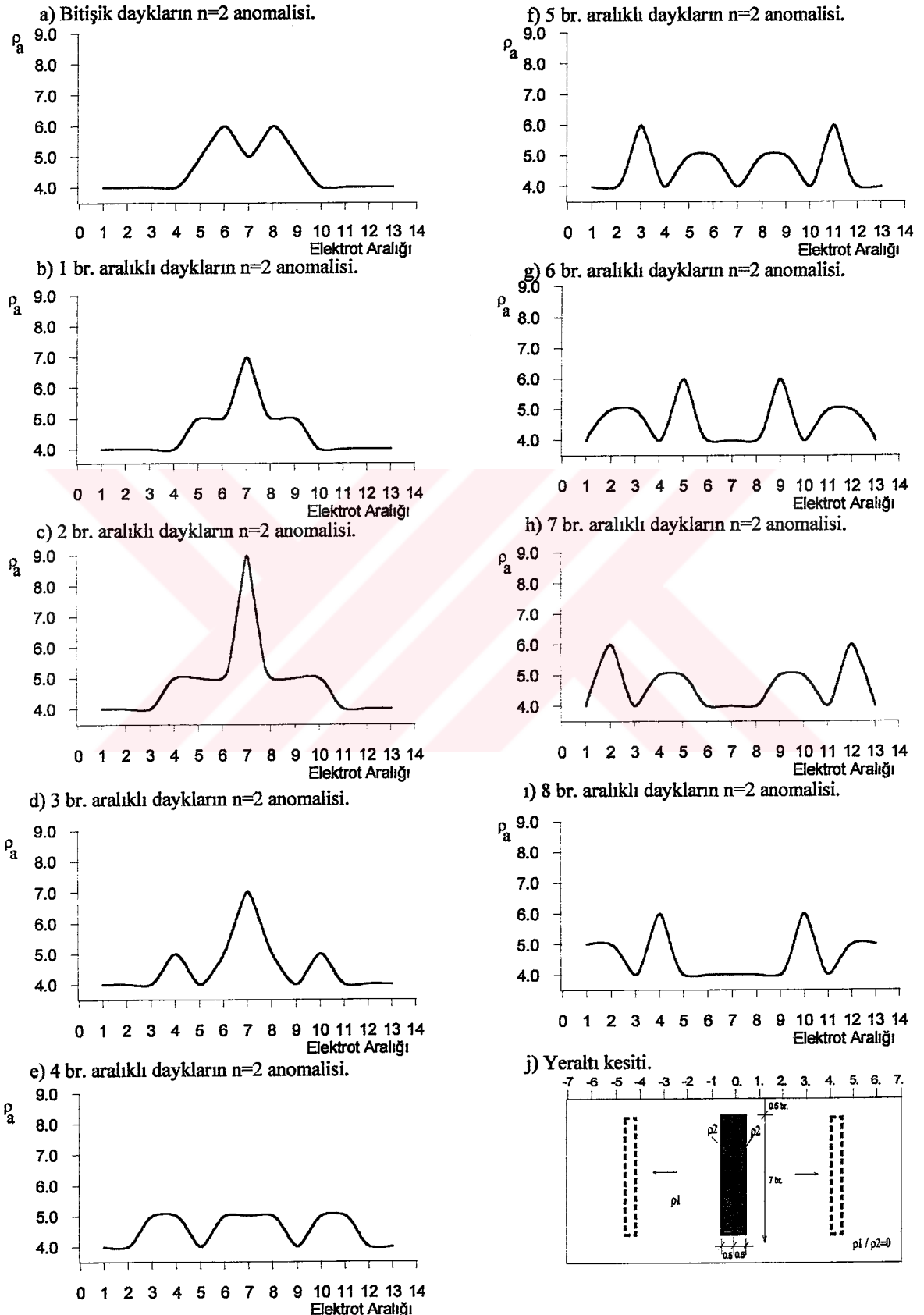


j) Yeraltı kesiti.

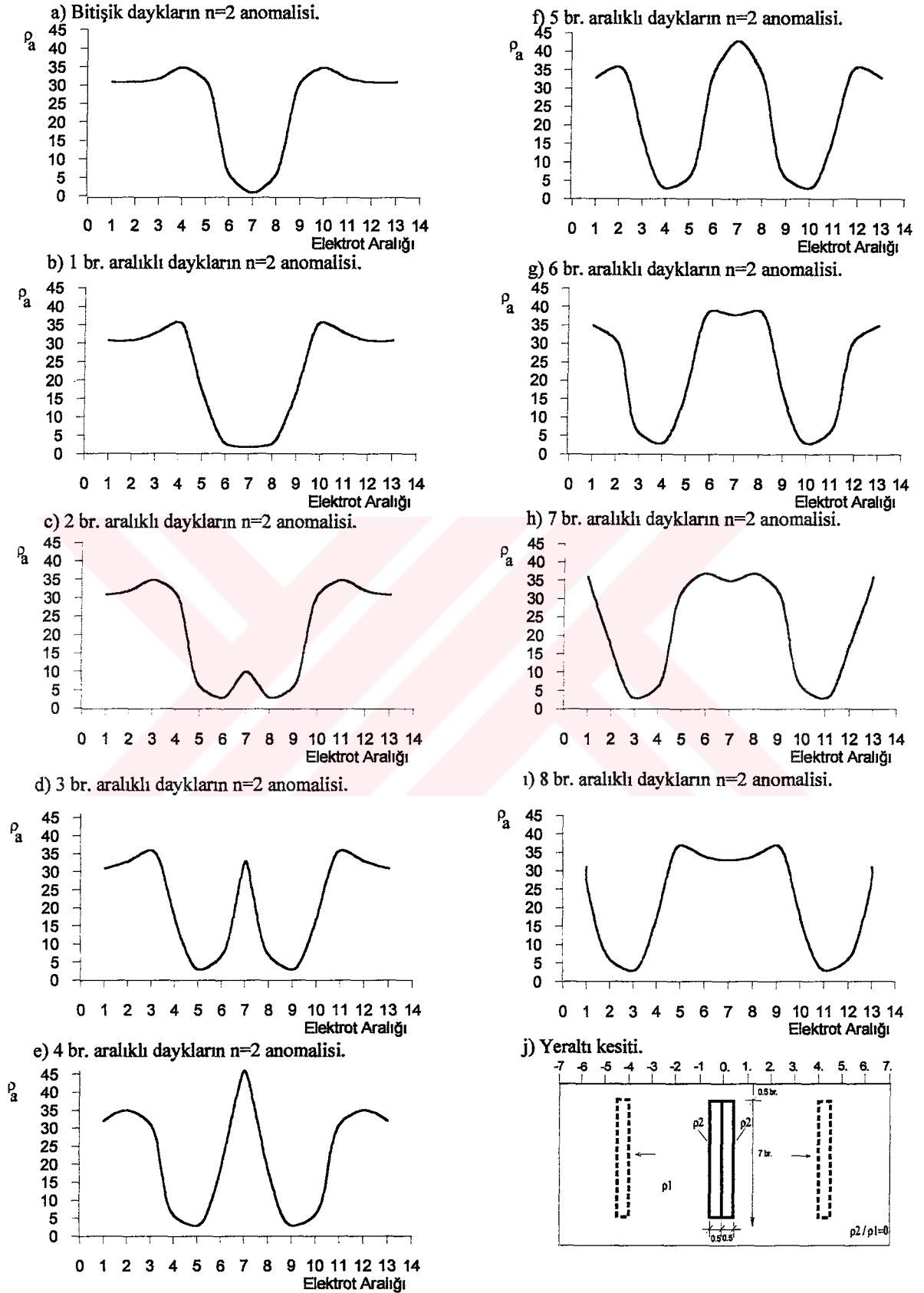


Şekil 76. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli, biri iletken biri yalıtıkan daykların GRADYENT dizilimiyle alınan andıran-kesitleri.

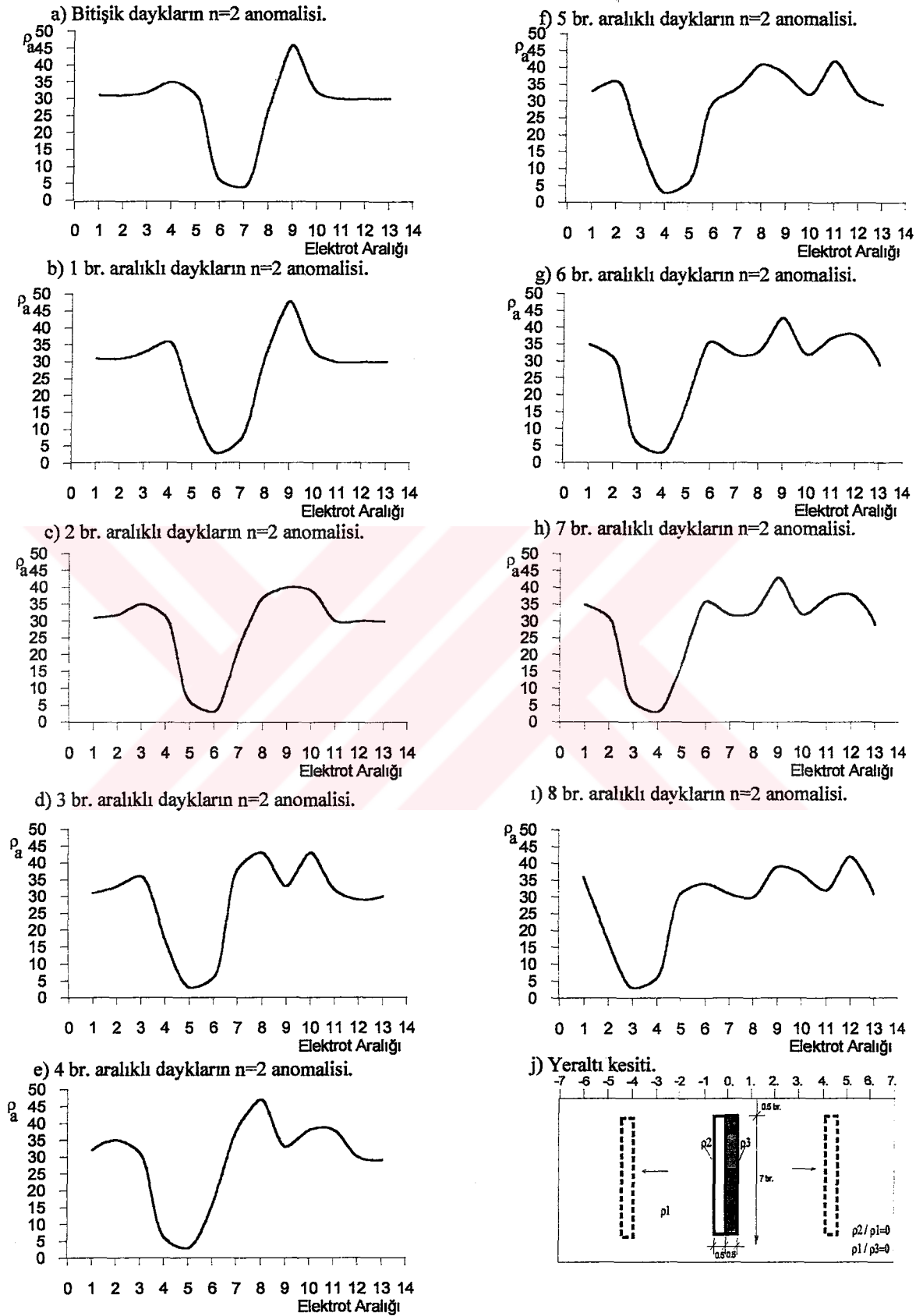
## 2.7. Sayısal Modelleme Yöntemiyle Elde Edilen $n=2$ Anomalileri



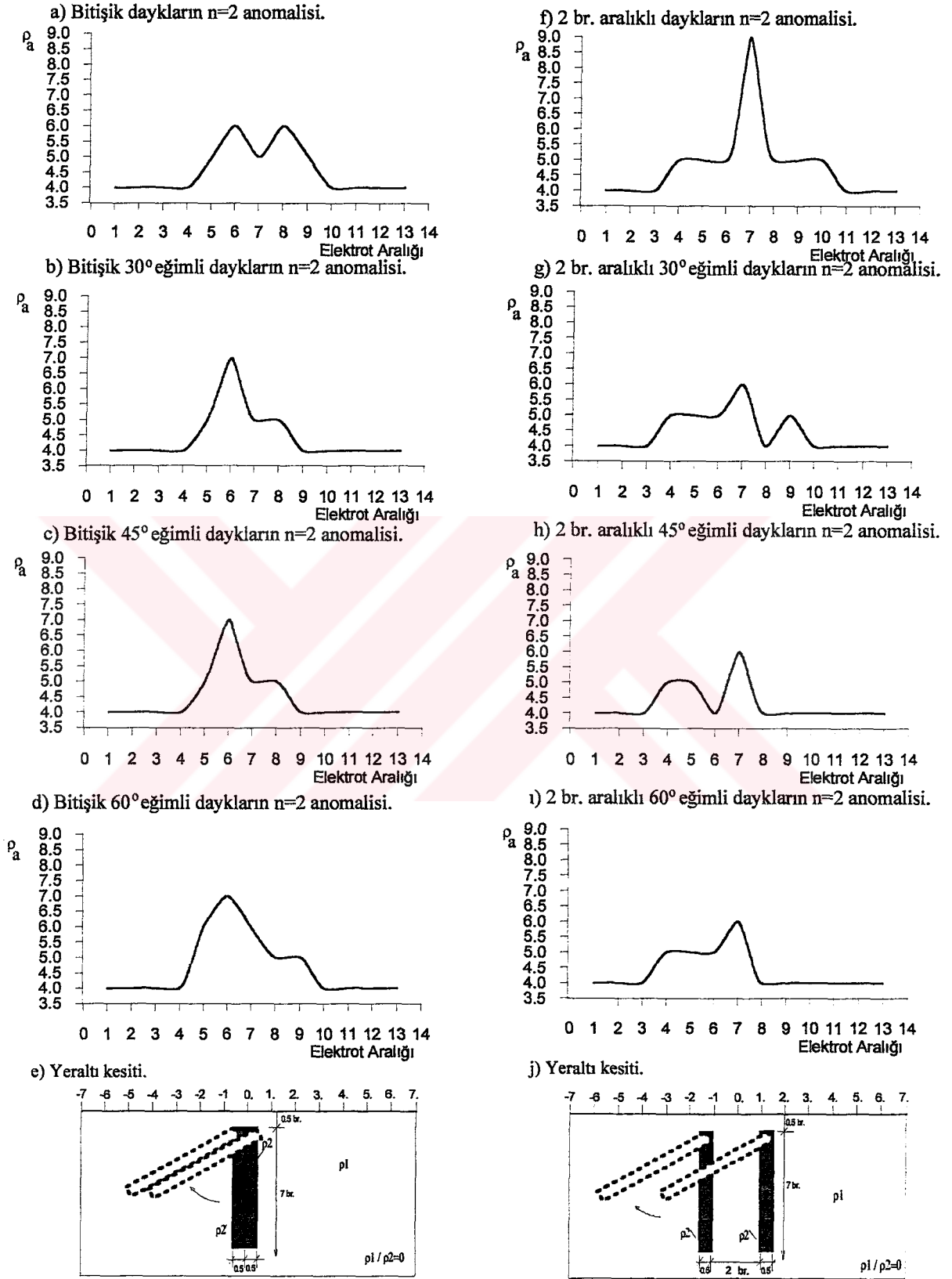
Şekil 77. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan yahtkan iki düşey daykın  $n=2$  anomalileri.



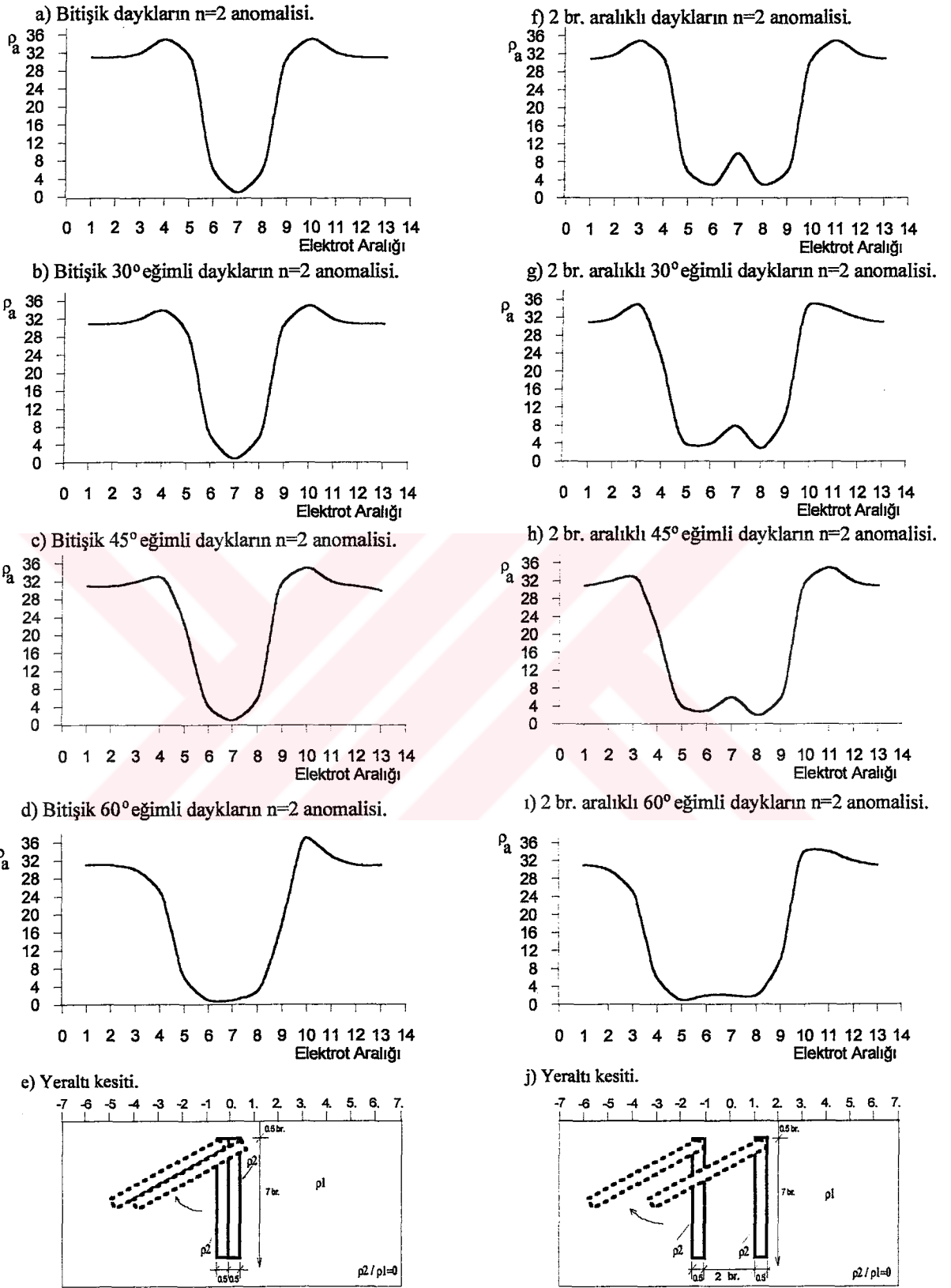
Şekil 78. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılan alınan iletken iki düşey daykın  $n=2$  anomalileri.



Şekil 79. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan biri iletken diğeri yalıtkan iki düşey daykın  $n=2$  anomalileri.

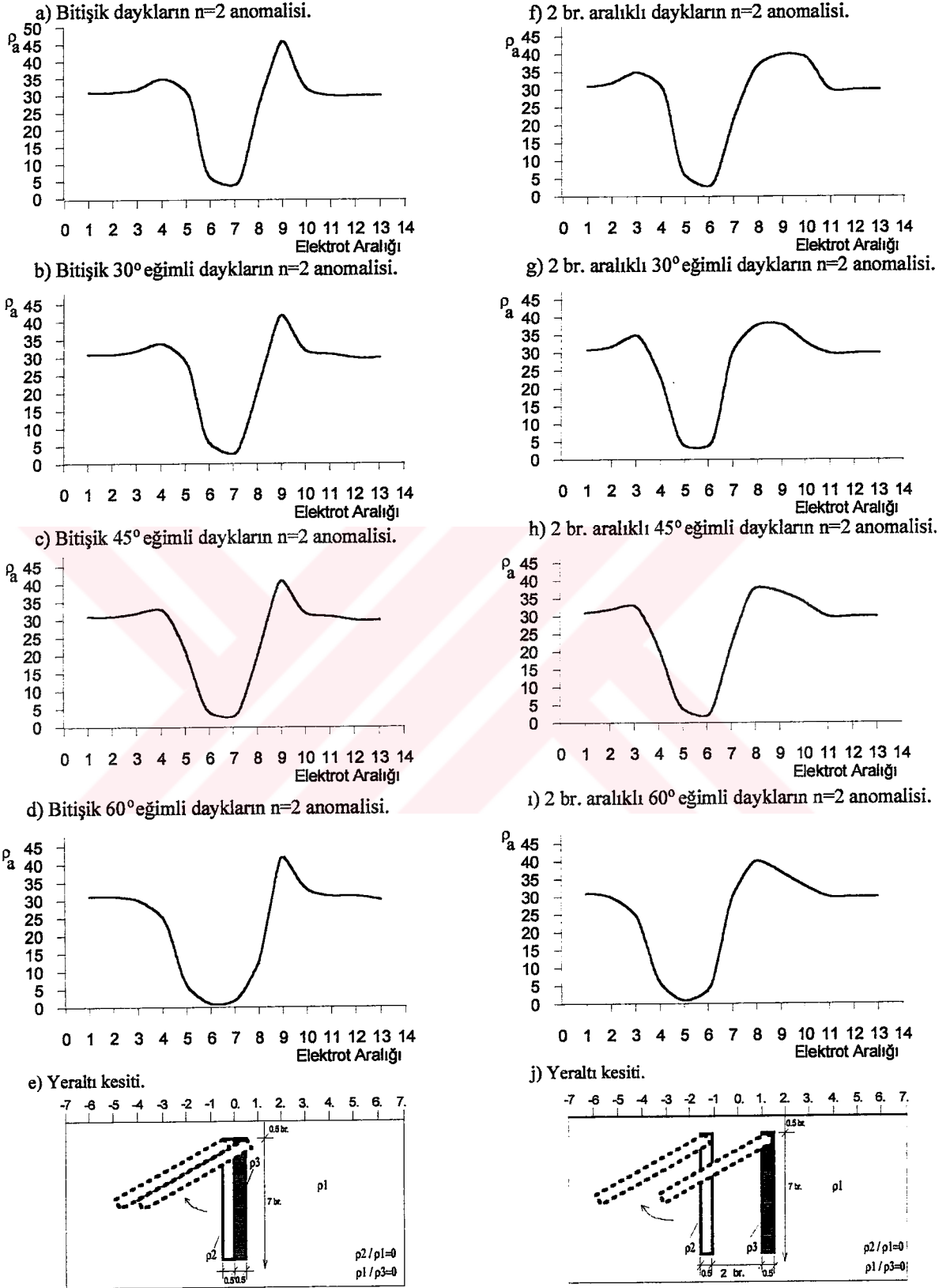


Şekil 80. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılan bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların  $n=2$  anomalileri.

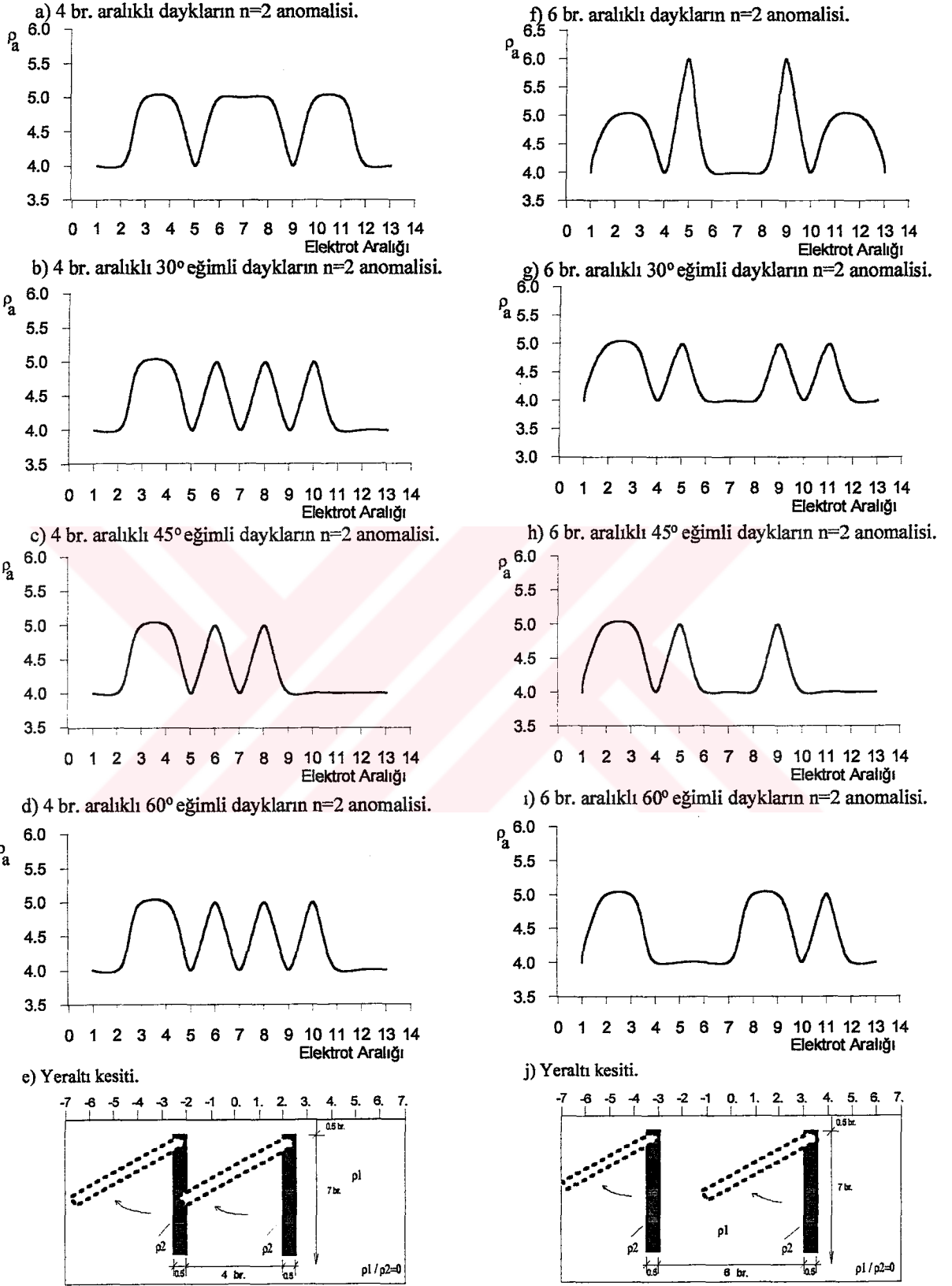


Şekil 81. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların  $n=2$  anomalileri.

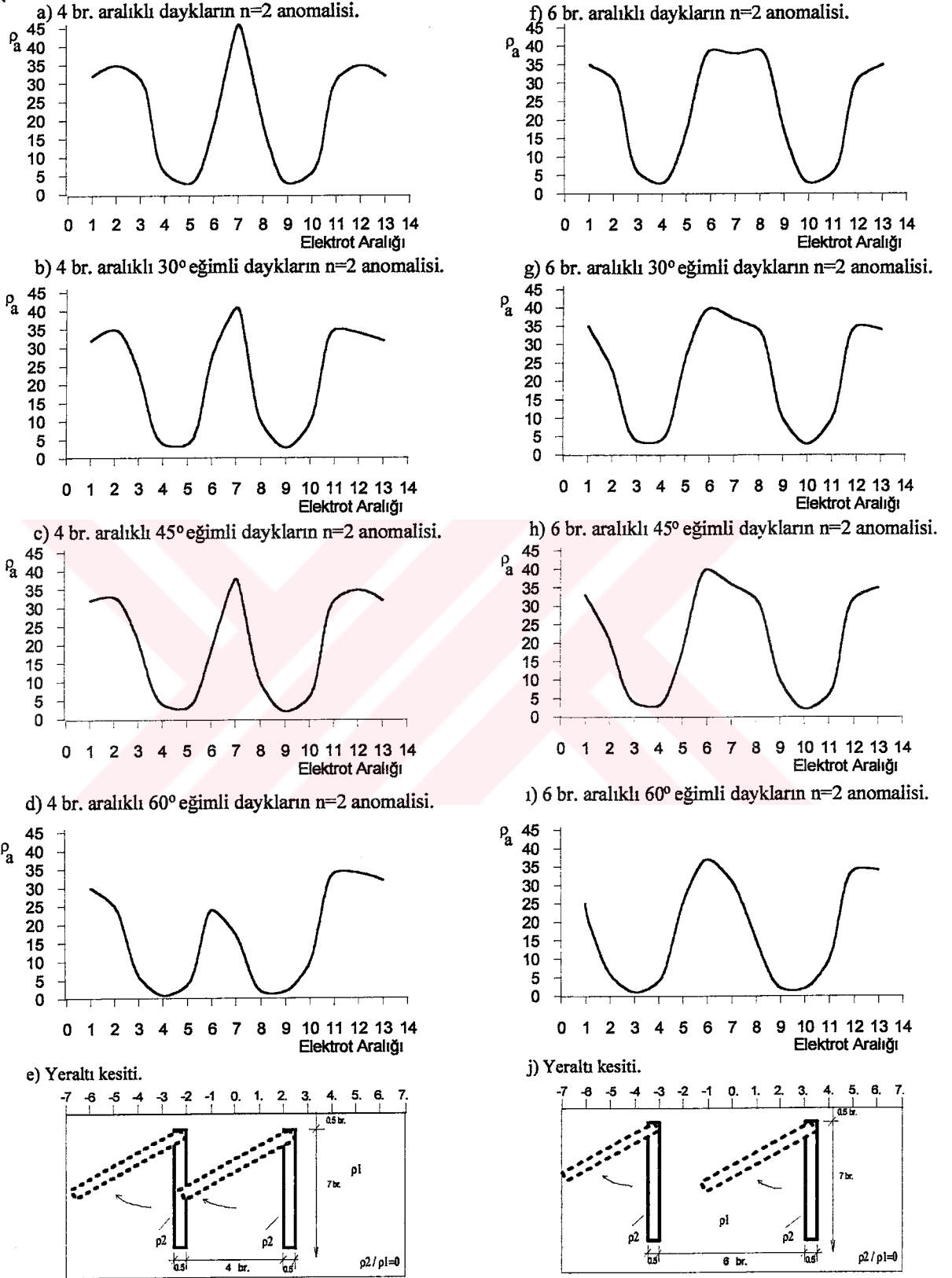




Şekil 82. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılan bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli, biri iletken diğeri yalıtkan daykların  $n=2$  anomalileri.



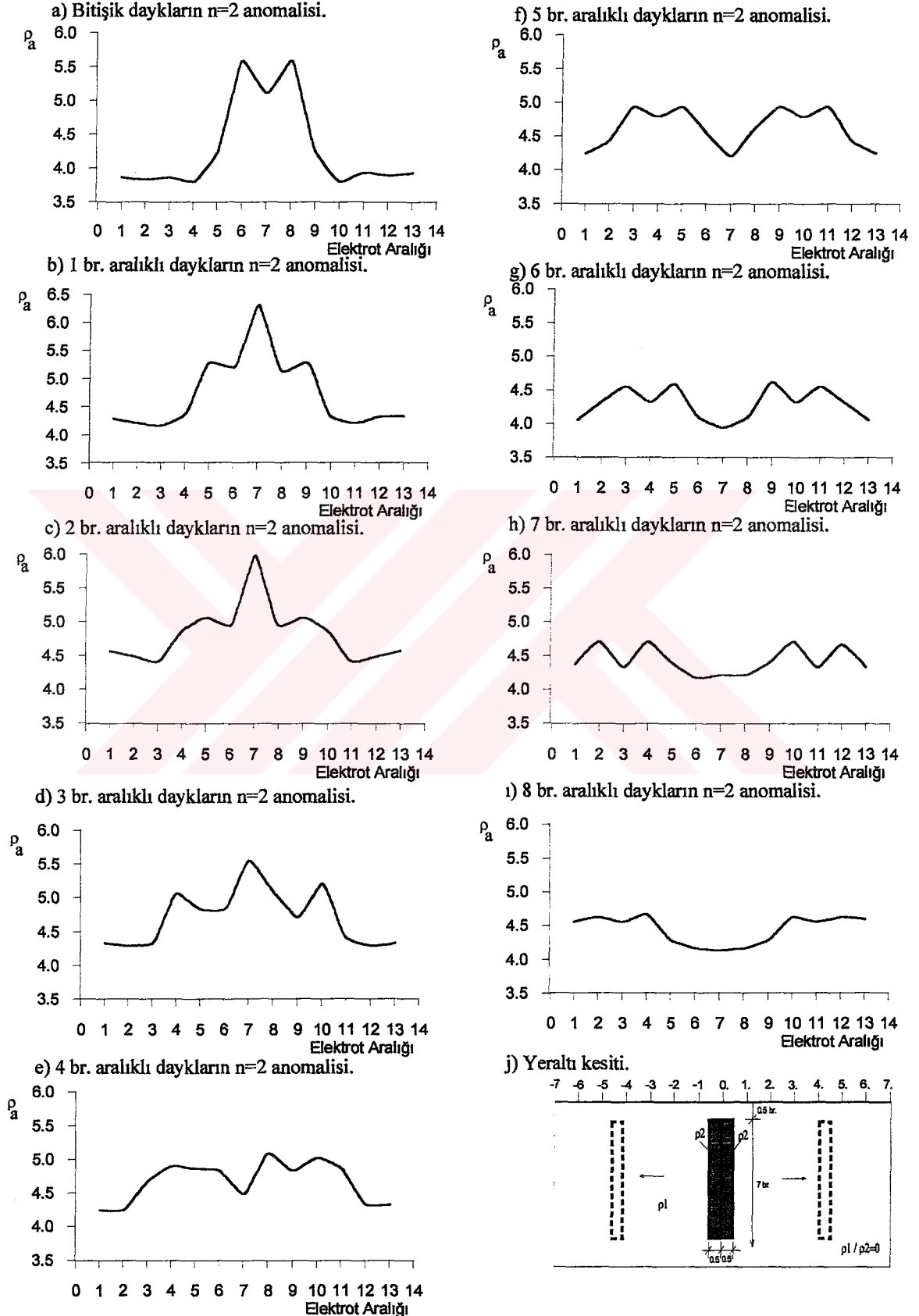
Şekil 83. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların  $n=2$  anomalileri.



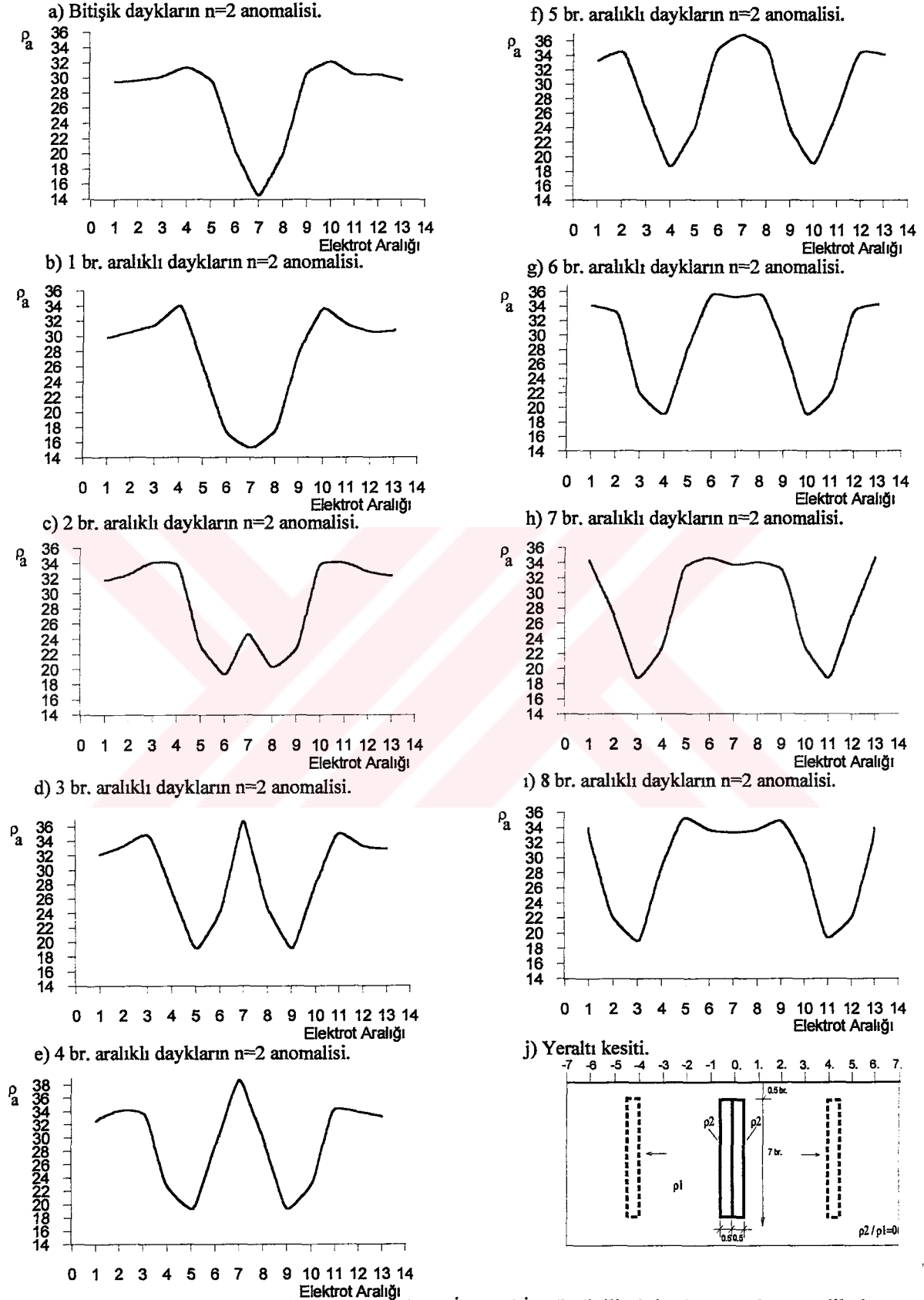
Şekil 84. SEY ile DİPOL-DİPOL dizilimi kullanılarak alınan, 4 br ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların  $n=2$  anomalileri.



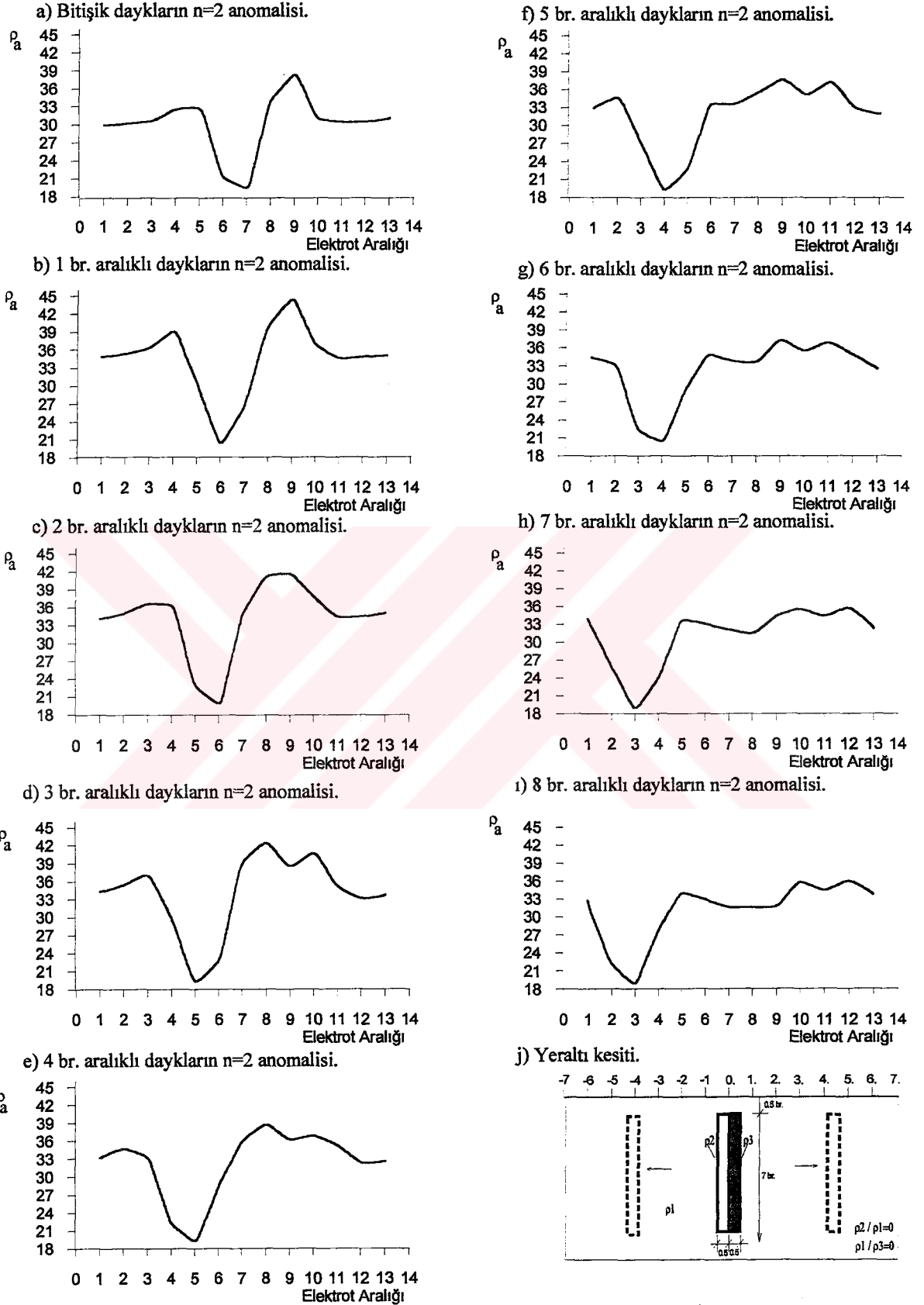
## 2.8. Analog Modelleme Yöntemiyle Elde Edilen $n=2$ Anomalileri.

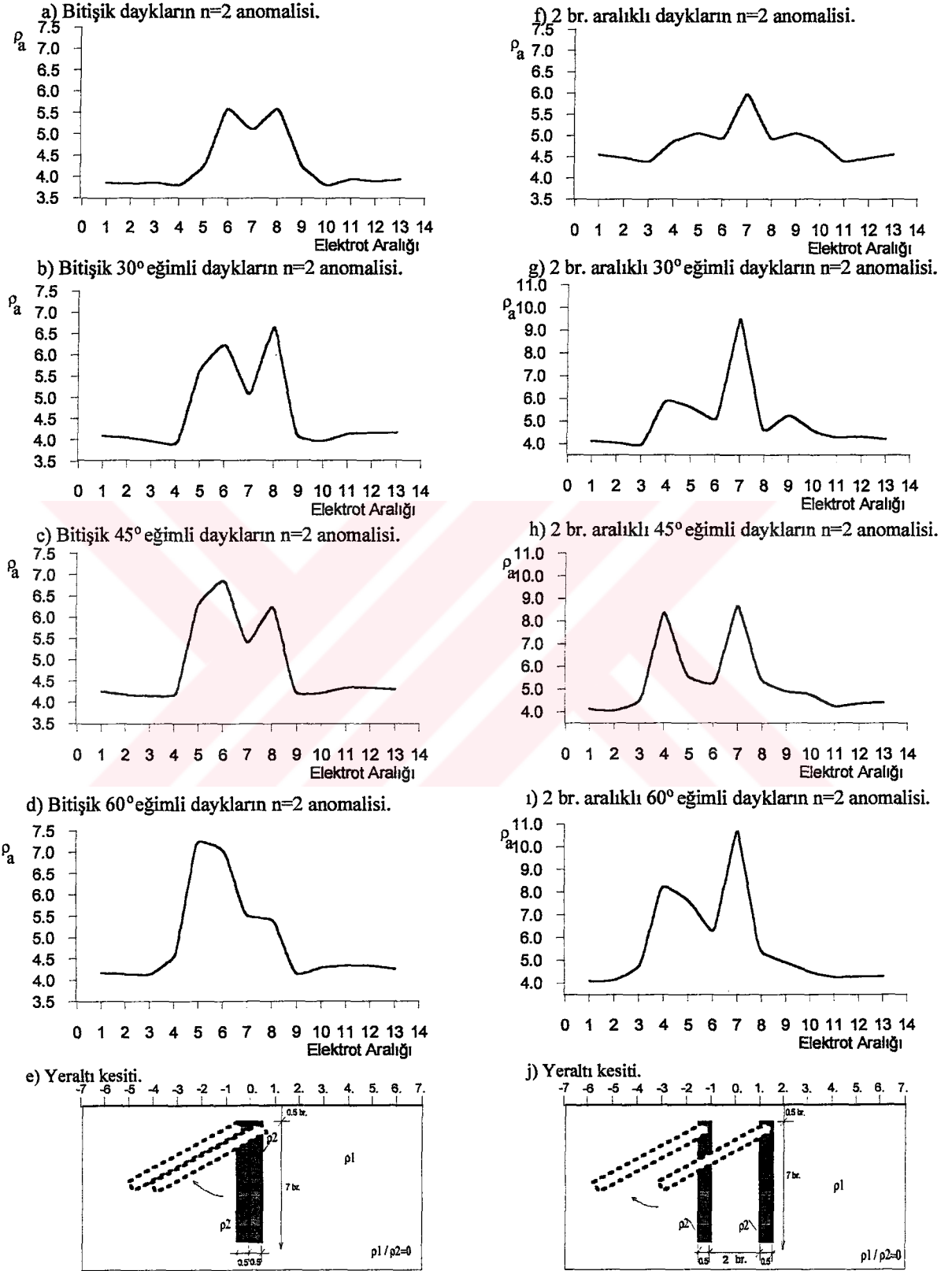


Şekil 86. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



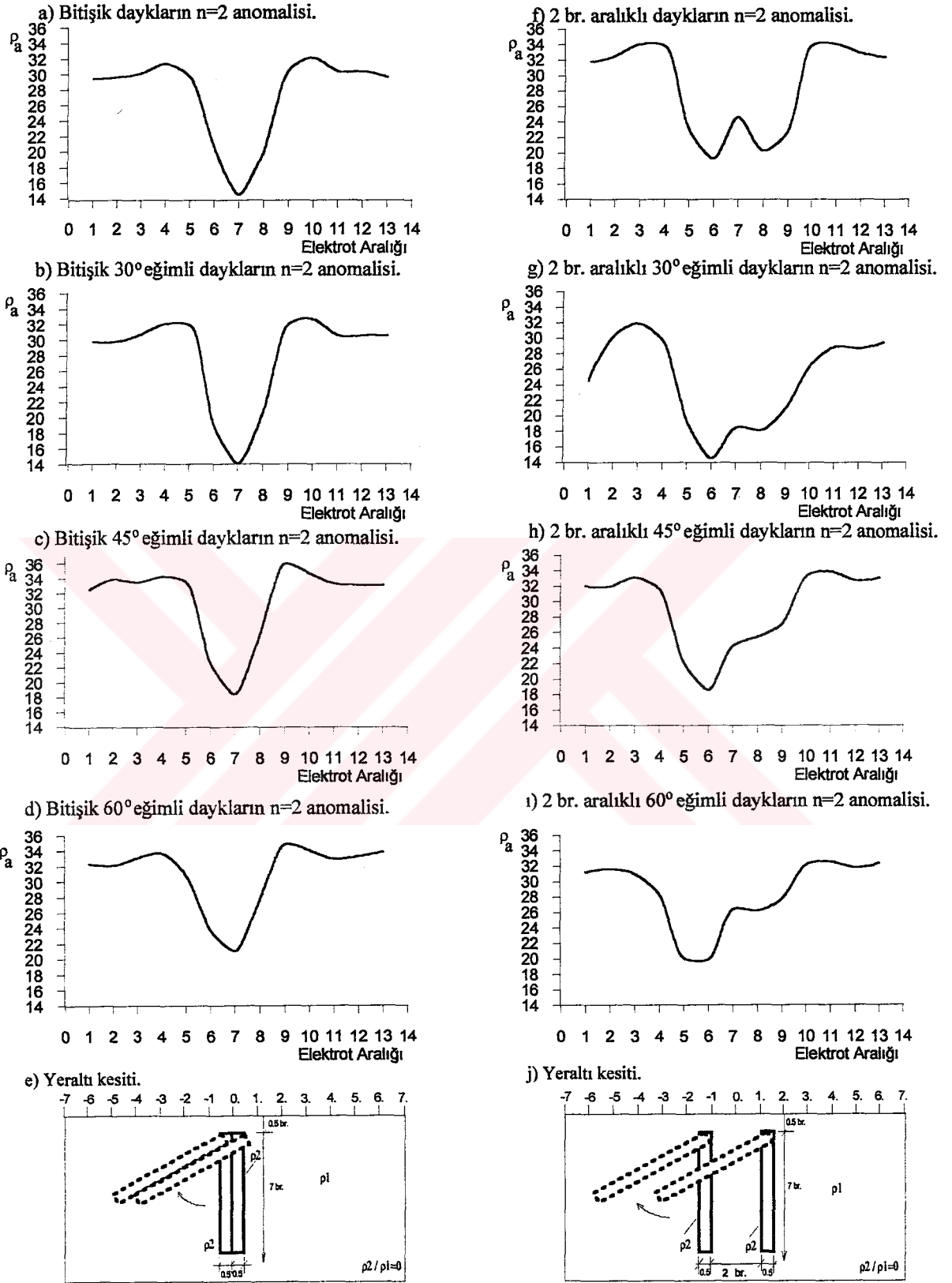
Şekil 87. Analog tankta, iletken iki düşey daykın DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



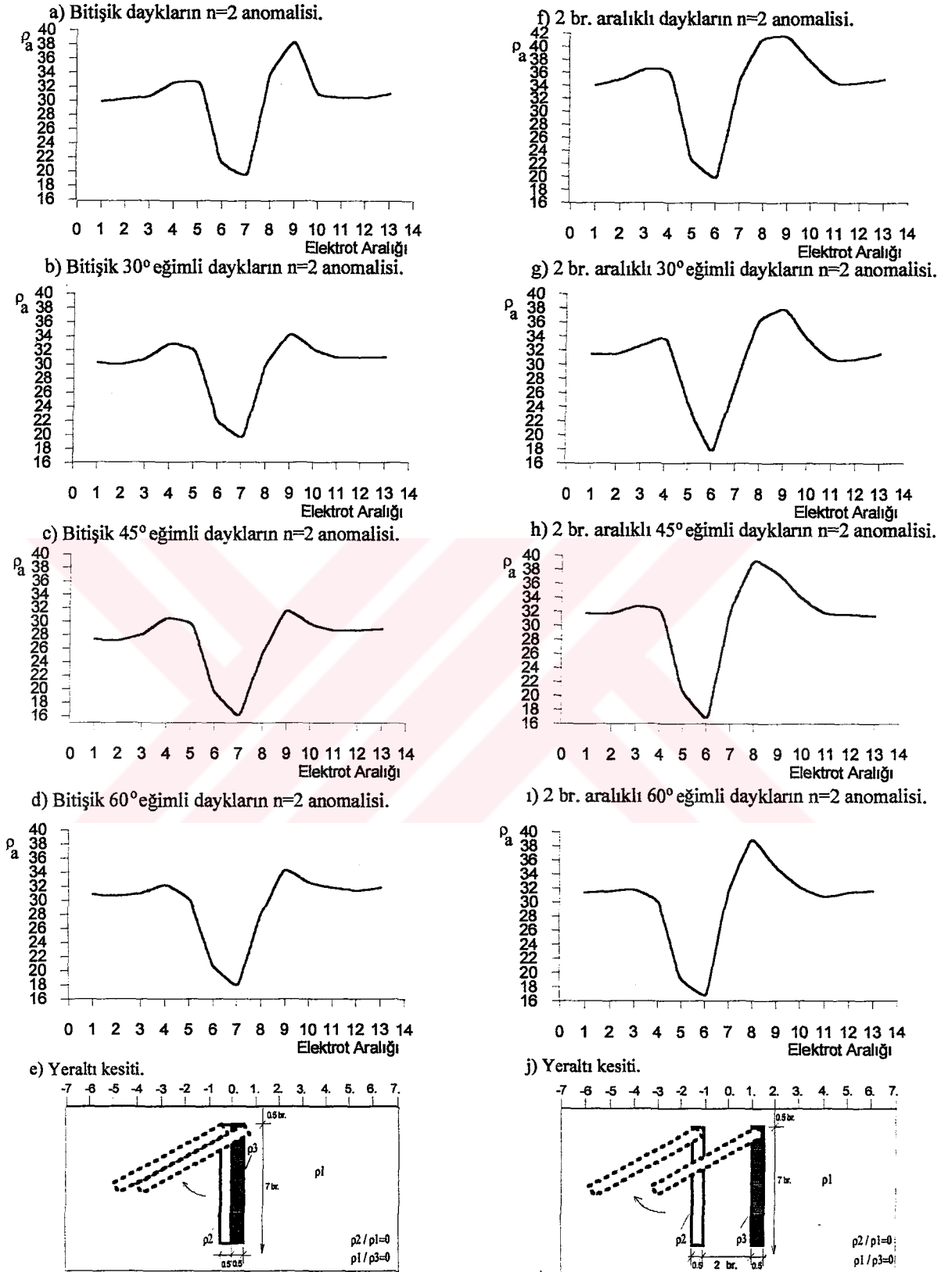


Şekil 89. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

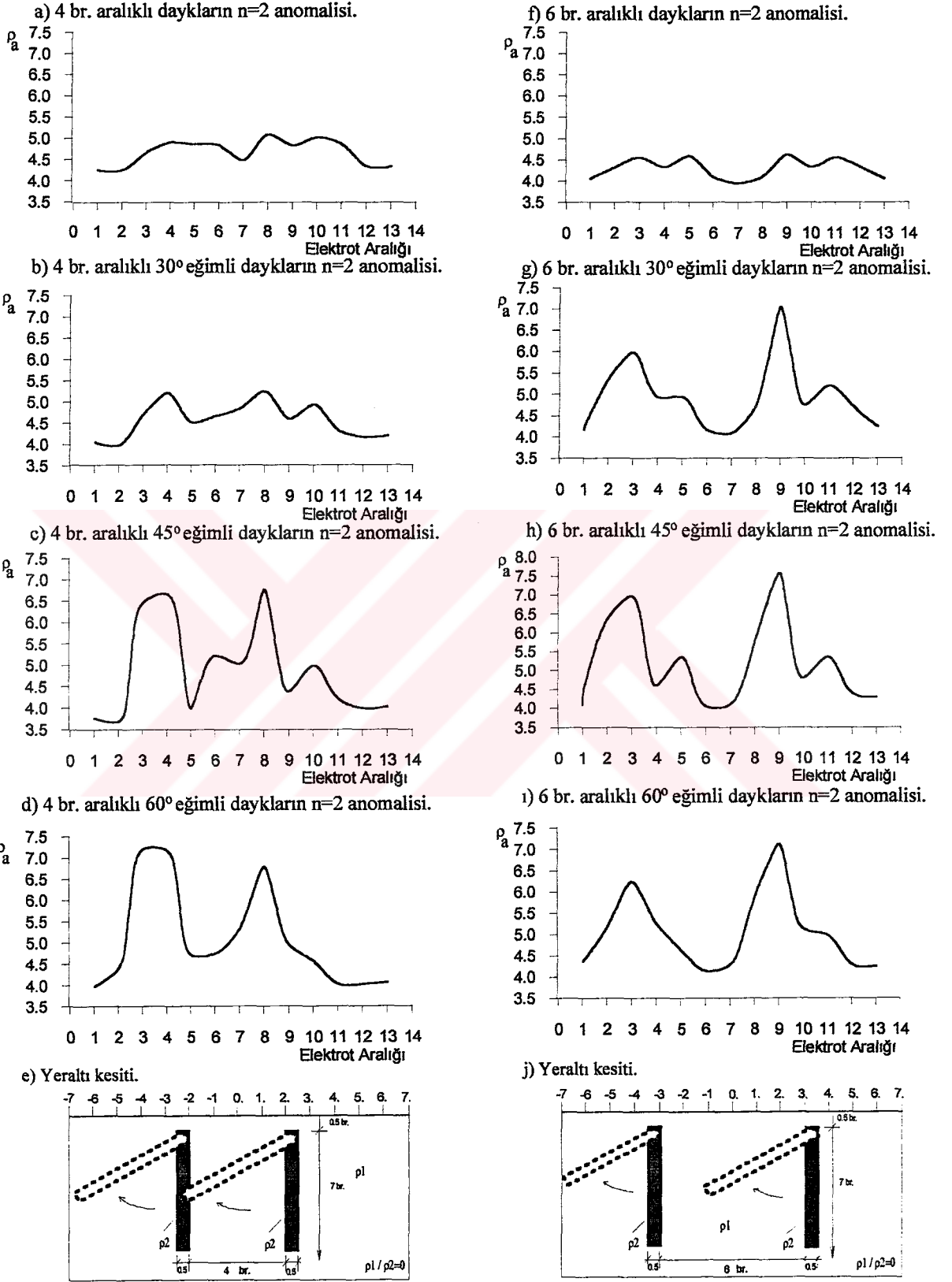




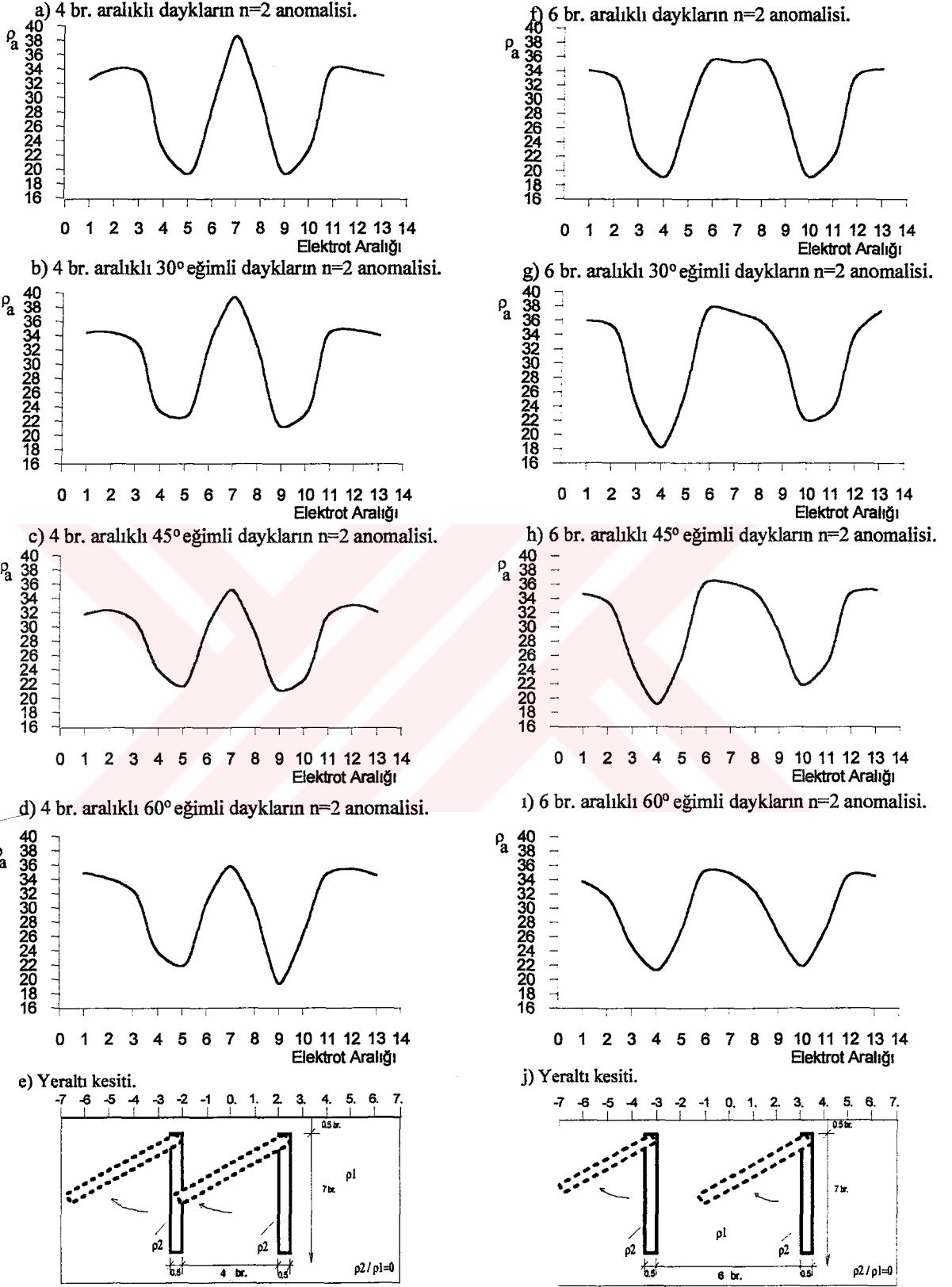
Şekil 90. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



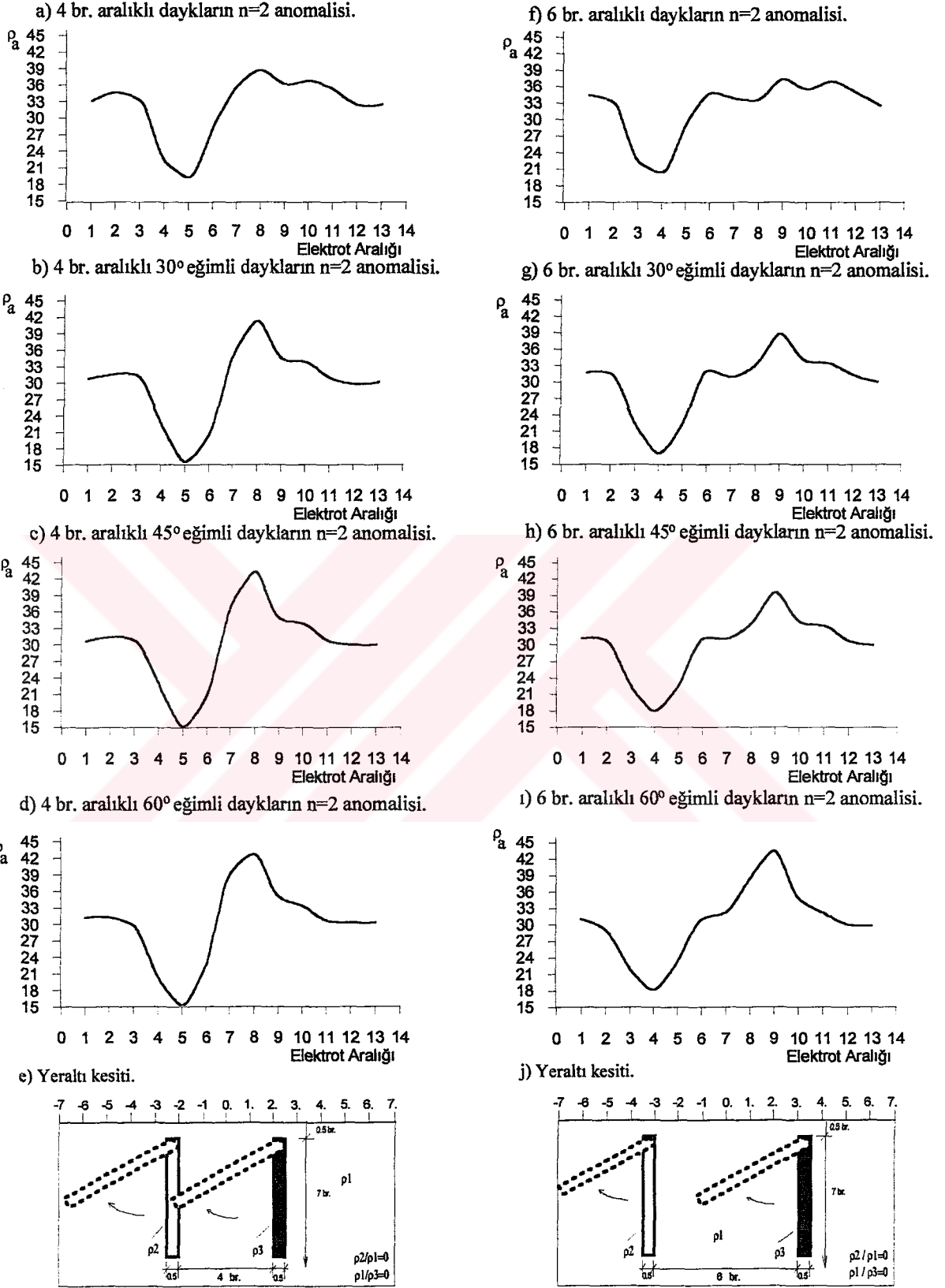
Şekil 91. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken diğeri yalıtkan daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



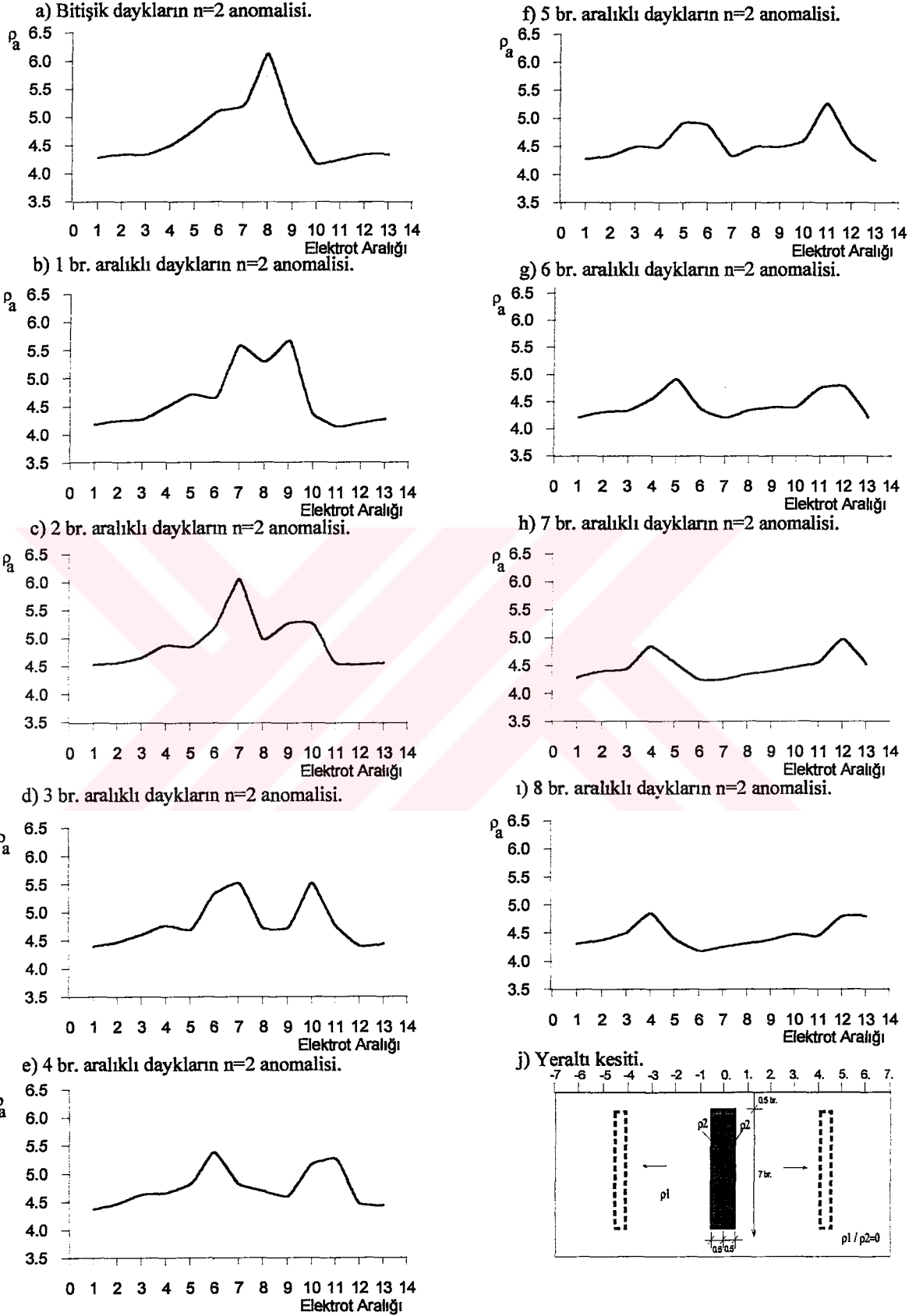
Şekil 92. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



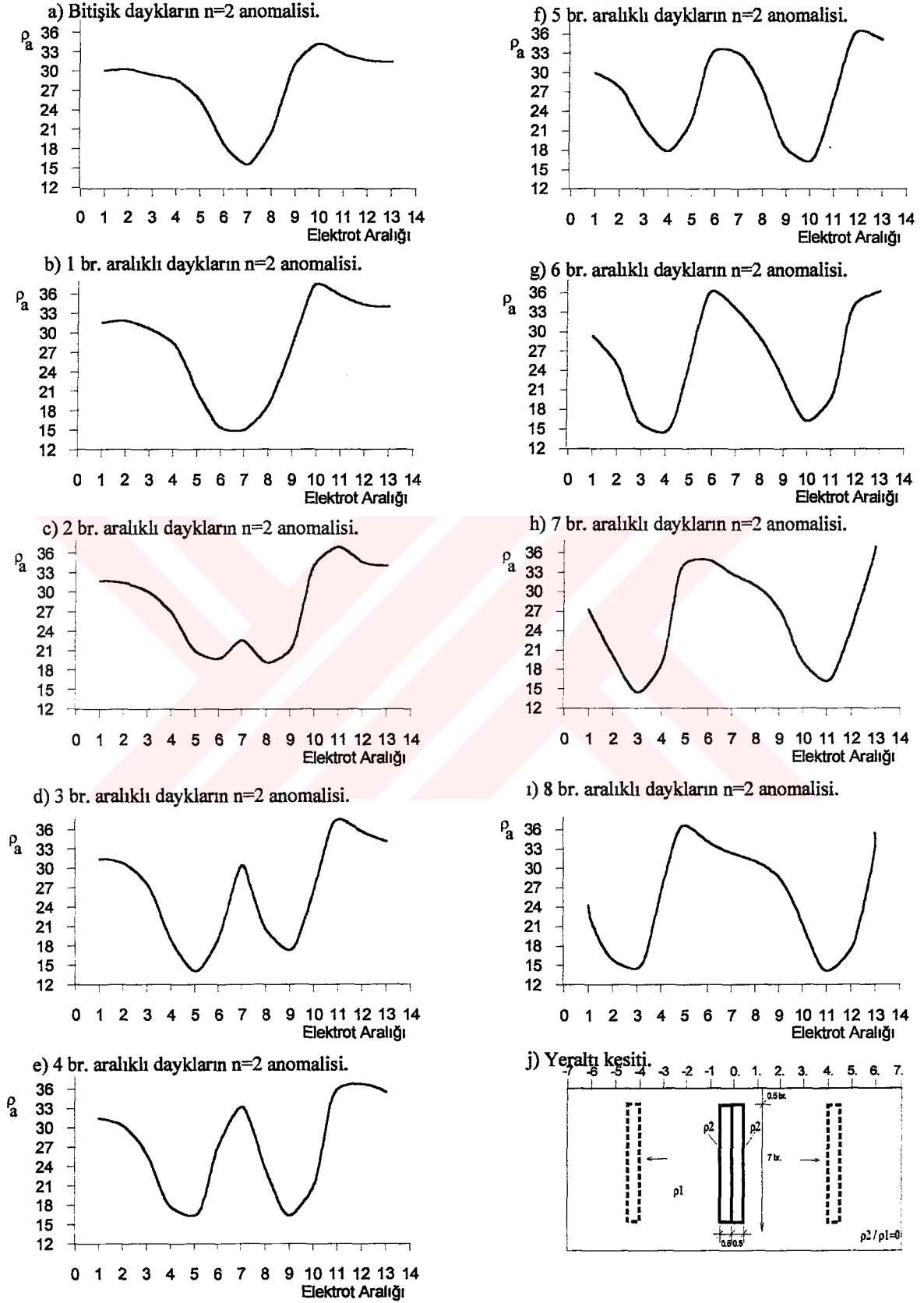
Şekil 93. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



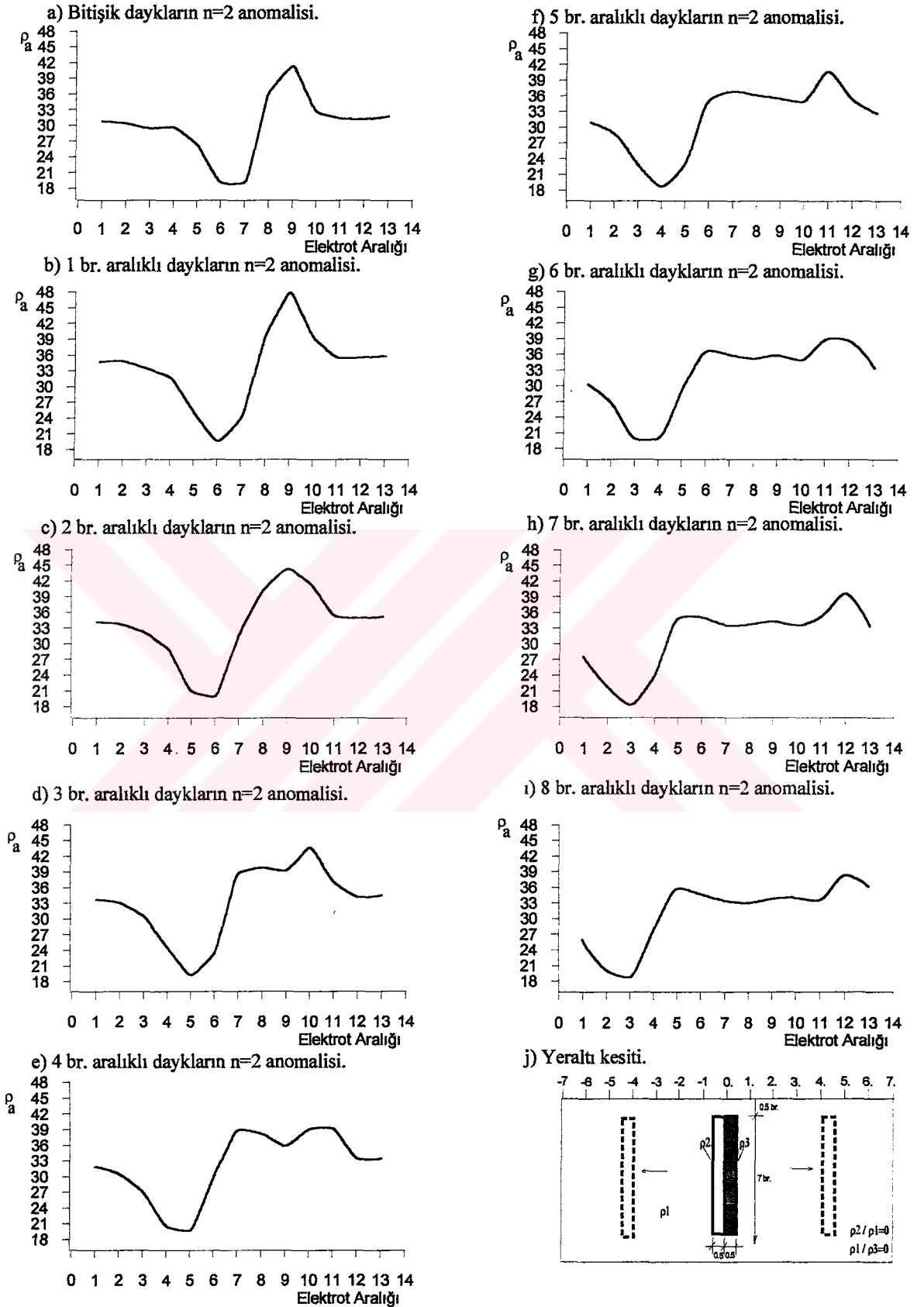
Şekil 94. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken diğeri yalıtkan daykların DİPOL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



Şekil 95. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın POL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

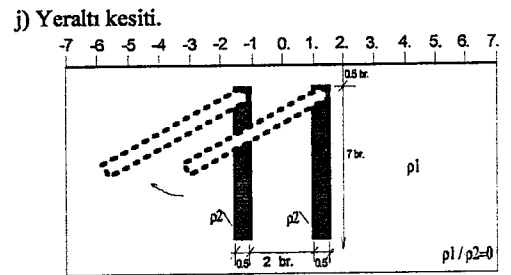
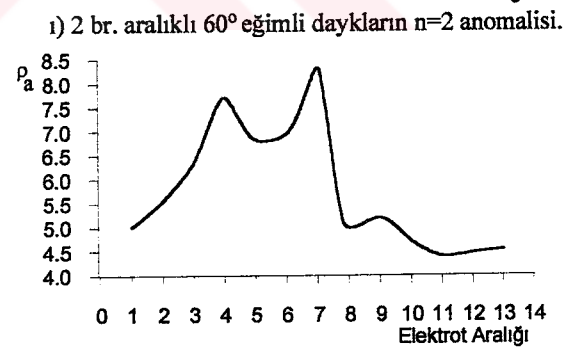
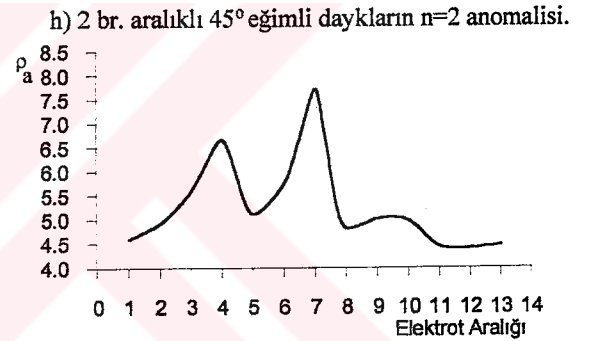
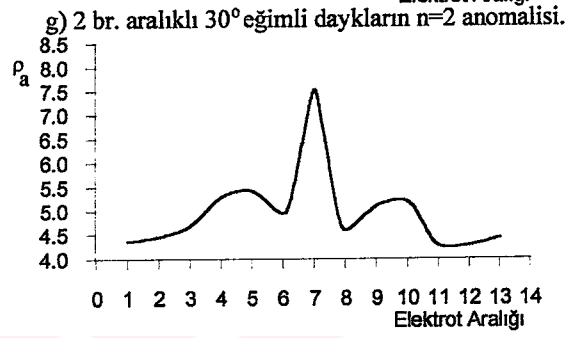
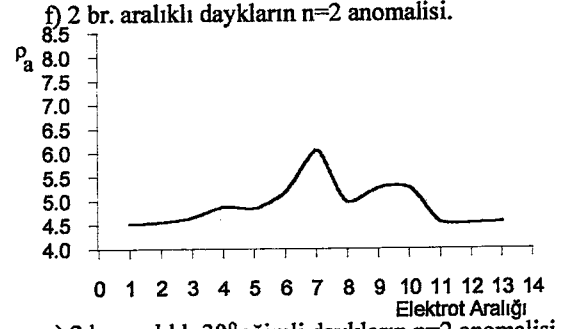
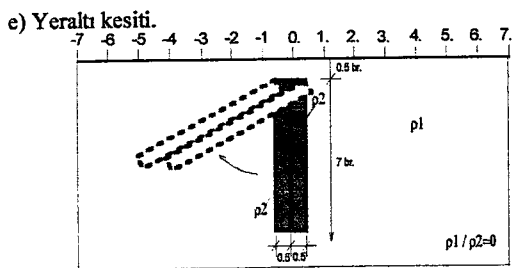
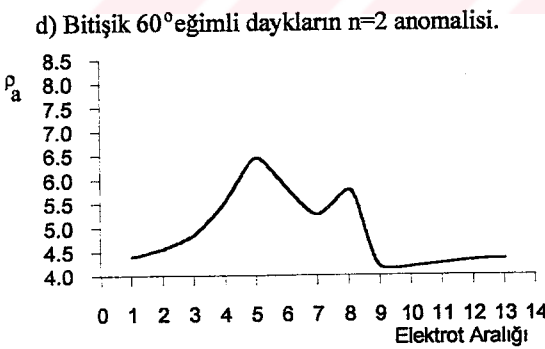
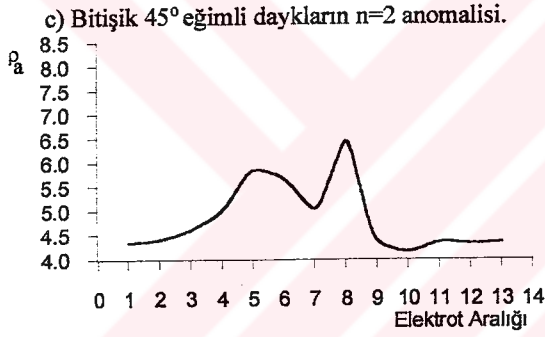
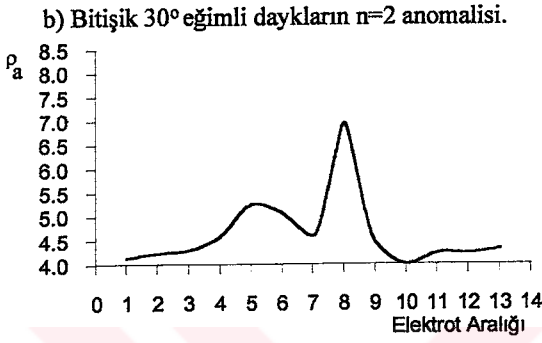
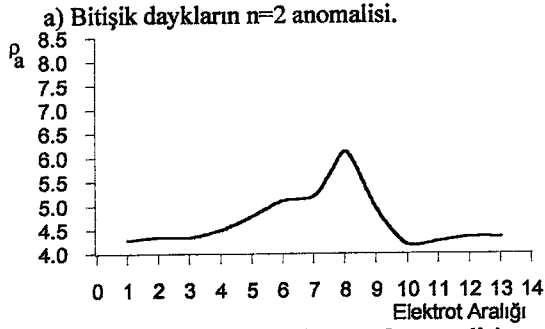


Şekil 96. Analog tankta, iletken iki düşey daykın POL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

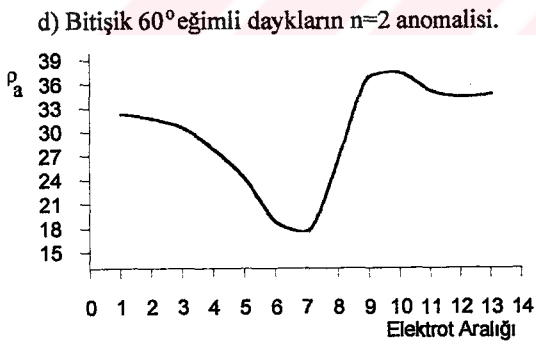
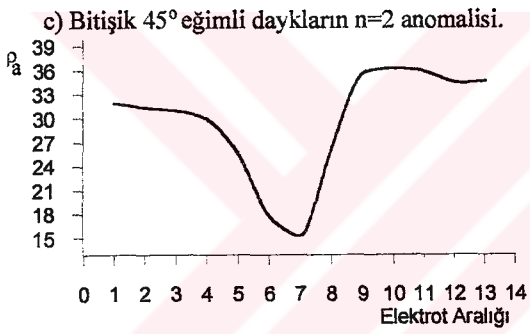
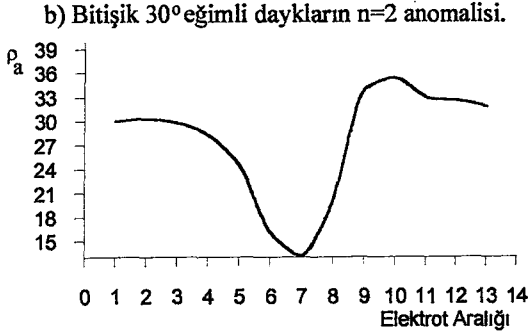
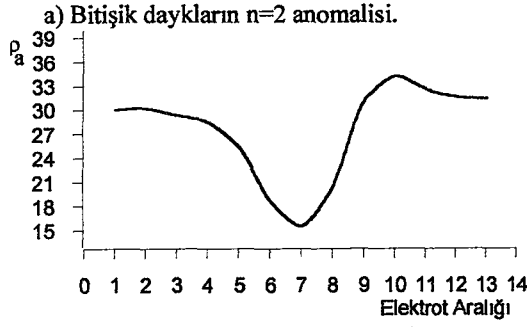


Şekil 97. Analog tankta, biri iletken diğeri yalıtkan iki düşey daykın POL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

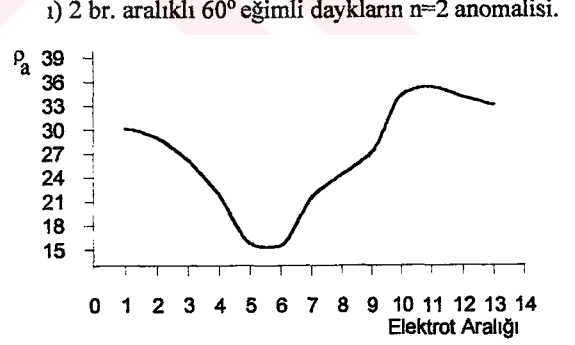
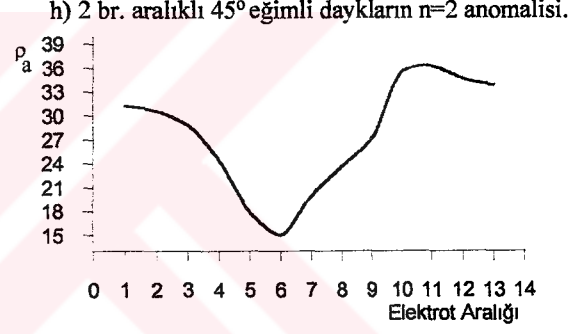
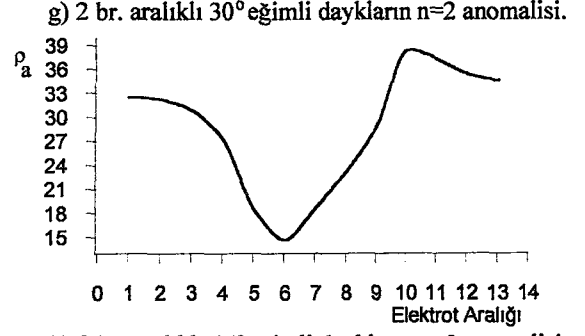
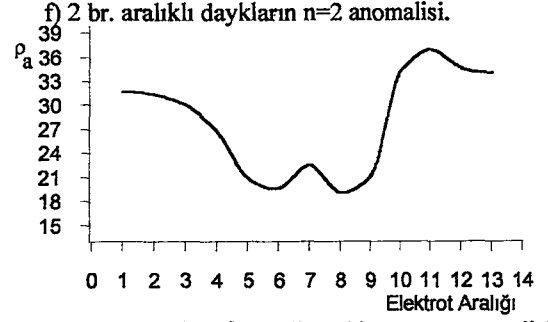
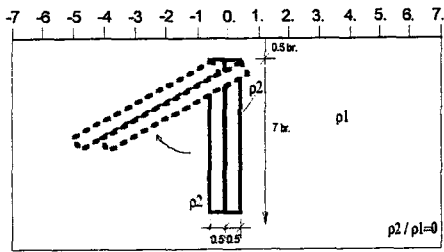




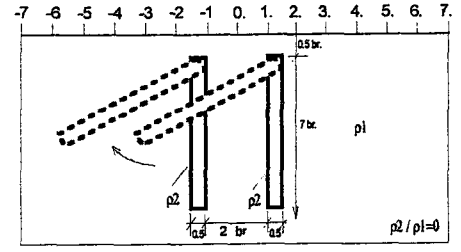
Şekil 98. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların POL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



e) Yeraltı kesiti.

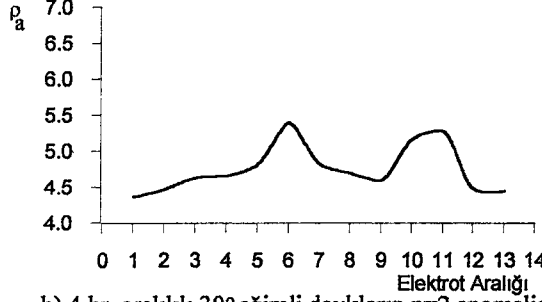
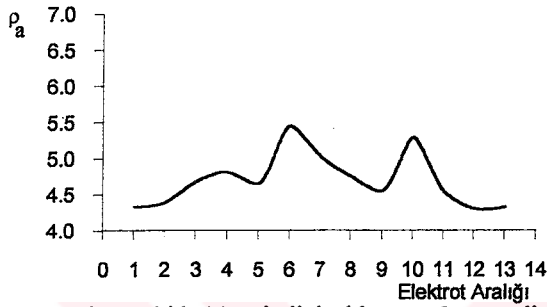
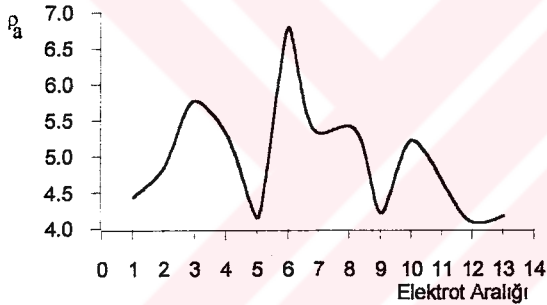
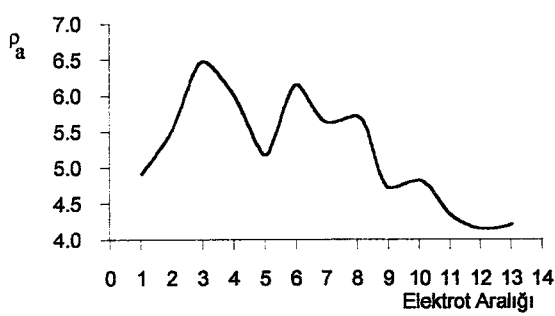


j) Yeraltı kesiti.

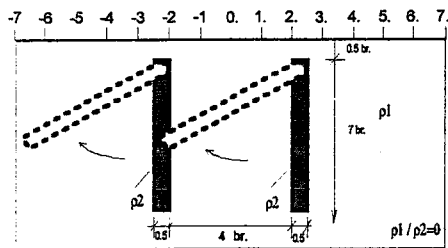
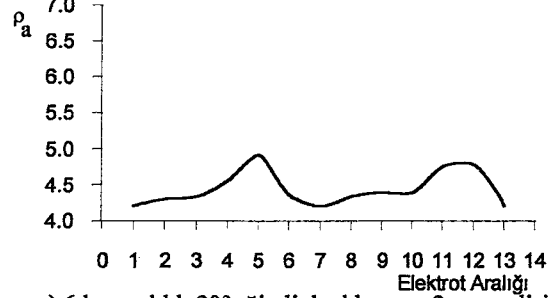
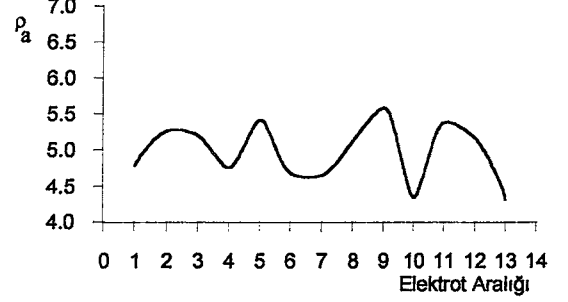
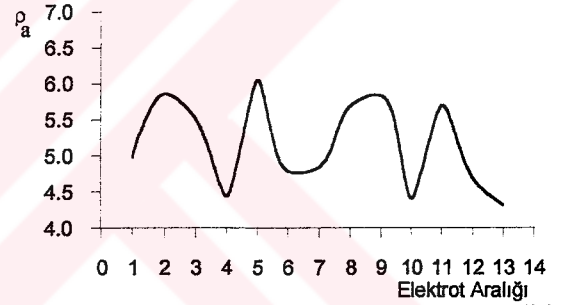
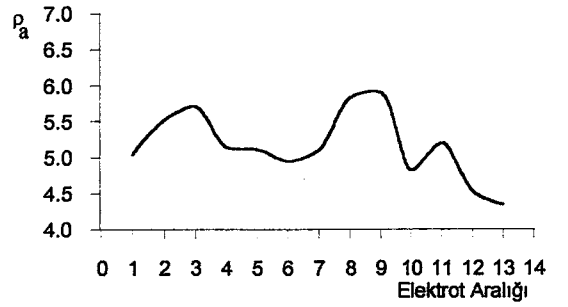


Şekil 99. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların POL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

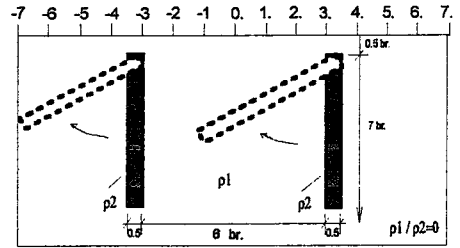


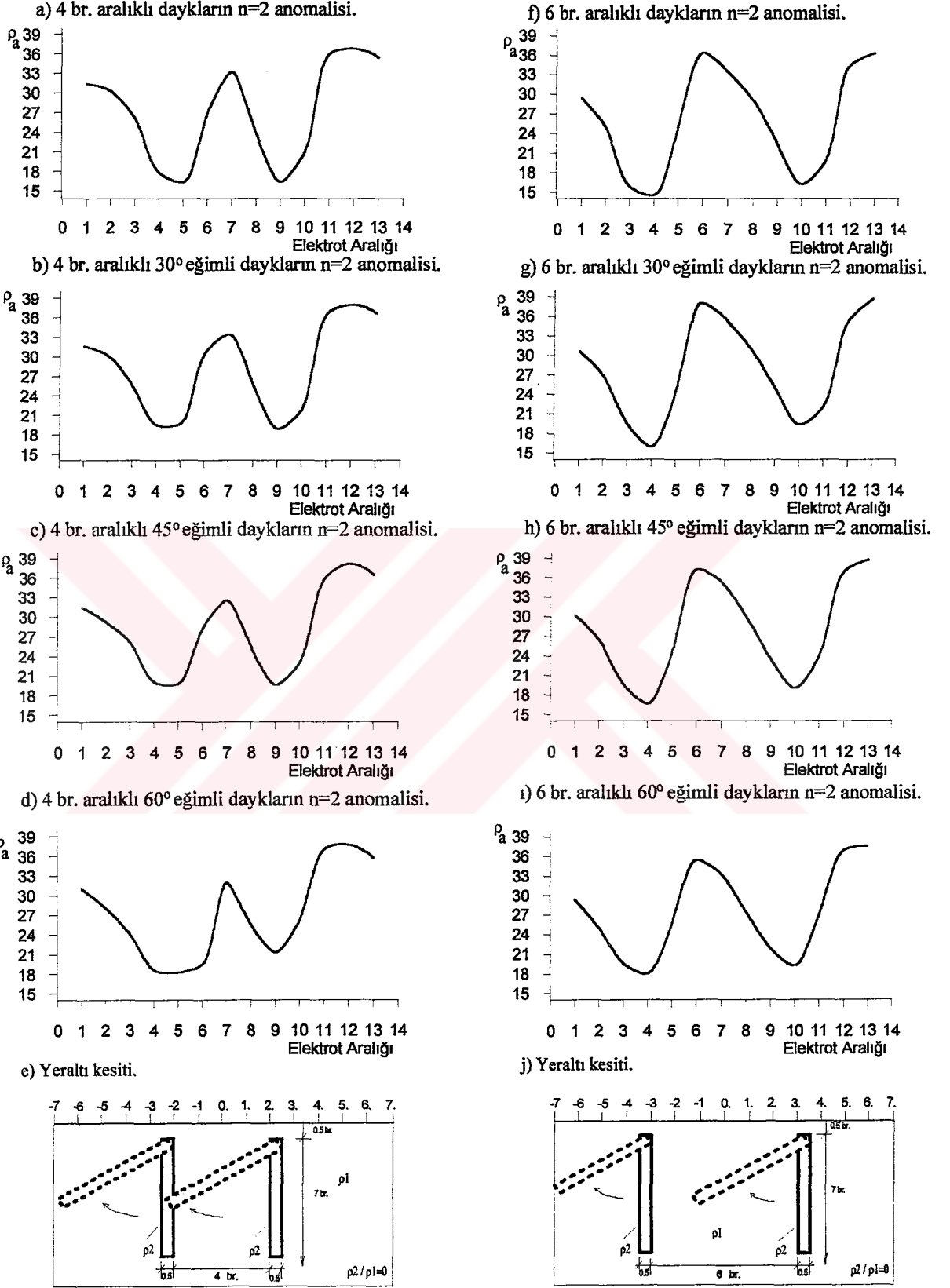
a) 4 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.b) 4 br. aralıklı 30° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.c) 4 br. aralıklı 45° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.d) 4 br. aralıklı 60° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.

e) Yeraltı kesiti.

f) 6 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.g) 6 br. aralıklı 30° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.h) 6 br. aralıklı 45° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.ı) 6 br. aralıklı 60° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.

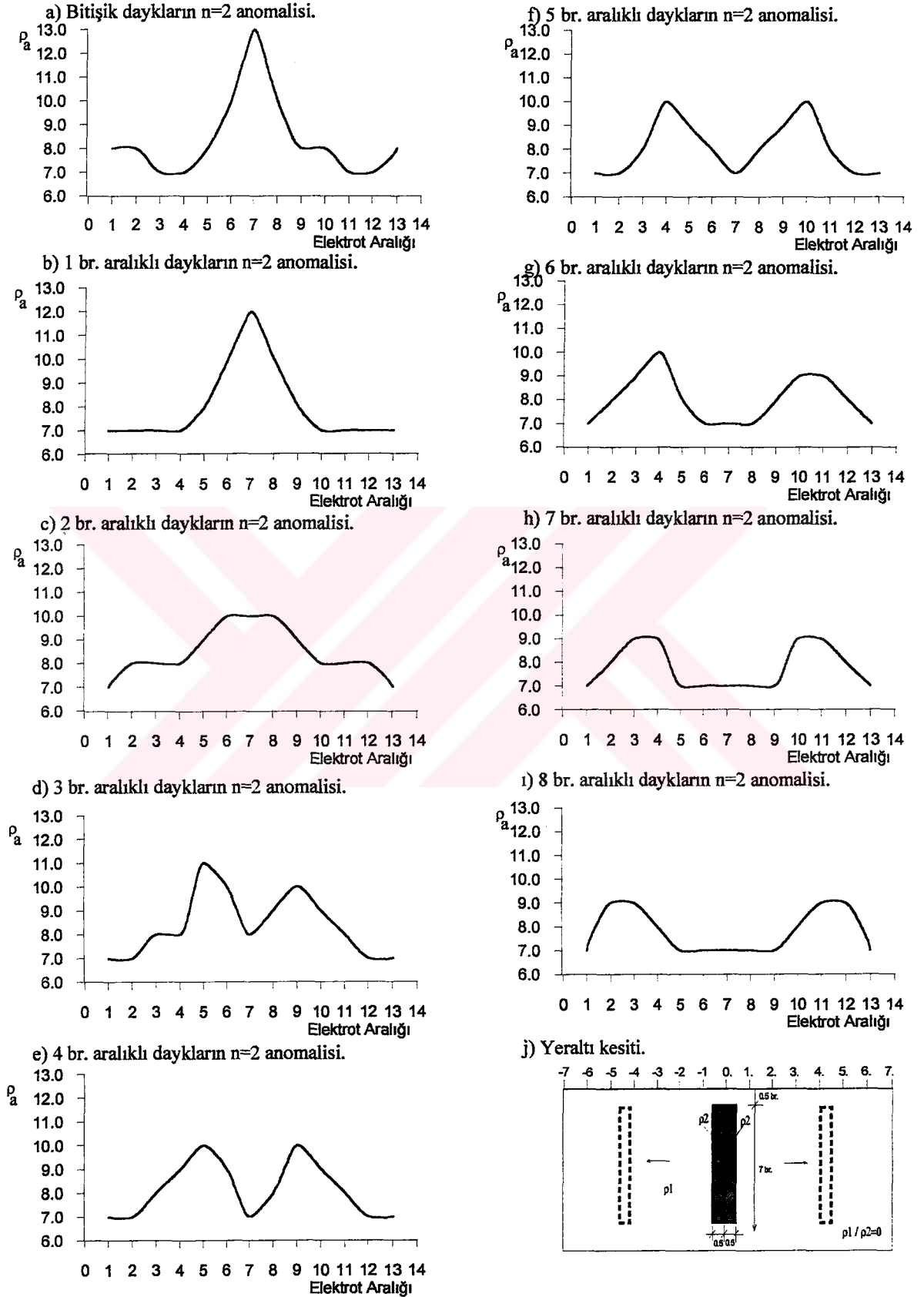
j) Yeraltı kesiti.

Şekil 101. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların POL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

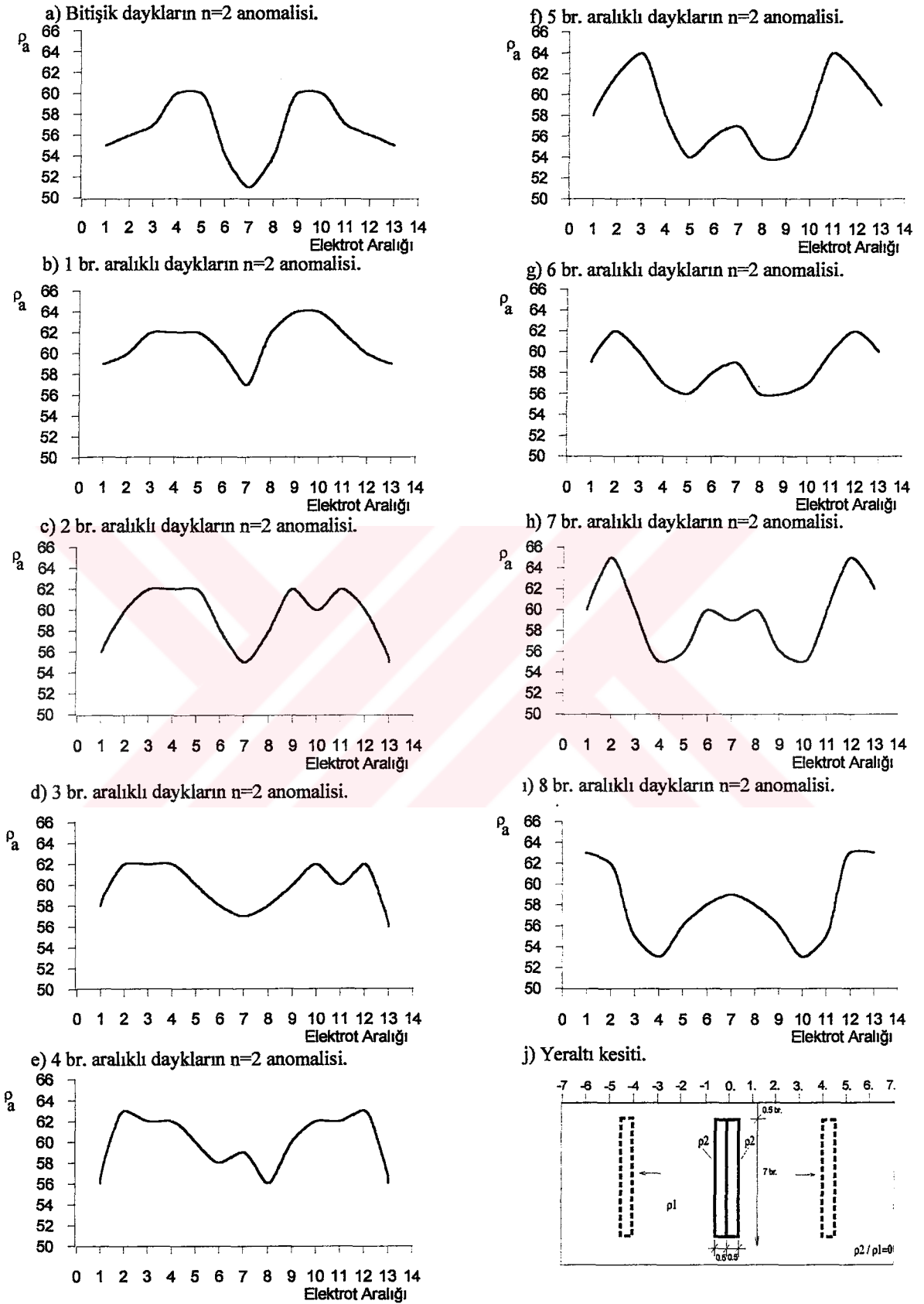


Şekil 102. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların POL-DİPOL dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



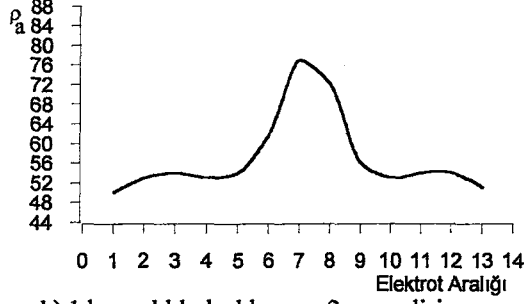
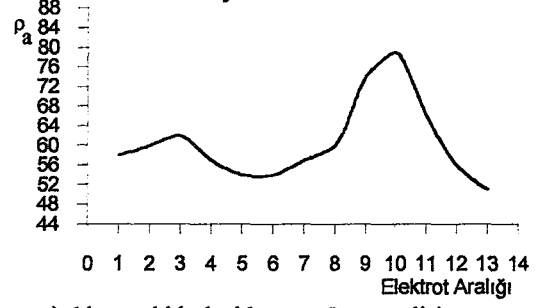
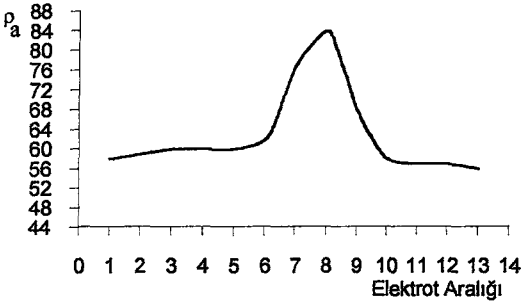
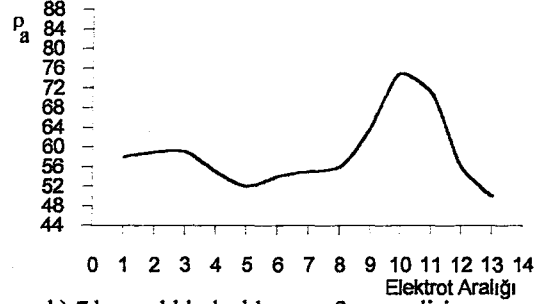
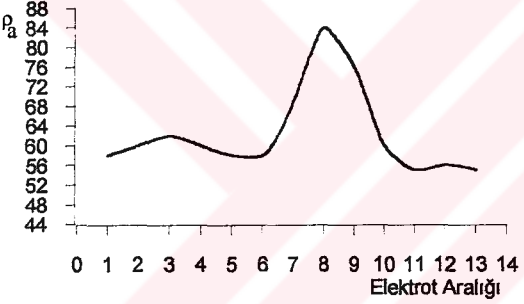
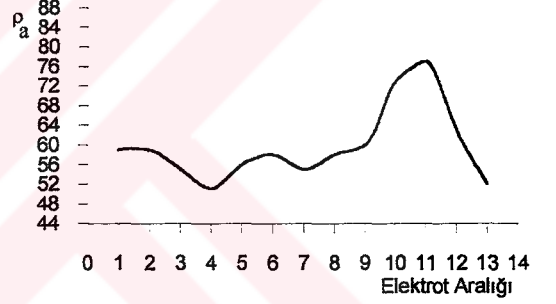
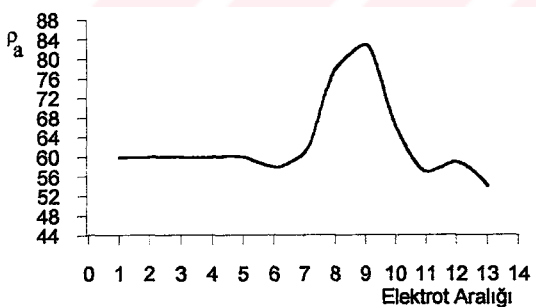
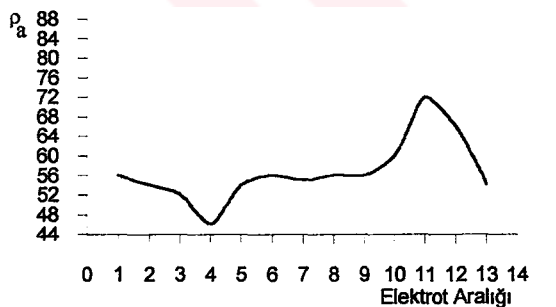
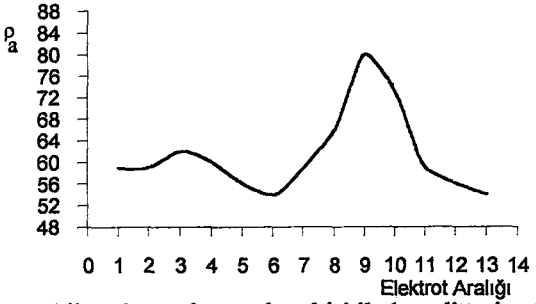


Şekil 104. Analog tankta, yalıtkan iki düşey daykın GRADYENT dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

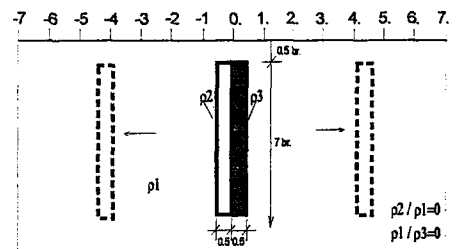


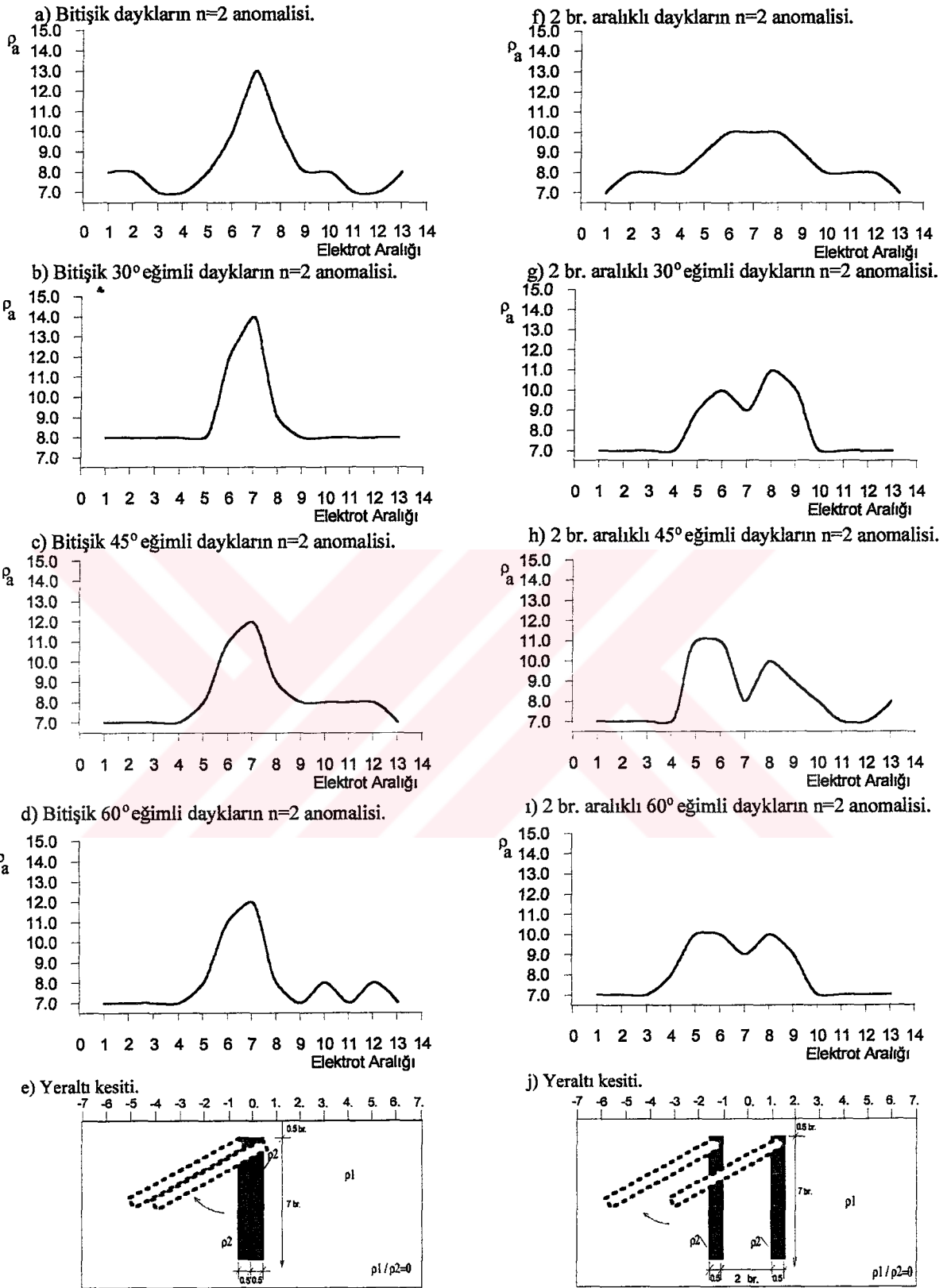
Şekil 105. Analog tankta, iletken iki düşey daykın GRADYENT dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



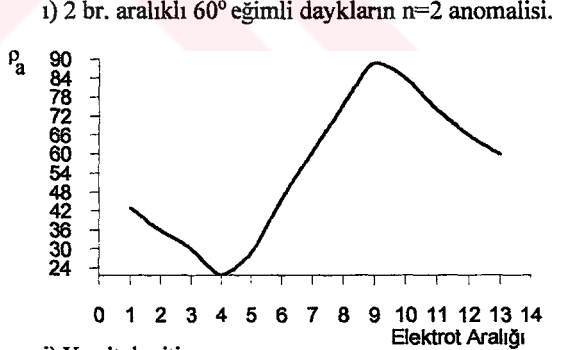
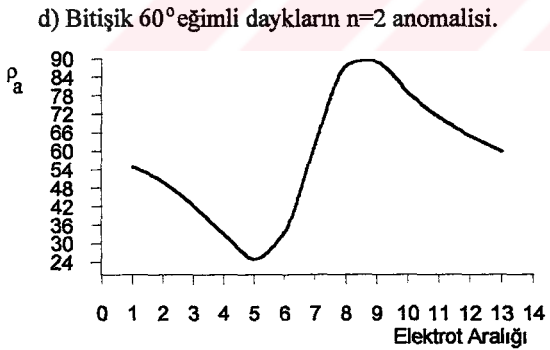
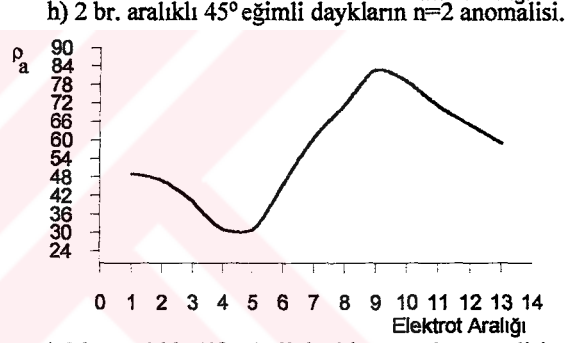
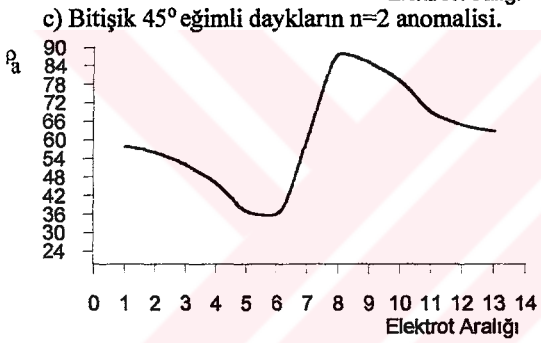
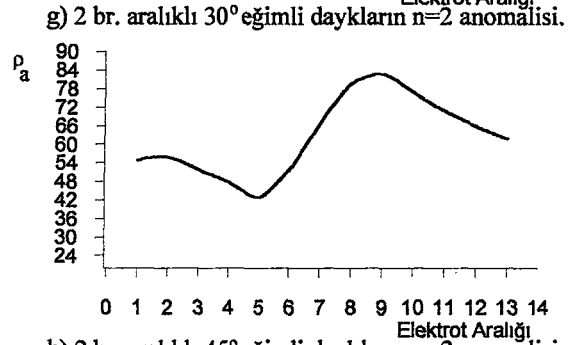
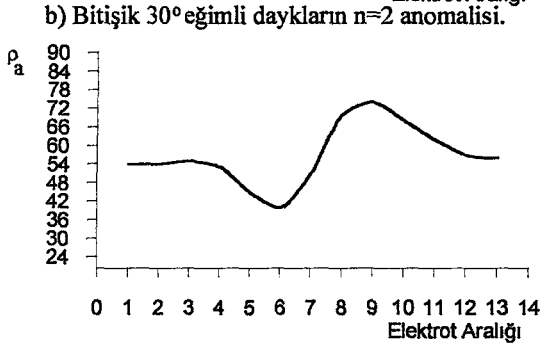
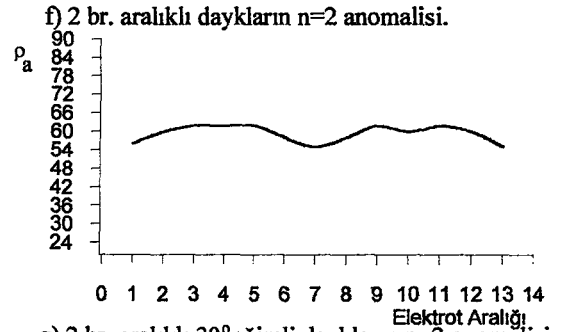
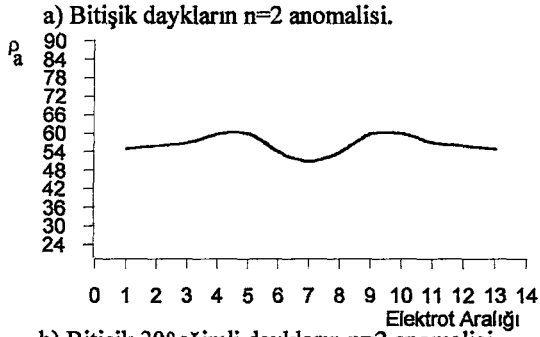
a) Bitişik daykların  $n=2$  anomalisi.f) 5 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.b) 1 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.g) 6 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.c) 2 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.h) 7 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.d) 3 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.i) 8 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.e) 4 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.

j) Yeraltı kesiti.

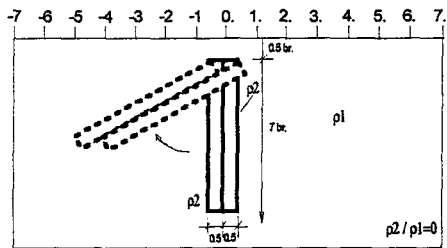
Şekil 106. Analog tankta, biri iletken diğeri yalıtkan iki düşey daykın GRADYENT dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



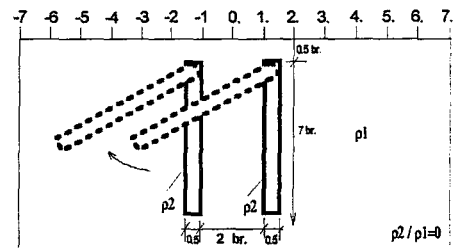
Şekil 107. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların GRADYENT dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



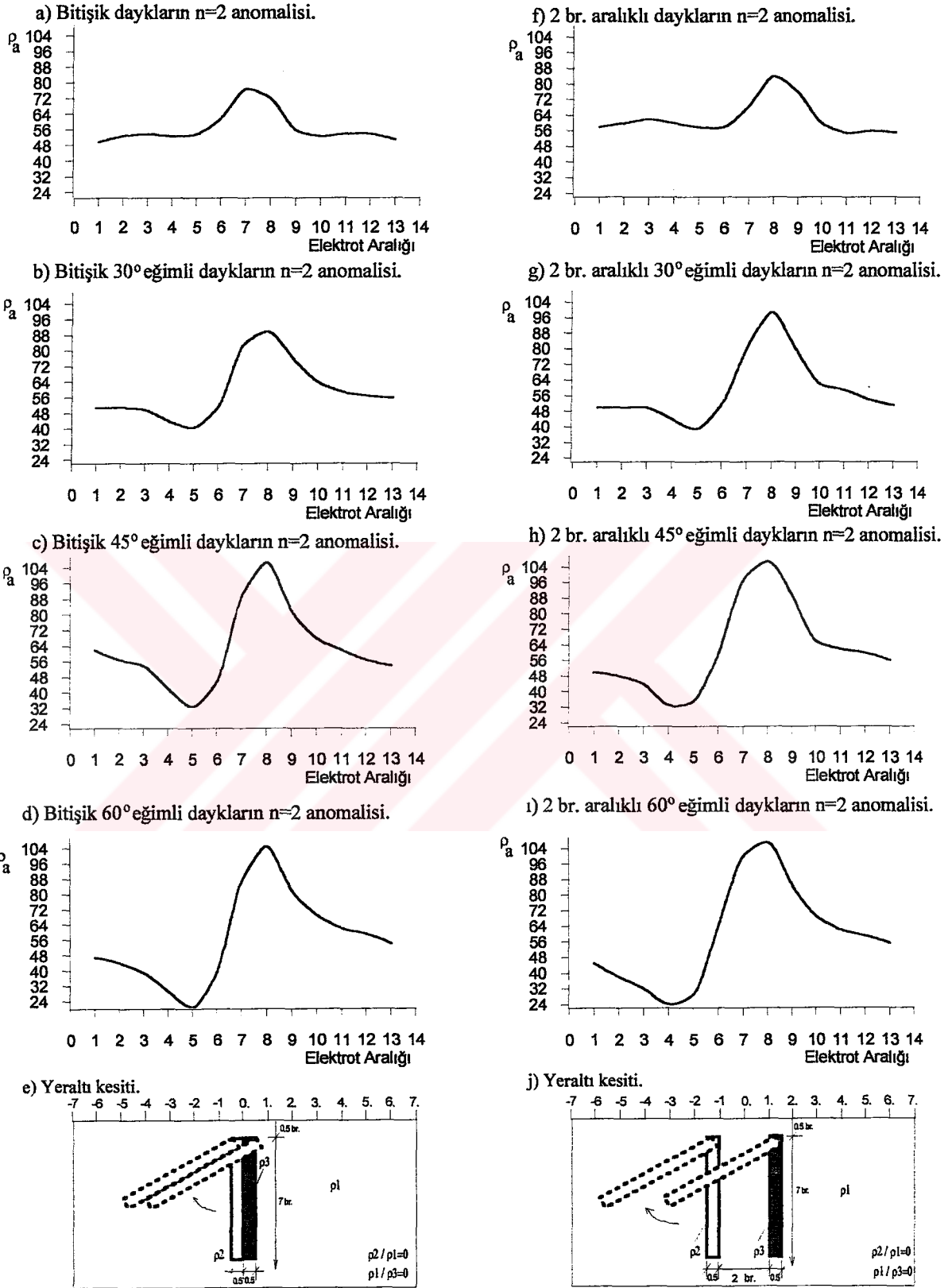
e) Yeraltı kesiti.



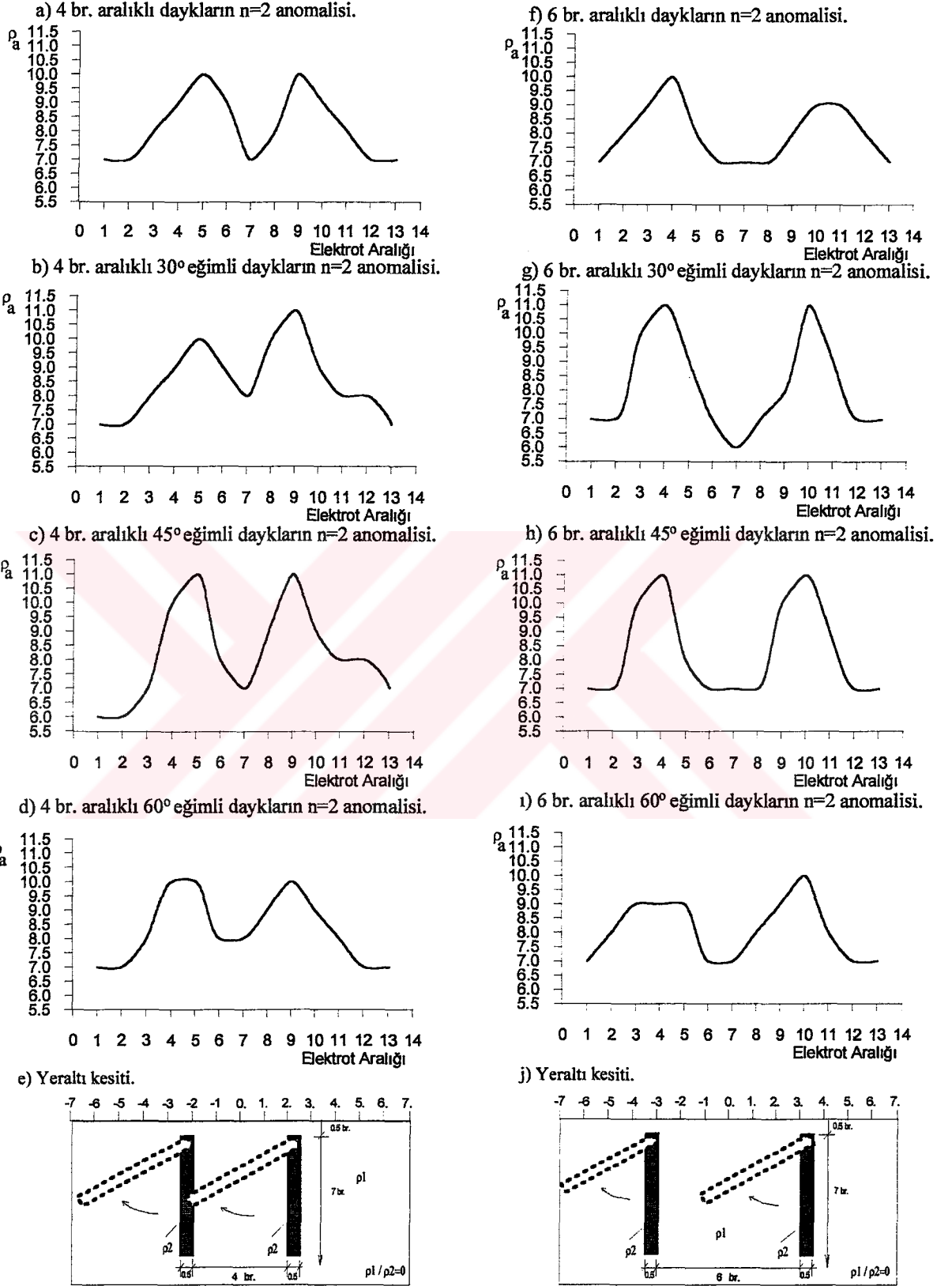
j) Yeraltı kesiti.



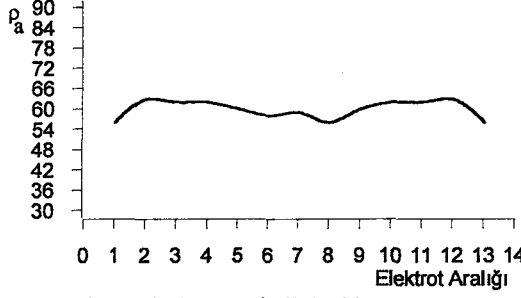
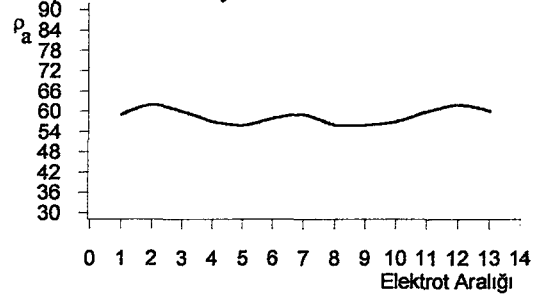
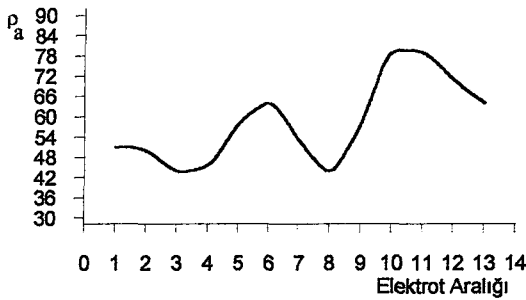
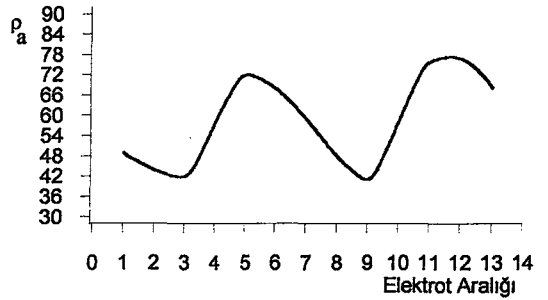
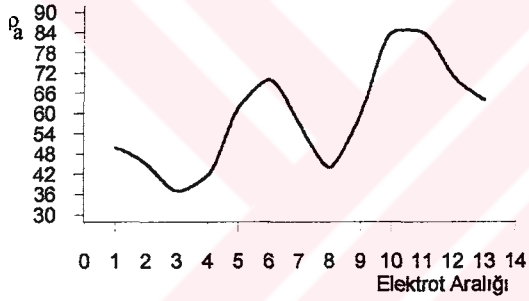
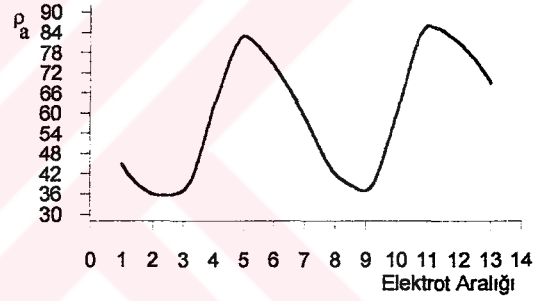
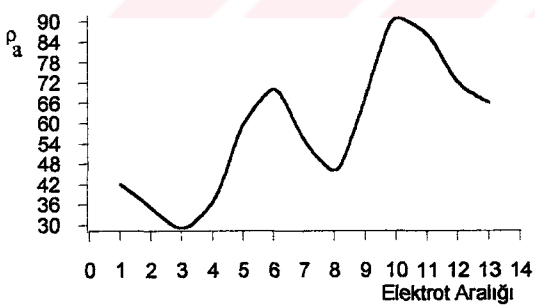
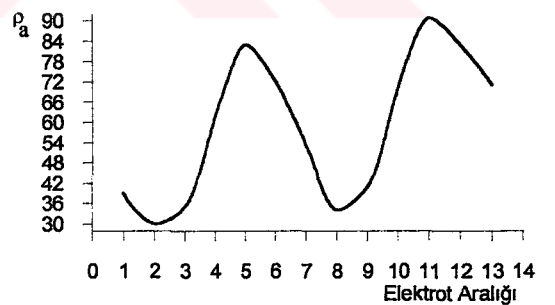
Şekil 108. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli iletken daykların GRADYENT dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



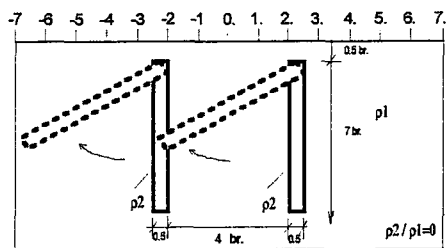
Şekil 109. Analog tankta, bitişik ve 2 br. aralıklı, eğimli biri iletken biri yalıtkan daykların GRADYENT dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



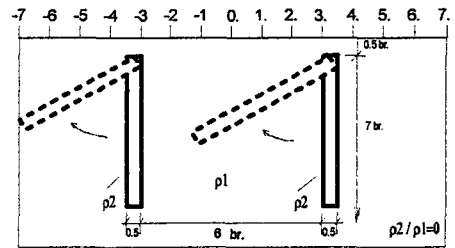
Şekil 110. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli yalıtkan daykların GRADYENT dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

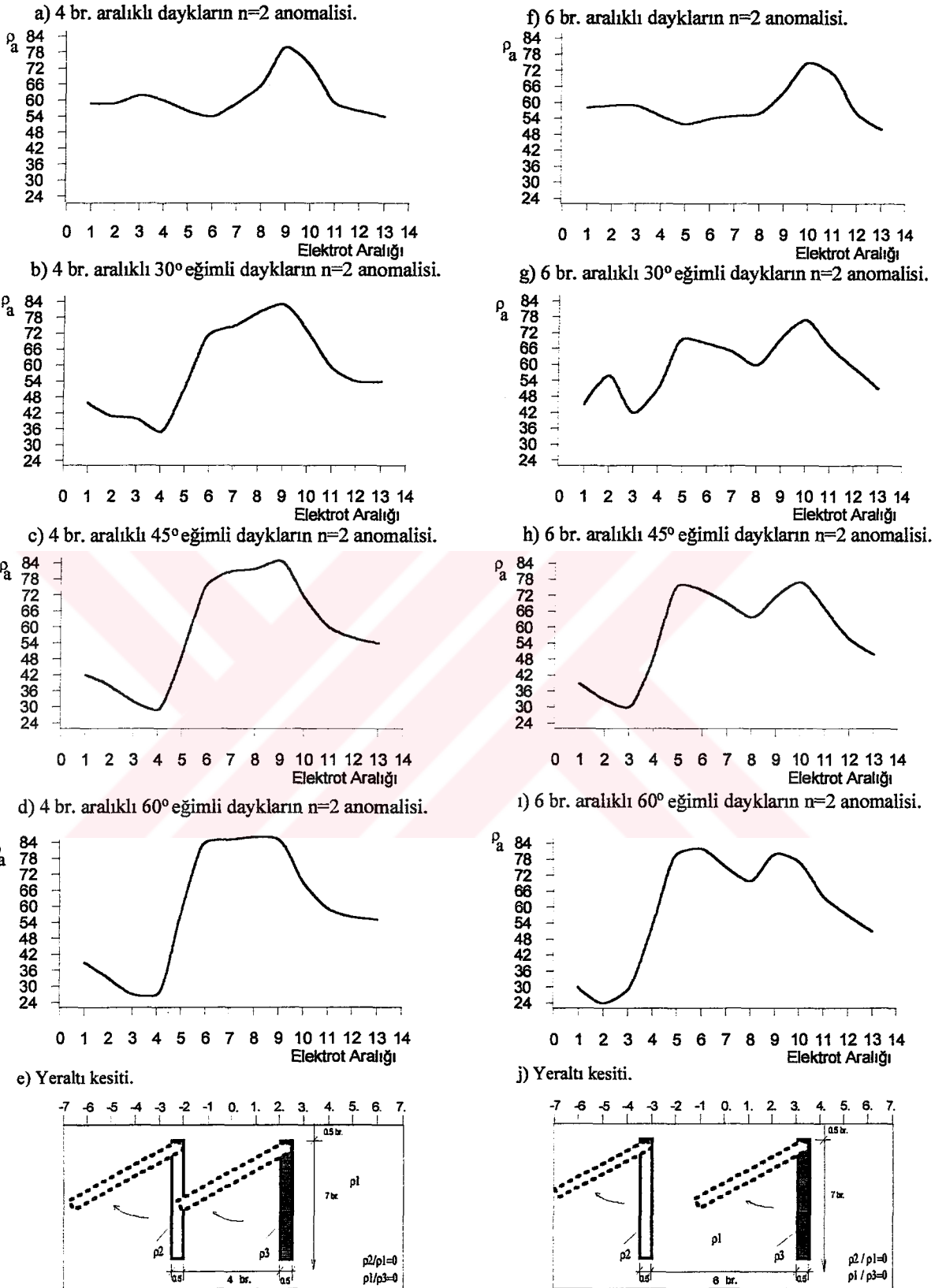
a) 4 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.f) 6 br. aralıklı daykların  $n=2$  anomalisi.b) 4 br. aralıklı 30° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.g) 6 br. aralıklı 30° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.c) 4 br. aralıklı 45° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.h) 6 br. aralıklı 45° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.d) 4 br. aralıklı 60° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.i) 6 br. aralıklı 60° eğimli daykların  $n=2$  anomalisi.

e) Yeraltı kesiti.



j) Yeraltı kesiti.

Şekil 111. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli iletken daykların GRADYENT dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.



Şekil 112. Analog tankta, 4 br. ve 6 br. aralıklı, eğimli biri iletken diğeri yalıtkan daykların GRADYENT dizilimiyle alınan  $n=2$  anomalileri.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Giriş

Bu çalışmada ilk olarak birbirine bitişik iki düşey dayk incelendi. Sonra bu düşey dayklar aralarındaki mesafe 1 br., 2 br., 3 br., 4 br., 5 br., 6 br., 7 br. ve 8 br. arttırılarak bunların andıran-kesitleri hazırlandı. Daha sonra bitişik dayklar 30°, 45° ve 60° düşeyden saat ibresi yönüne döndürülerek ölçümleri alındı. Bunu takiben de aralarında 2 br. olan dayklar 30°, 45° ve 60°, aralarında 4 br. olan dayklar 30°, 45° ve 60° son olarakta aralarında 6 br. olan dayklar 30°, 45° ve 60° döndürülerek ölçümler tamamlandı. Bu ölçümlerin tümü ilk olarak öz direnci 4  $\Omega$ m. olan tuzlu su içerisinde yalıtkan dayklar üzerinde alındı. Daha sonra öz direnci 30  $\Omega$ m. olan musluk suyu içerisindeki iletken dayklar üzerinde ve son olarakta aynı ortamda bir iletken bir de yalıtkan dayk üzerinde ölçümler alındı. Andıran-kesitler n=6 ya kadar alınmış olup tüm ölçümlerde hedeflerin yüzeyden derinliği 0.5 br. dir.

#### 3.2. Sayısal Modelleme ile İlgili Bulgular

##### 3.2.1. Yatay Sondaj İçin Dipol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular

*Yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* düşey iki daykın vermiş olduğu SEY ile elde edilen n=2 anomalileri şekil 77' de görülmektedir. Birbirine bitişik, 1, 2 ve 3 br. aralıklı daykların anomalileri sanki tek bir hedefi gösteriyor gibi olup 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı dayk anomalilerinde yanal ayrımlılık mevcuttur. Birbirine bitişik dayklarda eğim arttırıldıkça sağ taraf anomalisi belirginliğini yitirmektedir (şekil 80). 2, 4 ve 6 br. aralıklı dayklarda ise eğim artışıyla birlikte genlik azalması ve şekilsel değişimler gözlenmektedir (şekil 80, 83).

*İletken hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* bitişik ve 1 br. aralıklı daykların n=2 anomalileri tek bir hedefin anomalisi gibi olup 1 br. in anomalisi daha geniştir (şekil 78). 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı daykların n=2 anomalilerinde ise ayrımlılık oldukça iyi bir şekilde görülüyor. Ayrıca hedefler birbirlerinden uzaklaştıkça ortada yüksek öz dirençli bir bölge oluşmakta ve hedefler birbirlerinden uzaklaştıkça gittikçe genişlemektedir. Hedeflerin eğimi arttırıldıkça n=2 anomalilerinde belirgin bir şekilsel ve dirençsel değişim görülememektedir (şekil 81, 84).

*Biri iletken diğeri yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular ise şöyledir;* bitişik daykların anomalisinde iletken hedefin genliği yalıtkan hedeften daha yüksek ve



belirgindir. Hedefler birbirlerinden ayrıldıkça iletken ve yalıtkanın anomalileri de birbirlerinden uzaklaşmaktadır (şekil 79). Hedeflerin eğimi arttırıldıkça yalıtkan hedefin anomalisinde bir değişim gözlenememekte sadece iletken hedefin anomalisinde genişleme görülmektedir (şekil 82). Bunun nedeni, eğim arttıkça yalıtkan hedefin iletken hedefin altında kalmasıdır. 4 ve 6 br. aralıklı hedeflerin anomalilerinde ise pek belirgin bir değişim yoktur.

### 3.2.2. Sondaj-Profil İçin Dipol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular

*Yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* birbirine bitişik düşey iki daykın vermiş olduğu sonlu eleman yöntemiyle elde edilen anomali ters V şeklini andırır. Kanat eğimleri yaklaşık  $45^\circ$  dir. 1 br. aralıklı dayklarda ise ters V şekli daha da genişlemiştir. 2, 3, 4 ve 5 br. aralıklı daykların anomalisi ters W şeklini andırır. Bu anomalilerin girişimi 6, 7 ve 8 br. aralıklı dayklarda yoktur (şekil 41). Ortam özdirenci  $4 \Omega\text{m}$  olup dayklara verilen tepki özdirenci  $8.5 \Omega\text{m}$  civarındadır. Hedefler birbirlerinden ayrıldığında dayk özdirenci  $7.5 \Omega\text{m}$  ye düşmektedir. Bitişik daykların eğimlerinin artmasıyla ters V harfini andıran anomalinin sağ kol genliğinin azalmasıyla sol kol genliği artmaktadır (şekil 44). 2 br. aralıklı dayklarda ise eğimin artmasıyla ters W şeklindeki anomalinin sadece en sağ kolunun genliği azalmakta olup sol kol genlikleri ise artmaktadır. 4 ve 6 br. aralıklı dayklarda ise eğime karşı fazla bir tepki görülmemekle birlikte sağ kolda küçük bir özdirenç azalması mevcuttur (şekil 47).

*İletken hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* iletken düşey dayklarda hedeflere verilen anomali ters V şeklinde olup ters V nin dış kenarları biraz yüksek özdirençli, iç kenarları ise tamamen düşük özdirençlidir. 1 ve 2 br. de anomali genişlemiş fakat ayırım belirgin değildir (şekil 42). 3, 4, 5 ve 6 br. de anomali ters W şeklini alır. 7 ve 8 br. de ise anomaliler tamamen birbirlerinden ayrılırlar (şekil 42). Bitişik, 1, 2 ve 3 br. aralıklarda ters V nin kenarlarında olan yüksek özdirençli bölge 4, 5, 6, 7 ve 8 br. lilerde iki anomalinin ortasında da belirir. Bitişik hedeflerde özdirenç değeri  $-2$  ila  $40 \Omega\text{m}$  arasında değişir. Ortam özdirenci  $34 \Omega\text{m}$  dir. 8 br. de ise özdirenç değeri  $0$  ila  $55 \Omega\text{m}$  arasında değişir (şekil 42). Birbirine bitişik ve 2 br. aralıklı hedeflerde eğim arttıkça düşük özdirençli kesimlerde fazla bir değişim oluşmamakta sadece yüksek özdirençli kesimlerde eğim arttıkça sağ taraftaki yüksek özdirençli kısım kaybolmaktadır (şekil 45). Bitişik dayklarda eğim arttıkça  $2 \Omega\text{m}$  olan özdirenç  $-5 \Omega\text{m}$  ye kadar düşmektedir. 4 ve 6 br. aralıklı dayklarda da yukarıdaki durumlar sözkonusudur.

*Bir iletken ve bir yalıtkan hedef için elde edilen bulgular şöyledir;* birbirine bitişik iletken ve yalıtkan hedeflerin verdiği anomaliye göre iletken hedef ters V şeklinde düşük

özdirençli, yalıtkan ise bu ters V nin sağ koluna yapışık şekilde görülen yüksek özdirençli bir şekildir (şekil 43). 1, 2 ve 3 br. aralıklı hedeflerin anomalileri birbirlerinden biraz daha ayrılmış olup henüz yalıtkanın ters V anomalisi gelişmemiştir. 4, 5, 6, 7 ve 8 br. lerde ise her iki ters V anomalisi de ayrılmış bir şekilde görülmektedir. Ortam özdirenci 30  $\Omega$ m olup, iletkenin özdirenci -5  $\Omega$ m, yalıtkanın ki ise 70  $\Omega$ m dir. Birbirine bitişik ve aralarındaki mesafe 2 br. olan hedeflerin eğime karşı vermiş oldukları anomaliler birbirlerine çok benzemekte olup eğime karşı şekilsel bir tepkileri yoktur (şekil 46). 4 ve 6 br. aralıklı hedeflerin anomalilerinde ise eğim arttıkça sadece yalıtkan hedefin anomalisindeki ters V nin sağ kol genişliği azalmaktadır (şekil 49). Eğim arttıkça anomali genişliği -5 ila 45  $\Omega$ m arasında değişir.

### 3.3. Analog Modelleme ile İlgili Bulgular

#### 3.3.1. Yatay Sondaj İçin Dipol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular

*Yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* hedefler birbirlerinden ayrıldıkça anomali genişliği düşmekte ve belirginliği de azalmaktadır (şekil 86). Bitişik, 2, 4 ve 6 br. aralıklı daylarda eğim arttırıldıkça, genelde sol taraf genlikleri artmakta ve anomali genliklerinde artış gözlenmektedir (şekil 89, 92).

*İletken hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* bitişik ve 1 br. aralıklı daykların anomalilerinde ayırım görülmemekle birlikte 1 br. aralıklı daykların anomalileri daha geniştir (şekil 87). 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı dayklarda ayrımlılık mevcut olup, anomalilerin orta kısımlarında hedefler birbirlerinden ayrıldıkça özdirenç yükselimi görülmektedir. Eğim artışıyla hedeflerin anomalilerinde pek bir değişiklik görülmemektedir (şekil 90, 93).

*Biri iletken diğeri yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular da şöyledir;* yalıtkan hedefin anomalisi iletken hedefe göre daha büyük genliklidir (şekil 88). Hedefler birbirlerinden ayrıldıkça anomali yerleri de buna bağlı olarak dışa doğru kaymaktadır. Yalıtkan hedefin anomalisi ise gittikçe belirginliğini kaybetmektedir. Bitişik ve 2 br. aralıklı hedeflerde eğim arttırıldıkça şekilsel bir değişim oluşmamakta (şekil 91), fakat 4 ve 6 br. aralıklı dayklarda eğim artışıyla yalıtkan kısmın genişliğinde artış olmaktadır (şekil 94). Bunun nedeni eğim arttıkça yalıtkan hedefin yüzeye yaklaşmasıdır.

### 3.3.2. Yatay Sondaj İçin Pol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular

*Yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* bu dizilimde anomaliler asimetric olduğundan anomali sağ tarafta belirginleşmiştir (şekil 95). Bitişik, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı hedeflerin anomalileri belirgin bir şekilde gözlenmekte fakat hedefler birbirlerinden uzaklaştırıldıkça anomali genlikleri azalmaktadır. Bitişik, 2, 4 ve 6 br. aralıklı hedefler eğimlendirildiğinde eğim arttıkça sağ taraf anomali genliği azalmakta, sol taraf anomali genliği ise artmaktadır (şekil 98, 101).

*İletken hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* bu tür anomalilerde de asimetri mevcut olup, ayrımlılık 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. lerde gayet iyi bir şekilde gözlenmektedir (şekil 96). Hedeflerin eğimi arttırıldıkça anomalilerde belirgin bir değişim gözlenmemektedir (şekil 99, 102).

*Biri iletken diğeri yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular da şöyledir;* birbirine bitişik, 1 ve 2 br. aralıklı iletken ve yalıtkan hedefin anomali genliklerinin her ikisi de yaklaşık birbirine eşittir. Fakat hedefler birbirlerinden uzaklaştıkça yalıtkanın genliği azalmaktadır (şekil 97). Hedeflerin eğimi arttıkça anomalilerde belirgin bir değişim gözlenmemektedir (şekil 100, 103).

### 3.3.3. Yatay Sondaj İçin Gradyent Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular

*Yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* 1 ve 2 br. aralıklı hedeflerin anomalilerinde bir ayırım görülmemekle birlikte, ayrımlılık 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. lerde oldukça iyi bir şekilde gözlenmektedir (şekil 104). Ayrıca hedefler birbirlerinden ayrıldıkça anomalilerde genliklerinde düşüşler gözlenmekte. Hedeflerin eğimi arttırıldıkça anomalilerde belirgin bir değişim oluşmamaktadır (şekil 107, 110).

*İletken hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* iletkenin anomalisi fazla belirgin olmayıp hedefler açıldıkça anomali de belirgin hale gelmektedir (şekil 105). Anomaliler, sanki yeraltında iletken hedef etrafında yalıtkan cisimler varmış gibi bir belirti vermektedir. Hedeflerin eğimlerinin arttırılması ile anomali genlikleri gittikçe büyümekte ve belirginleşmektedir (şekil 108, 111).

*Biri iletken diğeri yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular da şöyledir;* bitişik, 1, 2 ve 3 br. aralıklı hedeflerin anomalilerinde iletkenin anomalisi görülememekte, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı hedeflerin anomalilerinde ise gittikçe belirginleşmektedir (şekil 106). Fakat yine de yalıtkanın anomali genliğine göre iletkenin anomali genliği düşük seviyede kalmaktadır. Eğim arttırıldıkça hedeflerin anomali genlikleri artmakta ve iletkenin anomalisi belirginleşmektedir (şekil 109, 112).

### 3.3.4. Sondaj-Profil İçin Dipol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular

*Yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* bu dizilimle alınan ölçümlerde birbirine bitişik iki düşey yalıtkan daykın verdiği andıran-kesit ters V şekline benzemektedir (şekil 50). Ters V nin kenar eğimleri yaklaşık  $45^\circ$  dir. Ortam öz direnci  $6 \Omega m.$  ye kadar çıkmaktadır. Ters V nin iç kısmı ise oldukça düşük öz dirençli olup yaklaşık  $3 \Omega m.$  dir. Yalıtkan dayklar aralarında 1 br. kalacak şekilde açıldıklarında ters V anomalisi biraz daha genişlemekte olsa da şeklinde belirgin bir değişim olmamaktadır (şekil 50). Aralarında 2 br. olduğu zaman ise anomali ters W şekline benzemekte 3, 4 ve 5 br. e doğru dayklar açıldığında ters W şekli de genişlemektedir. Bu bize 5 br. e kadar daykların birbirleriyle girişim halinde bulunduğunu gösteriyor. 6 br. de ise iki ters V anomalisi birbiriyle bitişik halde olup 7 ve 8 br. de ise anomaliler birbirleriyle tamamen ayrılmış halledirler (şekil 50). Burada ilginç olan nokta dayk anomalilerinin birbirlerinden tamamen ayrıldığı 7 ve 8 br. aralıklı oldukları zaman anomali öz direnci  $6 \Omega m.$  den  $5 \Omega m.$  ye düşmektedir. Tank içerisinde dayklar arasındaki mesafeler ne kadarsa ters V ler arasındaki mesafeler de o kadardır. Yani dayklar arasındaki mesafeyi andıran-kesitler tam olarak yansıtır. Birbirine bitişik  $30^\circ$  eğimli dayklarda ters V nin sağ kolunun genliği bir miktar azalmıştır.  $45^\circ$  de bu azalma artmış ve  $60^\circ$  de sağ kolun belirginliği oldukça azaldığı halde sol kol genliği artmıştır (şekil 53). Aralarında 2 br. olan dayklar daha önce de bahsedildiği gibi birbir-leriyle girişim halinde bulunan ters W şeklindeydi. Bunlar  $30^\circ$  eğimli hale getirildiklerinde ters W nin sağ kol genliği azalmakta  $45^\circ$  ve  $60^\circ$  de ise genlik tamamen azalmakta ve sağ kolda herhangi bir anomali görülmemektedir (şekil 53). Aralarında 4 br. olan dayklarda da eğimle değişim 2 br. deki gibi olup sadece solda belirgin hale gelen iki eğik anomali arasındaki mesafe daha fazladır. Aralarında 6 br. olan dayklarda ters W anomalisi birbiriyle tepe uçları bitişik iki ters V gibi görülür. Eğim  $30^\circ$  den itibaren artırıldığında bu V lerin sağ kısımlarındaki genlikleri azalmakta olup  $60^\circ$  de tamamen kaybolmakta ve sonuçta aralarında 6 br. olan iki eğik anomali kalmaktadır (şekil 56). Eğim artışıyla anomali genliklerinin öz dirençleri  $10 \Omega m$  ye kadar artabilmektedir. Bu artış, eğimle birlikte he-deflerin yüzeye yaklaşmasıyla açıklanabilir.

*İletken hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* birbirine bitişik iletken daykların verdiği anomali içi dolu bir ters V yi andırmaktadır. Ters V nin yakın çevresi ortama göre bir miktar yüksek öz dirençli ( $34 \Omega m$ ), ters V nin içi ise oldukça düşük öz dirençli olup yaklaşık  $10 \Omega m$  civarındadır. Aralarında 1 ve 2 br. olan dayklarda anomali genişlemektedir. 3, 4, 5 ve 6 br. aralıklarda anomali ters W yi andırmakta, 7 ve 8 br. aralıklarda ise anomaliler birbirinden ayrılmakta ve bağımsız ters V anomalileri oluşmaktadır (şekil 51). 6, 7 ve 8 br. de anomaliler birbirlerinden oldukça ayrılmış olduklarından öz dirençleri

12  $\Omega$ m civarında olmaktadır. Yalıtkan hedeflerde olduğu gibi bunlarda da hedefler arası mesafe anomalilerde de aynen gözlenmektedir. Birbirine bitişik hedeflerde eğim artırıldığında ters V nin içindeki anomaliyi veren düşük öz dirençli kısımda herhangi bir değişim olmamakta sadece V nin dış sol kısmındaki bir miktar yüksek öz dirençli kısmın genliği azalmakta ve  $60^\circ$  de kaybolmaktadır. Aralarında 2 br. bulunduğu halde de eğime bitişik hedefteki gibi tepki verilmekte sadece ters V içindeki anomali genişlemiş olmaktadır (şekil 54). Aralarında 4 br. ve 6 br. olan hedeflerde eğim artırıldığında ise belirgin bir değişim gözlenmemektedir. Eğimin artışıyla anomali öz dirençleri 4  $\Omega$ m ye kadar azalmakta olup bunun nedeni eğim artışıyla hedeflerin yüzeye yaklaşmasıdır (şekil 57).

*Bir iletken bir yalıtkan hedef için elde edilen bulgular şöyledir;* birbirine bitişik biri iletken diğeri yalıtkan olan hedefler kullanıldığında iletken hedef anomali daha belirgin olmaktadır (şekil 52). İletken hedef anomalisinin içi düşük öz dirençli (10  $\Omega$ m) ters V şeklinde olduğu halde yalıtkan hedefin anomali ise eğri kalın bir çizgi şeklinde 42  $\Omega$ m 'ye kadar yükselmektedir. Aralarında 2, 3 ve 4 br. olduğu zamanlarda hedeflerin anomalileri birbirlerinden uzaklaşmakta fakat tam olarak yalıtkan hedef anomali belirginleşmemektedir. Ancak aralarında 5, 6, 7 ve 8 br. olduğu zaman her iki anomali de belirgin bir şekilde gözlenmektedir (şekil 52). Hedefler 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı oldukları zaman anomalileri de aynı aralıkta görülmekte ve hedef yerleri andıran-kesitler üzerinde kesin olarak saptanabilmektedir. Birbirine bitişik ve 2 br. aralıklı hedeflerde eğim arttırıldığında anomalilerde belirgin bir değişim gözlenmemektedir (şekil 55). Bunun nedeni eğim arttıkça eğime tepki verebilen yalıtkan hedefin, iletken hedefin altında kalmasıdır. Aralarında 4 ve 6 br. olduğu durumlarda eğim arttırıldığında iletken hedeflerde bir değişim gözlene-memekte olup sadece yalıtkan hedeflerde  $30^\circ$  den  $60^\circ$  ye doğru eğim arttırıldığında ters V nin sağ kol genliği azalmakta ve  $60^\circ$  de kaybolmaktadır (şekil 58).

### 3.3.5. Sondaj-Profil İçin Pol-Dipol Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular

*Yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* pol-dipol dizilimiyle elde edilen andıran kesitler dipol-dipol andıran kesitleri gibi simetrik değildir. Bunun nedeni akım elektrotlarından birinin sonsuzda olamasıdır. Dolayısıyla bu dizilimde bir asimetri mevcuttur. Birbirine bitişik hedeflerde daha önce bahsedilen ters V anomalisinin sadece sağ kısım genliği büyüktür (şekil 59). Çünkü akım elektrotlarından sonuza atılanı sağ taraftadır. Pol-dipolde anomali genliği 8  $\Omega$ m civarında olup, ortam öz direnci yaklaşık 4  $\Omega$ m dir. 1 br. aralıklı iki daykta fazla bir anomali ayrımı gözlenmemekte olup sadece anomali genişlemiştir. Ancak 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı dayklarda, dayk anomalileri

belirgin olarak ayrılmıştır (şekil 59). Anomalilerin tepe noktaları tam olarak düşey daykların yerini tesbit eder. İlgili çekici olan nokta; dayklar birbirlerinden ayrıldıkça anomali genlikleri  $6 \Omega\text{m}$  ye kadar düşmektedir. Pol-dipol diziliminin eğime verdiği tepki dipol-dipolden biraz daha farklıdır. Şöyle ki; bitişik dayklarda eğim arttıkça tek taraflı ters V şeklinde olan anomali normal V şeklini almaktadır. Mesela pol-dipol  $60^\circ$  bitişik iki yalıtkan dayk anomalisi ile dipol-dipol düşey iki dayk anomalisi birbirinin aynıdır (şekil 59, 50). 2 br. aralıklı iki daykın eğime verdiği tepkide de eğim arttıkça anomali ters V nin sol koluna kaymakta hatta  $60^\circ$  de sağ taraf genliği oldukça düşmektedir (şekil 62). 4 br. ve 6 br. aralıklı dayklarda eğim arttıkça anomaliler ters W şeklindeki 4 br. ve 6 br. aralıklı dipol-dipol düşey dayk anomalilerine benzemektedirler (şekil 65).

*İletken hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* birbirine bitişik iletken hedeflerin pol-dipol anomalileri tam ortada düşük öz dirençli ( $14 \Omega\text{m}$ ) ters U yu andıran bir kesim ve bunun sağ tarafında ise öz direnci  $44 \Omega\text{m}$  ye kadar çıkan koyu gölgeli bir kesim belirlemektedir (şekil 60). 1 br. aralıklı dayklarda ayrımlılık söz konusu olmayıp anomali genişlemektedir. 2 br. aralıklı dayklarda ise ayrımlılık biraz daha fazla olup 3, 4 ve 5 br. aralıklı dayklarda ayrımlılık olduğu halde anomaliler tam olarak birbirlerinden ayrılmamışlardır. 6, 7 ve 8 br. aralıklı dayklarda anomaliler kesin olarak birbirlerinden ayrıldıkları (şekil 60). 1, 2, 3, 4 ve 5 br. aralıklı dayklarda bahsedilen koyu gölgeli kısım daykların birbirlerine yakın olmaları nedeniyle birinci dayk için belirgin değildir. Dayklar birbirlerinden ayrıldıkça verdikleri anomalinin genliği değişmemekte ( $14 \Omega\text{m}$ ), fakat koyu gölgeli kısmın genliği  $40 \Omega\text{m}$  ye kadar düşmektedir. Dayk anomalileri 4 ila 8 br. arasında olanların anomalileri daykların yerini kesin olarak belirlemektedir (şekil 60). Bitişik, 2, 4 ve 6 br. aralıklı dayklarda eğime tepki hemen hemen yok gibidir (şekil 63, 66). Sadece eğim arttıkça anomalinin öz direnç değeri büyümektedir. Şöyle ki;  $14-42 \Omega\text{m}$  arası olan genlik, eğim arttıkça  $8-50 \Omega\text{m}$  civarına gelmektedir. Nedeni eğim arttıkça hedeflerin yüzeye daha yakın olmalarıdır.

*Bir iletken bir yalıtkan hedef için elde edilen bulgular şöyledir;* birbirine bitişik bir iletken diğeri yalıtkan hedeflerin anomalisi birbirine bitişik iki iletken hedefin anomalisine benzemektedir. 1 ve 2 br. aralıklı hedefler için de aynı şey söz konusudur. 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı hedeflerde ise anomalilerden ilkinin iletkeni diğerin yalıtkanı temsil ettiği görülüyor (şekil 61). Öz direnç genliği  $16-54 \Omega\text{m}$  arasında olup hedefler arası mesafe arttırıldıkça genlik değeri  $16-44 \Omega\text{m}$  arasında değişmektedir. Birbirine bitişik ve 2 br. aralıklı dayklar, eğim arttırıldıkça herhangi bir tepki vermemekte ancak 4 ve 6 br. aralıklı dayklarda sağ tarafta bulunan yalıtkanın anomali genliği eğim arttıkça sola doğru kaymaktadır (şekil 64, 67). Eğim arttıkça  $18-52 \Omega\text{m}$  olan anomali genliği  $12-48 \Omega\text{m}$  düzeyine gelmektedir.

### 3.3.6. Sondaj-Profil İçin Gradyent Dizilimiyle Elde Edilen Bulgular

*Yalıtkan hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* birbirine bitişik yalıtkan hedeflere gradyent dizilimi bir daykı andıran şekilde bir anomali vermektedir. Anomali genliği 12.5  $\Omega$ m civarında olup diğer dizilimlere göre oldukça belirgindir. Şekil 68' de anomali tam ortada koyu renkte görülmektedir. Düşey dayklar arasındaki mesafe 1 br. olduğunda çift dayk gözlenememekte sadece anomali bir miktar genişlemektedir. 2, 3, 4 ve 5 br. lerde hedefler belirgin olarak gözlenmekle birlikte anomaliler alt taraflarından birleşmiş gibi görülmektedir. Aralarında 6, 7 ve 8 br. olan hedeflerin anomalileri ise oldukça belirgin şekilde olup çift daykı oldukça iyi bir şekilde resmetmekte ve hedeflerin olduğu yerde anomaliler belirginleşmektedir (şekil 68). Hedefler birbirlerinden ayrıldıkça anomalilerin genliği 9  $\Omega$ m ye kadar düşmektedir. Ortam öz direnci bu ölçümler için yaklaşık 7  $\Omega$ m civarındadır. Bitişik yalıtkan hedeflerin eğime duyarlılığı fazla değildir. Eğim artırılırken sadece anomalinin sol kısmında düşük öz dirençli bir kısım ortaya çıkmaktadır (şekil 71). Aynı şey 2, 4 ve 6 br. aralıklı dayklar için de geçerlidir (şekil 71, 74).

*İletken hedefler için elde edilen bulgular şöyledir;* bitişik iletken hedefler fazla belirgin olmayan açık renkli bir anomali vermektedir (şekil 69). Vermiş olduğu anomali değeri 48  $\Omega$ m civarındadır. Ortam öz direnci ise 60  $\Omega$ m dir. Anomali fazla derine doğru inmekte ve yüzeyde küçük bir bölgede gözlenmektedir. Aralarında 1, 2, 3 ve 4 br. olan hedeflerin anomalileri sanki tek bir hedef varmış gibi görünmekte sadece anomali gelişmektedir. Aralarında 5, 6, 7 ve 8 br. olan hedeflerin anomalileri ise birbirlerinden ayrılarak iletken hedefleri daha iyi bir şekilde temsil ederler (şekil 69). Andıran-kesitlerin en sağ ve en sol köşesinde görülen düşük öz dirençli kesimler potansiyel elektrotlarının akım elektrotlarına gerektiğinden fazla yaklaşması sonucu ortaya çıkmış olup iletkenlikle herhangi bir ilişkileri yoktur. Hedefler birbirlerinden ayrıldıkça anomali genliği 55  $\Omega$ m ye kadar yükselmektedir. Hedeflerin eğimleri arttırıldıkça iletken hedeflerin yerleri sola doğru kaymakta ve sanki iletken hedefler sola doğru hareket ettirilmiş gibi görülmektedir. Birbirine bitişik hedeflerde eğim arttırıldığında genliklerde büyük artışlar gözlenmektedir. 20  $\Omega$ m ye kadar iletken hedefin öz direnci düşmekte olup ortam öz direnci 90  $\Omega$ m ye kadar artmaktadır. 2 br. aralıklı hedeflerin eğimlerinin artması ile ise anomali 15-85  $\Omega$ m civarına gelmektedir (şekil 72). 4 ve 6 br. aralıklı hedeflerin eğimlerinin arttırılması ile de anomali genliği 25-90  $\Omega$ m arasında değişir (şekil 75).

*Bir iletken bir yalıtkan hedef için elde edilen bulgular şöyledir;* düşey dayklarda iletken hedef tam olarak görülmemekte birlikte yalıtkan hedef oldukça iyi şekilde göz-

lenmektedir. Bitişik ve 1 br. aralıklı düşey hedeflerde sanki sadece yalıtkan hedef görülmektedir. 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı hedeflerin anomalileri ise oldukça ayrımlı ve iyi bir şekilde gözlenmektedir (şekil 70). Yalıtkan hedefin anomali genliği 84  $\Omega$ m, iletken hedefin ise 48  $\Omega$ m civarında olup, hedefler birbirlerinden ayrıldığında iletken hedefin öz direnci değişmemekte sadece yalıtkan hedefin öz direnci 76  $\Omega$ m ye kadar gerilemektedir. Yalıtkan ve iletken hedeflerin yerleri andıran-kesitler üzerinde belirgin olup yalıtkan hedefin anomalisi her iki hedefte aynı boyda olduğu halde iletken hedefe göre daha derine ulaşmaktadır (şekil 70). Birbirine bitişik ve 2 br. mesafeli hedeflerin eğime verdiği şekilsel tepki pek belirgin değildir (şekil 73). Anomali genliği eğim arttıkça büyümekte ve 15-110  $\Omega$ m arasına gelmektedir. 4 ve 6 br. aralıklı hedeflerin eğim tepkisi ise karmaşık olup eğim arttıkça hedeflerin yerleri sola doğru kaymakta ve bilhassa 6 br. aralıklı hedeflerde eğim arttırıldıkça hem sola kayma hem de yalıtkan hedeflerde çift görüntü oluşmaktadır (şekil 76). Anomali genlikleri 20-90  $\Omega$ m arasında değişir.

### **3.4. Dipol-Dipol Elektrik Öz direnç Verilerinin Andıran-Kesit Konturları Şeklinde Temsil Edilmesi ile İlgili Bulgular.**

Bu çalışmada analog deney tankında dipol-dipol dizilimiyle düşey ve eğik dayklar üzerinde elde edilen andıran-kesitler, yukarıda detaylı olarak anlatılan filtreleme yöntemiyle filtrelenmiştir. Bu filtreleme işleminin sonuçları Ek-2' de görülmektedir. Ek şekil 64' te yalıtkan düşey daykların birbirlerinden uzaklaştırıldıklarında elde edilen filtrelenmiş andıran-kesitler görülüyor. Görüldüğü gibi 6 br. aralığa kadar anomaliler (koyu renkli) bir çift daykı göstermekte fakat dayklar 7 ve 8 br. açıldıklarında dayk anomalilerinin ortasında başka bir anomali daha belirlemektedir. Dolayısıyla dayklar birbirlerinden çok uzaklaştıklarında filtreleme iyi sonuç vermemektedir. Ek şekil 65' te, bir iletken ve bir yalıtkan düşey dayk üzerinde alınan filtrelenmiş andıran-kesitler görülüyor. Yalıtkan hedefin anomalisi 3 br. den sonra belirginleşmekte fakat iletkenin anomalisi pek belirgin olarak gözlenmemektedir. Ek şekil 66' da iletken bir çift düşey dayk üzerindeki filtrelenmiş andıran-kesitler görülüyor. İletken hedeflerin anomalileri (açık renkli) 4 ve 8 br. arasında oldukça iyi gözlenebilmekte fakat bitişik ve 3 br. arasında pek iyi seçilememektedir.

Bu çalışmada eğimli dayklara da filtreleme işlemi uygulanmıştır. Ek şekil 67 ve 70' de bitişik, 2 br., 4 br. ve 6 br. aralıklı yalıtkan dayklar düşey, 30°, 45° ve 60° eğimlendirilerek filtrelemeye tabi tutulmuştur. Birbirine bitişik dayklarda eğimle bir değişim gözlenmemekte fakat 2, 4 ve 6 br. aralıklı dayklar eğimlendirildikçe sağ taraftaki hedefin anomalisi belirginliğini yitirmekte yani eğime karşı bir tepki elde edilebilmektedir. Ek şekil 68 ve 71'



de bir iletken bir de yalıtkan daykım eğimle değişimi görölüyor. Görölüdüęü gibi bu filtrelenmiş andıran-kesitlerde eğime karşı görönür bir tepki alınmamaktadır. Ek şekil 69 ve 72' de ise iletken dayklar arasındaki mesafe arttırılarak eğimlendirilmiş ve filtrelemeye tabi tutulmuştur. Şekilde görölüdüğü gibi anomalilerin belirginliği eğim arttırıldıkça bir miktar azalmaktadır.

Sonuçta řu söylenebilir ki; yalıtkan düşey hedeflerde filtreleme işlemleri oldukça iyi sonuç vermekte ise de iletken düşey hedeflerde o derecede iyi sonuçlar alınmamaktadır. Eğimli hedeflerdeki filtreleme ise yine yalıtkan hedeflere iletken hedeflerden daha belirgin bir tepki vermiştir.



#### 4. İRDELEME

Sonlu eleman yöntemiyle dipol-dipol dizilimi kullanılarak elde edilen andıran-kesitlerde birbirine bitişik iki *yalıtkan* hedefin vermiş olduğu anomali ters bir V harfini andırmakta olup bu ters V nin kenarları koyu renkte, yüksek öz dirençli (  $8.5 \Omega m$ ) dir. Ortam öz direnci ise  $4 \Omega m$  dir. Bitişik yalıtkan dayklar birbirlerinden uzaklaştıkça anomali ters W şeklini alır ve 6, 7 ve 8 br. aralıklı yalıtkan dayklarda ise birbirlerinden bağımsız ters V anomalileri gözlenir (şekil 41). Eğim artışıyla ters V lerin sağ kol genlikleri azalmakta sol kol genlikleri ise artmaktadır (şekil 44, 47). *İletken* dayklarda anomali yine ters V şeklinde olup iletkenliği ifade eden açık renkli, düşük öz dirençli ( $2 \Omega m$ ) olan kısım ters V nin iç kısmındadır. Ortam öz direnci  $30 \Omega m$  dir. 3, 4, 5 ve 6 br. aralıklı anomaliler ters W şeklinde almakta 7 ve 8 br. de ise birbirlerinden ayrılmaktadırlar (şekil 42). Eğim artışıyla düşük öz dirençli kısımda pek bir değişim olmamakla birlikte ters V nin sağ kanadındaki yüksek öz dirençli kısmın öz direnci azalmaktadır (şekil 45, 48). Birbirine bitişik *iletken ve yalıtkan* hedeflerin verdiği anomaliye göre ise iletken hedef anomalisi ters V şeklinde yalıtkanın anomalisi ise bu ters V nin sağ koluna yapışık şekildedir. Yalıtkanın ters V anomalisi hedefler 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı oldukları zaman belirginleşmektedir (şekil 43). Eğim artışıyla sadece yalıtkanın sağ kol genişliğinde bir azalma olmaktadır (şekil 46, 49).

Analog tank ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak *yalıtkan* dayklar üzerinde alınan ölçümlerde birbirine bitişik iki düşey dayk SEY ile yapılan ölçümlerde olduğu gibi aynı ters V anomalisini vermiştir. Ters V anomalisinin değeri  $6 \Omega m$  ye kadar çıkmış olup ortam öz direnci yaklaşık  $4 \Omega m$  dir. 2, 3, 4 ve 5 br. lerde ters W anomalisi gözlenmektedir. 6, 7 ve 8 br. lerde birbirlerinden ayrı ters V anomalileri gözlenir. Daykların tank içindeki konumları neyse anomaliler de aynı yerlerde ortaya çıkmaktadır (şekil 50). Eğim arttırıldıkça anomalilerin sağ kol genlikleri azalmakta , sol kol genlikleri ise artmaktadır (şekil 53, 56). Birbirine bitişik *iletken* daykların verdiği anomali içi dolu bir ters V yi andırmakta ve ters V nin içi düşük öz dirençli ( $10 \Omega m$ ), dış kenarı ise bir miktar yüksek öz dirençli ( $34 \Omega m$ ), ortam öz direnci ise  $30 \Omega m$  dir. 3, 4, 5 ve 6 br. aralıklı daykların anomalileri ters W şekline benzer. 6, 7 ve 8 br. olanlarda ise girişim olmayıp anomaliler birbirlerinden ayrıldırlar (şekil 51). Birbirine bitişik ve 2 br. aralıklı hedeflerde eğim arttırıldıkça düşük öz dirençli anomali değişmemekte sadece ters V nin dış kenarındaki bir miktar yüksek öz dirençli olan kısmın öz direnci azalmaktadır (şekil 54). 4 ve 6 br. lerde ise eğime karşı pek bir değişim gözlenmemektedir(şekil 57). Birbirine bitişik *biri iletken diğeri yalıtkan* olan hedeflerde iletken hedefin anomalisi daha belirgindir. Yalıtkan hedef anomalisi ise iletken hedef anomalisine bitişik eğimli kalın bir çizgi şeklindedir. Yalıtkan hedefin anomalisi ancak hedefler arasında 5, 6, 7 ve 8 br. olduğu zaman tam olarak gözlenebilmektedir. Eğim artışıyla

sadece yalıtkan hedefin sağ kolunda belirgin bir azalma görülmekte, iletken hedefte ise bir değişim gözlenmemektedir (şekil 55, 58).

Analog tank ile dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan ölçülerle, SEY de dipol-dipol dizilimi kullanılarak alınan ölçüler büyük ölçüde birbirlerine benzemekte olup sonuçlar birbirlerini desteklemektedirler.

Pol-dipol dizilimiyle elde edilen andıran-kesitler asimetrik olup bitişik *yalıtkan* hedefler için sadece ters V anomalisinin sağ kolu mevcuttur. Anomali genliği 8  $\Omega$ m civarında olup ortam özdirenci 4  $\Omega$ m dir. 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı dayklarda anomaliler belirgindir ve anomalilerin tepe noktaları düşey daykların biçimini olmasa da yerini tam olarak tesbit eder (şekil 59). Yalıtkan dayklarda eğim arttıkça sağ kol genliği düşmekte ve bir sol kol genliği oluşmaktadır (şekil 62, 65). Birbirine bitişik *iletken* hedeflerin pol-dipol anomalileri ters U şeklinde düşük özdirençli (14  $\Omega$ m) bir ortam ve sadece sağ tarafında ortam özdirencine (30  $\Omega$ m) göre nisbeten yüksek özdirençli (44  $\Omega$ m) bir kesim oluşur. 3, 4 ve 5 br. aralıklı dayklarda ayrımlılık olduğu halde anomaliler birbirlerinden tam olarak ayrı değildir. 6, 7 ve 8 br. aralıklı olanlarda ise anomaliler birbirlerinden ayrıdır. Dayk aralıkları 4 ila 8 br. arasında olanların anomalileri daykların yerini kesin olarak belirler (şekil 60). Eğim arttıkça anomalilerde şekilsel herhangi bir değişim olmamakta sadece özdirenç değerleri azalmaktadır (şekil 63, 66). Birbirine bitişik, 1 ve 2 br. aralıklı *biri iletken diğeri yalıtkan* hedeflerde yalıtkanın anomalisi görülmemekte 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklarda ise anomalilerden biri iletkeni diğeri yalıtkanı temsil etmektedir (şekil 61). Bitişik ve 2 br. lerde eğime karşı herhangi bir şekilsel tepki alınmamakta 4 ve 6 br. lerde ise sola kayma görülmektedir (şekil 64, 67).

Gradyent diziliminde *yalıtkan* hedeflerin anomalisi aynen görülebilmektedir. Anomali genliği 12.5  $\Omega$ m. civarındadır. Ortam özdirenci 7  $\Omega$ m. dir. 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı dayklarda hedefler belirgin olarak gözlenir (şekil 68). Eğim arttıkça anomalide şekilsel bir değişim olmamakla birlikte kesitlerin sol kısımlarında özdirenç düşümü görülmektedir (şekil 71, 74). *İletken* hedefler fazla belirgin olmayan açık renkli bir anomali verirler. Anomali değeri 48  $\Omega$ m olup ortam özdirenci 60  $\Omega$ m dir. Anomali fazla derine inmemektedir. Aralarında 1, 2, 3 ve 4 br. olan hedeflerin anomalileri sanki tek bir hedefi göstermekte ve anomali gittikçe genişlemektedir. Aralarında 5, 6, 7 ve 8 br. olan hedeflerin anomalileri ise birbirlerinden ayrılarak iletken hedefleri iyi bir şekilde temsil ederler (şekil 69). Eğim arttıkça anomaliler sola doğru kaymakta ve özdirençlerinde büyük düşmeler gözlenmektedir (şekil 72, 75).  $n=2$  anomalilerinde eğime karşı şekilsel ve genliksel tepki görülebilmekte fakat andıran-kesitlerde şekilsel tepki görülememektedir (şekil 108, 111). Bitişik ve 1 br. aralıklı *biri iletken diğeri yalıtkan* hedeflerde sadece yalıtkan hedef belirgin olup 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 br. aralıklı hedeflerde hem iletkenin hem de yalıtkanın anomalisi belirgindir.

Sadece yalıtkan hedefin anomalisi daha derin gibi gözükür (şekil 70). Bitişik ve 2 br. aralıklarda eğim artışıyla belirgin bir şekilsel tepki olmayıp sadece anomali genliği büyümektedir (şekil 73). 4 ve 6 br. lerde ise eğim artışıyla şekiller karmaşık hale gelmektedir (şekil 75).



## 5. SONUÇLAR

Analog tankta dipol-dipol, pol-dipol, gradyent ve sonlu eleman yönteminde dipol-dipol dizilimi kullanılarak elde edilen andıran-kesitler yorumlanarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Analog tankta ve SEY' inde dipol-dipol dizilimi kullanılarak elde edilen andıran-kesitler birbirleriyle karşılaştırılmış ve büyük ölçüde bu kesitlerin birbirleriyle aynı olduğu görülmüştür. Aşağıda, sonuçlar iletken hedefler için ayrı, yalıtkan hedefler için de ayrı olarak anlatılmıştır.

Tablo 1: Yapılan yorum sonucunda dizilimlerin birbirleriyle karşılaştırılması ve çeşitli özelliklere göre incelenmesi.

	İLETKEN DAYKLAR			YALITKAN DAYKLAR		
	DİPOL-DİPOL	POL-DİPOL	GRADYENT	DİPOL-DİPOL	POL-DİPOL	GRADYENT
TEPKİ GENLİĞİ ( $\Omega_m$ )	25	29	12	2.6	3.4	4.7
EĞİM ARTIŞIYLA ULAŞILAN TEPKİ GENLİĞİ ( $\Omega_m$ )	31	39	73	5.5	3.9	5.5
YAPININ EĞİMİNE ŞEKİSEL DUYARLILIK	AZ DUYARLI	DUYARSIZ	DUYARLI	DUYARLI	DUYARLI	DUYARSIZ
YANAL AYRIMLILIK	ÇOK İYİ	İYİ	ÇOK İYİ	İYİ	İYİ	ÇOK İYİ
YAPININ GERÇEK LOKASYONU	ÇOK İYİ	İYİ	KÖTÜ	İYİ	KÖTÜ	ÇOK İYİ
YAPIYA ŞEKİSEL BENZERLİK	YOK	YOK	VAR	YOK	YOK	VAR
SİMETRİ	SİMETRİK	ASİMETRİK	SİMETRİK	SİMETRİK	ASİMETRİK	SİMETRİK
İNCELEME HIZI	YAVAŞ	ORTA	HIZLI	YAVAŞ	ORTA	HIZLI
YORUM KOLAYLIĞI	KOLAY	ZOR	KOLAY	KOLAY	ZOR	KOLAY

İletken hedeflere en büyük tepki genliğini veren dizilim pol-dipol ve dipol-dipol dizilimi olup gradyent diziliminin tepki genliği en azdır. Eğim artışıyla tepki genliklerinde artışlar meydana gelmekte olup en büyük artış gradyent diziliminde görülmekte dipol-dipol ve pol-dipol diziliminde fazla bir artış gözlenmemektedir. Yapının eğimine şekilsel olarak en duyarlı dizilim gradyent dizilimi olup dipol-dipol dizilimi çok az duyarlı, pol-dipol dizilimi ise tamamen duyarsızdır. Yanal ayrımlılığı en iyi veren dizilimler dipol-dipol ve gradyent dizilimleridir. Pol-dipol dizilimi ise

iyi derecede yanal ayrımlılık verir. Yapının gerçek lokasyonunu dipol-dipol dizilimi çok iyi, pol-dipol dizilimi ise iyi derecede vermekte, gradyent dizilimi ise yapıyı gerçek yerinde gösterememektedir. Gradyent dizilimiyle alınan kesitler yapıya şekilsel olarak benzemekte fakat dipol-dipol ve pol-dipol dizilimleriyle alınan kesitlerde yapıya şekilsel benzerlik oluşmamaktadır.

Yalıtkan hedeflere en büyük tepki genliğini veren dizilim gradyent dizilimi olup onu pol-dipol ve dipol-dipol dizilimi izler. Eğim artışıyla ulaşılan tepki genliğinde gradyent ve dipol-dipol dizilimleri en büyük genliğe ulaşırken, eğim ile pol-dipol diziliminde tepki genliği artışı çok azdır. Yapının eğimine şekilsel olarak dipol-dipol ve pol-dipol dizilimleri duyarlı olup gradyent dizilimi duyarsızdır. Yanal ayrımlılık gradyent diziliminde çok iyi olup dipol-dipol ve pol-dipol diziliminde iyi derecededir. Yapının gerçek lokasyonunu gradyent dizilimi çok iyi yansıtırken dipol-dipol dizilimi iyi derecede, pol-dipol dizilimi ise iyi olmayan bir derecede yansıtır. Gradyent dizilimiyle alınan kesitler yapıya şekilsel olarak benzemekte fakat dipol-dipol ve pol-dipol dizilimleriyle alınan kesitlerde yapıya şekilsel benzerlik oluşmamaktadır.

Gradyent ve dipol-dipol dizilimlerinin andıran-kesitleri simetrik olup, pol-dipol dizili-minin andıran-kesitleri asimetriktir. Dolayısıyla gradyent ve dipol-dipol dizilimleriyle elde edilen andıran-kesitler pol-dipol dizilimiyle elde edilen andıran-kesitlerden daha kolay yorumlanabilmektedir. İnceleme hızı en yüksek olan dizilim gradyent dizilimi olup onu pol-dipol ve dipol-dipol dizilimleri izlemektedir.

Dipol-dipol andıran-kesitlerine uygulanan filtreleme işlemi dizilimden kaynaklanan öz direnç dağılımını gidermeye yöneliktir. Filtreleme işlemi sonucunda yalıtkan düşey hedeflerde iyi sonuç elde edilmiş fakat iletken düşey hedeflerde o kadar iyi sonuçlar alınmamıştır. Eğimli hedeflerdeki filtreleme ise yine yalıtkan hedeflere iletken hedeflerden daha belirgin tepki vermiştir.

Sumner [69], iletken hedefler için dipol-dipol, pol-dipol ve Wenner dizilimlerinin karşılaştırmasını yaptı. Yaptığı çalışma sonucu dipol-dipol dizilimi görünür öz direncin en büyük gradyentini (değişimini) vermiş ve yatay lokasyonda en az şüpheli olan dizilimin dipol-dipol dizilimi olduğunu belirtmiştir. Coggon [24], sonlu eleman yöntemi kullanarak iletken hedefler için dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimlerinin sistematik bir karşılaştırmasını yaptı. Sonuçta, gradyent diziliminin bir iletkenin yatay lokasyonunu en iyi şekilde gösterdiğini saptadı. Coggon' a göre yatay lokasyona duyarlılıkta en iyi gradyent dizilimi, sonra dipol-dipol ve en sonda pol-dipol dizilimidir. Bu tezde yatay lokasyon için en iyiden başlayarak bir sıralama yapılırsa, en iyi gradyent ve dipol-dipol sonra pol-dipoldur. Dolayısıyla yatay lokasyon için bulunan sonuçlar Sumner ve Coggon' u desteklemektedir.

Coggon [24], e göre gradyent dizilimi iki parça düşey eğimli iletkenin ayrırlılığında dipol-dipol ve pol-dipole göre üstündür. Bu tezde de iki parça düşey eğimli dayk için gradyent dizilimi dipol-dipol ve pol-dipole göre en iyi sonucu vermiştir. Coggon [24], e göre iletken yapılarda dipol-dipol dizilimi en geniş anomaliyi vermekte fakat anomaliler eğim hakkında pek bilgi vermemektedirler. Bu tezde de iletken yapılarda dipol-dipol dizilimi en geniş anomaliyi vermiş ve eğime duyarlılığı da çok az bulunmuştur. Coggon [24], pol-dipol anomalilerinin hemen hemen dipol-dipol kadar geniş olduğunu fakat daha az ayrırlı göründüklerini belirtmiş, düşük ayrırlılık ve asimetri nedeniyle sonuçların zor yorumlandığını ifade etmiştir. Bu tezde de en zor yorumun pol-dipole ait olduğu , asimetri bulunduğu ve ayrırlılığın dipol-dipole göre daha az olduğu belirtildi. Coggon[24], gradyent diziliminin iletken yapılarda eğim bilgisi ve yanal ayrırlılık sağladığını ve ince düşey yapılara tepkilerinin zayıf olduğunu ifade eder. Bu tezde gradyent diziliminin iletken yapılar için eğim bilgisi verdiği ve yanal ayrırlılıkta çok iyi olduğu saptandı. Ayrıca ince iletken düşey yapılarda diğer iki dizilime göre daha zayıf tepki verdiği gözlemlendi.

Ward [52], bazı araştırmacıların çeşitli dizilimler kullanarak iletken hedefler için yapmış oldukları çalışmaları karşılaştırarak şu sonuçlara vardı. Yanal lokasyonda en iyi dizilim gradyent dizilimi sonra dipol-dipol ve pol-dipol diziliminin geldiğini saptadı. Bu tez sonucunda da yanal lokasyon için en iyiden başlayarak bir sıralama yapılırsa en iyi gradyent ve dipol-dipol sonra pol-dipoldur. Ward [52], e göre eğimli yapıların ayrırlılığında en iyi gradyent, sonra dipol-dipol ve pol-dipoldur. Bu tez için yapılan çalışma sonucunda ise gradyent diziliminin eğime duyarlı olduğu, dipol-dipolün az duyarlı, pol-dipolün ise duyarsız olduğu gözlemlendi.

Çeşitli modelleme yöntemleriyle dipol-dipol dizilimi için iletken düşey dayk üzerinde yapılan karşılaştırmalar sonucunda sonlu fark yöntemi (Dey ve diğ. [30]) (şekil 26), alfa merkez yöntemi ( Petrick ve diğ. [6]) (şekil 27), ağ yöntemi ve sonlu eleman yöntemi (Pelton ve diğ. [22]) (şekil 28), yüzey integral yaklaşımı ve tank modeli (Pratt [67]), (şekil 29) ile bu tez için elde edilen (şekil 31) sonlu eleman ve analog tank modeli birbirlerine şekilsel bakımdan oldukça benzemekte ve şekil 30' daki arazi kesitini yorumlamada yardımcı olmaktadır.

Coggon [24] ün sonlu eleman yöntemiyle dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimleri için düşey ve eğik dayklar üzerinde yaptığı çalışma ile bu tez için sonlu eleman ve analog tank çalışmaları şekil 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 ve 40' da karşılaştırıldı. Bu tez için yapılan çalışmaların sonuçları ile Coggon [24],' ün çalışmaları büyük ölçüde birbirlerini desteklemektedir.

## 6. ÖNERİLER

Analitik bir yöntem olan görüntü (imaj) yöntemi, sadece küre ve düz sınırları içeren şekli basit yapılar modellenebilir ve eğer dayk mostra vermişse modellemesi yapılabilir. Sayısal yöntemlerden sonlu fark, alfa merkez ve integral yöntemi ise sadece basit geometrik şekle sahip cisimleri modelleyebilir. Oysa sonlu eleman yöntemi şekli son derece karmaşık olan yapıları da modelleyebilmekte olduğundan gelişime son derece açık olan bir yöntemdir. Bu yöntemin tek dezavantajı hızlı bilgisayarlara ihtiyaç duyulmasıdır. SEY ile daha geniş çapta her türlü elektriksel dizilimi ve modeli içeren çalışmalar yapılabilir.

Modellemede kullanılan diğer bir yöntem olan analog deney tankı ile modelleme de gelişime açık bir yöntemdir. Deney tanklarının avantajı her türlü dizilimin uygulanabilmesi ve her türlü materyalin istenilen derinlikte modellenebilmesidir. Geniş ölçekli ve daha derin inşa edilmiş deney tanklarında ileri seviyeli elektronik cihazlar kullanılırsa daha mükemmel sonuçlar alınacağını umuyorum.

Analog tankta dipol-dipol, pol-dipol ve gradyent dizilimleri kullanılarak elde edilen andıran-kesitler, arazi çalışmalarında elde edilen andıran-kesitlere yorum bakımından yardımcı olmak amacıyla hazırlanmıştır. Hazırlanan andıran-kesitler masif sülfid aramalarında; dik ve eğik dayk türü yapılar üzerinde, arkeojeofizik araştırmalarda; duvar, lahit ve içi kil dolu arkların aranmasında ve mühendislik jeolojisi çalışmalarında faydalı olacaktır.

Ayrıca iletken ve yalıtkan düşey ve eğik yapılara hangi tip dizilimin en iyi sonucu verdiği ve hangi tip dizilimin kullanılması gerektiği karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur.

Analog tankta ve sonlu eleman yönteminde dipol-dipol dizilimi kullanılarak elde edilen andıran-kesitlerin karşılaştırılması analog tankta elde edilen kesitlerin doğruluğunu saptayabilmek ve yöntemlerin geçerliliğini ortaya koyabilmek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca bazı araştırmacıların uyguladığı sayısal yöntemler ve analog modellemeyle de bu tez için yapılan araştırmalar detaylı olarak karşılaştırılmıştır. Sonuçta; bu tez için analog modelleme yöntemiyle elde edilen kesitler, diğer araştırma sonuçları ile birbirlerini desteklemektedirler.

İleride analog tankta ve sonlu eleman yönteminde değişik dizilimler kullanarak ve değişik şekildeki yapılar üzerinde ölçüler alarak andıran-kesitlerin sayısı arttırılabilir ve her türlü dizilim ve hedef kullanarak bunlar bir katalogda toplanabilir. Ayrıca ileride analog deney tankına çeşitli materyaller (kum, kil, çakıl vs.) doldurularak yeraltı sularının, kirli yeraltı sularının, kimyasal atıkların, nükleer atıkların, fayların, toprak temelmaya arayüzeyinin, karstik yapıların, tünel ve boşluk gibi yapıların saptanmasına yardımcı olacak çalışmalar da yapılabilir.



## 7. KAYNAKLAR

1. Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R.E., Keys, D.A., Applied Geophysics, Cambridge Univ. Press, (1986).
2. Canitez, N., Jeofizikte Modellemenin Amaç ve Kapsamı, Jeofizikte Modelleme Kollokyumu, (1992).
3. Coggon, J. H., Electromagnetic and Electrical Modelling by The Finite Element Method, Geophysics, 36, (1971) 132-155.
4. Sasaki, Y., Automatic Interpretation of Induced Polarization Data Over Two-Dimensional Structures, Mem. Fac. Eng., Kyushu Univ., 42, (1982)59-74.
5. Stefanescu, S., Stefanescu, D., Mathematical Models of Conducting Ore Bodies for Direct Current Electrical Prospecting, Geophysical Prospecting, 22, (1974) 246-260.
6. Petrick, W. R., Sill, W. R., Ward, S. H., Three Dimensional Resistivity Inversion Using Alpha Centers, Geophysics, 46 (1981) 1148-1162.
7. Shima, H., Sakayama, T., Aplication of Alpha Centers Method for Two-Dimensional Resistivity Inversion Problems, Rev. Rown. Geol. Geophys. Et Geogr.-Geophysique, 31,(1987) 71-79.
8. Shima, H., 2-D and 3-D Resistivity Image Reconstruction Using Crosshole Data, Geophysics, 57, (1992) 1270-1281.
9. Edwards, R. N., Lee, H., Nabighian, M. N., On The Theory of Magnetometric Resistivity (MMR) Methods, Geophysics, 43, (1978) 1176-1203.
10. Alfano, L., Introduction to The Interpretation of Resistivity Measurements for Complicated Structural Conditions, Geophysical Prospecting, 7, (1959) 311-360.
11. Alfano, L., The Influence of Surface Formations on The Apparent Resistivity Values in Electrical Prospecting. Part 1, Geophysical Prospecting, 8, (1960) 575-606.
12. Alfano, L., The Influence of Surface Formations on The Apparent Resistivity Values in Electrical Prospecting. Part 2, Geophysical Prospecting, 9, (1961) 213-241.
13. Keller, G. V., Frischknecht, F. C., Electrical Methods in Geophysical Prospecting, Publ. Pergamon Press, (1966) 519.

14. Dieter, K., Paterson, N. R., Grant, F. S., IP and Resistivity Type Curves for Three Dimensional Bodies, Geophysics, 34, (1969) 615-632.
15. Lee, T., An Integral Equation and Its Solution for Some Two and Three- Dimensional Problems in Resistivity and Induced Polarization, Geophysical Journal Of The Royal Astronomical Society, 42, (1975) 81-95.
16. Das, U. C., Parasnis, D. S., Resistivity and Induced Polarization Responses of Arbitrarily Shaped 3-D Bodies in a Two-Layered Earth, Geophysical Prospecting, 35 (1987) 98-109.
17. Chunduru, R. K., Nagendra, R., Patangay, N. S., RESDYK- A FORTRAN Program for Computing Apparent Resistivity over an Infinitely Deep Outcropping Vertical Dyke, Computer And Geosciences, 17(10), (1991) 1395-1408.
18. Mufti, I. R., Finite-Difference Resistivity Modeling for Arbitrarily Shaped Two-Dimensional Structures, Geophysics, 41 (1976) 62-78.
19. Dey, A., Morrison, H. F., Resistivity Modeling for Arbitrarily Shaped Two-Dimensional Structures, Geophysical Prospecting, 27 (1979) 106-136.
20. Dey, A., Morrison, H. F., Resistivity Modeling for Arbitrarily Shaped Three-Dimensional Structures, Geophysics, 44 (1979) 753-780.
21. Smith, N. C., Vozoff, K., Two-Dimensional DC Resistivity Inversion for Dipole-Dipole Data, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, GE-22(1), (1984).
22. Pelton, W.H., Rijo, L., Swift, JR. C. M., Inversion of Two Dimensional Resistivity and Induced-Polarization, Geophysics, 43, (1978) 788-803.
23. Tripp, A. C., Hohmann, G. W., Swift, C. M., Two-Dimensional Resistivity Inversion, Geophysics, 49(10), (1984) 1708-1717.
24. Coggon, J. H., A Comparison of IP Electrode Arrays, Geophysics, 38, (1973) 737-761.
25. Rijo, L., Ward, S. H., Hohmann, G. W., Sill, W. R., An Integrated Approach for Magnetotelluric, Turam, Resistivity and Induced Polarization Modeling, Paper Presented At The 45th SEG Meeting, Denver, (1975).
26. Bibby, H. M., Direct Current Resistivity Modelling for Axially Symmetric Bodies Using The Finite Element Method, Geophysics, 43, (1978) 550-562.
27. Fox, C. F., Hohmann, G. W., Killpack, T. J., Rijo, L., Topographic Effects in Resistivity and Induced Polarization Surveys, Geophysics, 45(1), (1980) 75-93.

28. Pridmore, D., Hohmann, G. W., Ward, S. H., Sill, W. R., An Investigation of Finite Element Modeling for Electrical and Electromagnetic Modeling Data in Three Dimensions, Geophysics, 40, (1981), 1009-1024.
29. Lee, K. H., Pridmore, D. F., Morrison, H. F., A Hybrid Three-Dimensional Electromagnetic Modeling Scheme, Geophysics, 46 (1981) 796-805.
30. Cendes, Z. J., Unlocking The Magic of Maxwell's Equations, IEEE Spectrum, 24(4), (1989) 29-33.
31. Queralt, P., Pous, J., Marcuello, A., 2-D Resistivity Modeling: An Approach to Arrays Parallel to The Strike Direction, Geophysics, 56, (1991) 941-950.
32. Dittmer, J. K., Syzmanski, J. E., The Forward Modeling of Resistive Two-Dimensional Features Using The Finite Element Method, Theory and Practice of Applied Geophysics, 7, (1993) 103-122.
33. Oristaglio, M. L., Hohmann, G. W., Diffusion of Electromagnetic Fields into a 2D Earth: a Finite-Difference Approach, Geophysics, 49(7), (1984) 870-894.
34. Burnett, D. S., Finite Element Analysis: From Concepts to Applications, Addison Wesley Publishing Co. (1987).
35. Zienkiewicz, O. C., Cheung, Y.K., Finite Elements in The Solution Of Field Problems, The Engineer, 220, (1965) 507-510.
36. Geertsima, J., Finite-Element Analysis of Shallow Temperature Anomalies, Geophysical Prospecting, 19, (1971) 662-681.
37. Wannamaker, P. E., Stodt, J. A., Rijo, L., A Stable Finite Element Solution for Two-Dimensional Magnetotelluric Modeling, Geophysical Journal Of The Royal Astronomical Society, (1987) 277-296.
38. Iliceto, V., Santarato, G., Zerilli, A., 2D Modelling of Resistivity and Magnetotelluric Data from The Belvedere Spinello Salt Mine, Italy, Geophysical Prospecting, 43, (1995) 77-89.
39. Yang, C., Tseng, H., Topographic Responses in Magnetometric Resistivity Modelling, Geophysics, 57, (1992) 1409-1418.
40. Zhao, J. X., Rijo, L., Ward, S. H., Effects of Geologic Noise on Cross-Borehole Electrical Surveys, Geophysics, 51, (1986), 1978-1991.
41. La Brecque, D., Owen, E., Dailey, W., Ramirez, A., Noise and Occam's Inversion of Resistivity Tomography Data: 62 Nd. Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophysics, Expanded Abstracts, (1992) 397-400.

42. Rijo, L., Electromagnetic Modeling by The Finite Element Method, Ph. D. Thesis, Univ. Of. Utah, (1977).
43. Goldman, Y., Hubans, C., Nicoletis, S., Spitz, S., A Finite-Element Solution for The Transient Electromagnetic Response of an Arbitrary Two-Dimensional Resistivity Distribution, Geophysics, 51, (1986) 1450-1461.
44. Molano, C. E., Salamanca, M., Overmeeren, R. A. Van, Numerical Modelling of Standard and Continuous Vertical Electrical Soundings, Geophysical Prospecting, (1990) 705-718.
45. Tong, L. T., Yang, C. H., Incorporation of Tomography into Two-Dimensional Resistivity Inversion, Geophysics, 55, (1990) 354-361.
46. Shima, H., Two-Dimensional Automatic Resistivity Inversion Technique Using Alpha Centers, Geophysics, 55(6), (1990)682-694.
47. Sasaki, Y., Resolution of Resistivity Tomography Inferred from Numerical Simulation, Geophysical Prospecting, 40, (1992) 453-463.
48. Sasaki, Y., Three-Dimensional Resistivity Inversion Using The Finite-Element Method, Geophysics, 59,(1994) 1839-1848.
49. Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., The Finite Element Method, (4th Edition): 1- Basic Formulation and Linear Problems, Mcgraw-Hill Book Company, London (1989).
50. Brebbia, C. A., Connor, J. J., Fundamentals of Finite Elements Techniques, Butterworth And Co, London (1973).
51. Dittmer, J. K., The Stochastic Inversion of Magnetics and Resistivity Data Using The Simulated Annealing Algorithm, Ph. D. Thesis, Univ. Of York, York, 1993.
52. Ward, S. H, Resistivity and Induced Polarization Methods, Geotechnical and Environmental Geophysics, Investigations in Geophysics, no.5, (1990) 147-189.
53. Apparao, A., Roy, A., Mallick, K., Resistivity Model Experiments, Geoexploration, 7, (1968) 45-54.
54. Apparao, A., Roy, A., Resistivity Model Experiments, 2, Geoexploration, 9, (1971) 195-205.
55. Singh, J., Jha, B. P., Gupta, R.P., Model Tank Experiments for Resistivity Measurements on Non-Conducting and Conducting Sheets, Pure And Applied Geophysics, 85, (1971) 90-106.

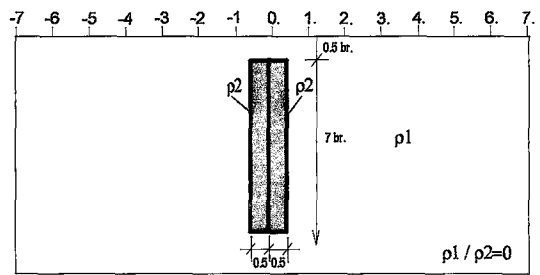
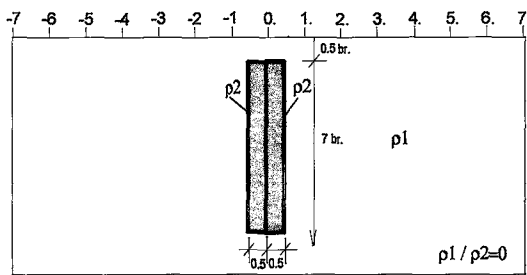
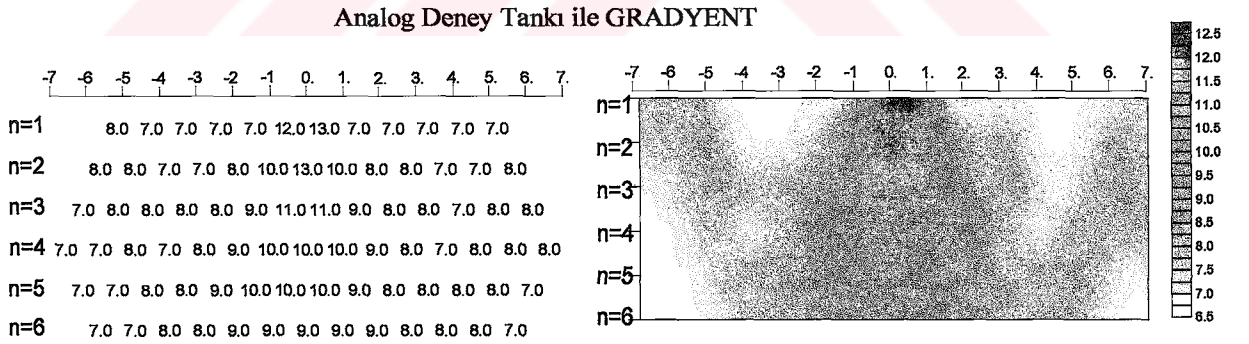
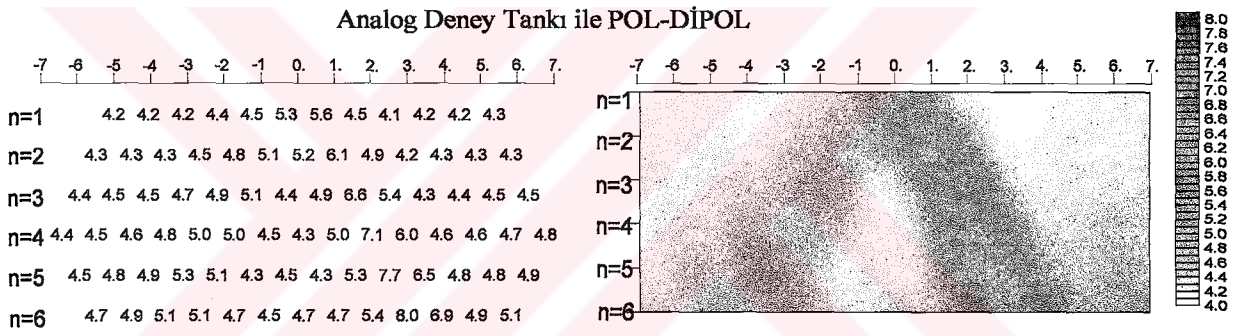
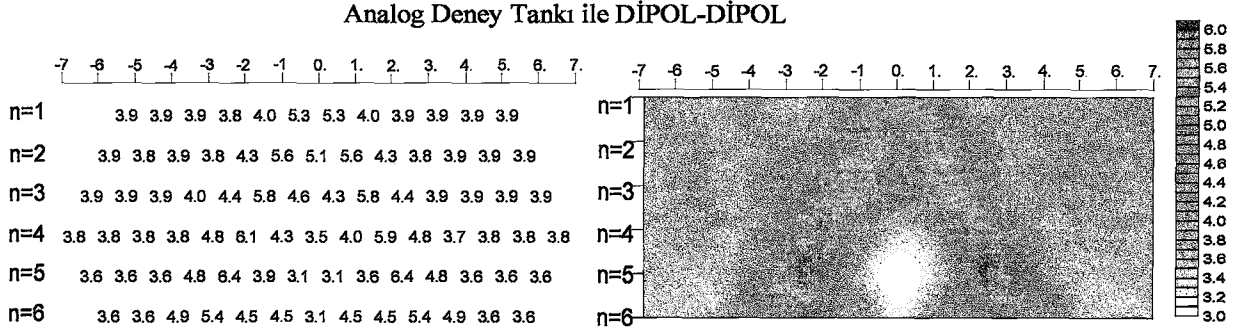
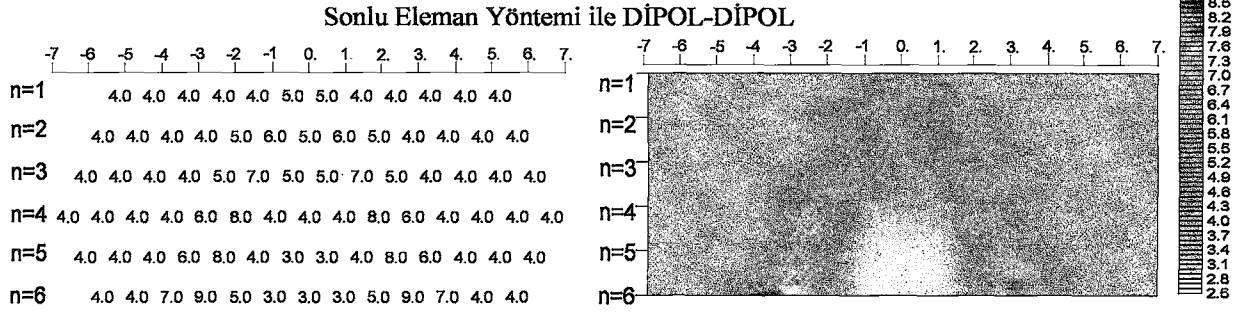
56. Aiken, C. L., Hastings, D. A., Sturgul, J. R., Physical and Computer Modeling of Induced Polarization, Geophysical Prospecting, 21, (1973) 763,782.
57. Apparao, A., Model Tank Experiments on Resolution of Resistivity Anomalies Obtained over Buried Conducting Dykes-Inline and Broadside Profiling, Geophysical Prospecting, 27, (1979) 835-847.
58. Apparao, A., Gangadhara Rao, T., Sivarama Sastry, R., Subrahmanya Sarma, V., Depth of Detection of Buried Conductive Targets with Different Electrode Arrays in Resistivity Prospecting, Geophysical Prospecting, 40, (1992) 749-760.
59. Spiegel, R. J., Sturdivant, V. R., Owen, T. E., Modeling Resistivity Anomalies from Localized Voids under Irregular Terrain, Geophysics, 45, (1980) 1164-1183.
60. Karwatowsky, J., Habberjam, G. M., Tunnel Resolution Investigations Using An Automated Tank Analogue, Geophysical Prospecting, 29, (1981) 891-905.
61. Matias, M. J. S., Habberjam, G. M., The Effect of Structure and Anisotropy on Resistivity Measurements, Geophysics, 51, (1986) 964-971.
62. Hallof, P. G., Theoretical Induced Polarization And Resistivity Scale Model Cases. Phase 1-5 (4 Vols.) Mcpfar Geophysics Ltd., Toronto, Canada. (1967-1970)
63. Hallof, P. G., On The Interpretation of Resistivity and Induced Polarization Measurements. Ph D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1957.
64. Edwards, L. S.. A Modified Pseudosection for Resistivity and IP, Geophysics, 42 (1977) 1020-1036
65. Loke, M. H., Barker, R. D., Least-Squares Deconvolution of Apparent Resistivity Pseudosections, Geophysics, 60 (1995) 1682-1690
66. Fraser, D. C., Contour Map Presentation of Dipole-Dipole Induced Polarization Data, Geophysical Prospecting, 29 (1981) 639-651
67. Bertin J., Loeb, J., Experimental and Theoretical Aspects of Induced Polarization, Vol. 1, Gebruder Borntraeger, Berlin, (1976)
68. Pratt, D. A., The Surface Integral Approach to The Solution of The 3D Resistivity Problem, Aseg Bulletin, Vol. 3, No.4, (1972) 33-50.
69. Sumner, J. S., Principles of IP for Geophysical Exploration. Elsevier Scientific Pub. Com. Amsterdam, Oxford-Newyork, (1976)

## **8. EKLER**



**E K - 1**



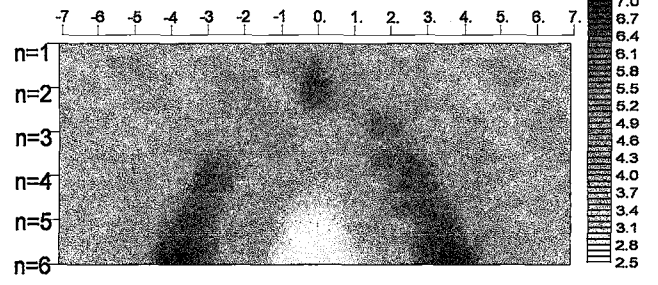


Ek Şekil 1. Birbirine bitişik yalıtkan iki dişey daykın andıran-kesitleri.



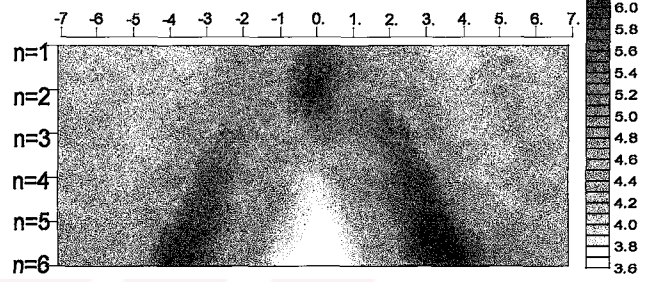
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



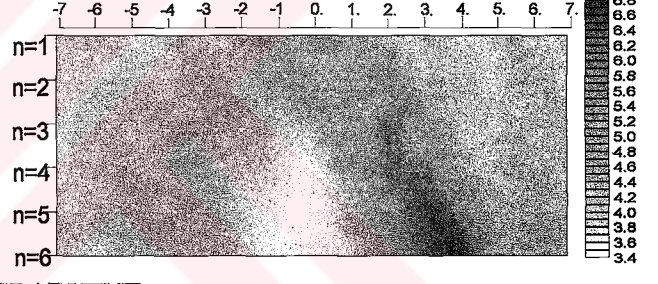
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



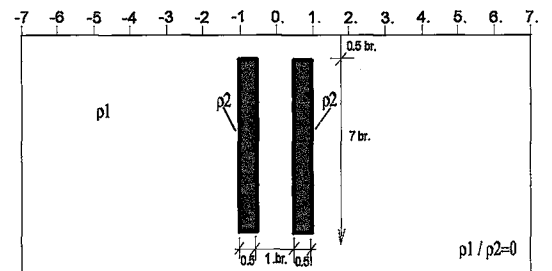
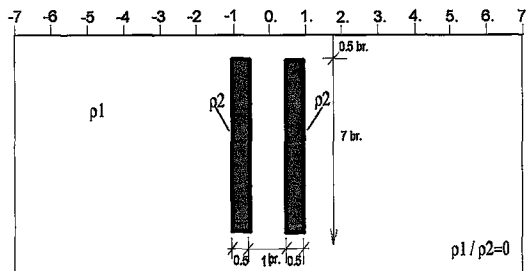
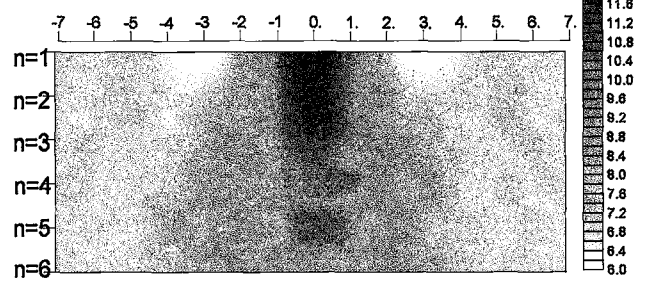
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



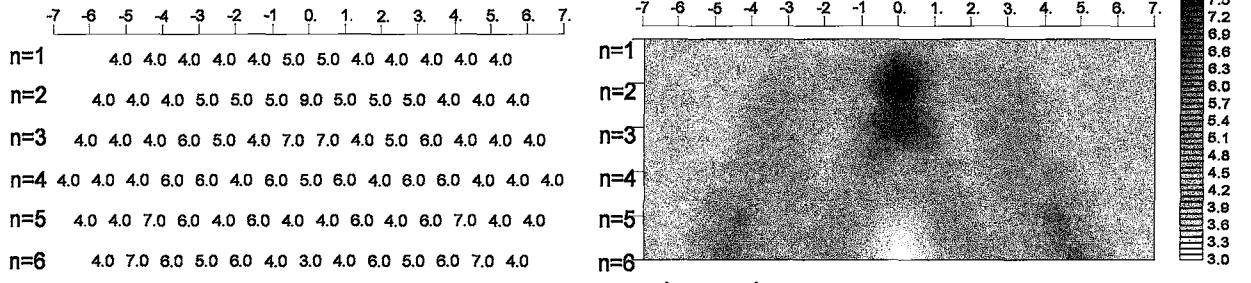
## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															

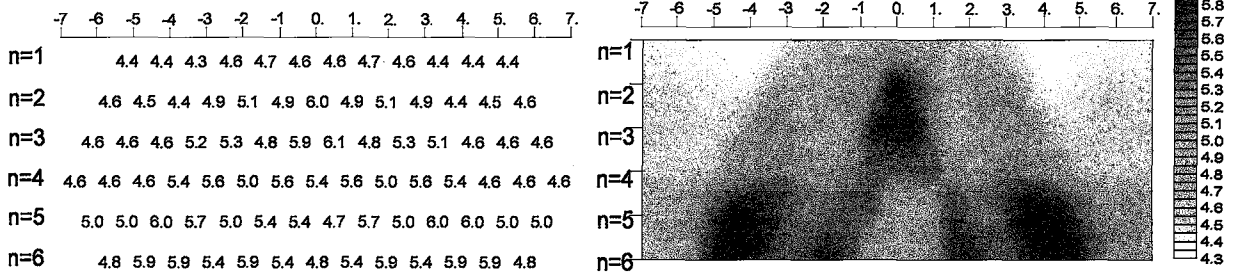


Ek Şekil 2. 1 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykım andıran-kesitleri.

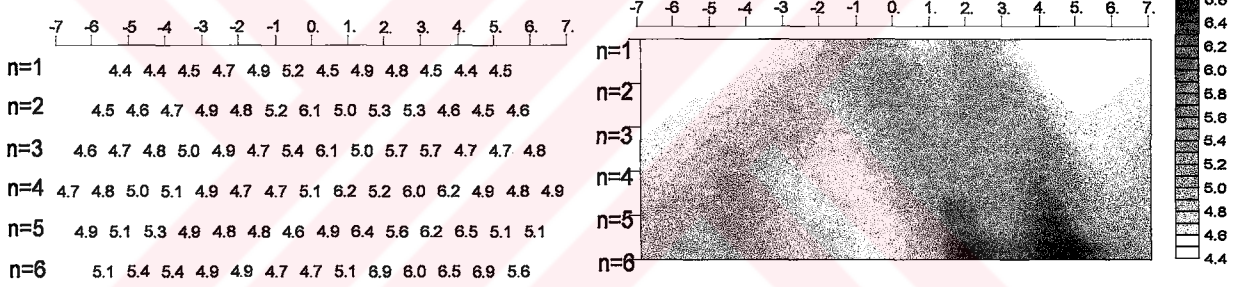
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL



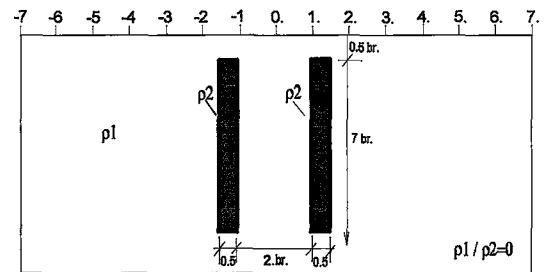
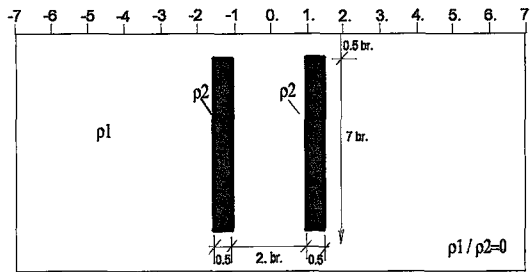
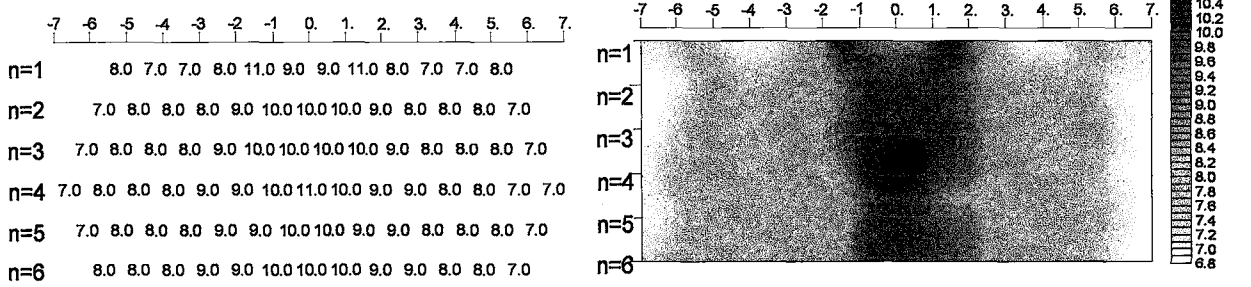
## Analog Deneysel Tank ile DİPOL-DİPOL



## Analog Deneysel Tank ile POL-DİPOL



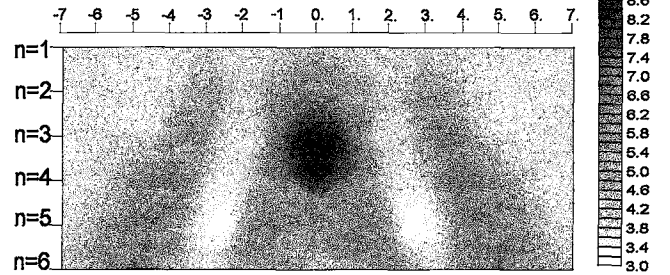
## Analog Deneysel Tank ile GRADYENT



Ek Şekil 3. 2 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

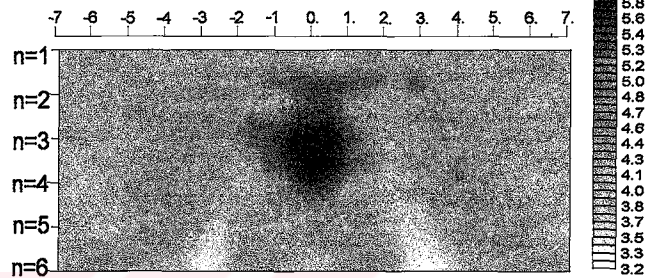
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



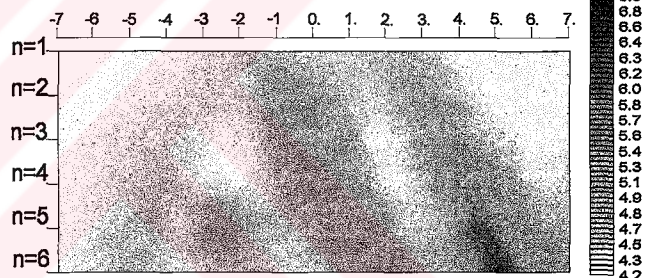
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



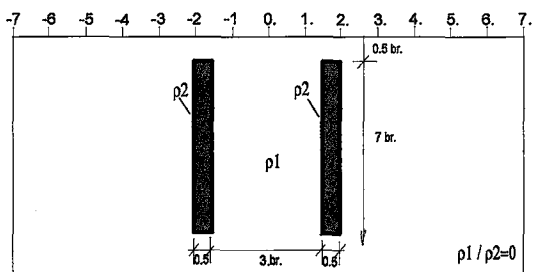
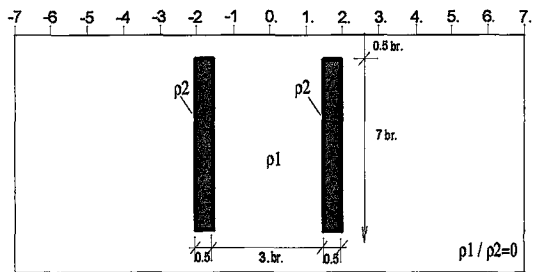
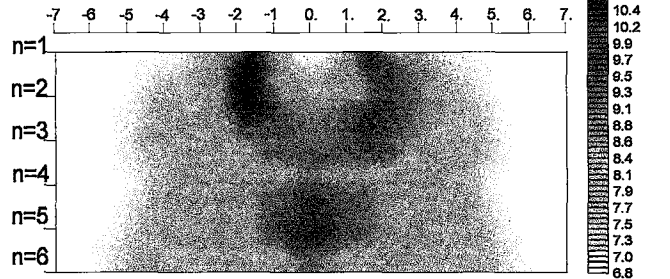
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

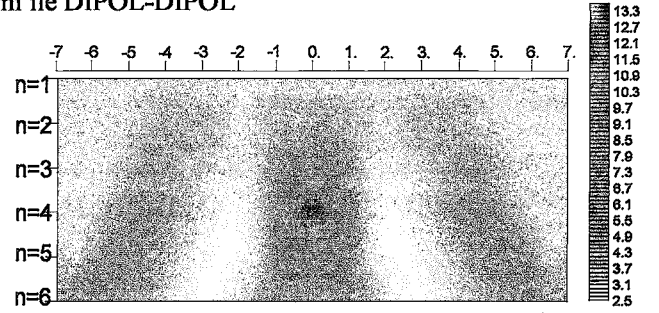
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 4. 3 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

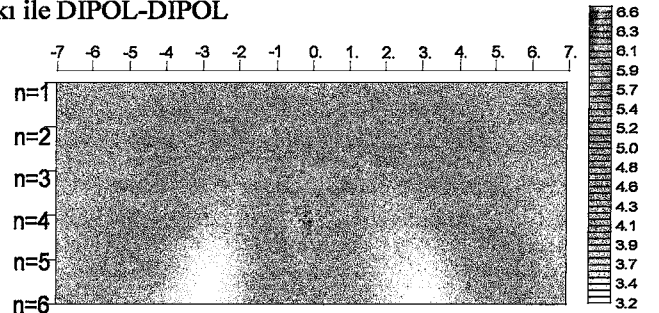
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=2	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=3	4.0	4.0	6.0	5.0	4.0	4.0	8.0	8.0	4.0	4.0	5.0	6.0	4.0	4.0	4.0
n=4	4.0	4.0	6.0	6.0	4.0	3.0	6.0	15.0	6.0	3.0	4.0	6.0	8.0	4.0	4.0
n=5	4.0	7.0	6.0	4.0	3.0	4.0	10.0	10.0	4.0	3.0	4.0	6.0	7.0	4.0	4.0
n=6	8.0	6.0	4.0	3.0	4.0	7.0	6.0	7.0	4.0	3.0	4.0	6.0	8.0	4.0	4.0



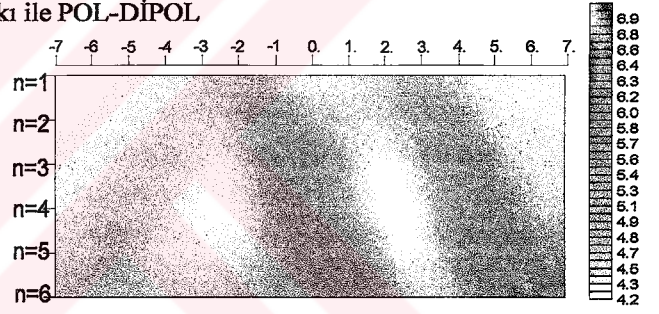
## Analog Deneysel Tank ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.5	4.3	4.3	4.5	4.7	4.5	4.3	4.2	4.2	4.3	4.3
n=2	4.3	4.3	4.7	4.9	4.9	4.8	4.5	5.1	4.8	5.0	4.9	4.3	4.3	4.3	4.3
n=3	4.1	4.2	4.9	4.9	4.4	4.7	5.4	5.5	4.5	4.4	5.0	5.1	4.2	4.2	4.2
n=4	4.0	4.2	5.0	4.8	4.0	4.0	5.0	6.9	4.6	4.0	4.0	5.0	5.2	4.0	4.0
n=5	4.0	5.0	4.7	3.7	3.3	4.4	6.0	5.4	4.0	3.7	3.7	4.7	5.0	4.0	4.0
n=6	4.8	4.3	3.8	3.2	3.8	5.4	4.8	4.8	3.8	3.2	3.8	4.8	4.8	4.8	4.8



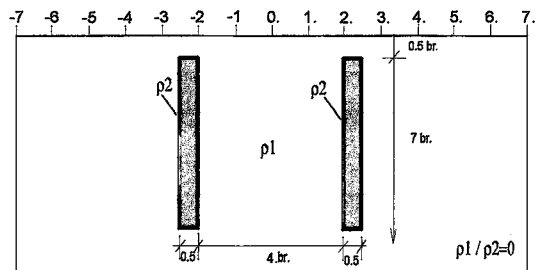
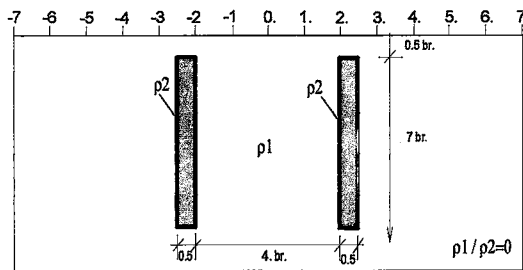
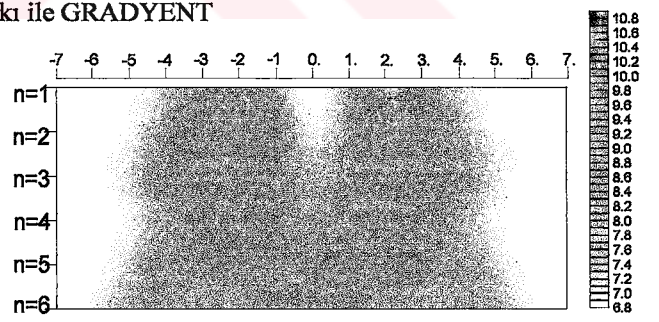
## Analog Deneysel Tank ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	4.5	4.5	4.6	4.9	4.8	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
n=2	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	5.4	4.8	4.7	4.6	5.2	5.3	4.5	4.4	4.4	4.4
n=3	4.5	4.5	4.7	4.7	4.4	4.9	6.1	5.3	4.4	4.3	5.3	5.7	4.6	4.5	4.5
n=4	4.5	4.7	4.8	4.7	4.4	4.4	5.1	6.5	5.0	4.3	4.4	5.5	6.1	4.8	4.7
n=5	4.6	4.9	4.6	4.5	4.5	4.6	5.3	6.1	5.3	4.3	4.6	5.8	6.5	5.1	5.1
n=6	4.9	4.9	4.7	4.7	4.9	5.1	5.4	6.3	5.4	4.7	4.7	6.0	7.2	4.8	4.8



## Analog Deneysel Tank ile GRADYENT

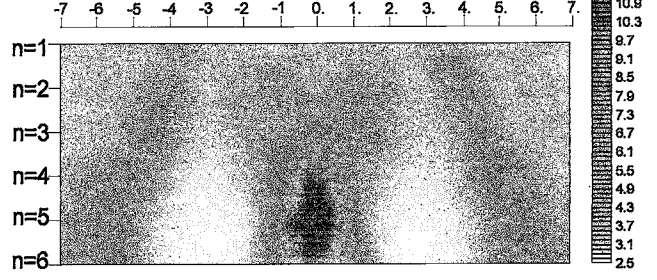
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	7.0	7.0	8.0	10.0	9.0	7.0	7.0	9.0	11.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=2	7.0	7.0	8.0	9.0	10.0	9.0	7.0	8.0	10.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=3	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0
n=4	7.0	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0
n=5	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	7.0	7.0	7.0
n=6	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0	7.0



Ek Şekil 5. 4 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

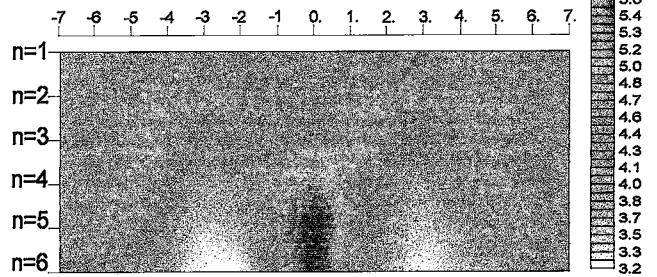
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

n=1	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0			
n=2	4.0	4.0	6.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	6.0	4.0	4.0		
n=3	4.0	4.0	6.0	4.0	4.0	5.0	6.0	6.0	5.0	4.0	4.0	6.0	4.0	4.0	
n=4	4.0	5.0	7.0	4.0	3.0	4.0	6.0	12.0	6.0	4.0	3.0	4.0	7.0	5.0	4.0
n=5	5.0	8.0	4.0	3.0	3.0	4.0	12.0	12.0	4.0	3.0	3.0	4.0	8.0	5.0	4.0
n=6	8.0	5.0	3.0	3.0	3.0	8.0	12.0	8.0	3.0	3.0	3.0	5.0	8.0	4.0	4.0



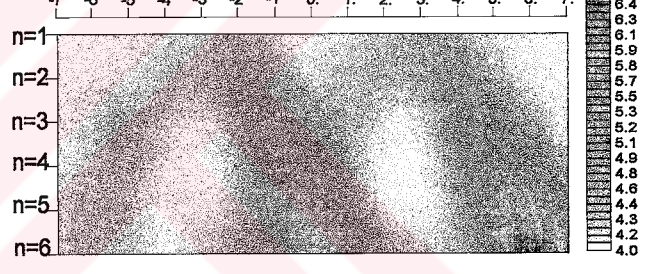
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

n=1	4.3	4.3	4.6	4.7	4.4	4.2	4.3	4.4	4.7	4.6	4.3	4.3			
n=2	4.3	4.4	4.9	4.8	4.9	4.6	4.2	4.6	4.9	4.8	4.9	4.4	4.3		
n=3	4.2	4.5	5.1	4.5	4.4	4.8	4.7	5.0	4.4	4.5	5.1	4.5	4.2		
n=4	4.0	4.4	5.2	4.4	3.8	4.0	4.8	5.6	5.0	4.2	3.8	4.4	5.2	4.4	4.0
n=5	4.4	5.0	4.4	3.7	3.7	4.0	5.7	5.7	4.0	3.7	3.7	4.4	5.0	4.4	4.0
n=6	4.8	3.8	3.8	3.2	3.2	4.8	5.9	4.3	3.8	3.2	3.8	3.8	4.8	4.0	4.0



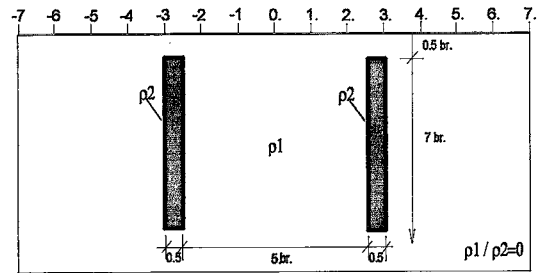
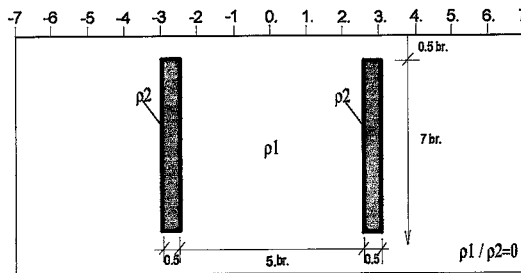
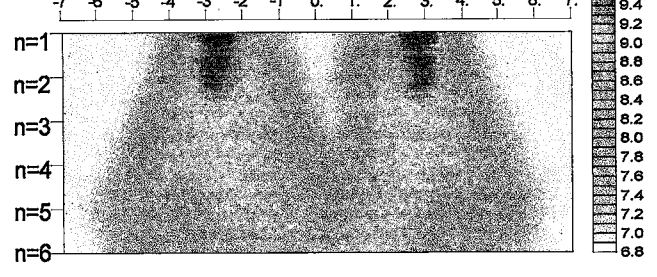
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

n=1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.5	4.2	4.3	4.4	4.6	4.8	4.4	4.2			
n=2	4.3	4.3	4.5	4.5	4.9	4.9	4.3	4.5	4.5	4.6	5.3	4.6	4.3		
n=3	4.3	4.7	4.5	4.3	4.5	5.2	5.3	4.7	4.5	4.2	4.6	5.8	4.8	4.3	
n=4	4.3	4.5	4.6	4.3	4.2	4.6	5.5	5.8	4.6	4.2	4.2	4.8	6.0	5.1	4.5
n=5	4.5	4.6	4.3	4.3	4.3	4.8	5.9	5.9	4.5	4.2	4.3	5.1	6.4	5.6	4.0
n=6	4.5	4.5	4.3	4.5	4.7	5.1	6.0	5.8	4.7	4.5	4.7	5.4	6.9	4.0	4.0



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

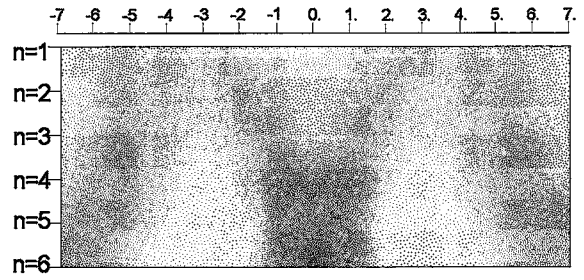
n=1	7.0	7.0	9.0	10.0	8.0	7.0	7.0	8.0	10.0	9.0	7.0	7.0			
n=2	7.0	7.0	8.0	10.0	9.0	8.0	7.0	8.0	9.0	10.0	8.0	7.0	7.0		
n=3	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	
n=4	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0
n=5	7.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	8.0	8.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0
n=6	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0



Ek Şekil 6. 5 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

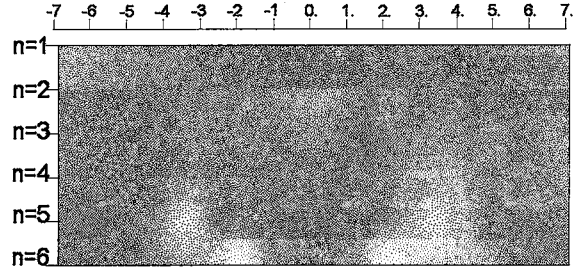
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



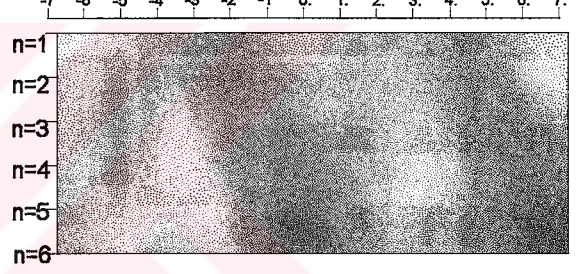
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



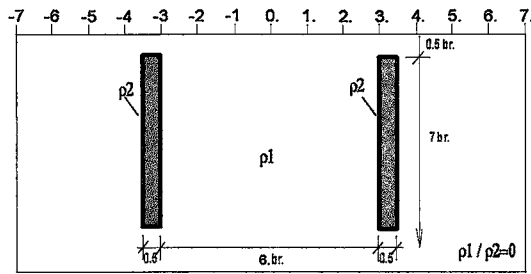
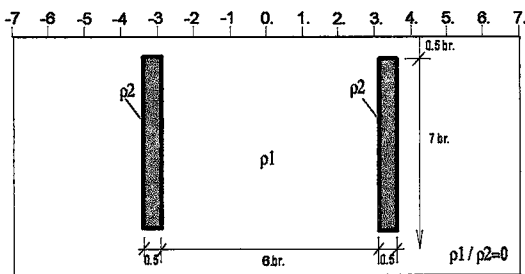
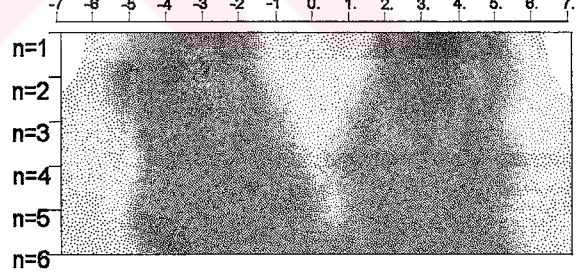
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

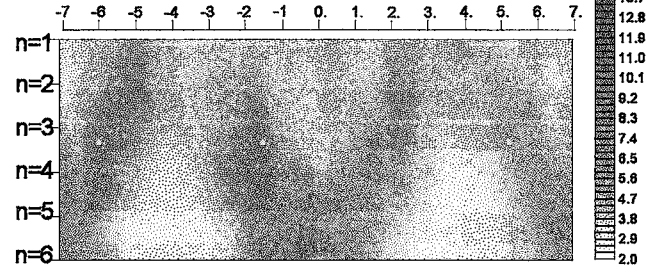
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 7. 6 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

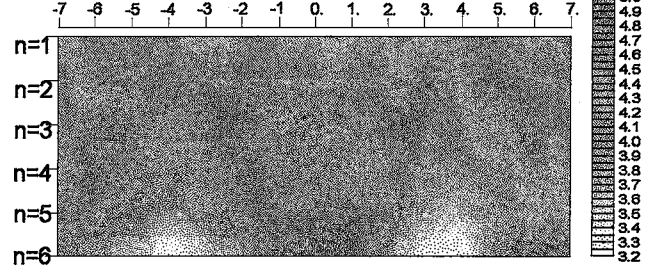
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7			
n=1				4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0				
n=2				4.0	6.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	6.0	4.0		
n=3				4.0	6.0	4.0	4.0	5.0	6.0	4.0	4.0	6.0	5.0	4.0	4.0	6.0	4.0	
n=4				5.0	7.0	4.0	3.0	4.0	6.0	6.0	4.0	6.0	6.0	4.0	3.0	4.0	7.0	5.0
n=5				8.0	4.0	3.0	3.0	4.0	6.0	8.0	8.0	6.0	4.0	3.0	3.0	4.0	8.0	
n=6				5.0	3.0	3.0	3.0	4.0	7.0	17.0	7.0	4.0	3.0	3.0	3.0	5.0		



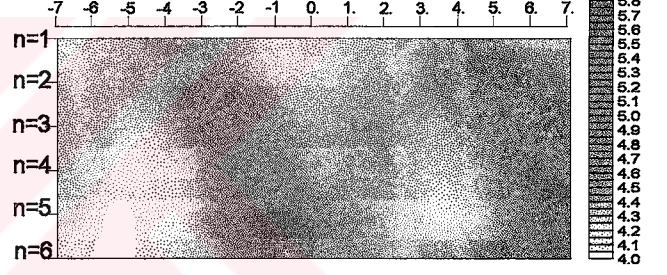
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7			
n=1				4.3	4.4	4.4	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3	4.4	4.4	4.3			
n=2				4.4	4.7	4.3	4.7	4.4	4.2	4.2	4.2	4.4	4.7	4.3	4.7	4.3		
n=3				4.3	4.8	4.5	4.3	4.8	4.4	4.0	4.1	4.4	4.8	4.3	4.5	4.9	4.3	
n=4				4.2	4.8	4.2	4.0	4.2	4.8	4.4	4.0	4.4	4.6	4.2	4.0	4.2	4.8	4.2
n=5				4.7	4.0	3.7	3.7	4.0	4.7	4.4	4.7	4.7	4.0	3.7	3.7	4.0	4.4	
n=6				3.8	3.8	3.2	3.5	3.8	4.8	5.4	4.8	3.8	3.2	3.2	3.8	4.0		



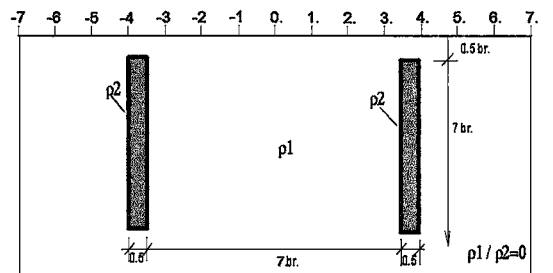
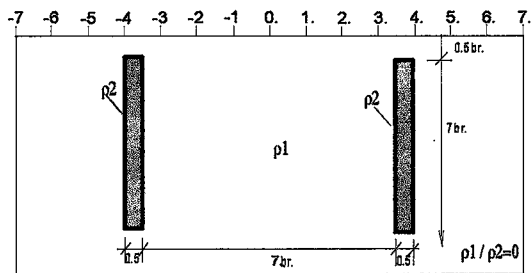
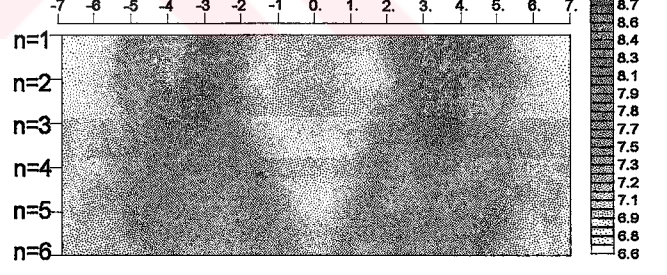
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7			
n=1				4.2	4.3	4.5	4.4	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.6	4.4			
n=2				4.3	4.4	4.4	4.8	4.6	4.3	4.3	4.3	4.4	4.5	4.6	5.0	4.5		
n=3				4.3	4.3	4.2	4.5	5.1	4.9	4.4	4.4	4.5	4.4	4.3	4.6	5.2	4.8	
n=4				4.3	4.4	4.0	4.2	4.5	5.3	5.3	4.5	4.6	4.5	4.3	4.3	4.7	5.5	5.0
n=5				4.3	4.0	4.2	4.2	4.6	5.6	5.6	4.8	4.5	4.3	4.2	4.3	4.9	5.9	
n=6				4.0	4.0	4.3	4.5	4.9	6.0	6.0	4.9	4.5	4.5	4.5	4.7	5.1		



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

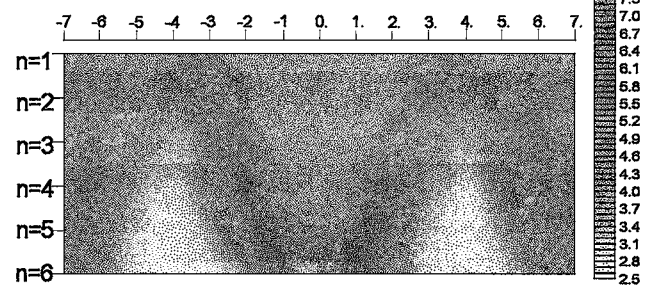
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7			
n=1				7.0	8.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0	7.0			
n=2				7.0	8.0	9.0	9.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	9.0	9.0	8.0	7.0		
n=3				7.0	7.0	8.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	9.0	8.0	7.0	7.0	
n=4				7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0
n=5				7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0
n=6				7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0	



Ek Şekil 8. 7 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andırın-kesitleri.

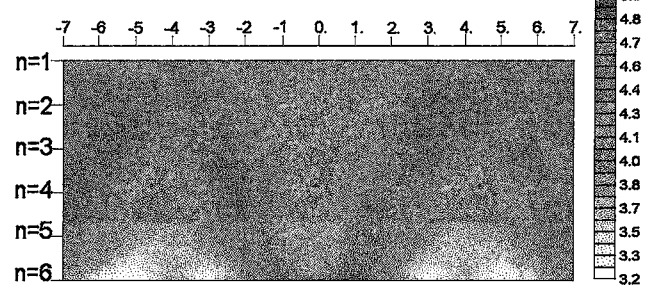
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



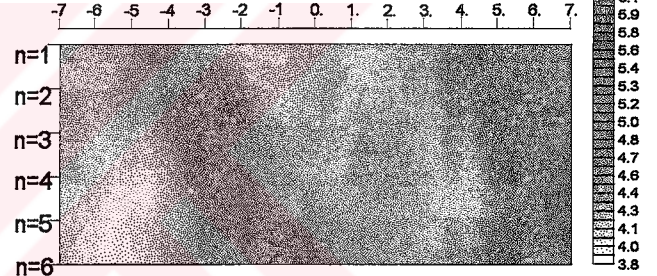
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



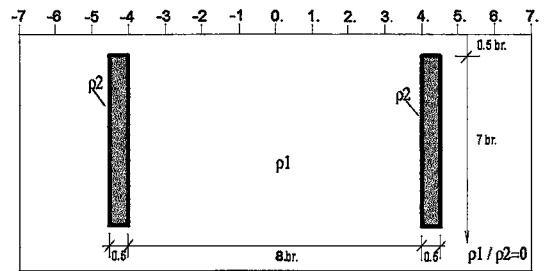
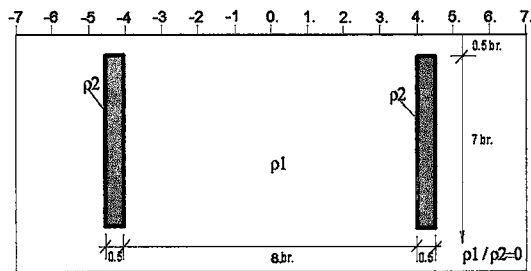
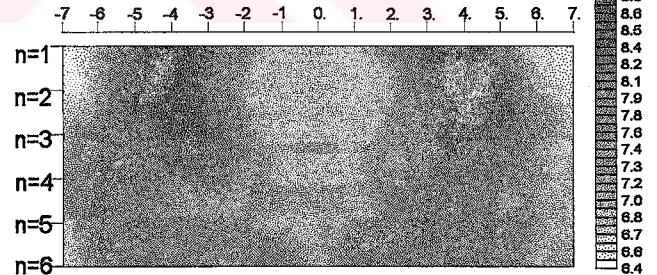
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

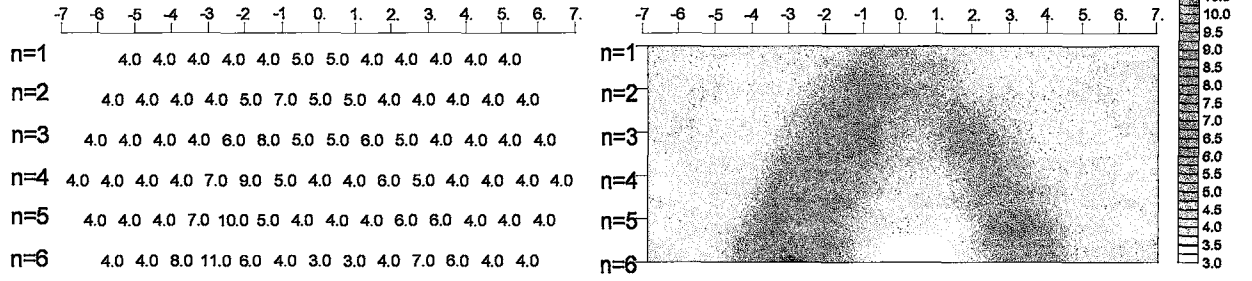
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



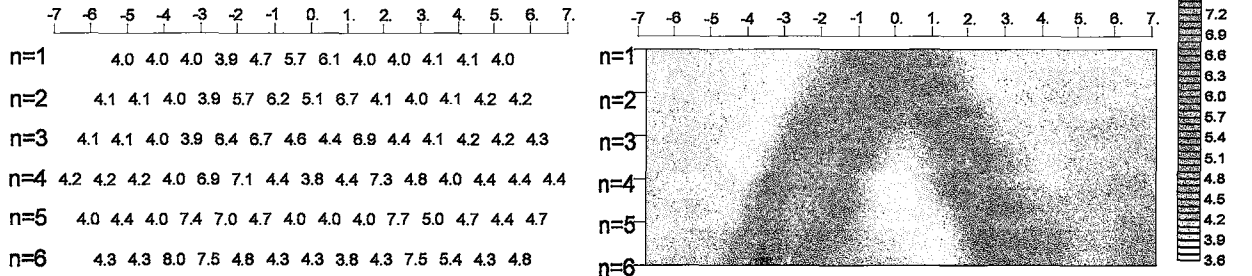
Ek Şekil 9. 8 birim aralıklı yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.



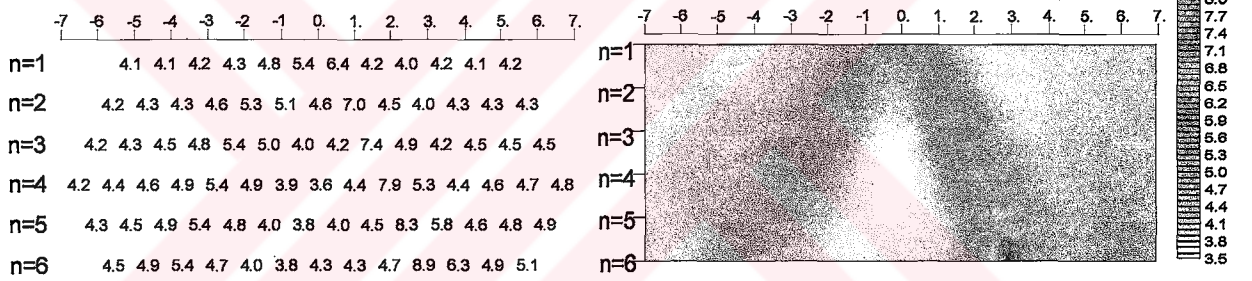
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL



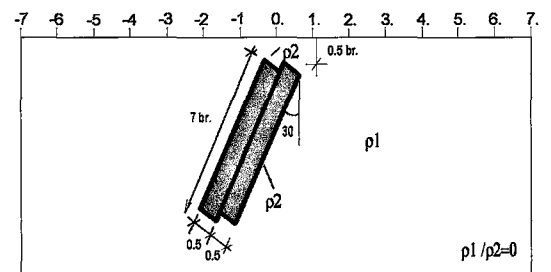
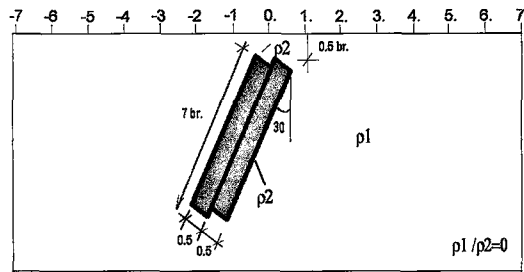
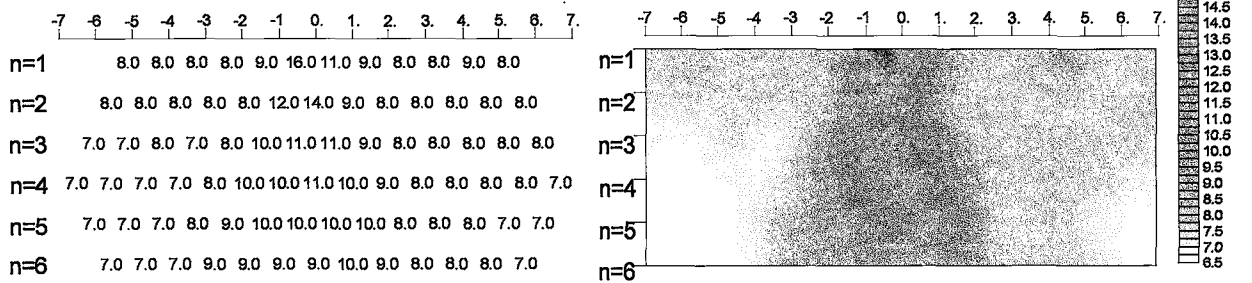
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL



## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

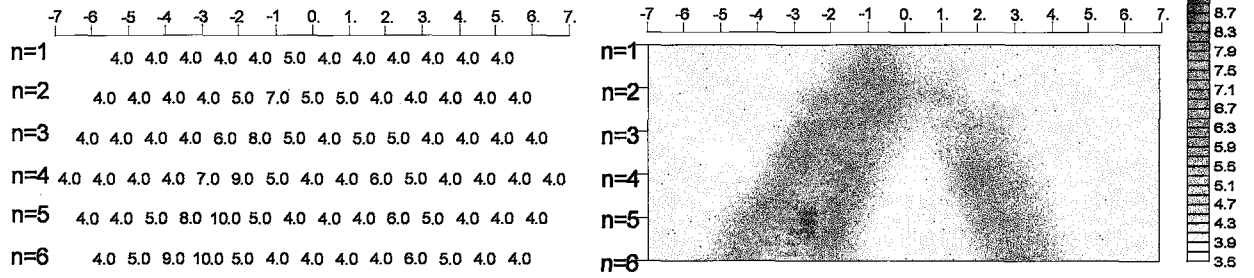


## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

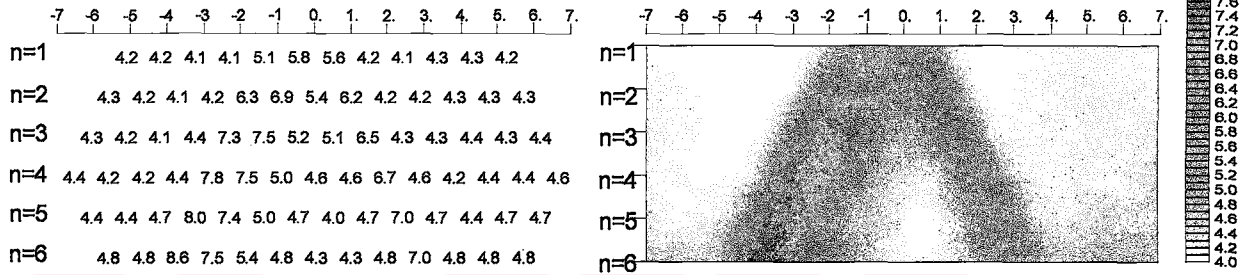


Ek Şekil 10. Birbirine bitişik 30 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

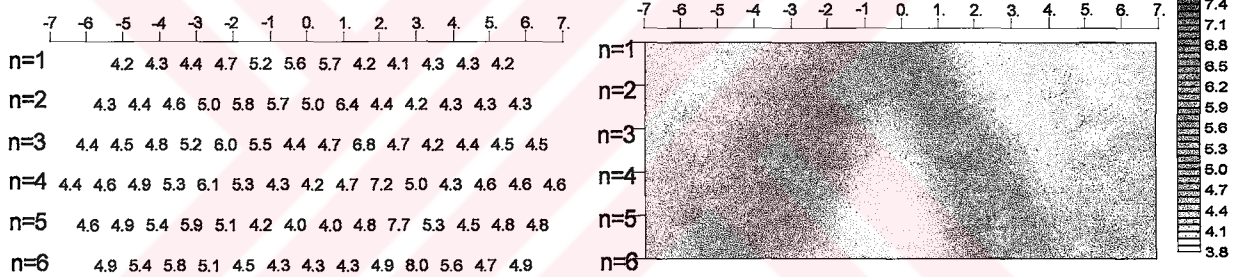
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL



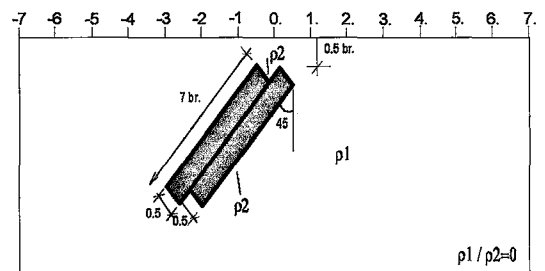
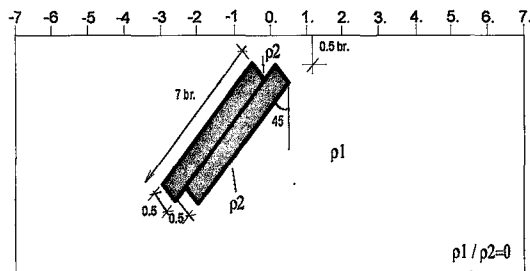
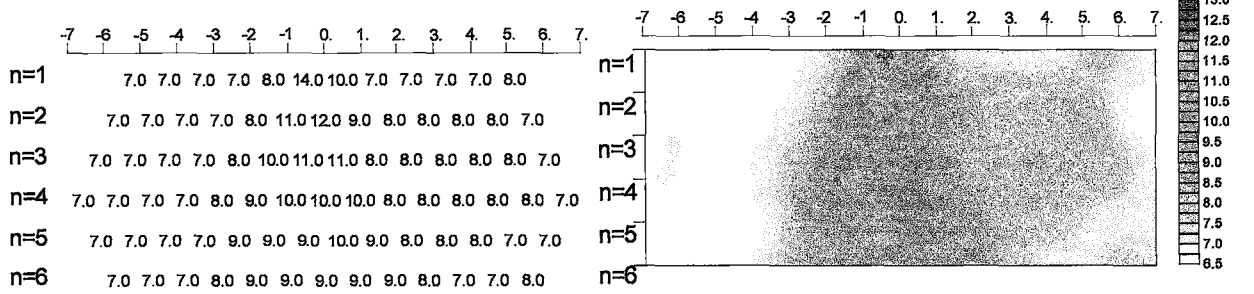
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL



## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

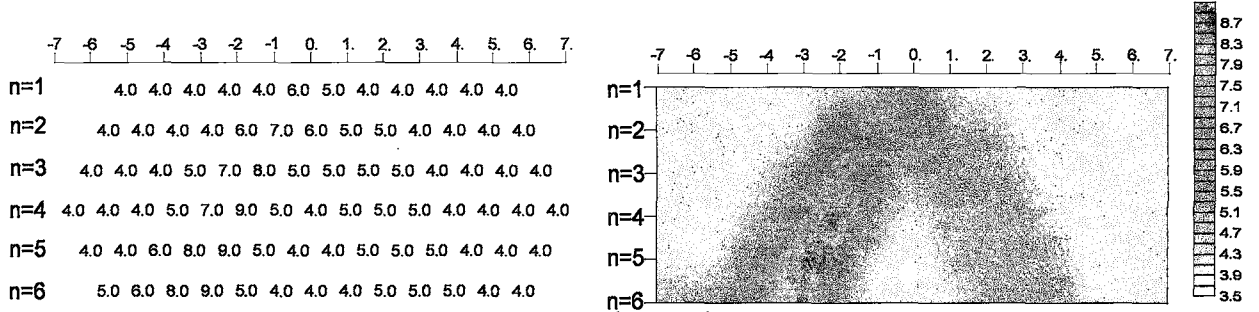


## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

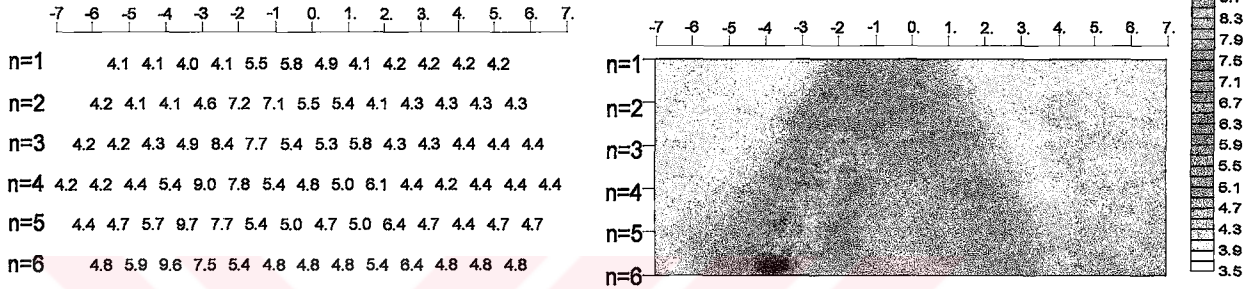


Ek Şekil 11. Birbirine bitişik 45 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

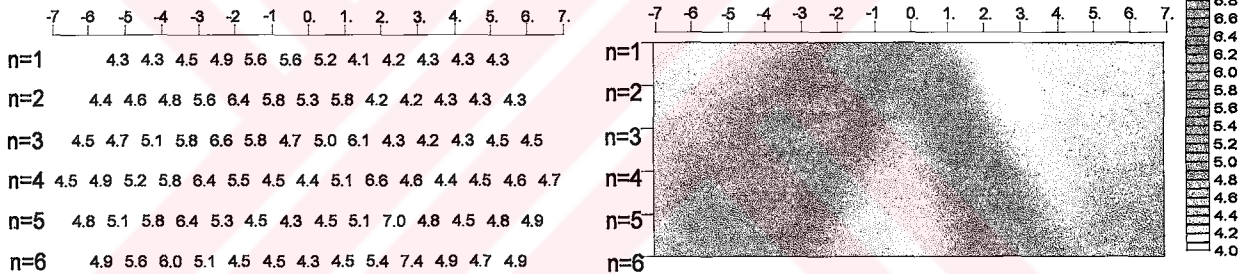
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL



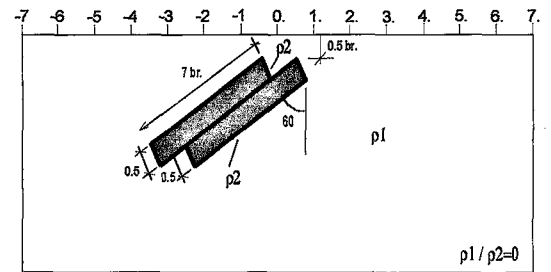
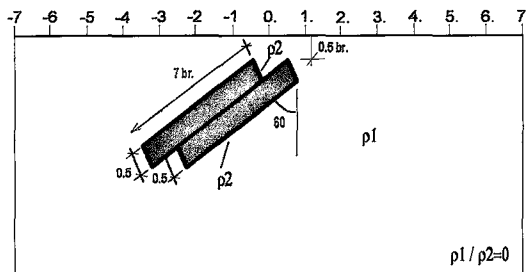
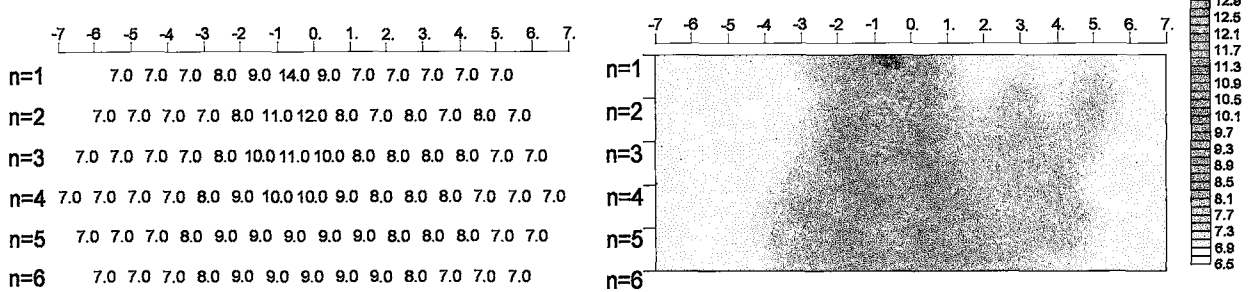
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL



## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL



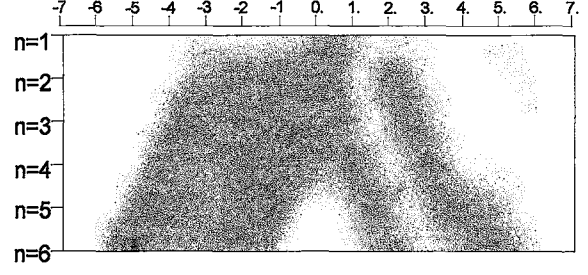
## Analog Deney Tankı ile GRADYENT



Ek Şekil 12. Birbirine bitişik 60 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

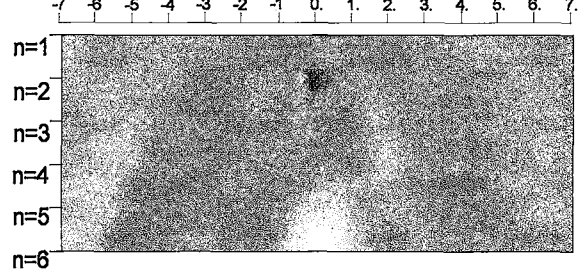
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=3		4.0	4.0	4.0	6.0	5.0	5.0	6.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=4		4.0	4.0	4.0	6.0	5.0	5.0	6.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0
n=5		4.0	4.0	6.0	5.0	5.0	6.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0
n=6		4.0	7.0	5.0	5.0	6.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0



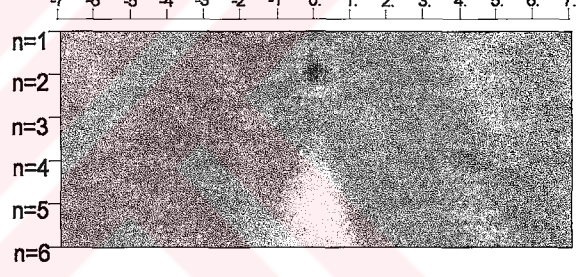
## Analog Deneş Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		4.1	4.2	4.1	4.7	5.6	5.3	6.0	5.4	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
n=3		4.1	4.1	4.0	5.9	5.6	5.1	9.5	4.6	5.3	4.6	4.3	4.3	4.2	4.2
n=4		4.0	3.9	4.0	6.3	5.8	4.8	7.4	5.9	3.6	5.2	4.8	4.1	4.0	4.2
n=5		3.8	3.8	3.8	6.5	5.4	4.8	6.3	4.2	4.8	3.5	5.2	4.8	4.0	4.0
n=6		3.7	3.7	6.7	5.4	4.7	6.0	3.7	3.0	4.4	4.0	5.4	5.0	4.0	4.0
n=6		3.8	6.4	4.8	4.3	5.9	3.2	2.7	3.2	4.8	3.8	4.8	4.8	4.3	4.3



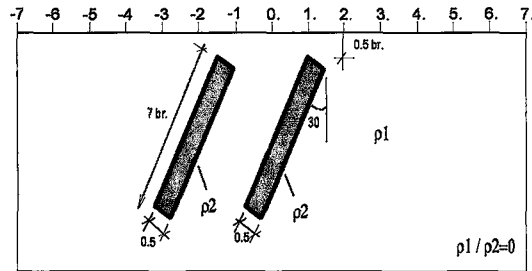
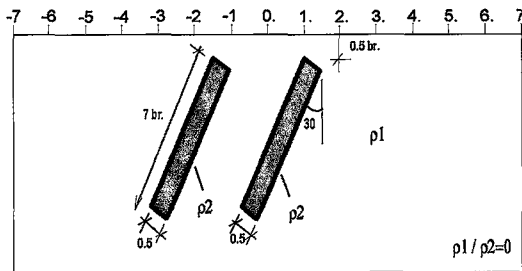
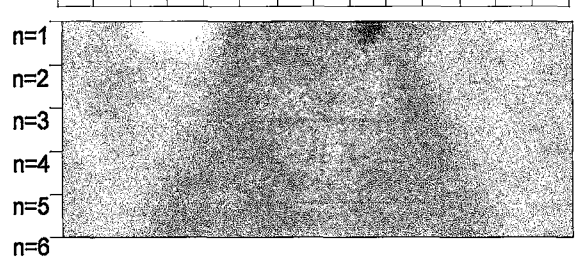
## Analog Deneş Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		4.3	4.4	4.6	4.9	5.4	6.1	5.6	5.2	4.8	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
n=3		4.4	4.5	4.7	5.3	5.4	4.9	7.5	4.6	5.1	5.2	4.3	4.3	4.4	4.4
n=4		4.5	4.5	4.8	5.4	5.4	4.7	5.2	5.8	4.4	5.2	5.7	4.3	4.3	4.5
n=5		4.4	4.7	4.9	5.4	5.4	4.7	4.7	3.8	5.3	4.6	5.4	6.2	4.5	4.5
n=6		4.6	4.9	5.4	5.4	4.8	4.8	3.7	3.7	5.8	4.8	5.6	6.7	4.6	4.6
n=6		4.9	5.4	5.4	4.9	4.9	4.0	3.8	3.8	6.3	5.4	6.0	7.2	4.9	4.9



## Analog Deneş Tankı ile GRADYENT

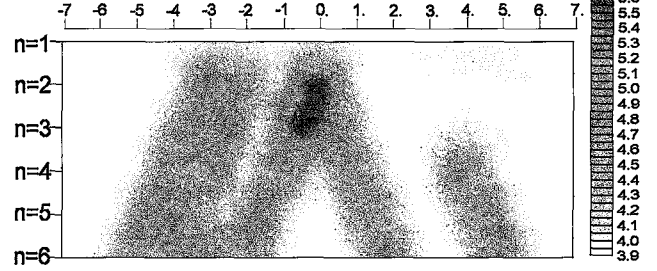
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		7.0	6.0	6.0	7.0	11.0	9.0	9.0	12.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=3		7.0	7.0	7.0	7.0	9.0	10.0	9.0	11.0	10.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=4		7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.0	10.0	9.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=5		7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0	10.0	10.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0
n=6		7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	9.0	10.0	10.0	9.0	8.0	8.0	7.0	7.0	7.0



Ek Şekil 13. 2 birim aralıklı 30 derece eğimli yalıtkan iki daykım andıran-kesitleri.

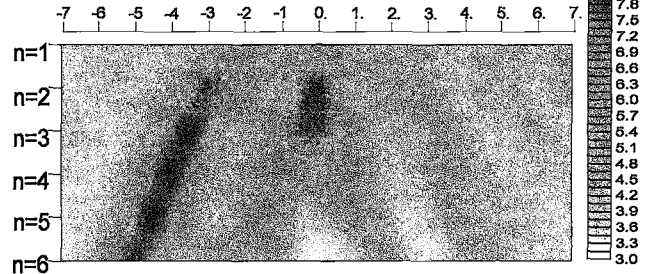
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=2	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	6.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=3	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=4	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0
n=5	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0
n=6	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0



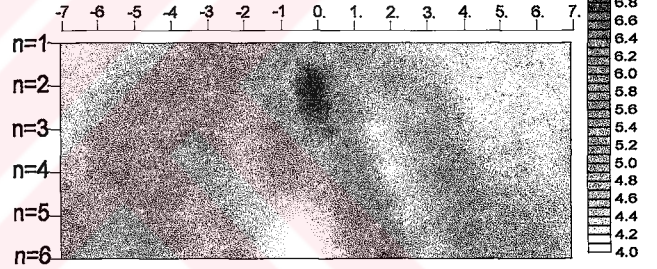
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	4.2	4.2	4.3	6.7	5.4	5.0	5.5	5.0	4.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
n=2	4.1	4.1	4.5	8.4	5.6	5.3	8.7	5.4	4.9	4.8	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4
n=3	4.0	4.0	4.7	9.0	5.4	4.6	8.0	7.2	4.5	4.8	4.7	4.2	4.2	4.3	4.3
n=4	3.8	3.8	4.8	9.2	5.2	4.6	6.5	5.8	5.8	4.0	4.6	4.8	4.0	4.0	4.2
n=5	3.7	4.7	9.1	5.0	4.4	6.4	4.4	4.4	5.4	3.7	4.4	4.7	4.0	4.0	4.0
n=6	4.3	8.6	4.8	4.3	6.4	4.3	3.2	3.8	4.8	3.2	4.3	4.8	3.8	3.8	3.8



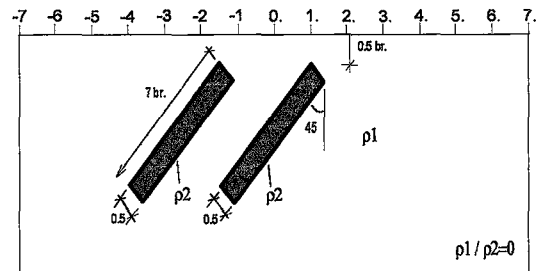
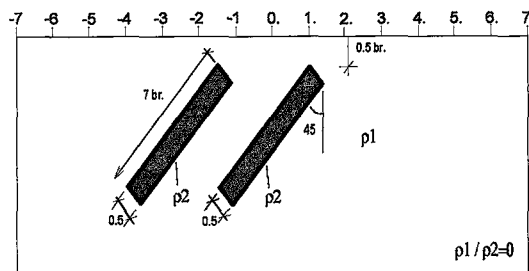
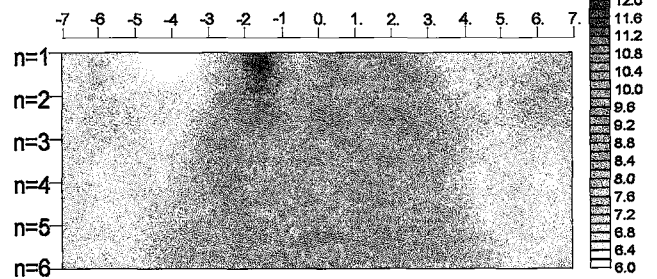
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	4.5	4.6	5.1	6.2	5.5	5.9	5.3	5.0	4.7	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
n=2	4.6	4.9	5.6	6.7	5.1	5.8	7.7	4.8	5.0	5.0	4.4	4.4	4.5	4.5	4.5
n=3	4.7	5.1	5.8	6.6	5.0	4.8	6.3	6.7	4.3	5.0	5.3	4.5	4.5	4.5	4.5
n=4	4.7	5.1	5.8	6.5	5.0	4.8	5.0	5.1	6.3	4.3	5.2	5.6	4.6	4.6	4.7
n=5	5.1	5.8	6.2	5.1	4.8	4.8	4.2	4.8	6.5	4.5	5.4	6.1	4.9	4.9	4.9
n=6	5.6	6.0	5.1	4.9	4.9	4.3	4.0	4.9	7.2	4.7	5.6	6.7	5.1	5.1	5.1



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

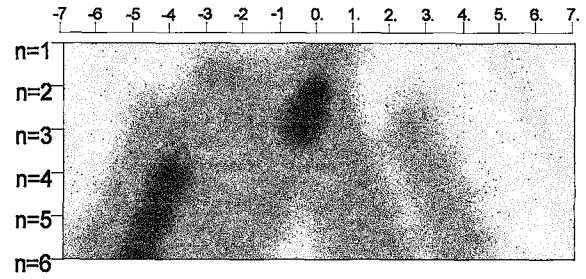
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	7.0	6.0	6.0	8.0	13.0	7.0	9.0	11.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=2	7.0	7.0	7.0	7.0	11.0	11.0	8.0	10.0	9.0	8.0	7.0	7.0	8.0	8.0	8.0
n=3	7.0	7.0	7.0	7.0	9.0	10.0	10.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=4	7.0	7.0	7.0	7.0	9.0	9.0	10.0	10.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=5	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0	10.0	10.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=6	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0	9.0	10.0	9.0	9.0	8.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0



Ek Şekil 14. 2 birim aralıklı 45 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

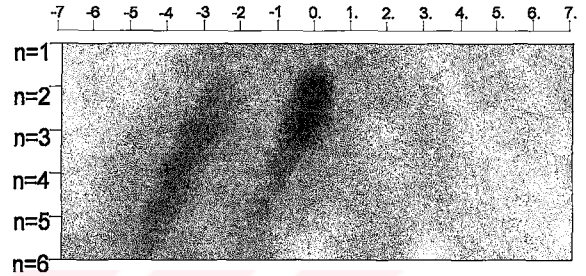
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



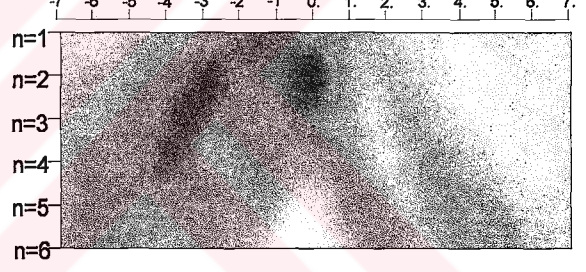
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



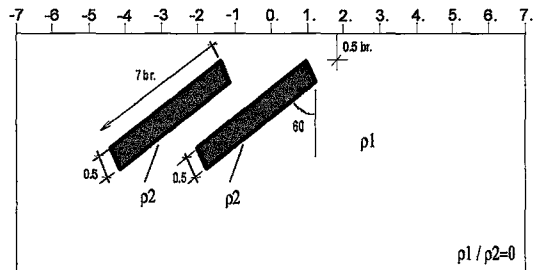
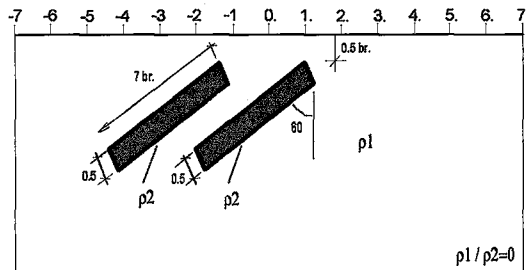
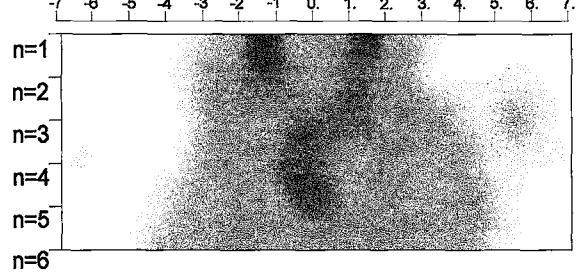
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

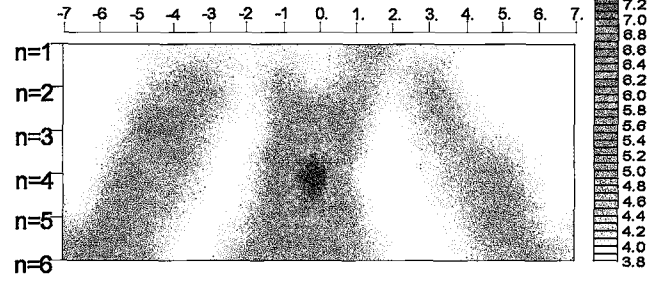
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 15. 2 birim aralıklı 60 derece eğimli yalıtkan iki daykım andıran-kesitleri.

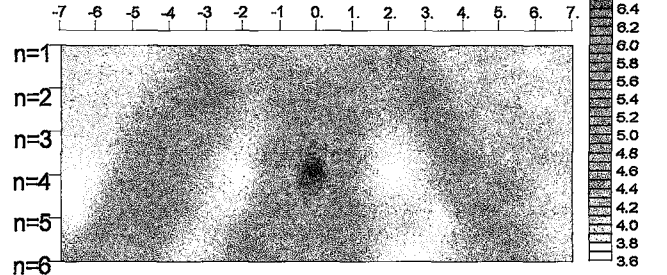
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



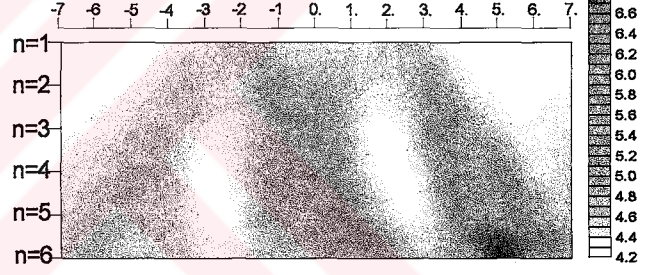
## Analog D deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



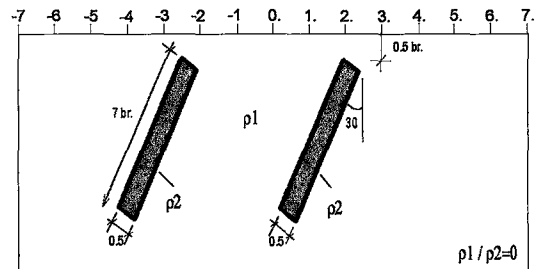
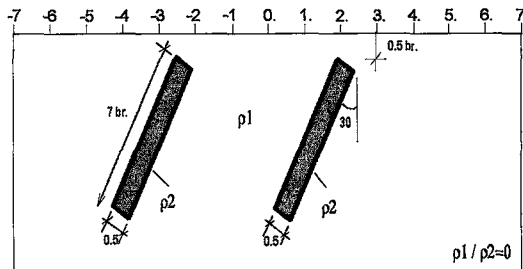
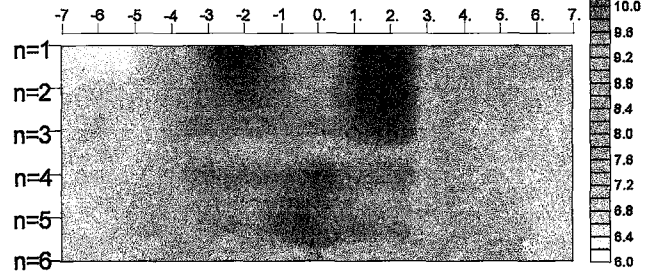
## Analog D deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog D deney Tankı ile GRADYENT

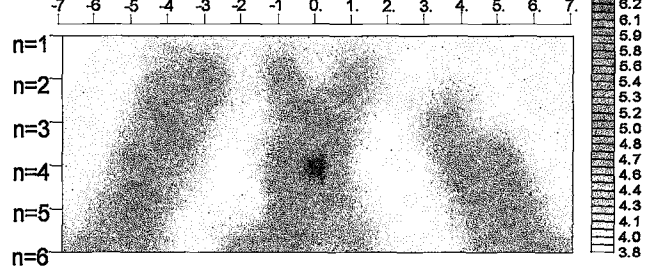
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 16. 4 birim aralıklı 30 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

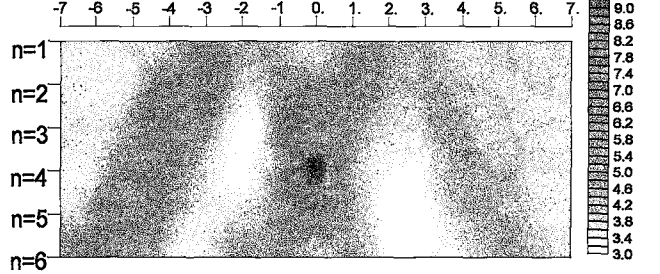
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=2	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=3	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=4	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	7.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0
n=5	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0
n=6	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	6.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0



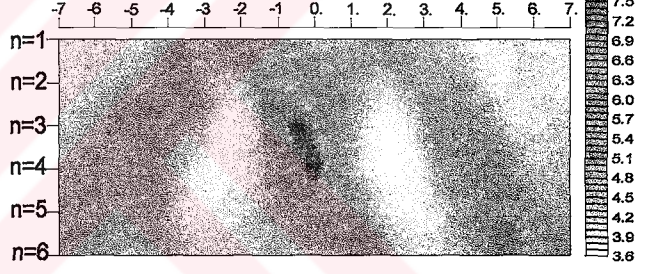
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	3.9	3.8	5.2	5.9	5.2	3.8	4.3	5.9	4.9	4.1	4.0	4.1			
n=2	3.8	3.7	6.5	6.7	4.0	5.2	5.0	6.8	4.4	5.0	4.2	4.0	4.0		
n=3	3.9	3.9	7.3	7.1	3.6	3.3	7.9	7.4	4.2	3.9	5.0	4.4	3.9	4.0	
n=4	3.6	3.6	7.3	7.1	3.8	3.3	4.8	11.1	4.4	3.5	3.5	5.0	4.6	3.8	3.8
n=5	3.7	8.0	6.4	4.0	3.7	4.4	6.4	6.7	3.7	3.0	3.7	5.0	4.4	3.7	
n=6	8.0	6.7	3.2	3.8	5.4	5.9	3.2	5.4	3.2	3.5	3.2	5.4	4.3		



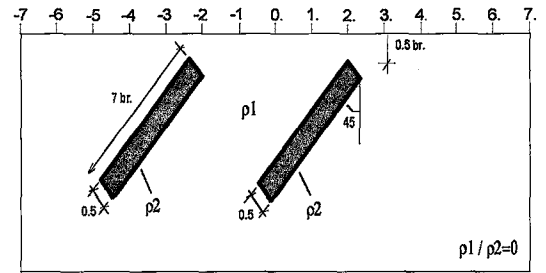
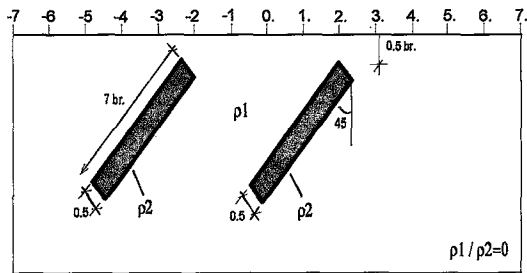
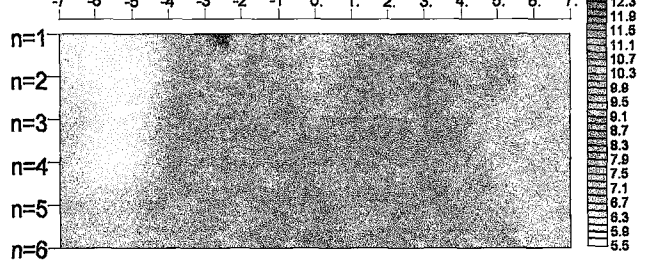
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	4.2	4.5	5.3	5.4	5.8	4.3	4.7	5.4	5.1	4.3	4.0	4.1			
n=2	4.4	4.8	5.8	5.3	4.2	6.8	5.3	5.4	4.2	5.2	4.7	4.1	4.2		
n=3	4.6	5.2	5.9	5.1	4.0	4.5	8.3	5.7	4.0	3.9	5.5	5.0	4.2	4.3	
n=4	4.7	5.1	6.1	5.1	3.9	4.3	4.9	8.4	4.5	3.8	4.0	5.8	5.5	4.5	4.6
n=5	5.1	5.8	5.3	4.2	4.2	4.6	4.9	7.0	4.6	4.0	4.2	6.2	6.1	4.8	
n=6	5.6	4.9	4.9	4.5	4.5	4.9	4.3	7.4	4.9	4.3	4.5	6.7	6.7		



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1	6.0	7.0	8.0	14.0	9.0	7.0	7.0	11.0	11.0	8.0	7.0	7.0			
n=2	6.0	6.0	7.0	10.0	11.0	8.0	7.0	9.0	11.0	9.0	8.0	8.0	7.0		
n=3	7.0	6.0	7.0	9.0	10.0	10.0	8.0	8.0	10.0	10.0	9.0	7.0	7.0	7.0	
n=4	7.0	6.0	6.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	7.0
n=5	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0	9.0	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	
n=6	7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	9.0	10.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.0	7.0		

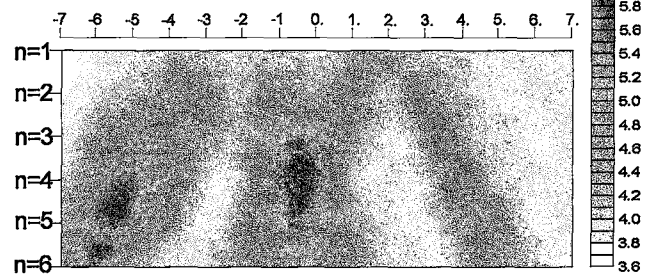


Ek Şekil 17. 4 birim aralıklı 45 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.



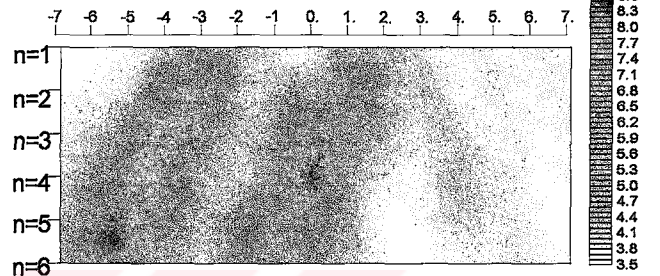
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

n=1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=2	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0
n=3	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0
n=4	4.0	5.0	6.0	5.0	4.0	4.0	6.0	6.0	4.0	4.0	5.0	4.0
n=5	5.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0
n=6	6.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0



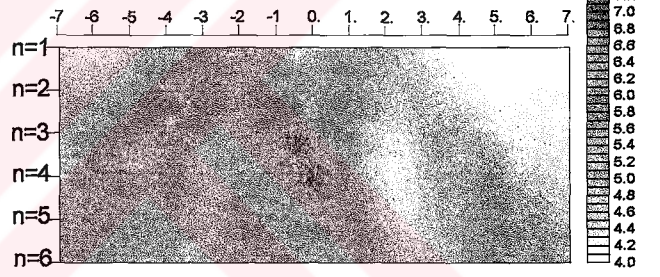
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

n=1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=2	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	6.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=3	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0
n=4	4.0	4.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0
n=5	4.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0
n=6	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0



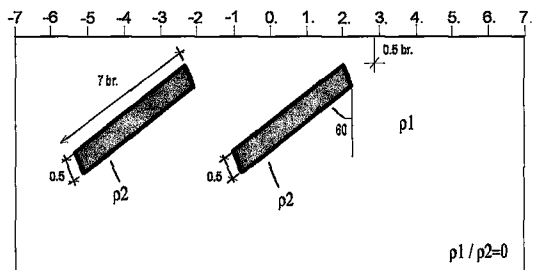
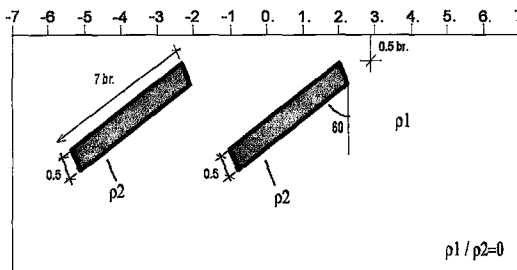
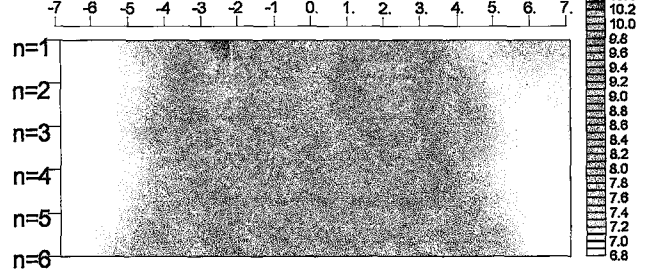
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

n=1	4.4	4.8	5.6	5.6	5.0	4.5	4.9	5.2	4.5	4.1	4.0	4.1
n=2	4.9	5.5	6.5	6.0	5.2	6.2	5.6	5.7	4.7	4.8	4.3	4.2
n=3	5.2	5.9	6.7	5.9	5.0	5.6	7.5	5.9	4.7	4.5	5.0	4.3
n=4	5.3	6.2	6.6	5.8	4.9	5.3	6.2	7.6	5.0	4.4	4.6	4.5
n=5	5.8	6.4	5.8	4.9	5.1	5.8	6.1	6.5	4.9	4.5	4.8	5.6
n=6	6.0	5.6	5.1	5.1	5.4	5.6	5.4	6.7	5.1	4.7	5.1	6.3



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

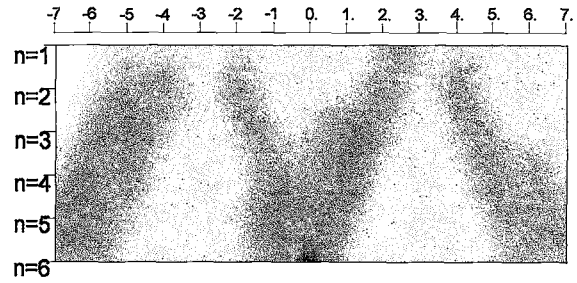
n=1	7.0	8.0	8.0	11.0	9.0	8.0	8.0	10.0	9.0	8.0	7.0	8.0
n=2	7.0	7.0	8.0	10.0	10.0	8.0	8.0	9.0	10.0	9.0	8.0	7.0
n=3	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	9.0	9.0	8.0	7.0
n=4	7.0	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0
n=5	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0
n=6	7.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.0	7.0



Ek Şekil 18. 4 birim aralıklı 60 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

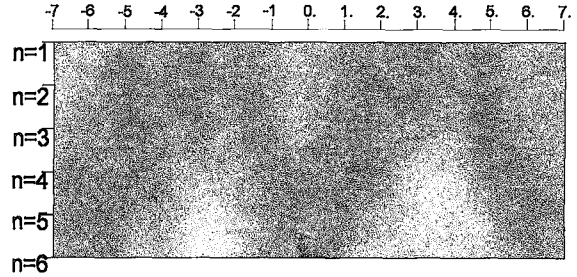
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



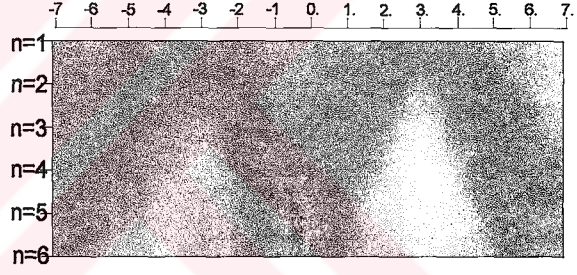
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



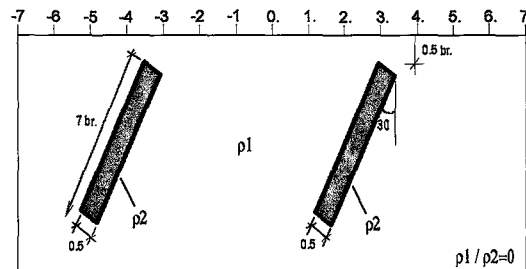
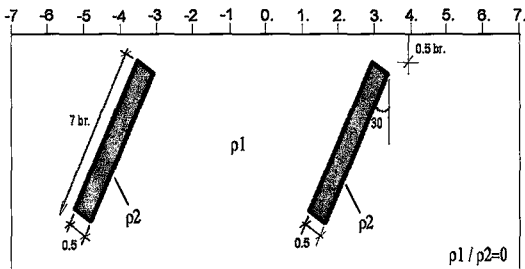
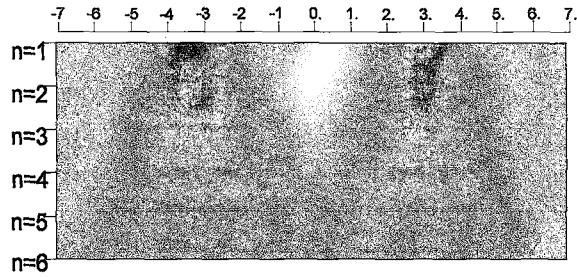
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

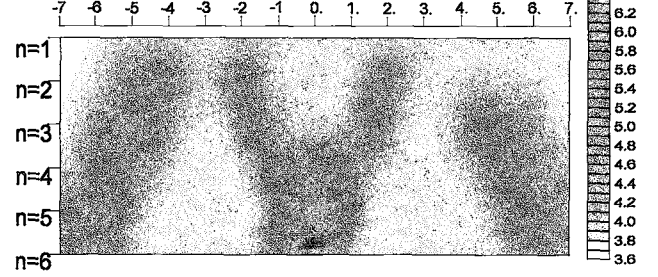
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 19. 6 birim aralıklı 30 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

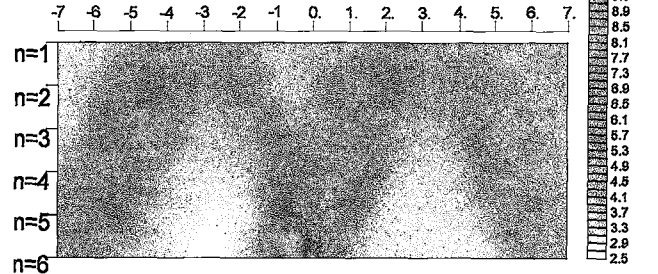
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

n=1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=2	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
n=3	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0
n=4	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0
n=5	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0
n=6	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	7.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0



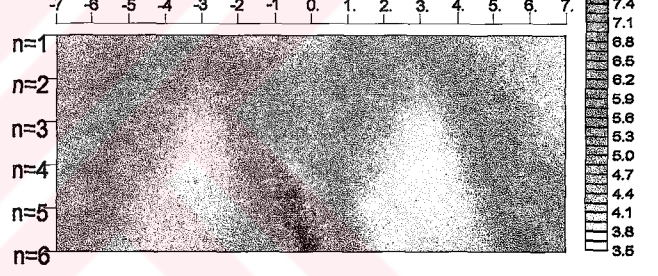
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

n=1	4.0	5.2	6.1	5.1	4.2	4.2	4.2	4.9	6.3	5.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
n=2	4.1	6.4	7.0	4.6	5.4	4.1	4.1	5.8	7.6	4.8	5.4	4.4	4.4	4.3	4.3
n=3	4.0	7.1	7.1	4.3	4.0	5.4	4.1	6.1	7.9	4.6	4.0	5.4	4.5	4.2	4.2
n=4	4.0	7.3	6.9	4.0	3.5	3.6	5.8	6.7	7.8	4.4	3.6	3.8	5.4	4.4	4.0
n=5	7.4	6.7	4.0	3.3	3.0	3.7	9.4	8.0	4.0	3.3	3.3	3.7	5.4	4.4	4.4
n=6	6.4	3.8	3.2	2.7	3.2	6.4	10.7	4.3	3.2	3.2	3.2	3.2	5.4	4.4	4.4



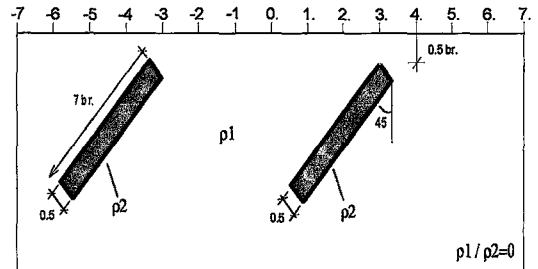
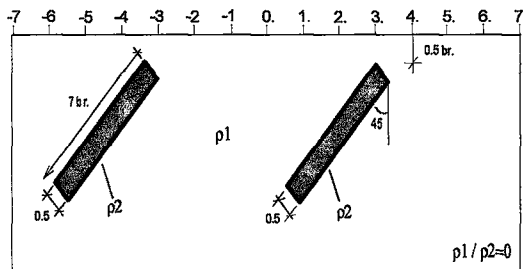
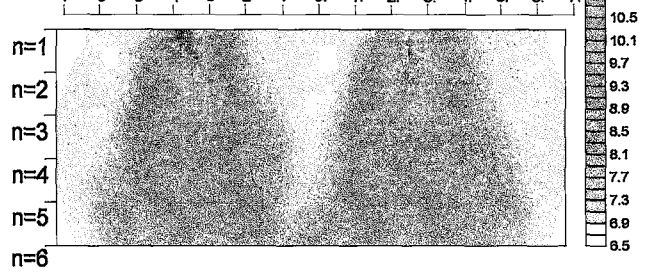
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

n=1	4.6	5.3	5.6	5.5	4.4	4.4	4.6	5.3	5.7	5.4	4.4	4.3	4.3	4.3	4.3
n=2	5.0	5.9	5.5	4.4	6.1	4.8	4.8	5.7	5.8	4.4	5.7	4.7	4.3	4.3	4.3
n=3	5.2	5.9	5.4	4.2	4.3	6.8	5.5	5.8	5.6	4.2	4.0	6.0	5.0	4.3	4.3
n=4	5.1	5.8	5.1	4.2	4.0	4.6	7.8	6.5	5.4	4.2	3.8	4.0	6.3	5.3	4.5
n=5	5.6	5.1	4.3	4.2	4.3	5.1	8.8	6.1	4.2	4.0	4.0	4.2	6.7	5.8	5.8
n=6	4.9	4.3	4.3	4.3	4.9	5.6	8.5	5.4	4.0	4.3	4.3	4.5	7.2	5.8	5.8



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

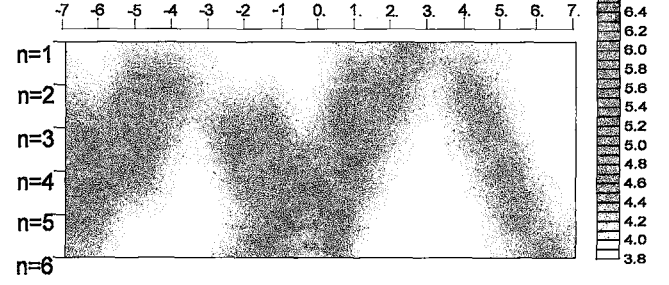
n=1	7.0	7.0	12.0	9.0	7.0	7.0	7.0	7.0	11.0	10.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=2	7.0	7.0	10.0	11.0	8.0	7.0	7.0	7.0	10.0	11.0	9.0	7.0	7.0	7.0	7.0
n=3	7.0	7.0	9.0	10.0	10.0	8.0	7.0	7.0	9.0	10.0	10.0	8.0	7.0	7.0	7.0
n=4	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0
n=5	7.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	7.0	7.0
n=6	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0



Ek Şekil 20. 6 birim aralıklı 45 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

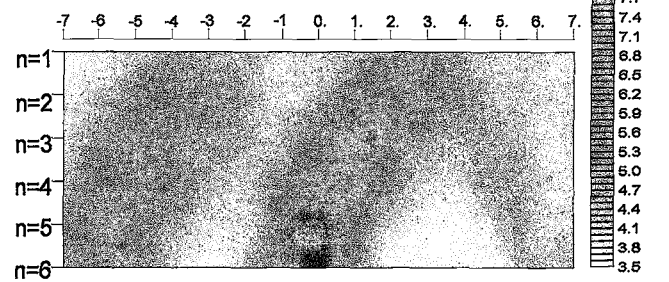
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0		
n=3		4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	
n=4		5.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0
n=5		6.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0
n=6		4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	6.0	7.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	



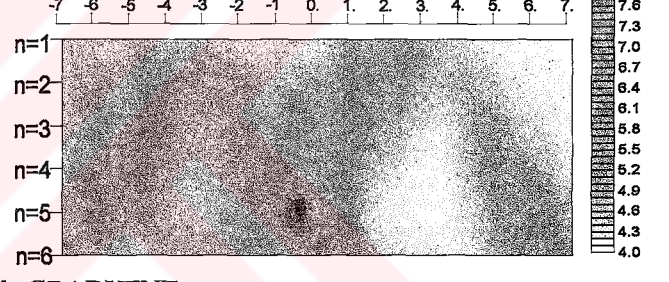
## Analog Deneş Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		4.2	4.5	5.1	4.5	4.3	4.2	4.3	5.0	5.9	4.8	4.3	4.3		
n=3		4.4	5.2	6.2	5.3	4.6	4.1	4.3	5.9	7.1	5.1	5.0	4.3	4.3	
n=4		4.4	5.7	7.0	5.5	4.8	4.5	4.6	6.5	7.8	5.1	4.4	5.0	4.3	4.2
n=5		4.4	6.1	7.1	5.4	4.6	4.2	5.2	7.1	7.7	5.0	4.2	4.2	5.0	4.2
n=6		5.7	7.0	5.4	4.4	4.0	4.7	8.4	7.7	4.7	4.0	3.7	4.0	4.7	4.0
n=6		6.4	4.8	4.3	3.8	4.3	7.0	8.6	4.8	3.8	3.8	3.8	3.8	4.8	



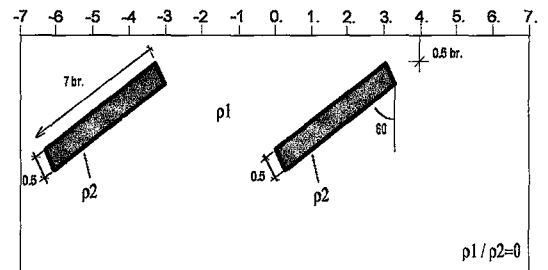
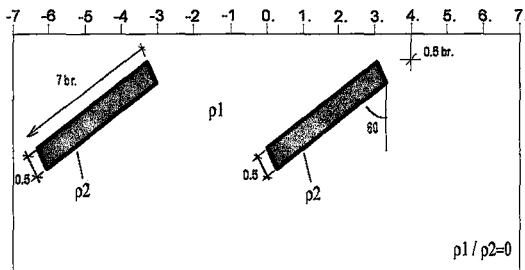
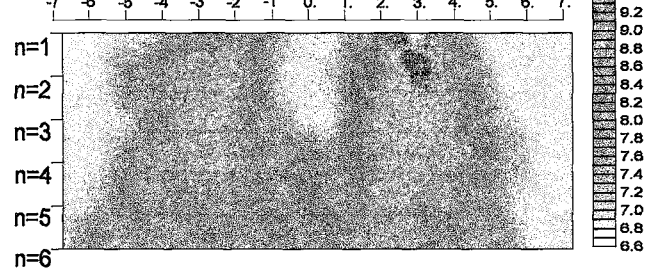
## Analog Deneş Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		4.7	4.9	5.1	4.7	4.5	4.5	4.8	5.3	5.5	4.9	4.4	4.3		
n=3		5.0	5.5	5.7	5.1	5.1	4.9	5.1	5.8	5.9	4.8	5.2	4.5	4.3	
n=4		5.3	5.8	5.9	5.2	5.0	5.7	5.8	5.9	5.9	4.7	4.5	5.4	4.8	4.4
n=5		5.3	5.8	5.8	5.2	4.9	5.3	6.4	6.5	5.6	4.6	4.4	4.6	5.8	5.1
n=6		5.6	5.6	5.1	4.9	5.1	5.9	8.6	6.2	4.6	4.3	4.3	4.8	6.1	5.4
n=6		5.4	4.9	4.9	5.1	5.6	6.0	6.7	5.4	4.7	4.5	4.5	4.9	6.5	



## Analog Deneş Tankı ile GRADYENT

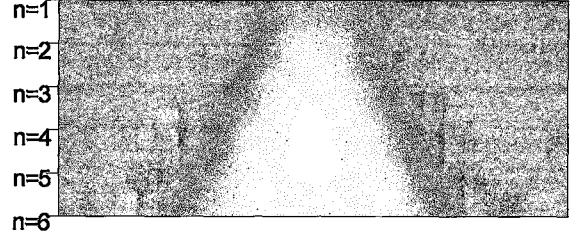
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		7.0	7.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	8.0	10.0	9.0	7.0	7.0		
n=3		7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	7.0	7.0	8.0	9.0	10.0	8.0	7.0	7.0	
n=4		7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0	9.0	9.0	9.0	8.0	7.0	7.0
n=5		7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	8.0	8.0	7.0
n=6		8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.0	7.0



Ek Şekil 21. 6 birim aralıklı 60 derece eğimli yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

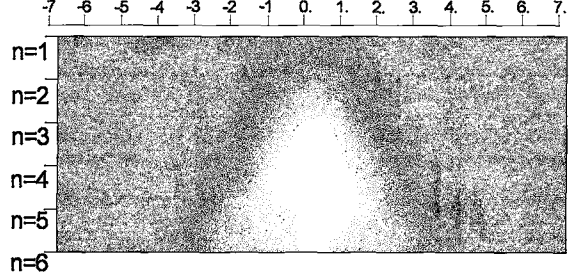
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



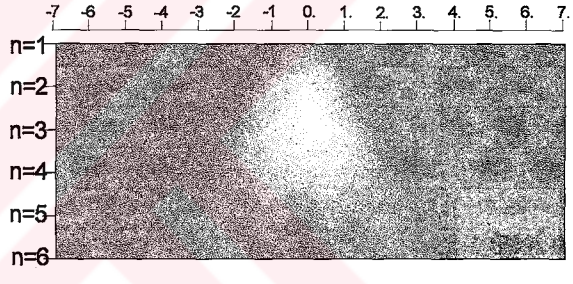
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



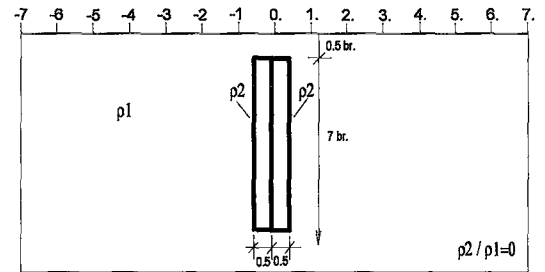
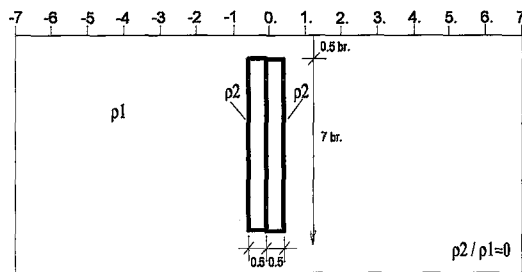
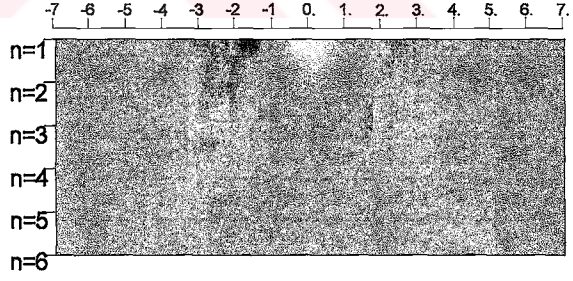
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															

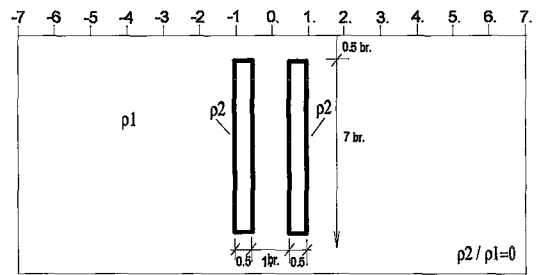
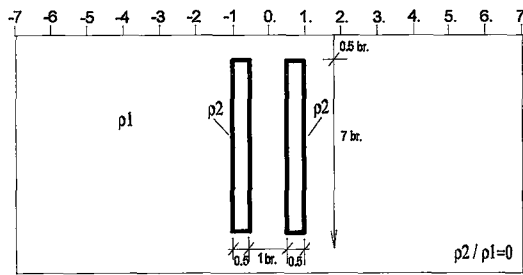
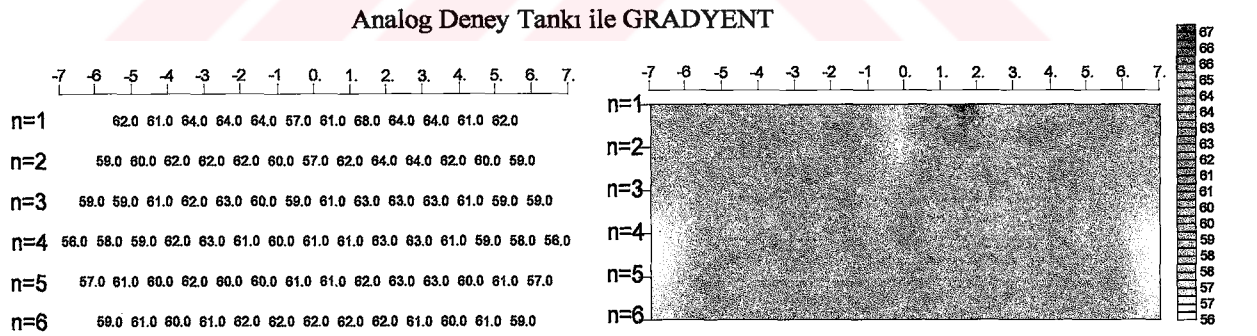
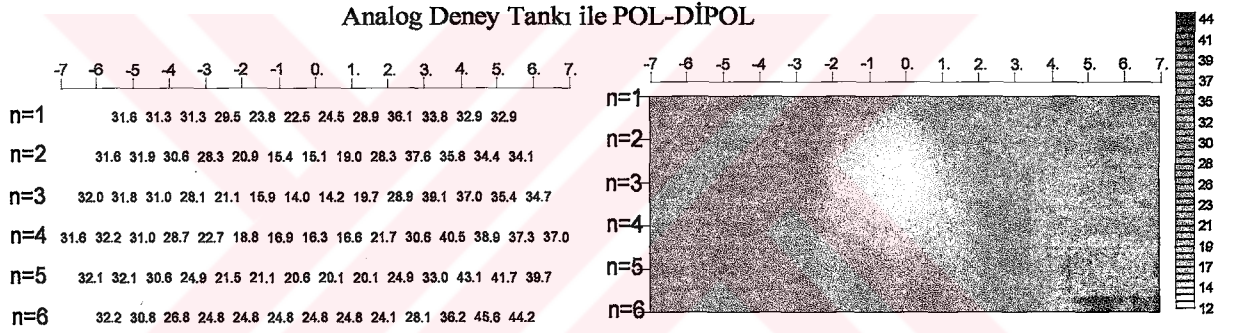
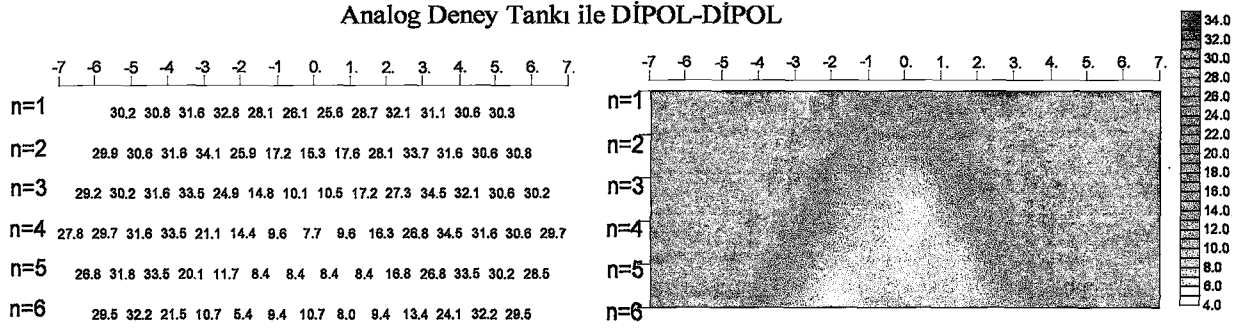
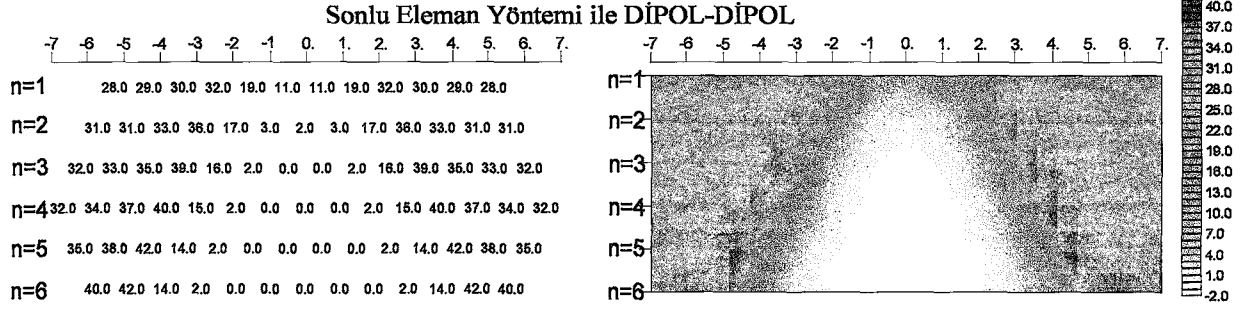


## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



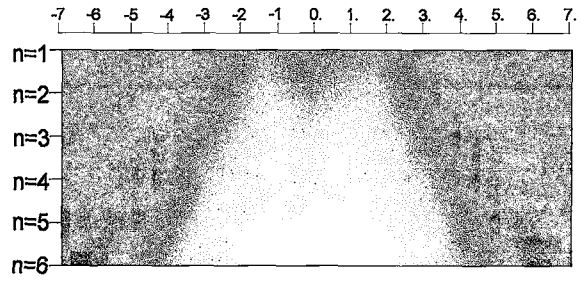
Ek Şekil 22. Birbirine bitişik iki düşey daykın andıran-kesitleri.



Ek Şekil 23. 1 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.

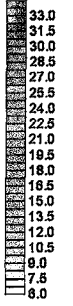
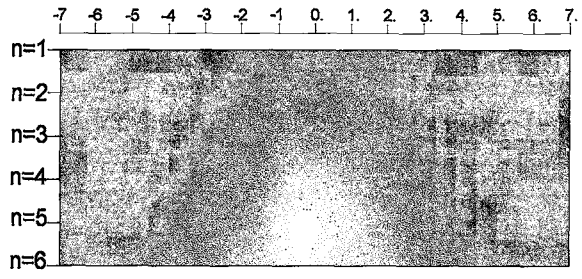
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



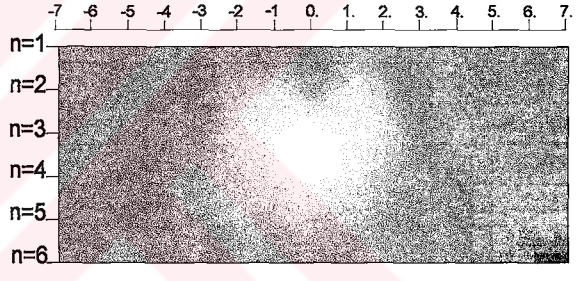
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



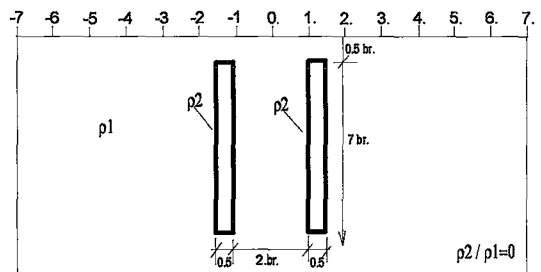
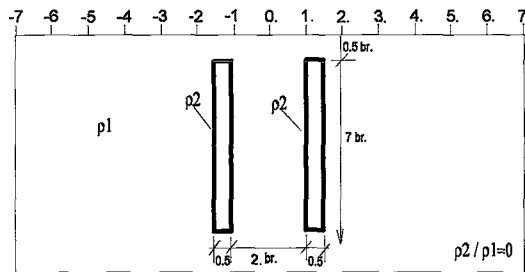
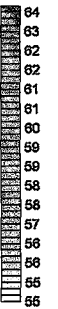
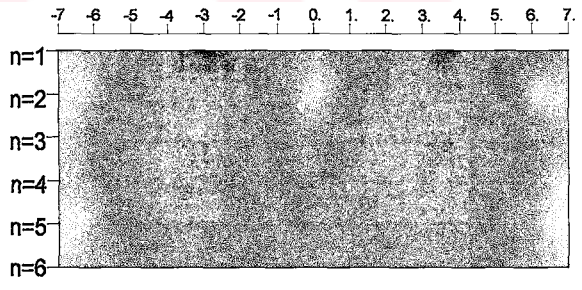
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



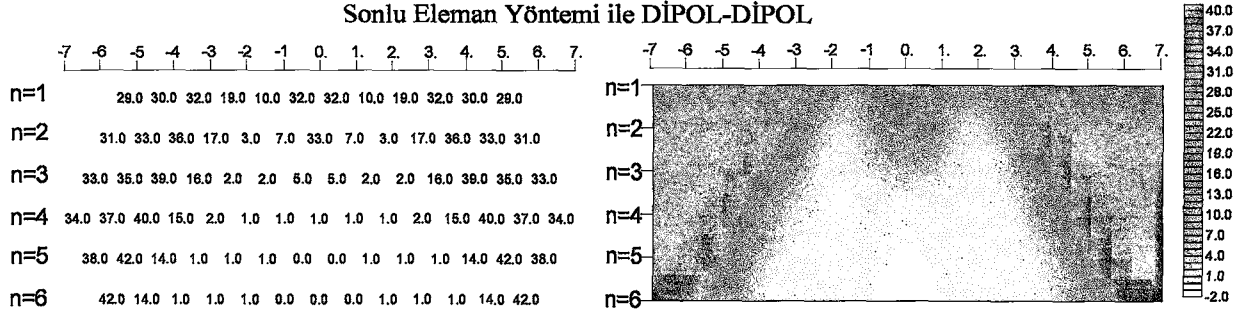
## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															

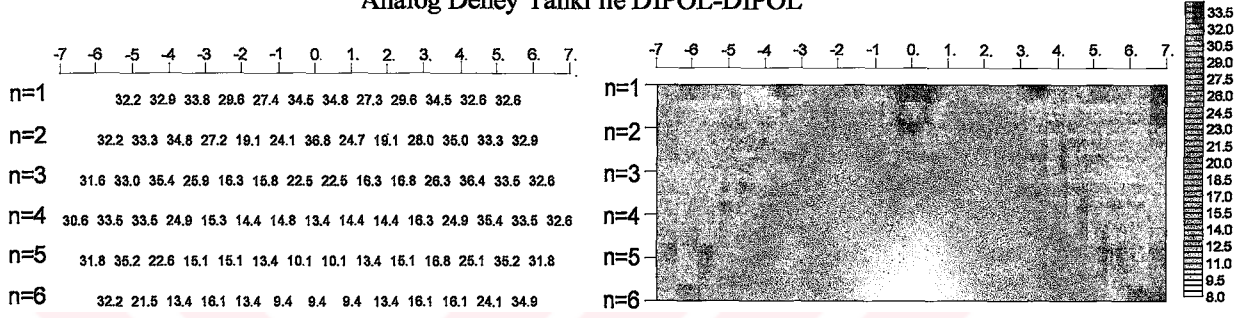


Ek Şekil 24. 2 birim aralıklı iletken iki düşey daykım andıran-kesitleri.

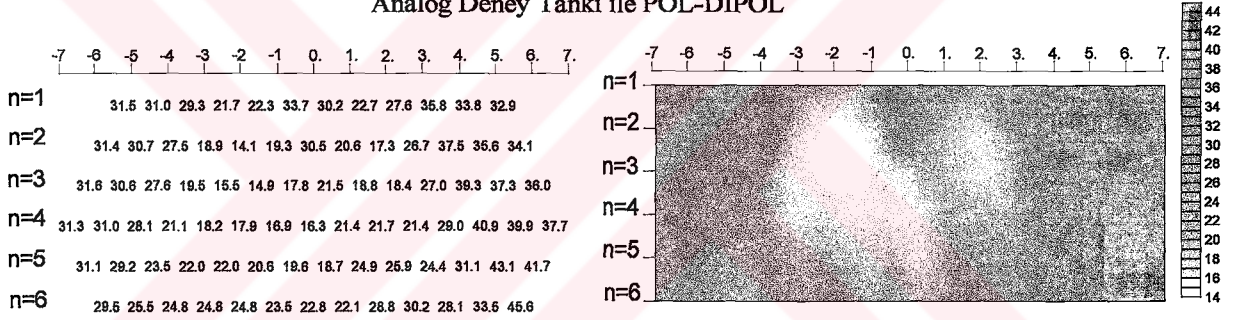
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL



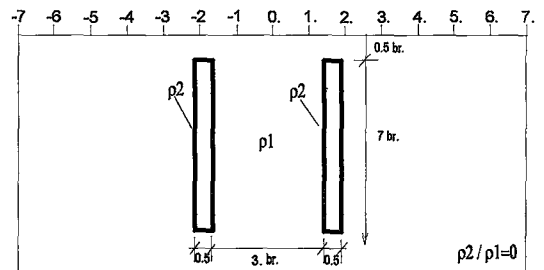
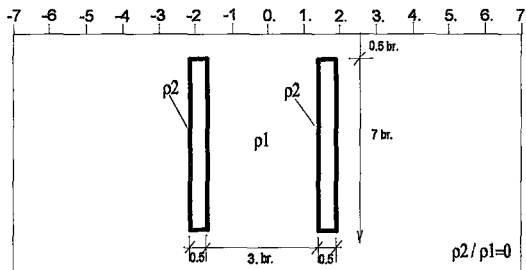
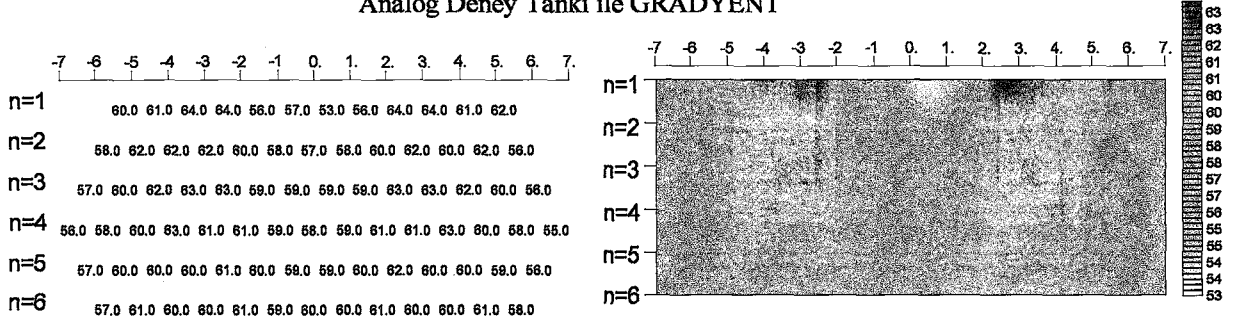
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL



## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL



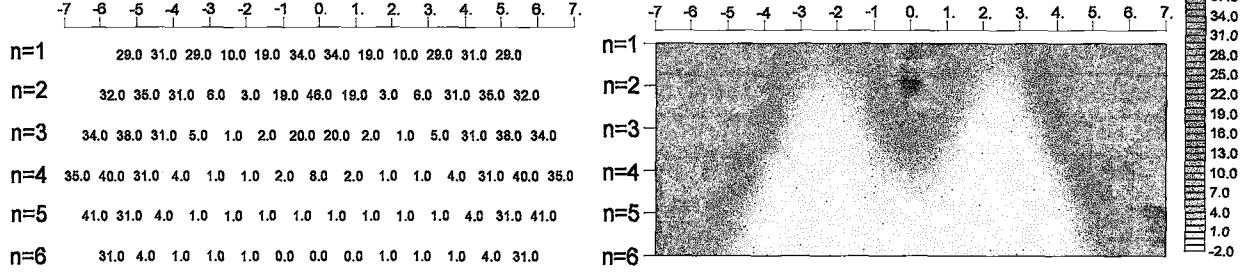
## Analog Deney Tankı ile GRADYENT



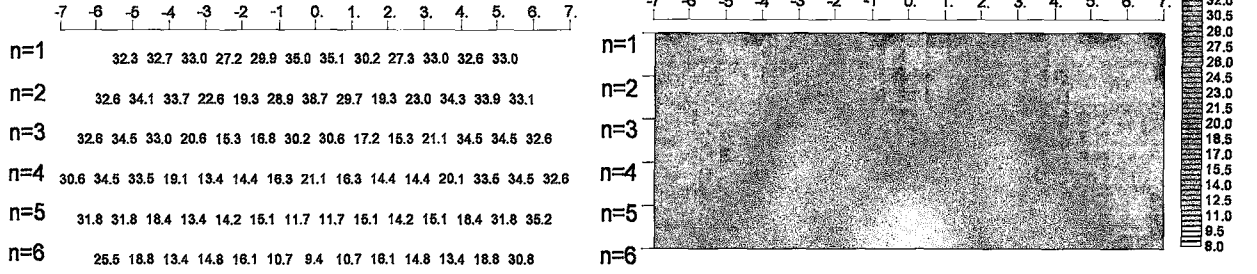
Ek Şekil 25. 3 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.



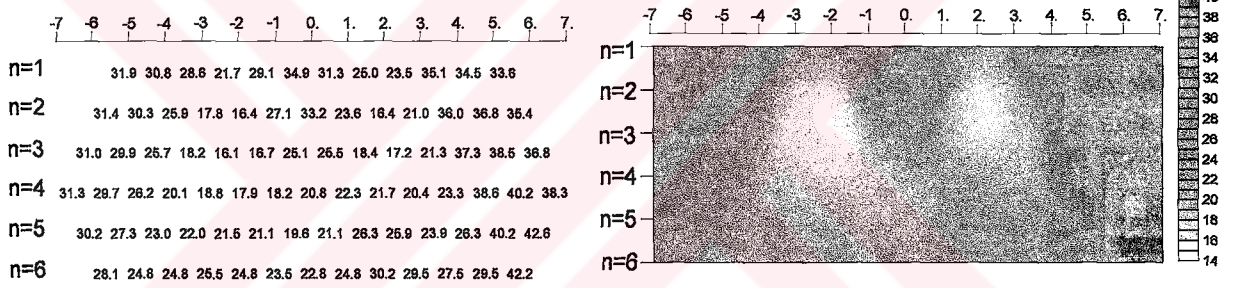
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL



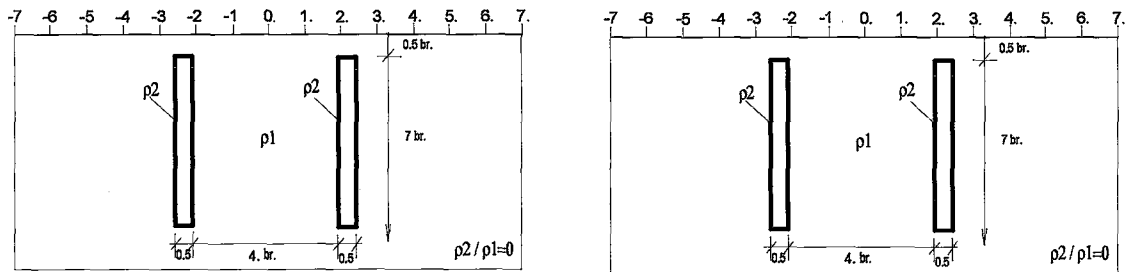
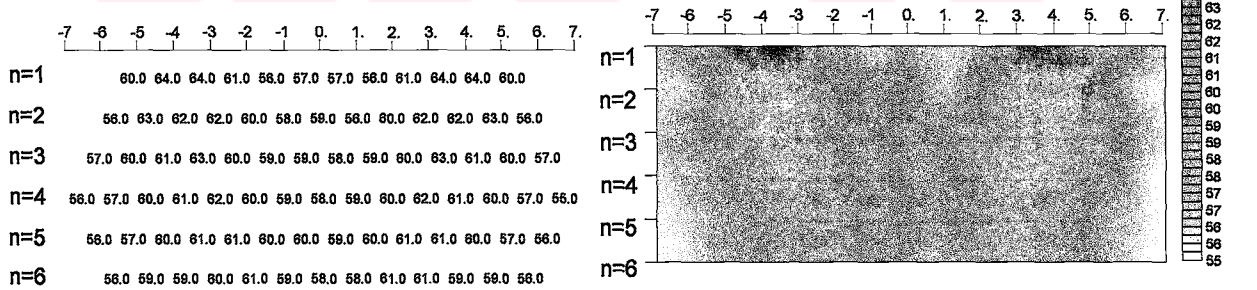
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL



## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL



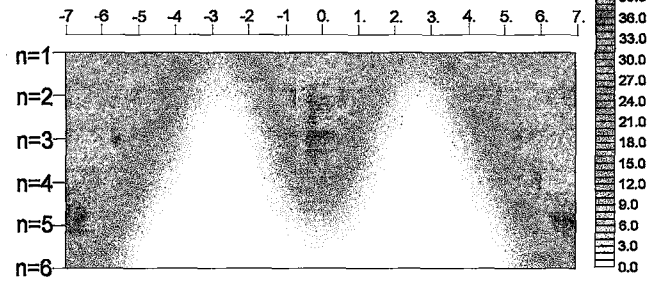
## Analog Deney Tankı ile GRADYENT



Ek Şekil 26. 4 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.

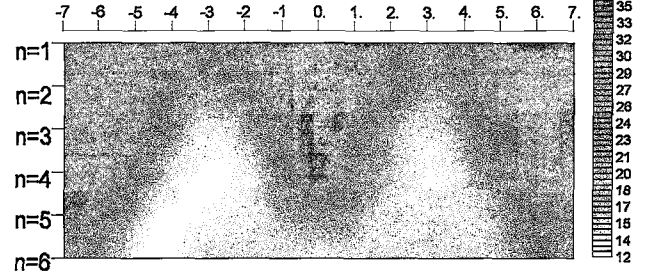
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

n=1	30.0	32.0	19.0	10.0	29.0	32.0	32.0	29.0	10.0	19.0	32.0	30.0			
n=2	33.0	36.0	17.0	3.0	8.0	34.0	43.0	34.0	8.0	3.0	17.0	36.0	33.0		
n=3	35.0	39.0	16.0	2.0	1.0	5.0	40.0	40.0	5.0	1.0	2.0	16.0	39.0	35.0	
n=4	37.0	40.0	15.0	2.0	1.0	1.0	6.0	34.0	6.0	1.0	1.0	2.0	15.0	40.0	37.0
n=5	42.0	14.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	14.0	42.0
n=6	14.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	14.0



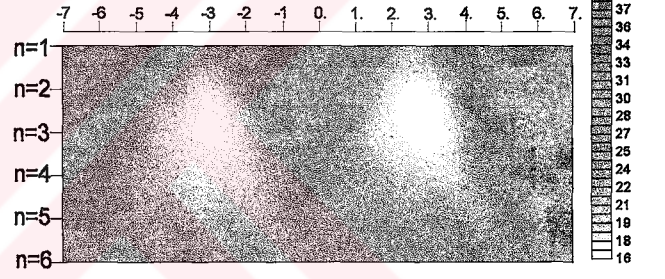
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

n=1	32.5	33.7	29.0	27.9	33.5	33.8	33.5	33.5	27.9	29.0	32.8	33.4			
n=2	33.3	34.5	28.4	18.8	23.9	34.8	36.8	35.0	23.9	19.1	26.2	34.5	34.1		
n=3	34.0	35.0	24.9	15.8	14.8	22.0	38.3	37.8	22.5	14.8	15.8	24.9	35.0	34.5	
n=4	33.5	35.4	23.9	15.3	13.4	14.4	22.0	37.3	23.9	16.3	14.4	15.3	23.9	34.5	33.5
n=5	36.2	21.8	13.4	13.4	14.2	15.1	21.0	21.8	15.1	15.1	15.1	15.1	23.5	33.5	
n=6	18.8	13.4	13.4	16.1	16.1	14.8	13.4	14.8	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	21.6	



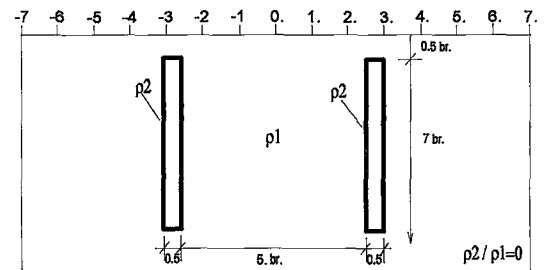
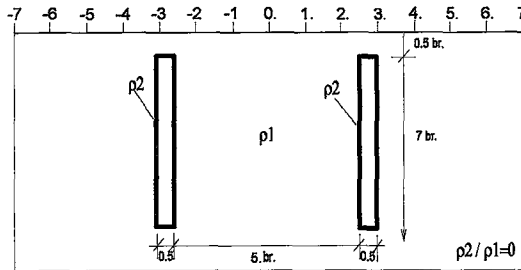
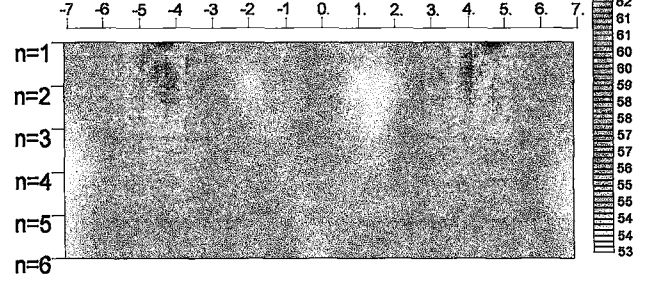
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

n=1	30.4	29.0	25.1	25.7	32.8	32.9	31.3	28.4	21.5	27.7	34.3	33.3			
n=2	30.1	27.8	21.5	17.9	22.8	33.5	33.0	27.6	18.5	16.3	26.0	36.5	35.1		
n=3	29.9	27.6	21.5	17.8	17.4	22.6	33.1	29.5	20.1	17.0	17.0	26.6	38.9	37.0	
n=4	29.7	27.8	22.3	19.8	19.1	19.1	23.0	29.7	23.6	20.8	19.8	19.8	27.8	40.2	38.9
n=5	27.8	24.4	22.5	22.0	22.0	21.5	23.0	24.9	25.4	25.4	23.5	22.5	30.2	42.1	
n=6	24.8	24.8	24.8	25.5	24.8	23.5	22.8	27.5	29.5	28.8	27.5	26.8	32.8		



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

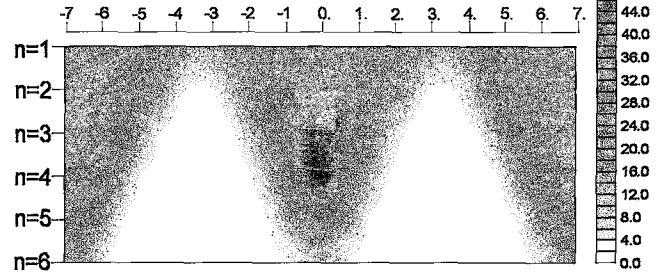
n=1	60.0	64.0	60.0	57.0	56.0	57.0	57.0	56.0	57.0	60.0	64.0	60.0		
n=2	58.0	62.0	64.0	58.0	54.0	56.0	57.0	54.0	54.0	58.0	64.0	62.0	59.0	
n=3	55.0	60.0	62.0	61.0	58.0	55.0	57.0	57.0	54.0	56.0	61.0	62.0	60.0	56.0
n=4	53.0	58.0	60.0	61.0	59.0	56.0	56.0	56.0	56.0	58.0	61.0	60.0	56.0	54.0
n=5	55.0	59.0	59.0	59.0	60.0	57.0	56.0	56.0	57.0	60.0	59.0	59.0	59.0	55.0
n=6	56.0	60.0	60.0	59.0	58.0	57.0	55.0	57.0	58.0	59.0	60.0	60.0	57.0	



Ek Şekil 27. 5 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.

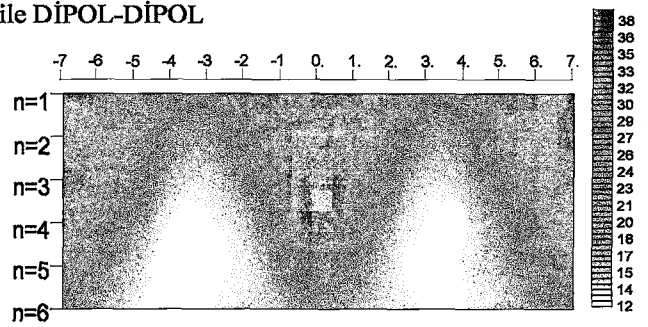
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	
n=1		31.0	29.0	10.0	19.0	32.0	30.0	30.0	32.0	19.0	10.0	29.0	31.0			
n=2		36.0	31.0	6.0	3.0	17.0	39.0	38.0	39.0	17.0	3.0	6.0	31.0	36.0		
n=3		38.0	31.0	5.0	1.0	2.0	17.0	47.0	47.0	17.0	2.0	1.0	5.0	31.0	38.0	
n=4		40.0	31.0	4.0	1.0	1.0	2.0	18.0	57.0	18.0	2.0	1.0	1.0	4.0	31.0	40.0
n=5		31.0	4.0	1.0	1.0	1.0	2.0	20.0	20.0	2.0	1.0	1.0	1.0	4.0	31.0	
n=6		4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	7.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0		



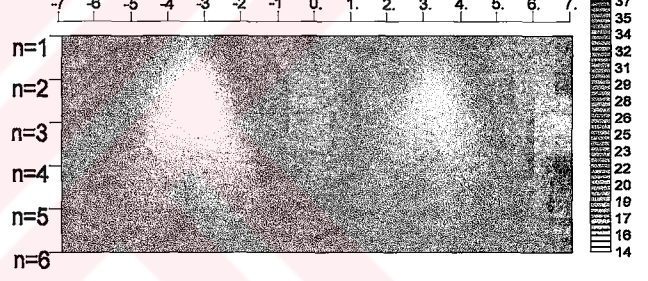
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	
n=1		33.0	32.8	26.8	30.2	33.5	33.0	33.0	33.6	30.3	26.8	32.8	33.4			
n=2		34.1	33.1	22.0	19.1	28.3	35.6	35.2	35.6	28.3	19.1	22.0	33.5	34.3		
n=3		34.5	33.0	19.6	14.8	18.3	27.8	38.3	38.3	28.3	18.3	14.8	19.6	33.0	34.5	
n=4		34.5	32.6	19.1	12.9	13.4	16.3	27.8	41.2	28.7	16.3	13.4	12.9	19.1	32.6	34.5
n=5		31.8	18.4	13.4	13.4	13.4	15.9	28.5	28.5	16.8	13.4	13.4	15.1	20.1	31.8	
n=6		17.4	13.4	13.4	13.4	14.8	16.1	18.8	16.1	14.8	13.4	13.4	14.8	18.8		



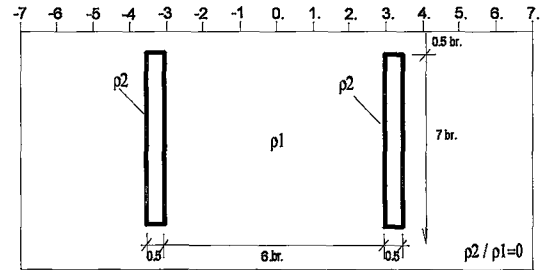
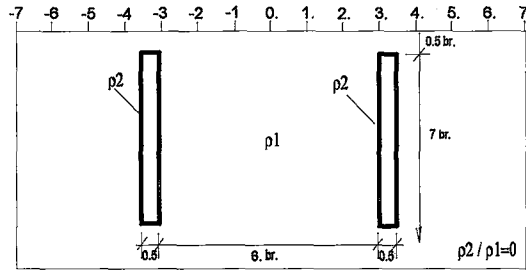
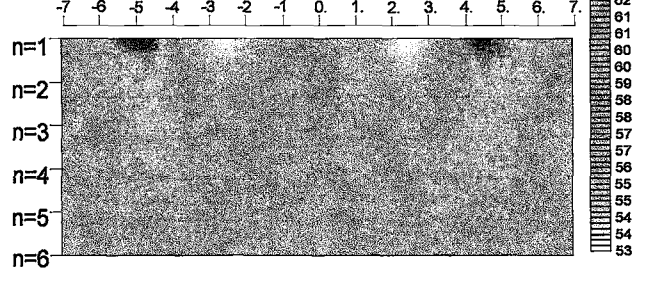
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	
n=1		30.2	26.8	19.7	27.1	34.5	32.7	31.3	30.0	24.8	23.0	33.2	33.7			
n=2		29.4	25.0	15.9	14.6	25.2	36.4	33.5	29.2	22.5	16.3	18.9	34.5	36.3		
n=3		29.5	24.9	17.0	15.1	15.7	26.5	36.4	31.6	23.4	17.4	16.9	20.5	35.8	38.3	
n=4		29.4	25.5	19.6	18.2	17.9	18.2	25.9	34.5	26.2	20.8	20.1	18.5	22.0	37.7	39.9
n=5		25.9	21.5	21.5	21.5	21.1	21.1	25.9	29.2	25.4	24.4	23.5	23.0	25.4	39.3	
n=6		23.5	24.1	24.8	24.8	24.8	23.5	24.8	29.5	29.5	28.8	27.5	26.8	28.8		



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

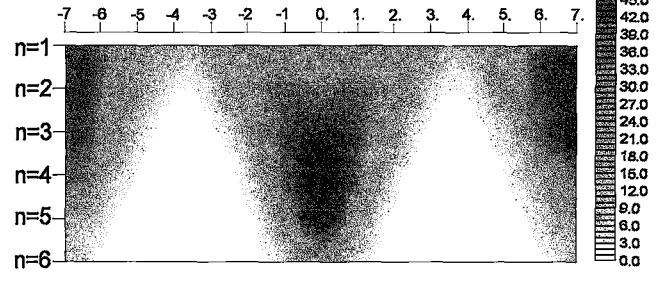
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	
n=1		62.0	64.0	58.0	53.0	58.0	59.0	57.0	56.0	53.0	58.0	64.0	62.0			
n=2		59.0	62.0	60.0	57.0	58.0	58.0	58.0	56.0	58.0	57.0	60.0	62.0	60.0		
n=3		57.0	60.0	61.0	59.0	58.0	58.0	58.0	57.0	58.0	56.0	59.0	61.0	60.0	58.0	
n=4		56.0	57.0	61.0	60.0	59.0	58.0	57.0	57.0	57.0	58.0	59.0	60.0	61.0	57.0	56.0
n=5		58.0	58.0	59.0	59.0	58.0	57.0	57.0	57.0	57.0	58.0	59.0	59.0	58.0	57.0	
n=6		57.0	58.0	58.0	59.0	59.0	58.0	57.0	57.0	59.0	59.0	58.0	58.0	57.0		



Ek Şekil 28. 6 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran kesitleri.

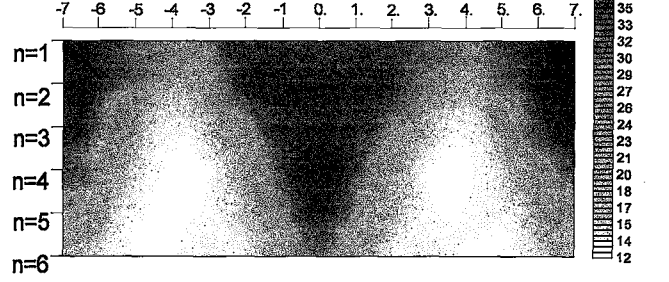
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



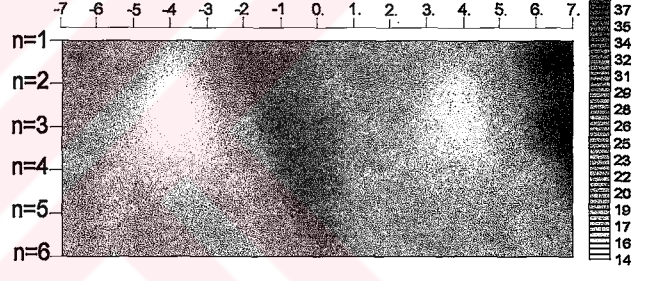
## Analog Deneysel Tank ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



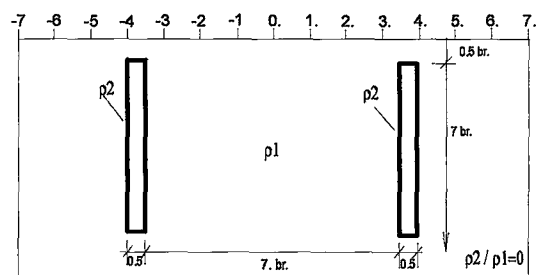
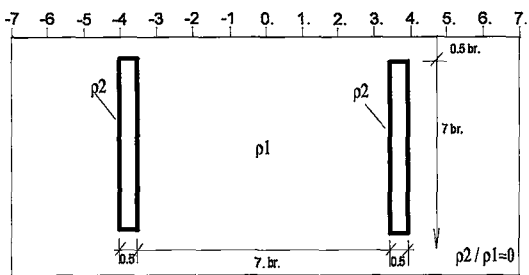
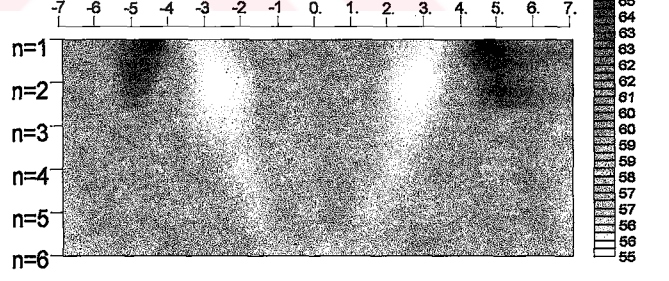
## Analog Deneysel Tank ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tank ile GRADYENT

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															

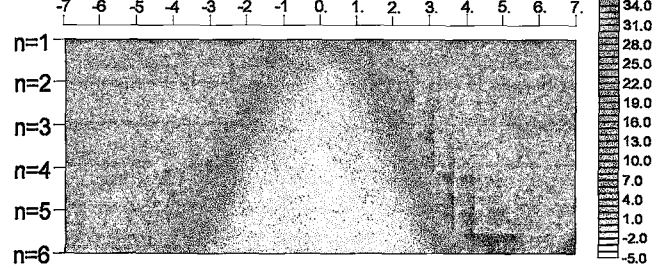


Ek Şekil 29. 7 birim aralıklı iletken iki düşey daykın andıran-kesitleri.



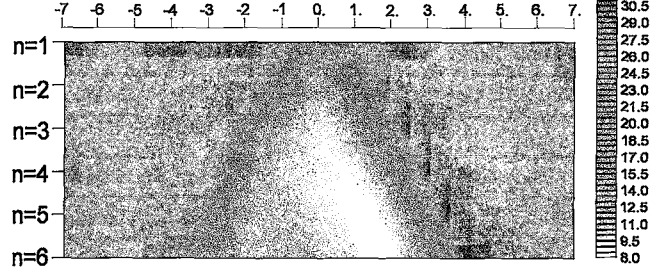
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



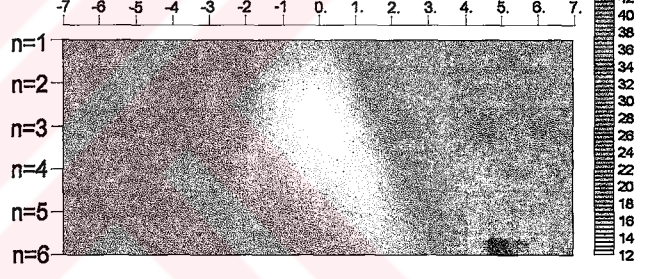
## Analog Deneysel Tank ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



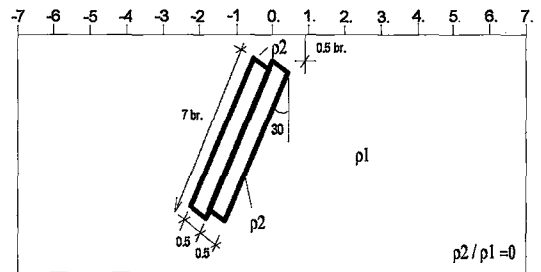
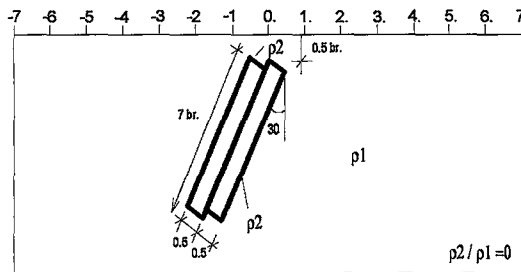
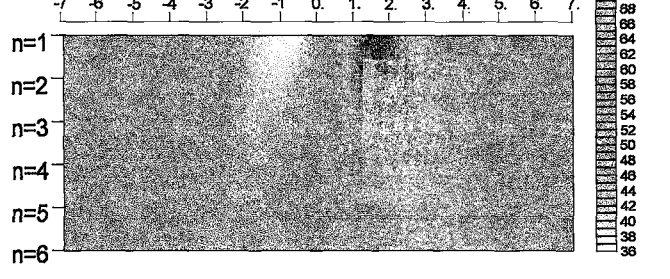
## Analog Deneysel Tank ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tank ile GRADYENT

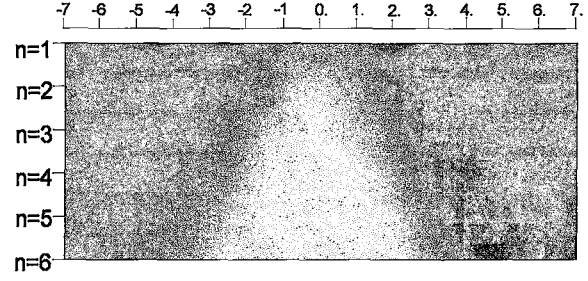
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 31. Birbirine bitişik 30 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

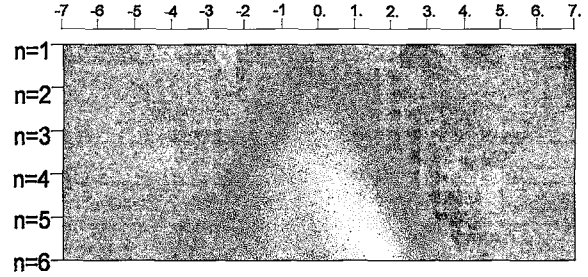
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



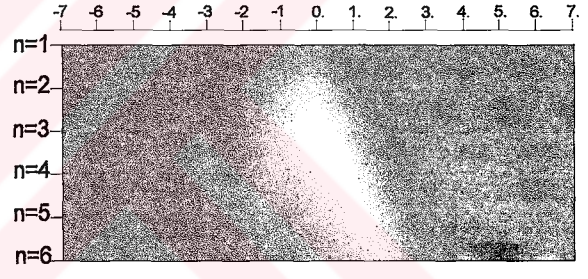
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



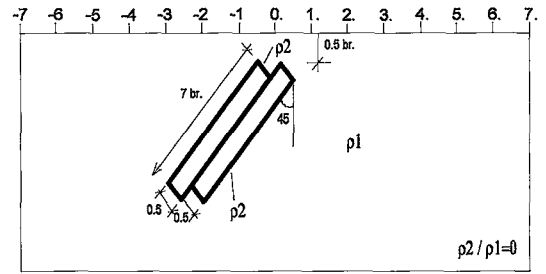
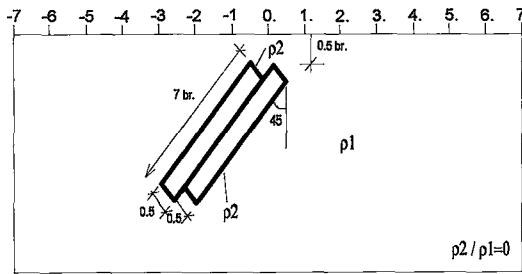
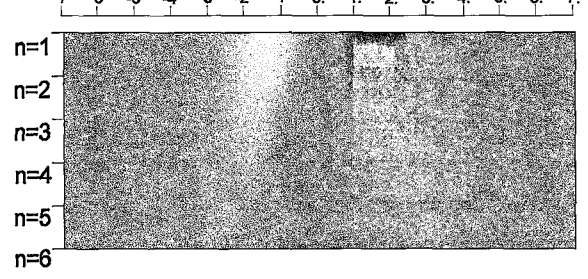
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

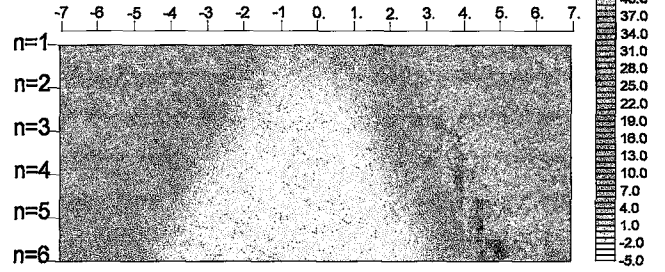
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 32. Birbirine bitişik 45 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

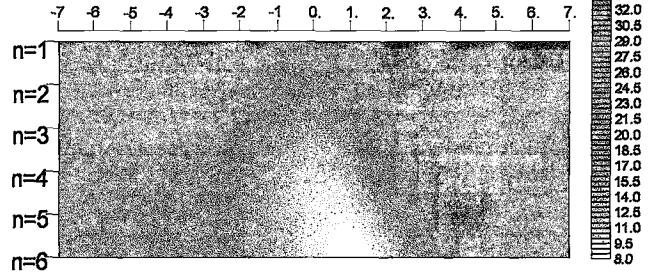
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



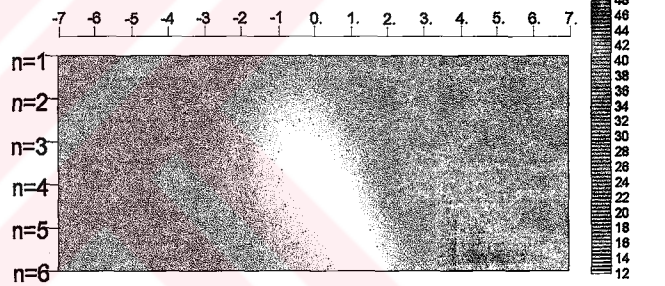
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



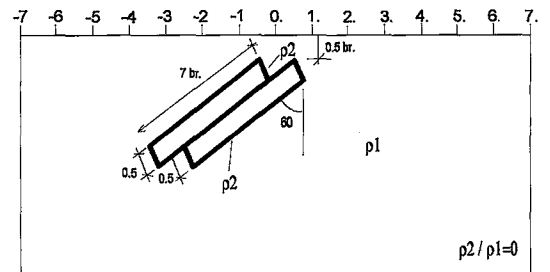
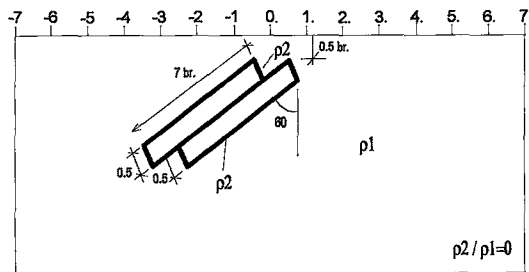
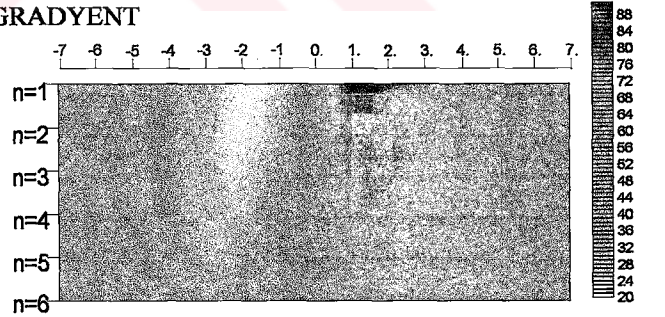
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															

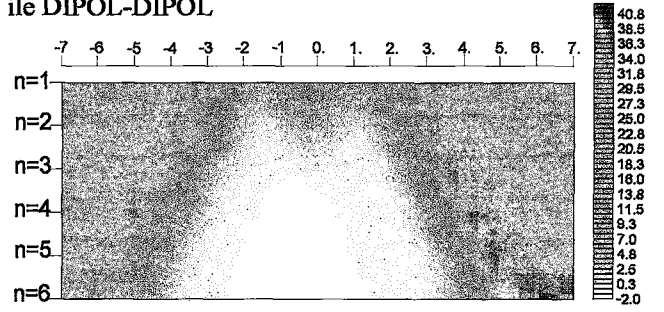


Ek Şekil 33. Birbirine bitişik 60 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.



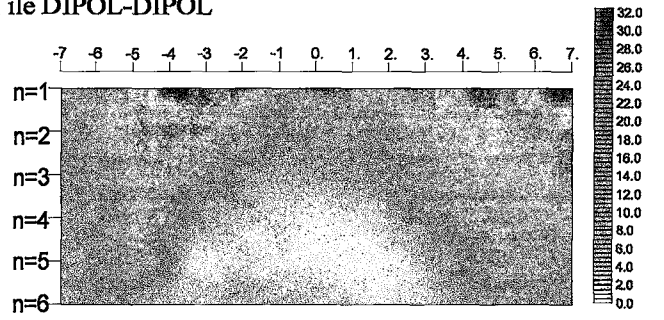
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



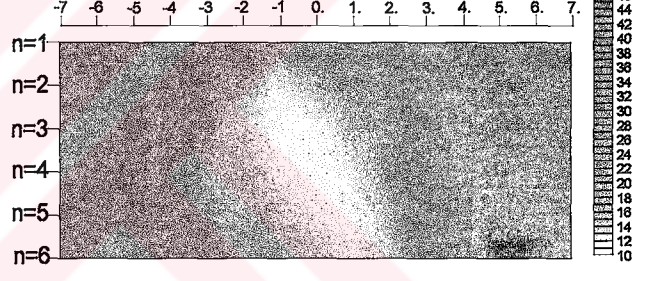
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



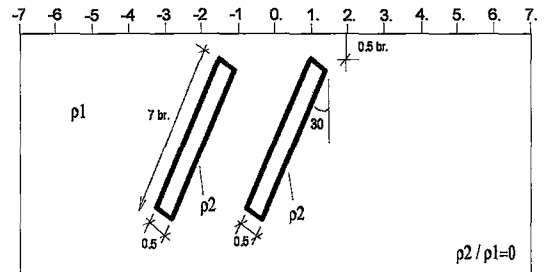
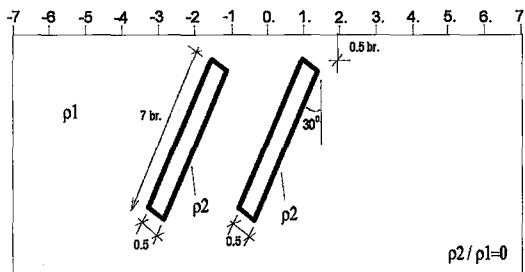
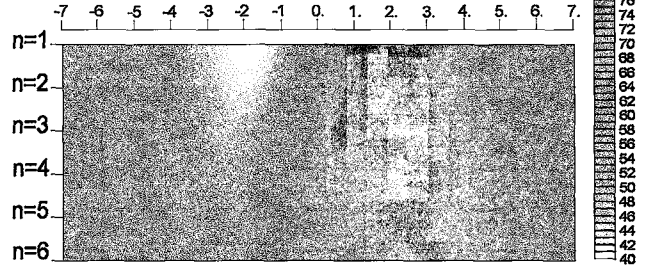
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

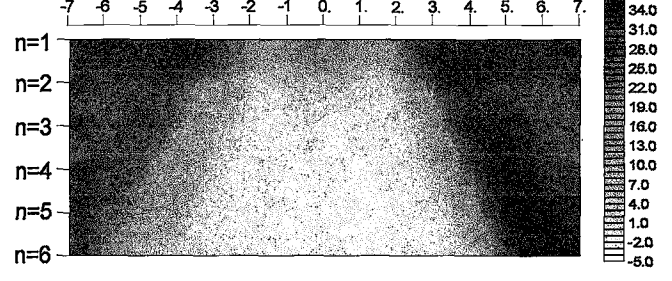
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 34. 2 birim aralıklı 30 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

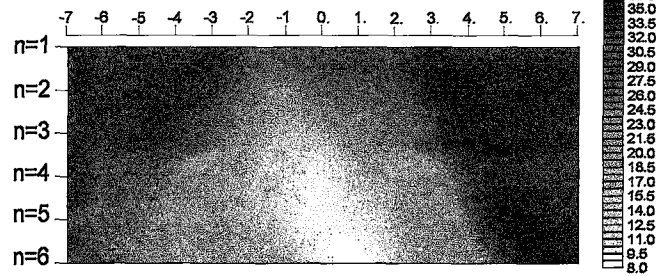
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7				
n=1																			
n=2		29.0	29.0	31.0	24.0	9.0	21.0	15.0	10.0	29.0	31.0	29.0	29.0						
n=3			31.0	32.0	33.0	21.0	4.0	3.0	6.0	2.0	6.0	32.0	35.0	32.0	31.0				
n=4				32.0	33.0	33.0	19.0	2.0	1.0	1.0	1.0	5.0	33.0	38.0	34.0	32.0			
n=5					33.0	33.0	31.0	16.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	34.0	41.0	35.0	33.0
n=6						32.0	29.0	14.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0	35.0	43.0	37.0
n=6							28.0	12.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0	35.0	45.0



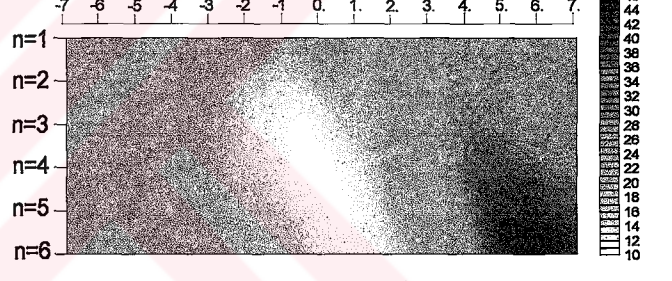
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7				
n=1																			
n=2		31.6	31.7	32.9	32.4	26.6	29.6	31.5	30.1	32.5	33.2	32.0	32.3						
n=3			32.0	32.0	33.1	31.6	22.2	18.6	24.3	25.5	27.2	33.3	33.9	32.8	33.1				
n=4				32.1	32.6	33.0	30.6	20.8	14.8	13.4	17.2	21.5	25.9	33.5	35.4	34.0	33.0		
n=5					32.6	32.6	31.6	29.7	21.1	15.3	12.4	10.5	14.4	20.1	25.9	34.5	36.4	34.5	33.5
n=6						31.8	30.2	28.5	23.5	18.4	13.4	10.1	10.1	13.4	20.1	25.1	36.9	38.5	35.2
n=6							32.2	29.5	24.1	21.5	18.8	16.1	10.7	8.0	13.4	21.5	24.1	34.9	40.2



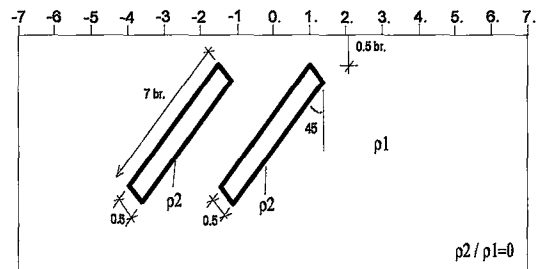
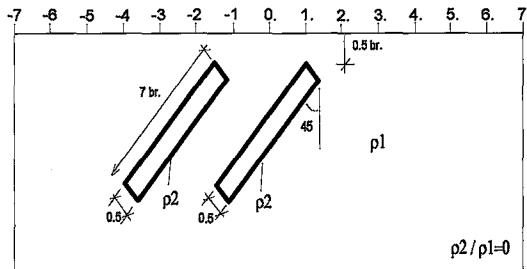
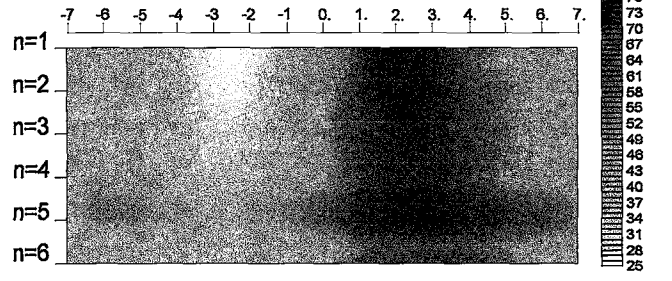
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7				
n=1																			
n=2		31.2	31.1	30.3	27.6	23.0	26.5	29.0	28.9	33.4	34.0	32.7	32.8						
n=3			31.2	30.6	28.8	24.5	17.9	15.0	20.0	23.8	27.3	35.6	38.2	34.7	33.9				
n=4				31.2	30.6	28.9	24.5	17.8	13.6	11.9	15.9	22.8	27.2	37.3	38.9	36.8	35.2		
n=5					31.3	31.6	30.0	26.5	20.8	16.3	13.4	10.9	15.0	23.6	28.4	40.9	42.1	39.3	37.7
n=6						31.6	31.6	29.2	24.9	21.5	17.7	14.4	11.0	15.8	25.9	31.1	44.5	46.4	42.6
n=6							32.2	32.2	30.2	26.8	23.5	20.1	15.4	12.1	18.8	28.8	33.5	48.3	50.9



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

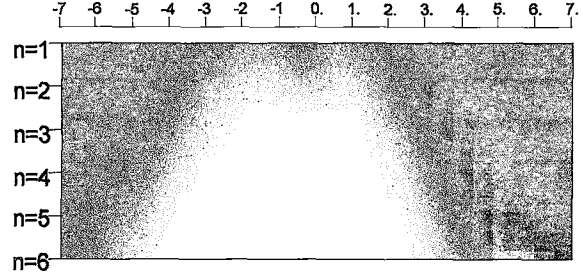
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7				
n=1																			
n=2		48.0	45.0	32.0	27.0	32.0	57.0	61.0	83.0	83.0	74.0	84.0	80.0						
n=3			49.0	47.0	40.0	31.0	31.0	46.0	61.0	72.0	83.0	79.0	71.0	65.0	59.0				
n=4				51.0	48.0	42.0	38.0	33.0	39.0	52.0	69.0	75.0	80.0	75.0	68.0	61.0	58.0		
n=5					52.0	49.0	46.0	40.0	37.0	39.0	46.0	59.0	73.0	77.0	77.0	72.0	64.0	60.0	55.0
n=6						51.0	48.0	44.0	40.0	40.0	43.0	52.0	64.0	72.0	74.0	74.0	67.0	62.0	57.0
n=6							50.0	46.0	42.0	42.0	44.0	51.0	58.0	66.0	71.0	71.0	70.0	65.0	59.0



Ek Şekil 35. 2 birim aralıklı 45 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

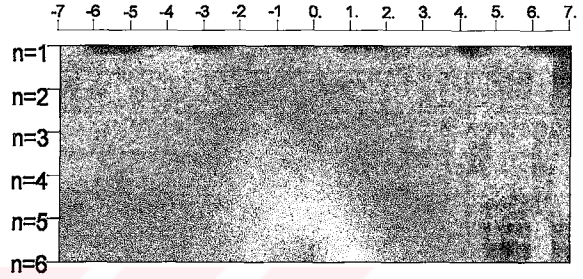
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



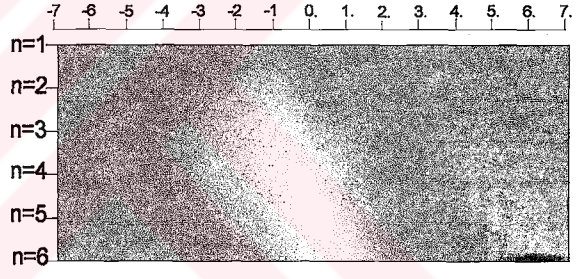
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



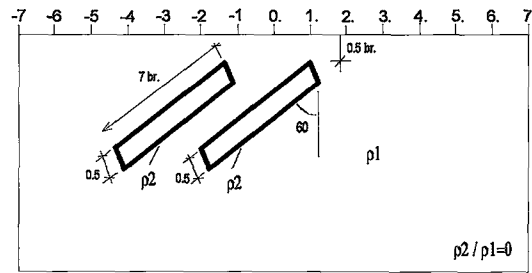
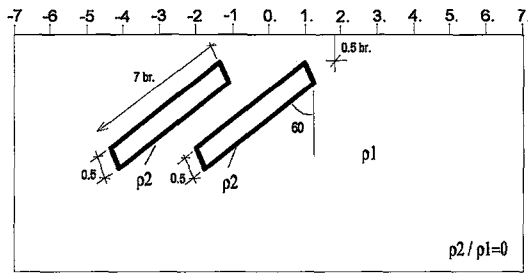
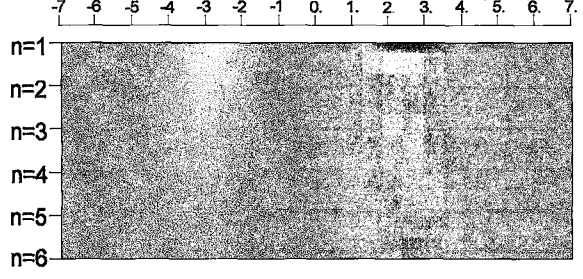
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

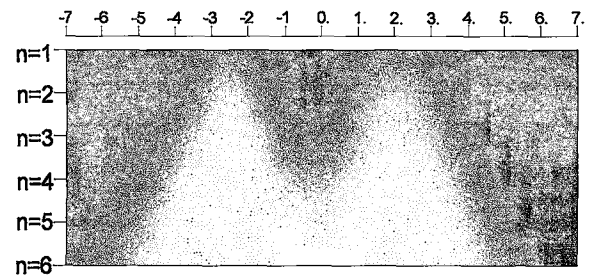
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 36. 2 birim aralıklı 60 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

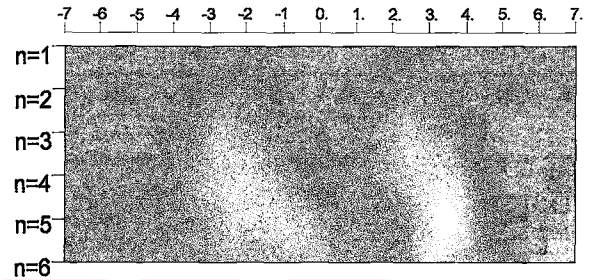
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



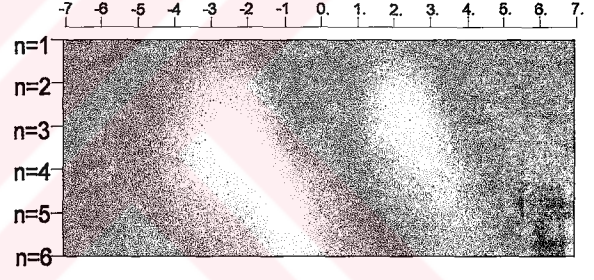
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



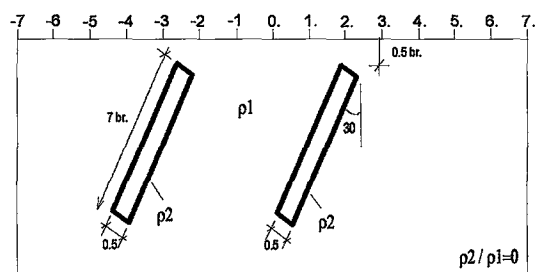
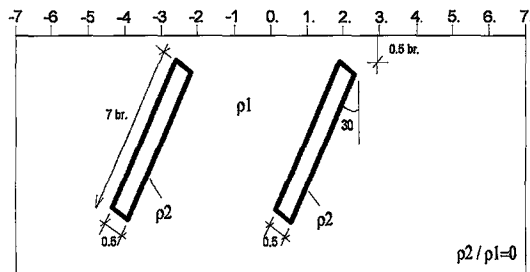
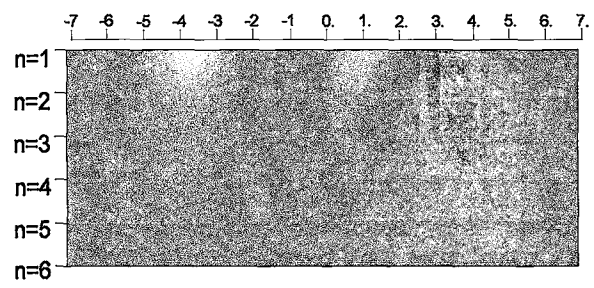
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

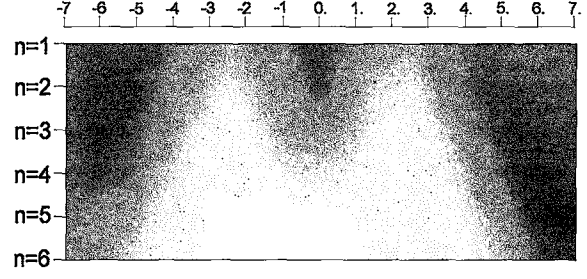
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 37. 4 birim aralıklı 30 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

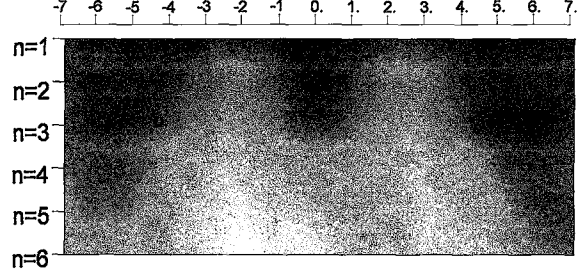
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



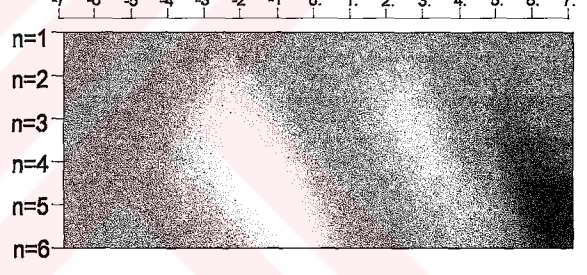
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



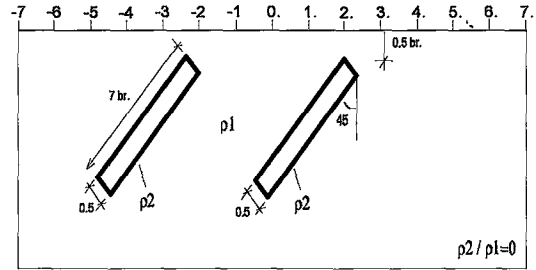
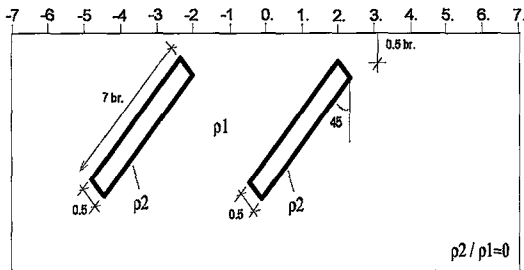
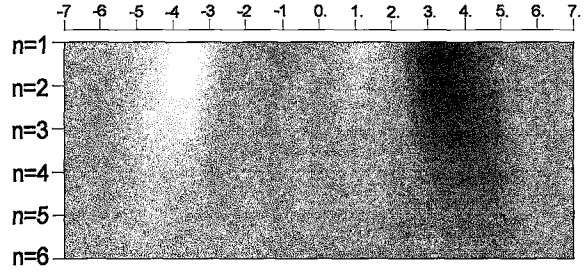
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

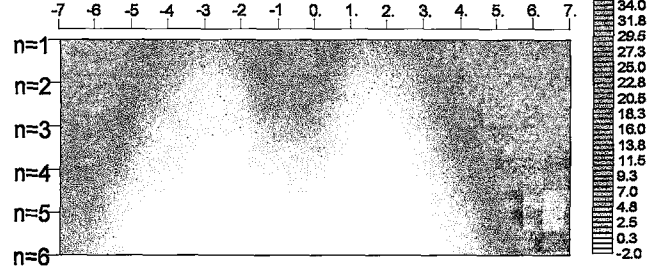
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 38. 4 birim aralıklı 45 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

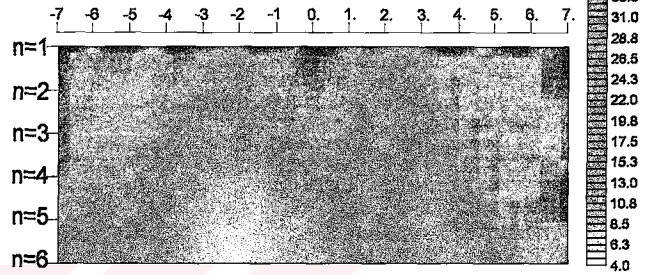
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



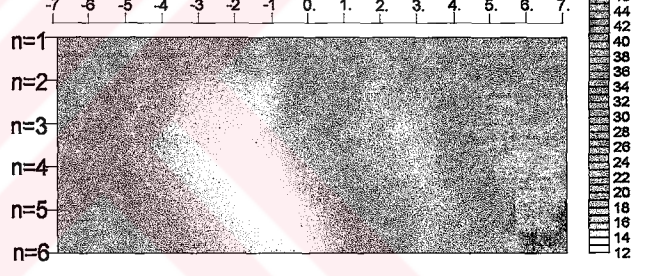
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



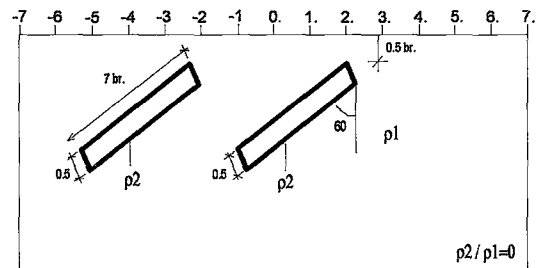
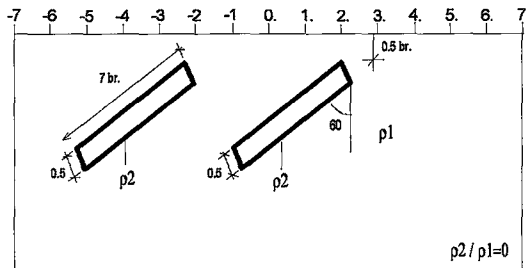
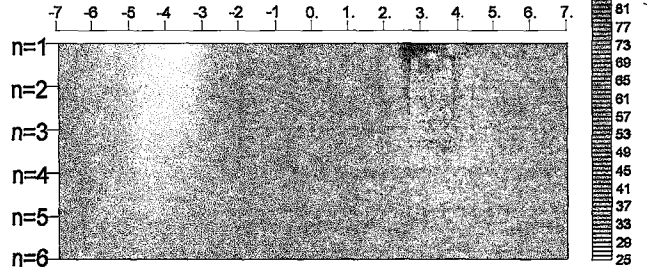
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

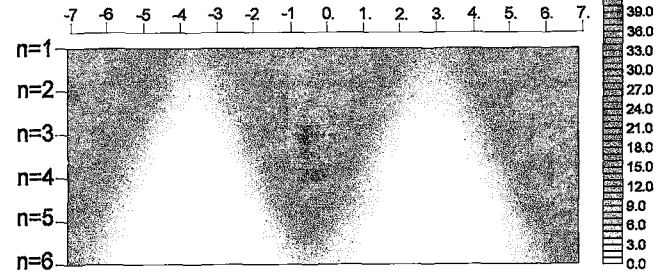
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 39. 4 birim aralıklı 60 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

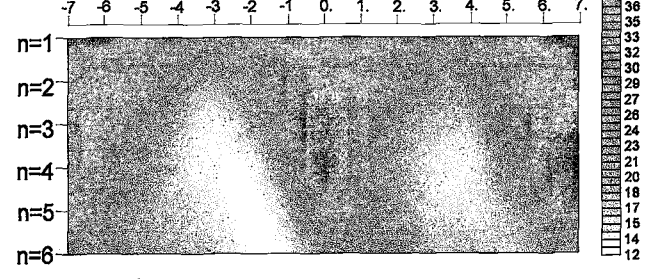
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

n=1	31.0	24.0	9.0	25.0	32.0	30.0	31.0	31.0	13.0	14.0	31.0	30.0			
n=2	35.0	23.0	4.0	4.0	26.0	40.0	37.0	34.0	10.0	3.0	10.0	35.0	34.0		
n=3	36.0	21.0	3.0	1.0	3.0	27.0	47.0	37.0	8.0	1.0	2.0	9.0	37.0	37.0	
n=4	36.0	19.0	2.0	1.0	1.0	3.0	29.0	44.0	8.0	1.0	1.0	1.0	8.0	38.0	39.0
n=5	18.0	2.0	1.0	1.0	1.0	3.0	25.0	8.0	1.0	1.0	1.0	1.0	8.0	39.0	
n=6	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	7.0	



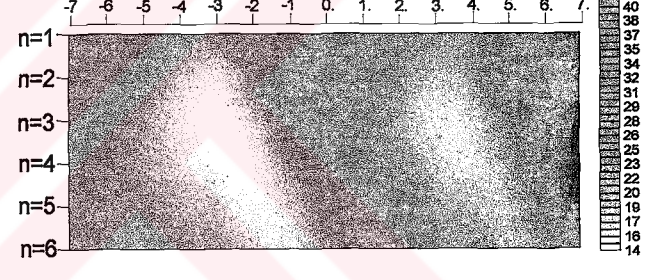
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

n=1	34.1	34.9	28.5	29.1	35.1	34.4	34.2	34.7	32.1	28.7	33.5	34.3			
n=2	36.0	36.2	24.1	18.2	28.0	37.9	37.2	36.0	31.4	22.0	23.4	34.1	37.3		
n=3	36.4	35.4	23.0	15.3	14.8	24.9	40.7	39.3	31.1	19.8	16.8	21.1	36.9	38.8	
n=4	36.4	34.5	23.0	16.3	13.9	13.4	23.9	42.1	32.6	20.1	16.3	14.4	21.1	37.3	40.2
n=5	33.5	25.1	18.4	16.8	13.4	13.4	23.5	35.2	25.1	18.4	15.1	16.8	20.1	38.9	
n=6	26.8	21.5	18.8	17.4	13.4	13.4	21.5	26.8	24.1	18.8	18.8	16.1	18.8		



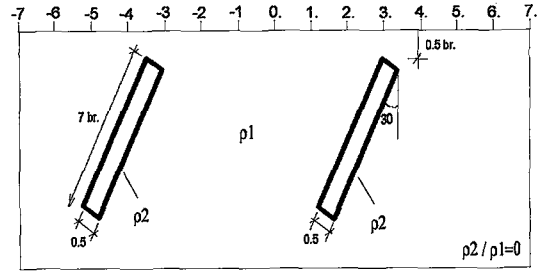
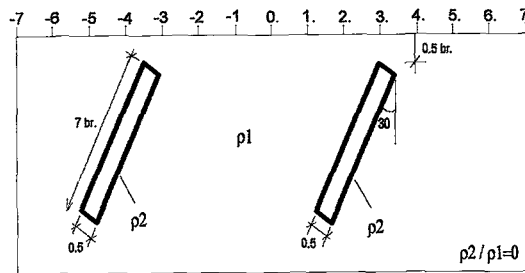
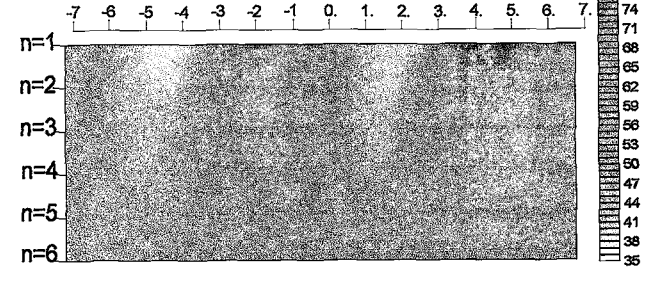
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

n=1	31.4	29.1	24.1	27.4	36.0	34.9	33.0	31.4	27.8	26.8	34.0	35.4			
n=2	30.6	26.9	19.4	16.0	24.5	38.1	35.5	31.1	25.1	19.4	22.2	35.4	38.7		
n=3	30.3	26.6	19.7	15.3	14.6	23.4	38.5	34.7	26.6	19.5	17.0	21.3	37.3	41.8	
n=4	30.0	27.8	21.7	18.2	16.0	14.7	23.0	38.3	32.2	23.9	19.8	17.6	21.4	39.3	45.0
n=5	28.7	24.9	22.0	20.1	17.7	15.8	23.0	37.8	32.6	28.8	22.0	19.6	22.5	42.1	
n=6	27.5	25.5	24.8	22.8	19.4	16.8	22.8	38.9	36.9	30.2	24.8	21.5	24.1		



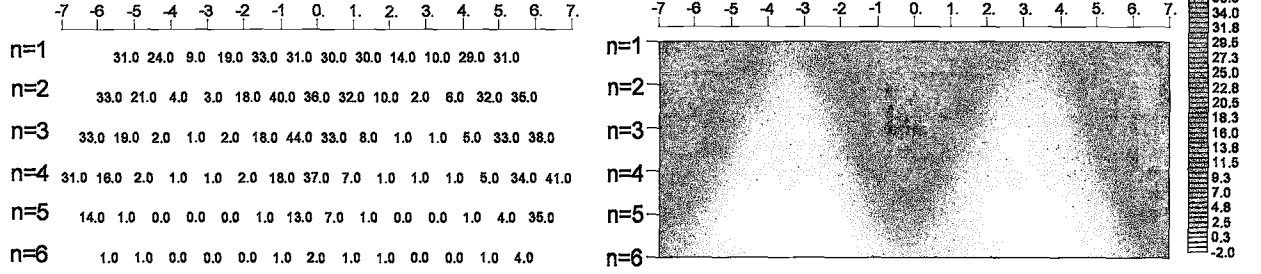
## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

n=1	48.0	38.0	42.0	72.0	78.0	65.0	53.0	44.0	42.0	71.0	83.0	71.0			
n=2	49.0	44.0	42.0	58.0	72.0	68.0	59.0	48.0	41.0	58.0	78.0	77.0	88.0		
n=3	49.0	47.0	44.0	51.0	63.0	70.0	63.0	54.0	45.0	53.0	65.0	75.0	71.0	65.0	
n=4	49.0	48.0	48.0	50.0	56.0	63.0	67.0	58.0	50.0	52.0	61.0	67.0	72.0	68.0	61.0
n=5	49.0	48.0	50.0	53.0	57.0	60.0	60.0	54.0	54.0	60.0	64.0	67.0	68.0	65.0	
n=6	48.0	51.0	53.0	55.0	57.0	58.0	57.0	57.0	60.0	62.0	64.0	65.0	65.0		

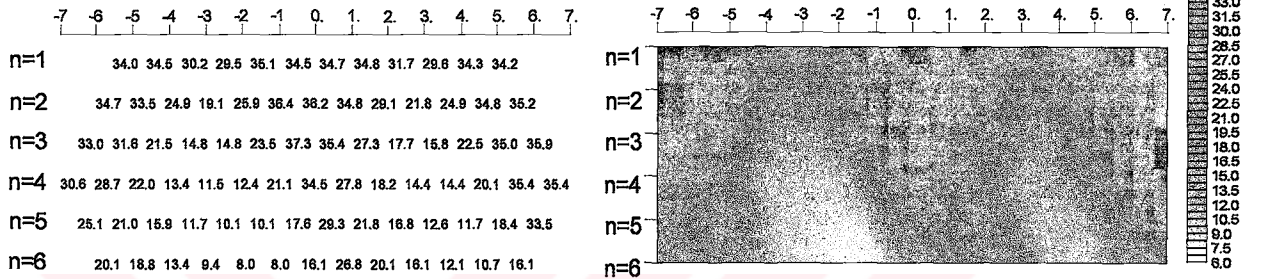


Ek Şekil 40. 6 birim aralıklı 30 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

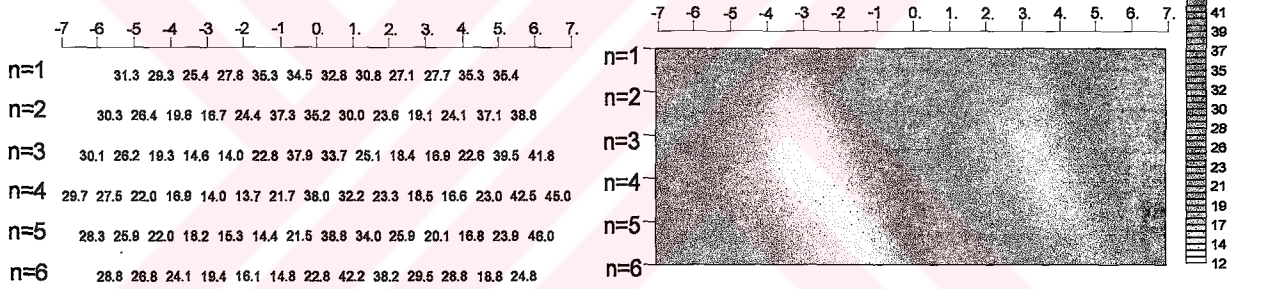
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL



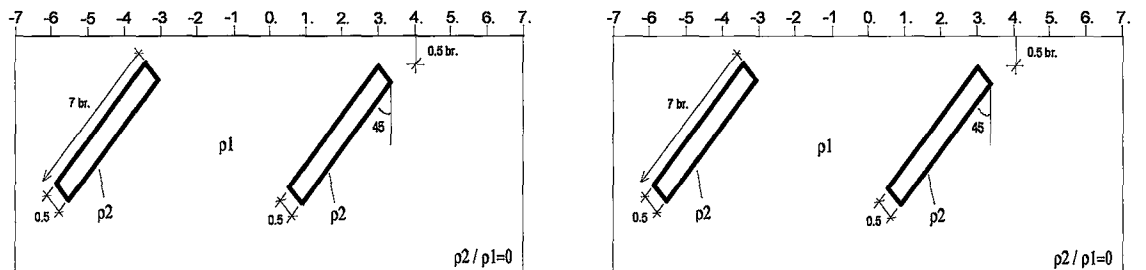
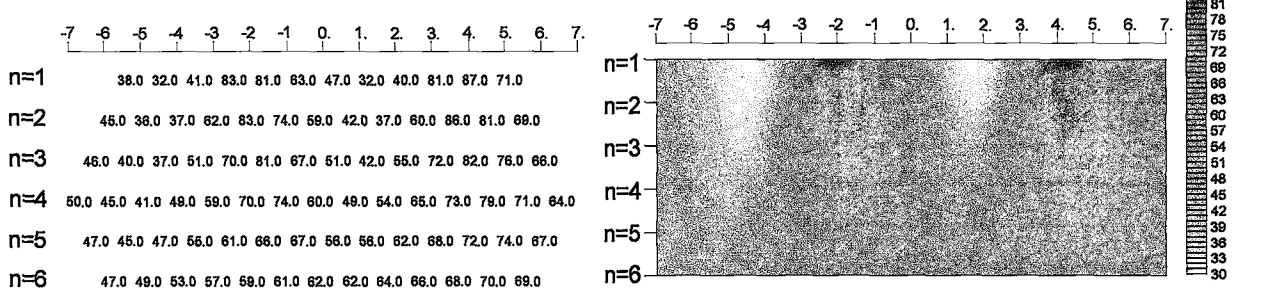
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL



## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

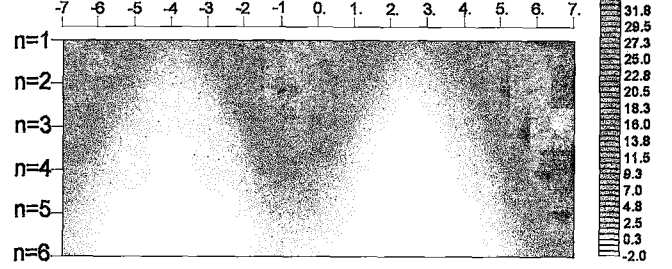


Ek Şekil 41. 6 birim aralıklı 45 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.



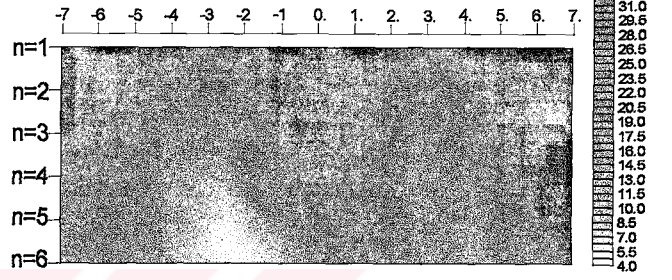
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		28.0	11.0	8.0	24.0	33.0	30.0	31.0	18.0	8.0	14.0	31.0	30.0		
n=3		20.0	4.0	1.0	1.0	3.0	23.0	32.0	12.0	1.0	0.0	1.0	8.0	36.0	37.0
n=4		16.0	3.0	1.0	0.0	1.0	3.0	17.0	10.0	1.0	0.0	0.0	1.0	8.0	37.0
n=5		2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.0	38.0
n=6		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.0	



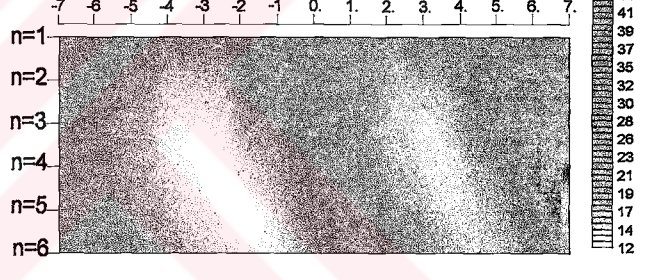
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		33.9	32.5	30.5	29.7	33.8	34.5	33.3	34.0	30.6	30.5	33.5	33.8		
n=3		33.7	31.8	24.7	21.3	26.6	35.2	34.8	32.4	26.4	21.8	27.2	34.7	34.5	
n=4		31.6	28.2	22.0	14.8	16.3	25.4	34.5	32.1	24.4	17.2	17.2	25.4	36.0	34.5
n=5		27.8	26.8	20.1	13.4	10.5	14.4	22.0	29.7	25.9	18.2	13.4	15.3	23.9	35.4
n=6		21.8	21.0	15.1	10.9	6.7	11.7	18.4	28.5	21.8	15.1	13.4	13.4	21.8	35.2
n=6		20.1	18.8	12.1	6.7	5.4	8.0	18.8	29.5	21.5	14.8	12.1	13.4	21.5	



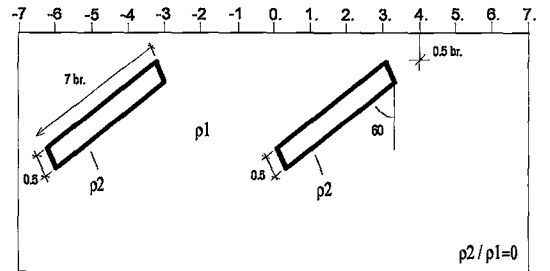
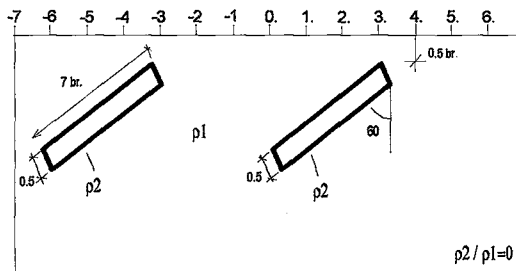
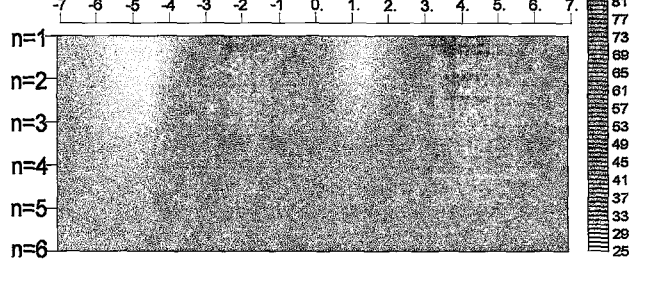
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		30.6	28.3	26.5	28.5	34.6	33.5	31.6	29.6	28.3	29.4	34.9	34.6		
n=3		29.4	25.0	19.6	18.0	25.5	35.4	33.2	27.5	21.8	18.3	27.0	38.9	37.5	
n=4		28.7	24.5	18.6	14.4	15.3	24.1	35.6	31.2	22.4	17.0	16.7	28.4	41.0	40.8
n=5		29.0	26.2	21.1	16.3	13.7	14.7	23.6	36.4	30.6	21.7	16.6	16.3	26.8	44.7
n=6		28.7	24.9	21.1	16.8	13.9	13.9	23.9	39.3	33.5	23.5	17.2	16.8	28.3	48.8
n=6		28.5	26.8	22.1	18.1	14.8	15.4	25.5	42.9	36.2	25.5	19.4	17.4	30.2	



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

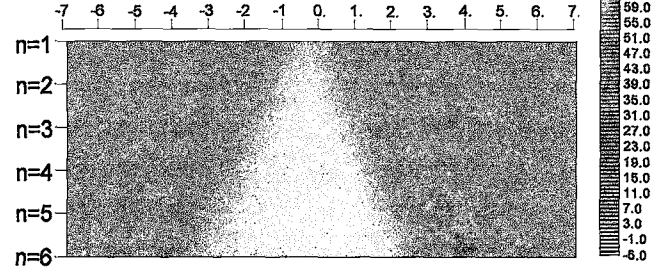
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2		31.0	29.0	39.0	83.0	79.0	61.0	41.0	32.0	49.0	92.0	90.0	74.0		
n=3		39.0	30.0	35.0	62.0	83.0	72.0	53.0	34.0	41.0	71.0	91.0	83.0	71.0	
n=4		42.0	34.0	34.0	51.0	70.0	78.0	63.0	44.0	41.0	59.0	78.0	84.0	78.0	68.0
n=5		47.0	40.0	37.0	45.0	58.0	67.0	69.0	54.0	47.0	55.0	68.0	78.0	71.0	63.0
n=6		43.0	41.0	45.0	52.0	60.0	63.0	60.0	54.0	57.0	63.0	70.0	75.0	75.0	67.0
n=6		43.0	47.0	50.0	54.0	57.0	58.0	59.0	62.0	64.0	66.0	68.0	72.0	70.0	



Ek Şekil 42. 6 birim aralıklı 60 derece eğimli iletken iki daykın andıran-kesitleri.

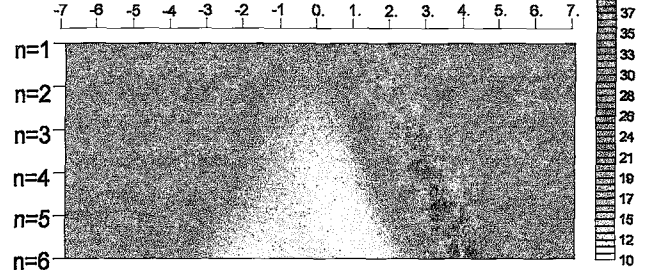
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

n=1	28.0	29.0	29.0	31.0	29.0	10.0	25.0	36.0	29.0	28.0	28.0	28.0
n=2	31.0	31.0	32.0	35.0	31.0	6.0	4.0	27.0	46.0	32.0	30.0	30.0
n=3	31.0	32.0	34.0	38.0	31.0	5.0	2.0	3.0	29.0	56.0	34.0	31.0
n=4	32.0	33.0	35.0	40.0	31.0	5.0	2.0	2.0	3.0	31.0	64.0	35.0
n=5	34.0	36.0	41.0	31.0	5.0	2.0	1.0	1.0	3.0	33.0	72.0	38.0
n=6	38.0	42.0	31.0	6.0	2.0	1.0	1.0	1.0	3.0	36.0	80.0	40.0



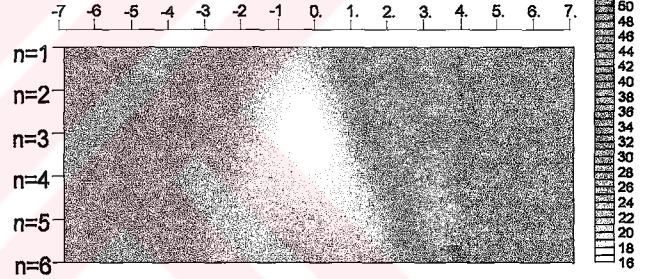
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

n=1	30.4	30.9	31.0	32.1	31.5	25.0	32.8	34.2	30.9	30.8	30.8	30.8
n=2	29.9	30.3	30.8	32.6	32.6	21.3	19.5	33.9	38.3	31.0	30.5	30.5
n=3	29.7	30.2	30.2	32.6	33.0	21.1	15.3	18.3	33.5	41.7	31.1	30.2
n=4	27.8	28.7	29.7	30.6	30.6	21.1	15.3	12.4	14.4	33.5	43.1	30.6
n=5	26.8	28.5	30.2	30.2	18.4	15.1	13.4	11.7	13.4	33.5	45.2	30.2
n=6	24.1	28.5	28.5	16.1	10.7	13.4	13.4	12.1	12.1	28.5	45.6	26.8



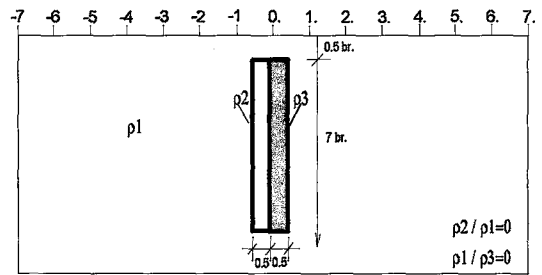
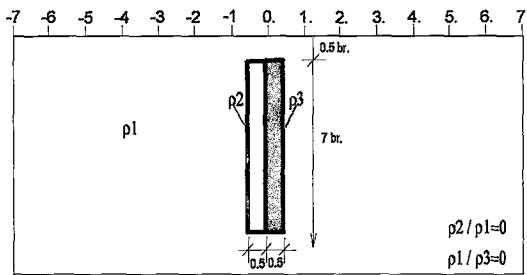
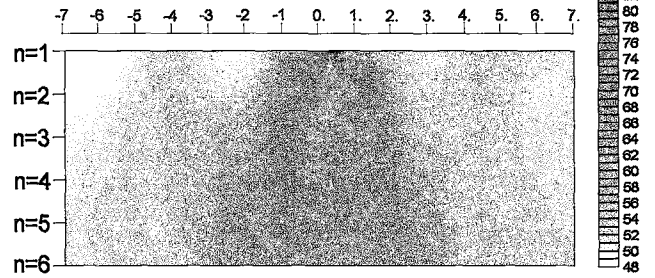
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

n=1	30.9	29.9	30.7	30.3	27.0	22.6	34.7	35.5	31.8	31.3	31.0	31.1
n=2	30.8	30.5	29.5	29.7	26.2	19.1	19.3	36.2	41.4	32.6	31.4	31.2
n=3	30.6	30.6	30.1	28.9	26.4	20.1	17.0	16.8	37.5	45.6	34.1	32.0
n=4	30.3	31.0	30.3	29.4	26.2	22.0	19.5	18.2	20.1	39.9	49.8	35.4
n=5	30.6	31.1	30.6	27.8	23.5	23.0	22.0	21.5	21.5	42.1	53.6	38.3
n=6	30.2	30.8	30.2	25.5	23.5	26.1	24.8	23.5	24.8	44.2	57.0	40.9



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

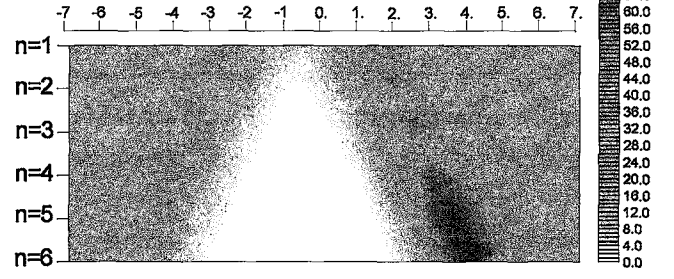
n=1	48.0	54.0	53.0	49.0	52.0	69.0	85.0	56.0	53.0	53.0	54.0	54.0
n=2	50.0	53.0	54.0	53.0	54.0	62.0	77.0	72.0	56.0	53.0	54.0	51.0
n=3	51.0	53.0	54.0	56.0	56.0	60.0	71.0	73.0	67.0	56.0	54.0	53.0
n=4	51.0	53.0	53.0	54.0	56.0	60.0	69.0	68.0	68.0	64.0	56.0	53.0
n=5	53.0	54.0	54.0	56.0	60.0	64.0	66.0	66.0	65.0	62.0	55.0	54.0
n=6	53.0	53.0	53.0	56.0	64.0	66.0	64.0	63.0	64.0	60.0	54.0	54.0



Ek Şekil 43. Birbirine bitişik biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

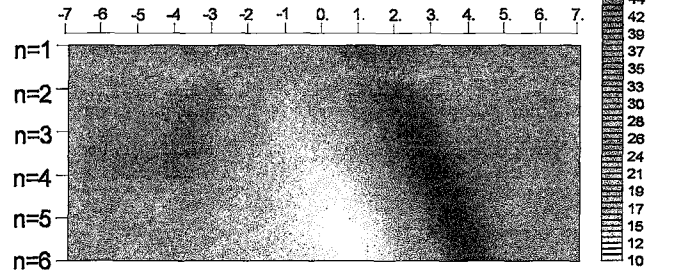
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



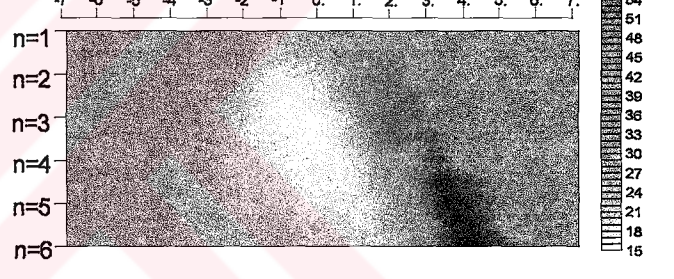
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



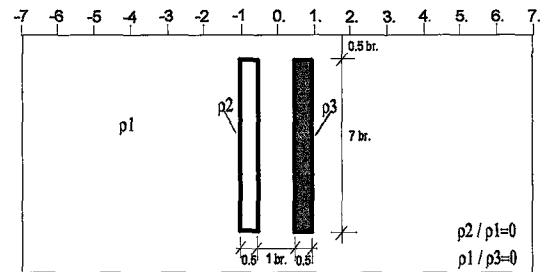
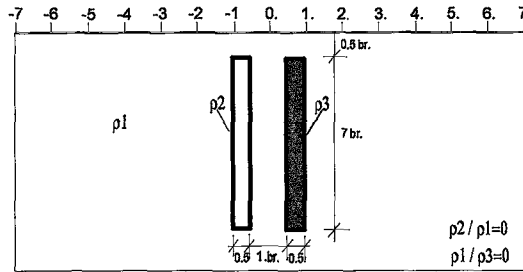
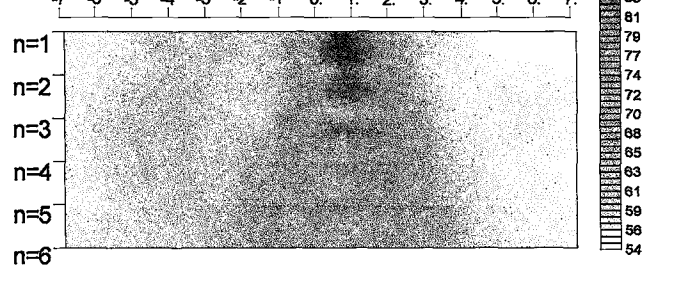
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

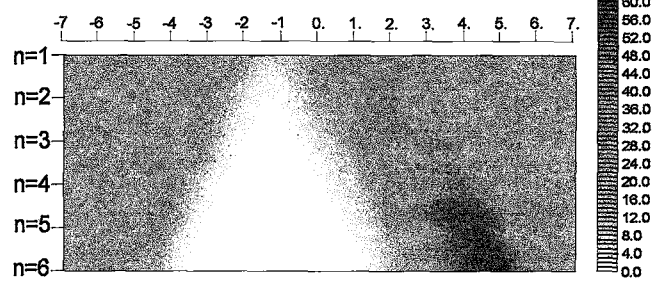
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 44. 1 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykım andıran-kesitleri.

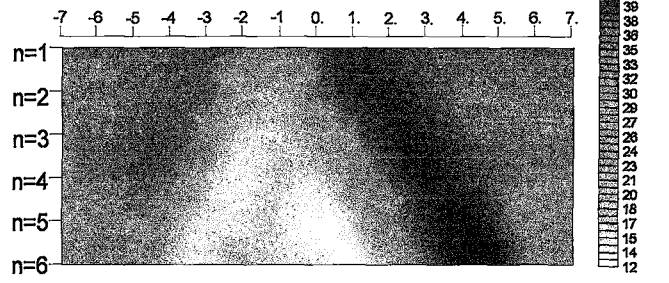
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



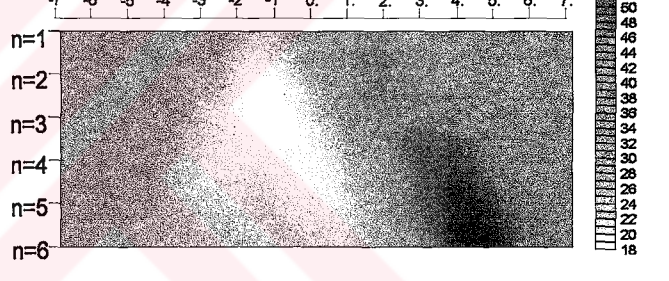
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



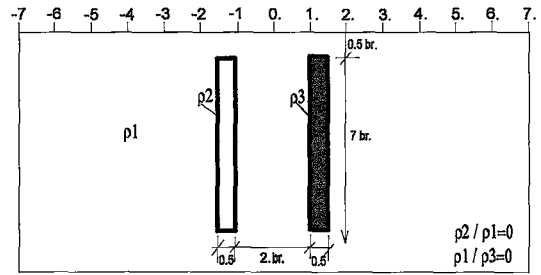
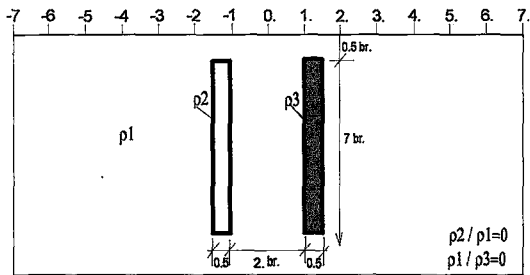
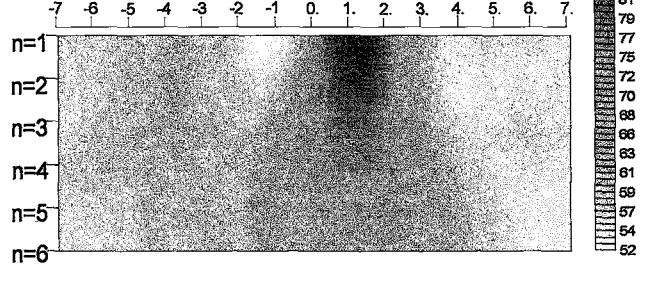
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

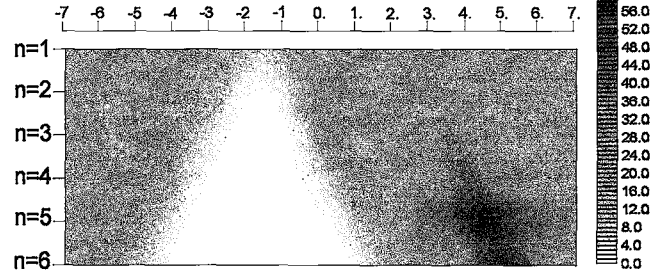
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 45. 2 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

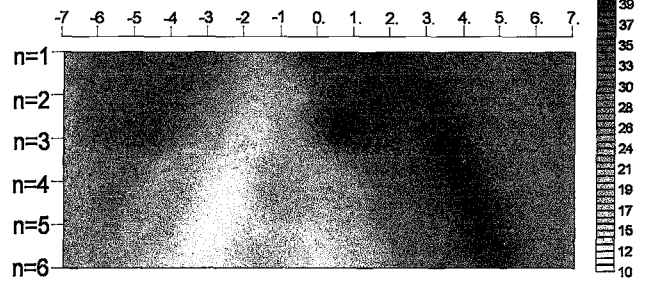
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7								
n=1									29.0	30.0	32.0	19.0	10.0	28.0	34.0	34.0	35.0	28.0	28.0	28.0			
n=2									31.0	33.0	36.0	17.0	3.0	6.0	38.0	43.0	33.0	43.0	32.0	29.0	30.0		
n=3									33.0	35.0	39.0	16.0	2.0	1.0	6.0	40.0	35.0	34.0	50.0	35.0	30.0	30.0	
n=4									34.0	37.0	40.0	15.0	2.0	1.0	2.0	6.0	28.0	33.0	36.0	57.0	38.0	30.0	30.0
n=5									38.0	42.0	14.0	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0	24.0	32.0	38.0	63.0	41.0	30.0	
n=6									42.0	14.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	3.0	23.0	33.0	40.0	69.0	44.0		



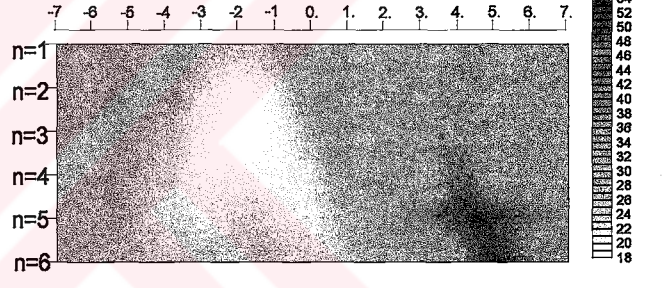
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7								
n=1									34.4	35.0	36.5	32.8	28.1	35.6	37.5	38.7	37.6	35.2	35.0	34.8			
n=2									34.3	36.4	37.0	29.7	19.3	22.8	39.1	42.3	38.5	40.6	35.2	33.1	33.7		
n=3									33.5	35.0	37.3	27.6	15.8	14.8	23.9	41.7	37.3	37.3	41.7	35.0	32.6	32.6	
n=4									32.6	34.5	36.4	25.9	14.4	13.4	31.6	23.0	32.6	33.5	37.3	42.1	34.5	31.6	31.6
n=5									33.5	35.2	23.5	13.4	11.7	16.8	16.8	16.8	30.2	31.8	35.2	43.6	33.5	30.2	
n=6									32.2	21.5	13.4	13.4	18.8	18.8	13.4	16.1	29.5	32.2	34.9	40.2	32.2		



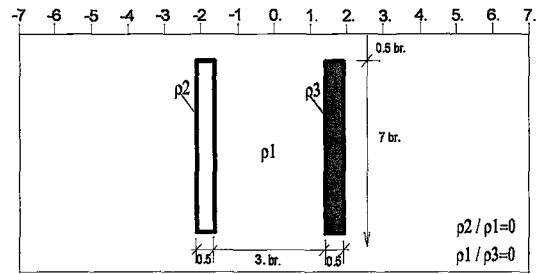
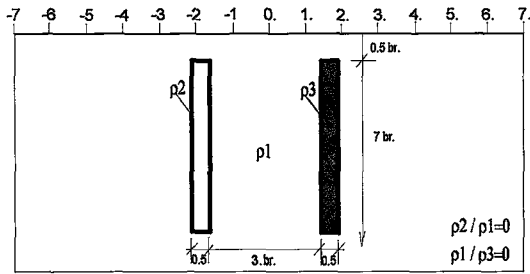
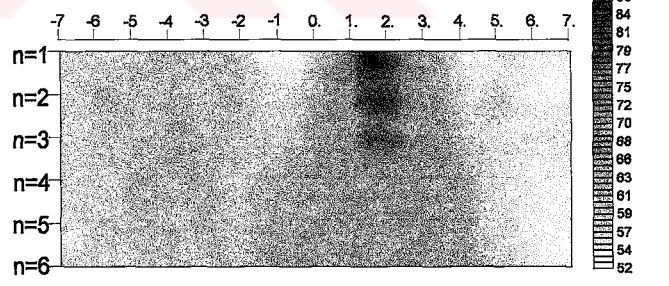
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7								
n=1									34.0	33.3	32.8	28.3	26.4	36.6	38.4	38.6	40.0	35.8	35.0	34.3			
n=2									33.7	33.0	30.5	24.5	19.3	23.5	38.7	39.8	39.3	43.7	37.2	34.2	34.6		
n=3									33.1	32.4	30.3	23.8	19.3	19.0	24.1	37.9	37.7	39.6	47.7	39.1	34.9	35.0	
n=4									32.6	32.6	30.0	25.2	20.8	20.8	21.4	23.9	35.1	38.0	41.2	51.1	41.2	35.8	36.1
n=5									32.6	30.6	28.3	23.9	24.4	25.4	23.0	24.4	35.4	39.7	43.1	54.6	44.6	37.8	
n=6									30.2	28.1	28.1	28.1	28.1	28.1	25.5	26.8	36.9	40.9	45.6	58.3	48.3		



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

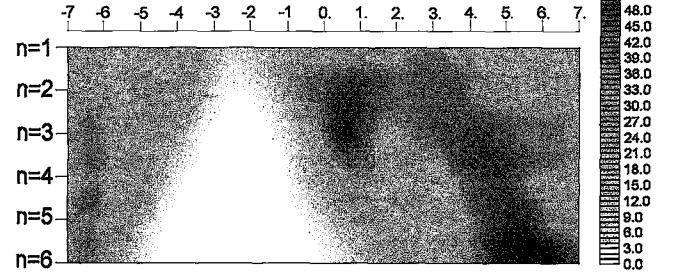
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7								
n=1									57.0	61.0	60.0	61.0	56.0	53.0	65.0	61.0	72.0	60.0	54.0	57.0			
n=2									60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	58.0	61.0	78.0	83.0	66.0	57.0	59.0	54.0		
n=3									58.0	59.0	60.0	63.0	59.0	59.0	59.0	71.0	78.0	74.0	63.0	57.0	57.0	57.0	
n=4									58.0	58.0	60.0	62.0	60.0	59.0	61.0	67.0	73.0	72.0	69.0	62.0	57.0	55.0	55.0
n=5									57.0	60.0	60.0	61.0	60.0	61.0	66.0	70.0	71.0	71.0	66.0	59.0	58.0	55.0	
n=6									58.0	59.0	60.0	60.0	62.0	67.0	70.0	68.0	67.0	68.0	65.0	60.0	55.0		



Ek Şekil 46. 3 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

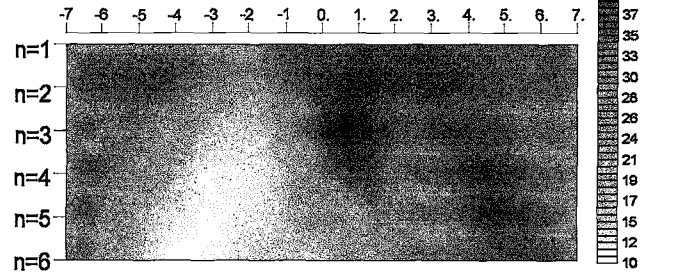
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



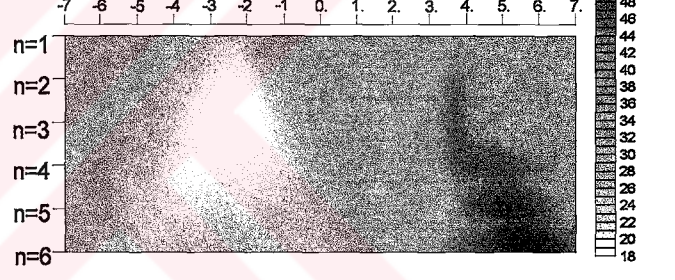
## Analog Deneş Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



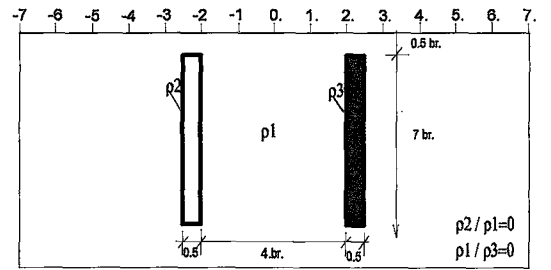
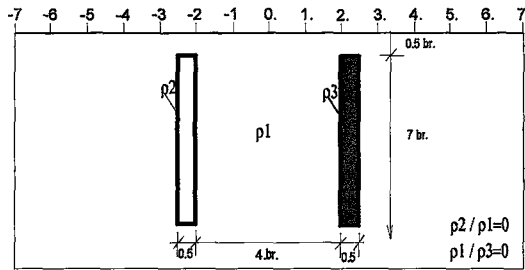
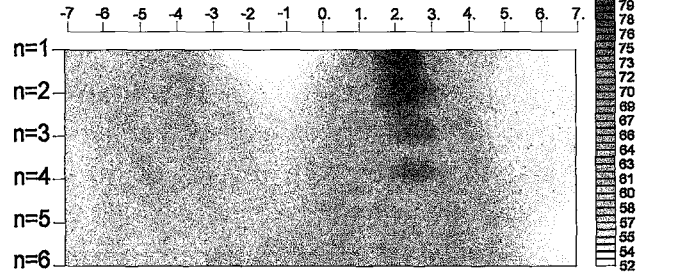
## Analog Deneş Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneş Tankı ile GRADYENT

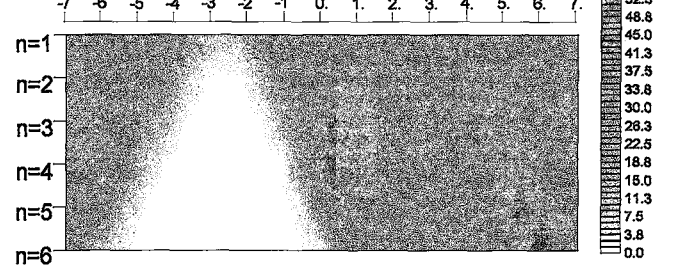
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 47. 4 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

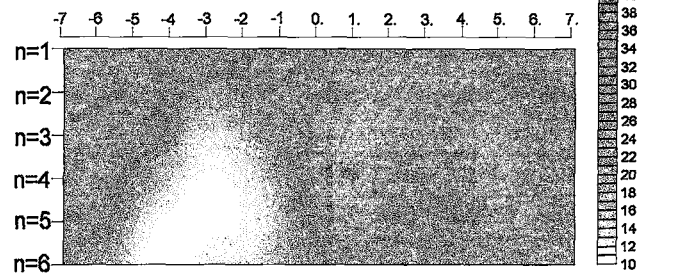
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



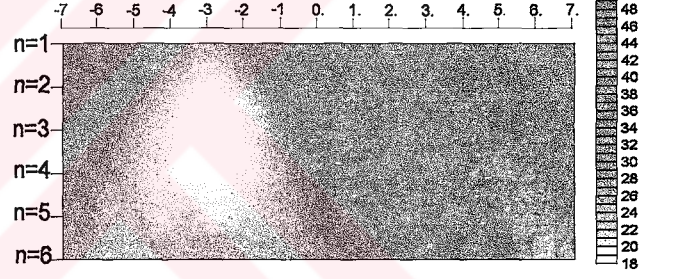
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



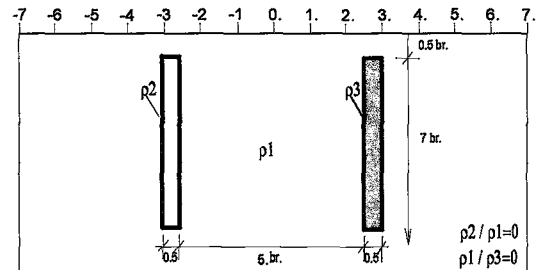
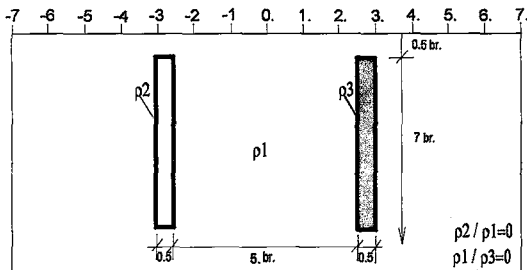
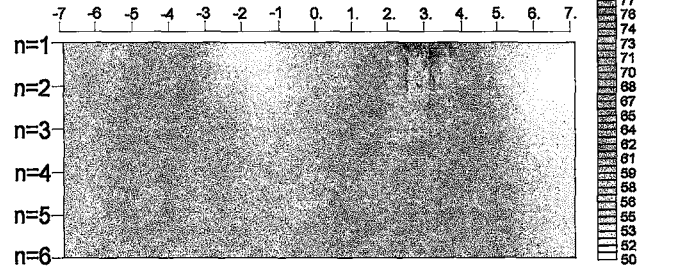
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

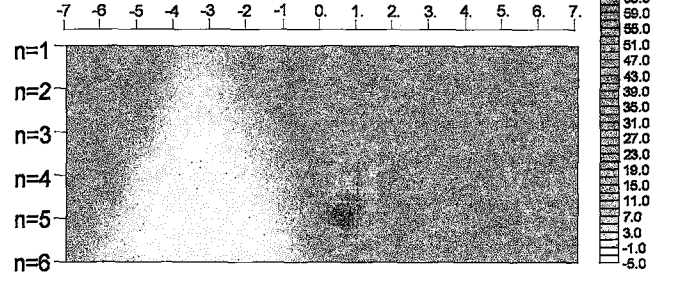
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 48. 5 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

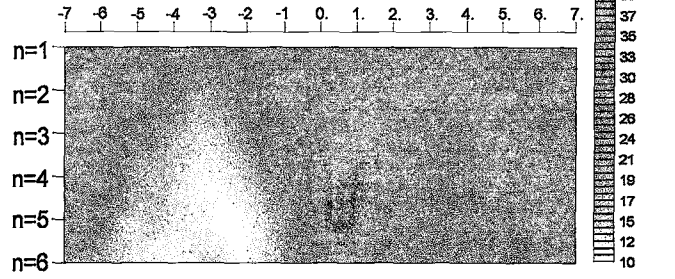
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



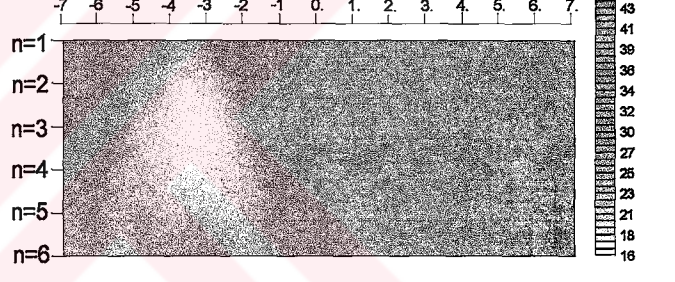
## Analog Deneş Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



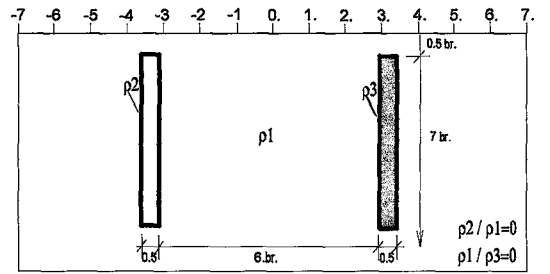
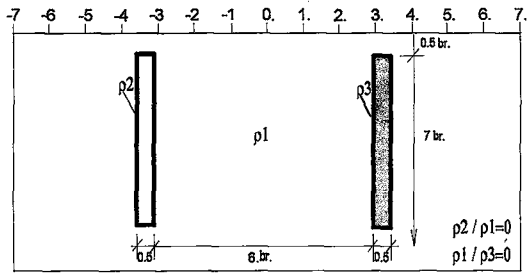
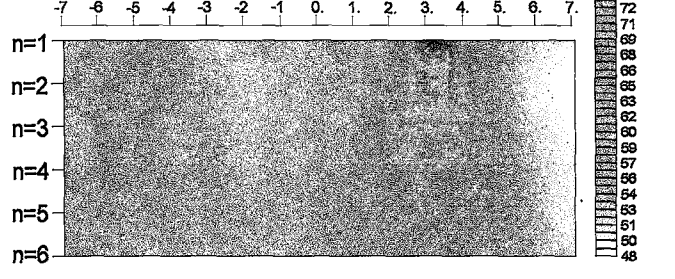
## Analog Deneş Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneş Tankı ile GRADYENT

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															

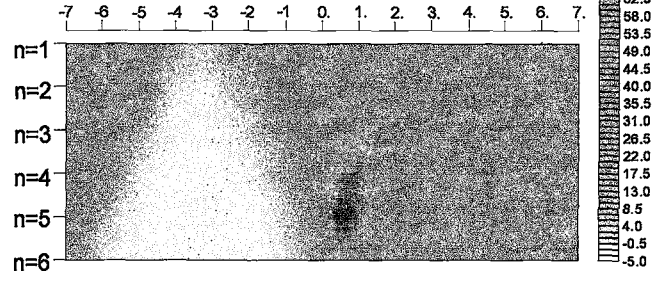


Ek Şekil 49. 6 birim aralıklı biri iletken biri yalıtıkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.



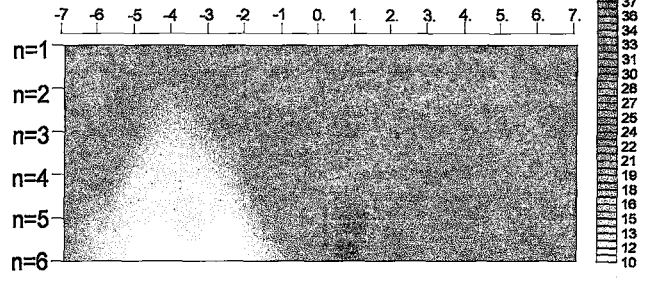
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



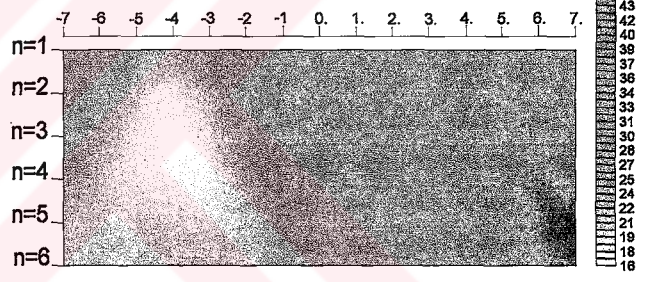
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



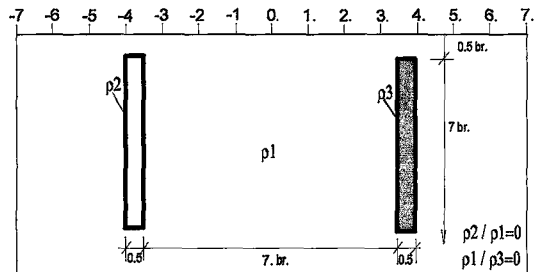
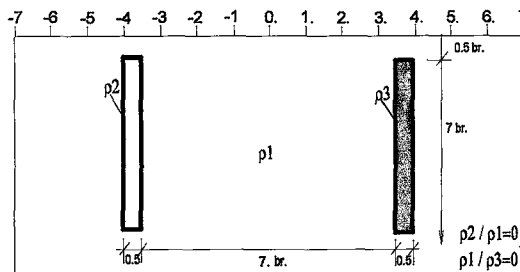
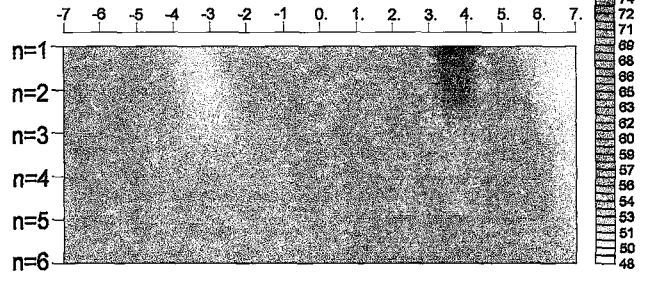
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

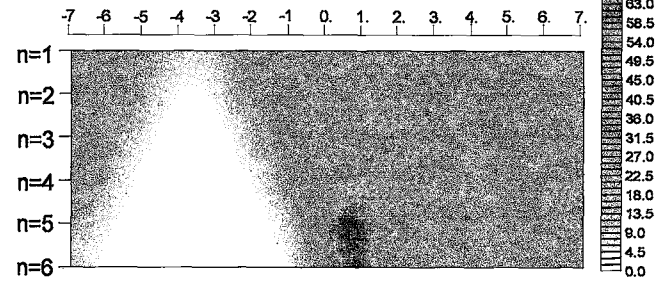
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 50. 7 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykın andıran-kesitleri.

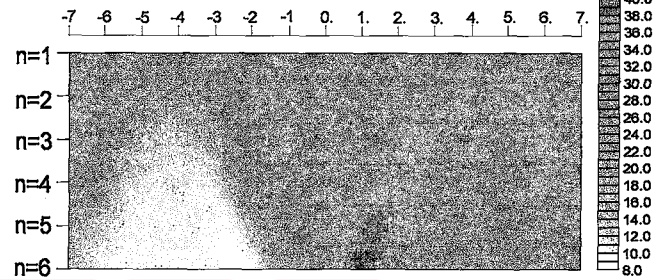
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



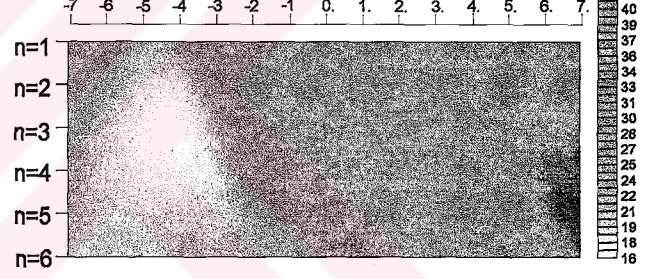
## Analog Deneş Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



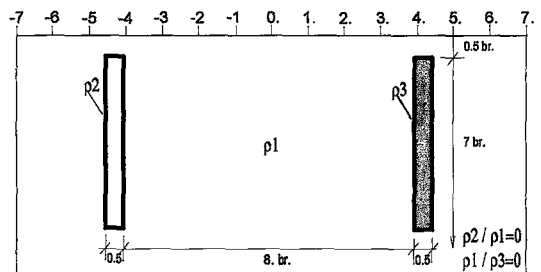
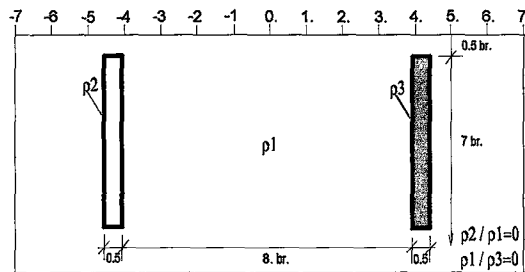
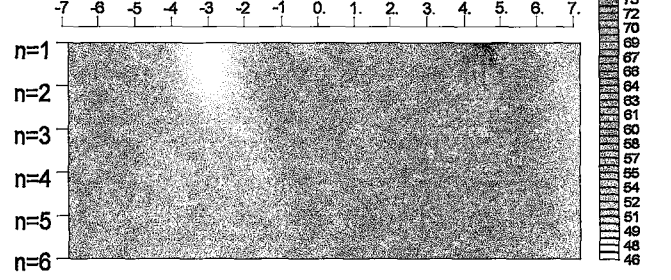
## Analog Deneş Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneş Tankı ile GRADYENT

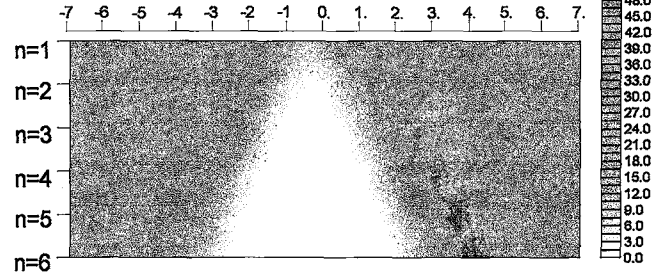
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 51. 8 birim aralıklı biri iletken biri yalıtkan iki düşey daykım andıran-kesitleri

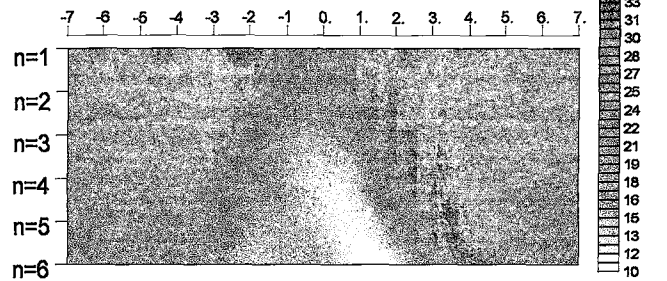
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



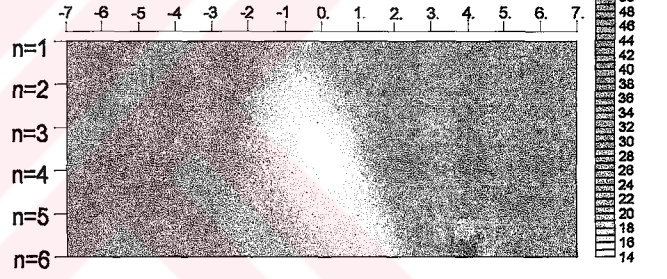
## Analog Deneysel Tank ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



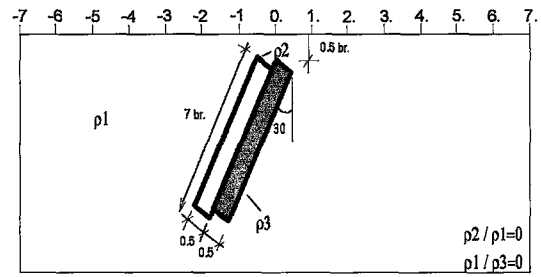
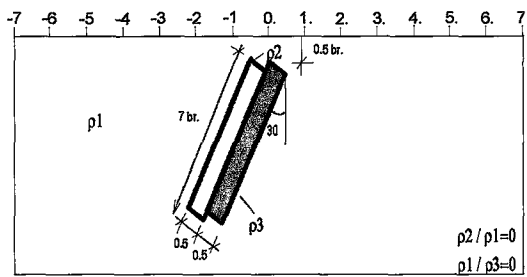
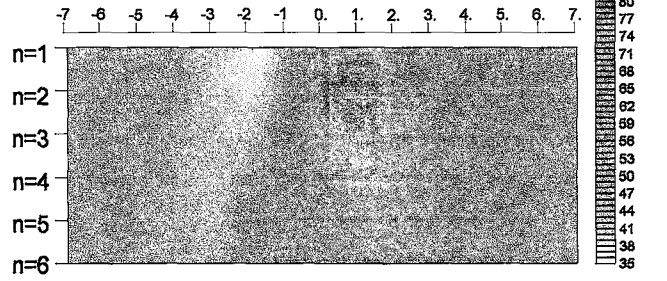
## Analog Deneysel Tank ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tank ile GRADYENT

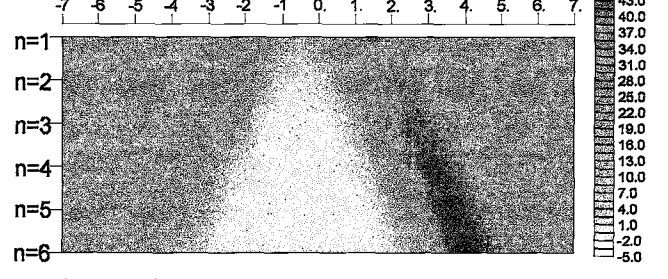
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 52. Birbirine bitişik 30 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

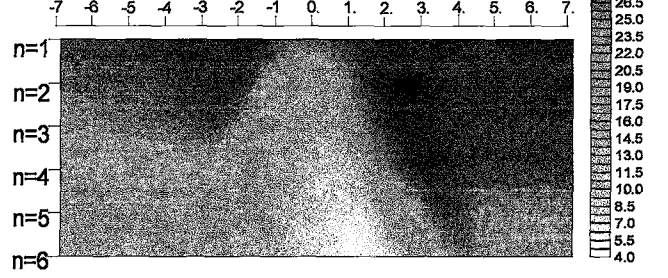
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	
n=1																
n=2		28.0	29.0	29.0	31.0	24.0	9.0	21.0	34.0	29.0	29.0	28.0	28.0			
n=3		31.0	31.0	32.0	33.0	21.0	4.0	3.0	20.0	41.0	32.0	31.0	30.0	30.0		
n=4		32.0	32.0	33.0	33.0	19.0	2.0	1.0	2.0	20.0	46.0	34.0	32.0	31.0	31.0	
n=5		32.0	33.0	33.0	31.0	16.0	2.0	1.0	1.0	2.0	20.0	50.0	36.0	33.0	32.0	31.0
n=6		33.0	32.0	29.0	14.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	20.0	53.0	37.0	34.0	32.0	
n=6		32.0	28.0	13.0	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	20.0	56.0	39.0	35.0		



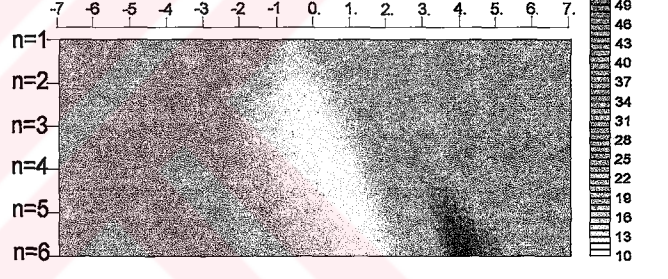
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	
n=1																
n=2		28.7	28.7	30.5	31.3	30.7	24.0	27.2	31.2	30.0	30.0	29.4	30.1			
n=3		27.4	27.2	28.1	30.6	29.7	19.5	16.1	25.3	31.6	29.7	28.7	28.7	28.9		
n=4		24.9	25.4	26.3	27.3	27.6	18.2	12.0	12.9	23.9	31.6	28.3	27.8	27.8	27.8	
n=5		22.0	22.0	22.0	22.0	23.0	18.2	12.4	9.6	10.5	22.0	31.6	27.8	26.8	26.8	26.8
n=6		18.4	20.1	20.1	20.1	16.8	15.1	10.1	8.4	8.4	20.1	30.2	25.1	25.1	25.1	
n=6		13.4	10.7	18.8	16.1	10.7	10.7	8.0	5.4	8.0	18.8	26.8	22.8	22.8		



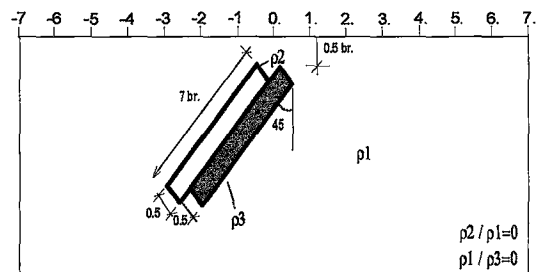
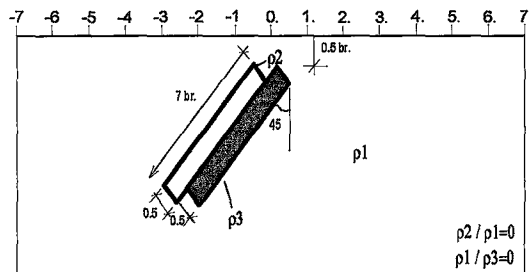
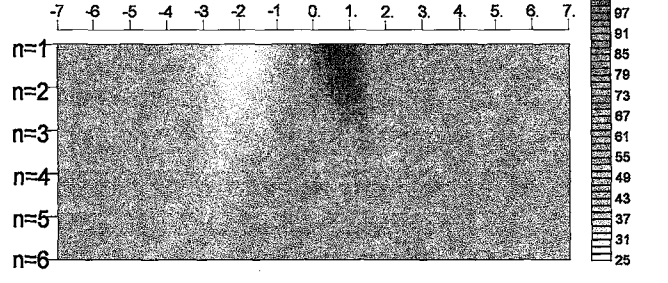
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	
n=1																
n=2		30.7	30.2	30.8	30.0	26.8	21.6	28.4	34.8	32.6	32.1	30.9	31.3			
n=3		30.8	30.6	30.2	29.3	24.9	17.1	15.4	28.3	39.9	35.0	32.8	31.9	32.2		
n=4		30.8	30.8	30.8	29.3	25.7	18.6	13.8	14.0	29.3	43.5	37.2	34.6	32.9	33.5	
n=5		30.3	31.6	31.9	30.3	28.1	22.0	17.2	13.7	13.7	30.6	48.6	40.5	36.1	34.8	34.5
n=6		31.1	33.0	32.6	31.6	28.8	22.5	18.2	14.8	13.9	33.0	53.6	43.6	38.3	37.3	
n=6		32.8	33.5	34.2	31.5	26.1	23.5	19.4	15.4	14.8	34.9	59.0	48.3	42.2		



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

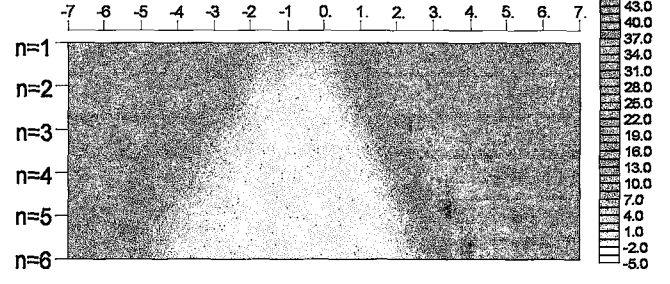
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	
n=1																
n=2		60.0	58.0	46.0	34.0	28.0	61.0	114.0	91.0	68.0	62.0	56.0	54.0			
n=3		62.0	57.0	54.0	42.0	33.0	46.0	90.0	107.0	82.0	68.0	62.0	57.0	54.0		
n=4		65.0	60.0	55.0	49.0	38.0	43.0	70.0	90.0	93.0	76.0	65.0	59.0	56.0	53.0	
n=5		66.0	63.0	58.0	53.0	44.0	45.0	63.0	76.0	87.0	84.0	71.0	62.0	59.0	56.0	53.0
n=6		66.0	61.0	54.0	47.0	48.0	59.0	66.0	75.0	80.0	78.0	68.0	60.0	56.0	55.0	
n=6		63.0	58.0	51.0	50.0	59.0	64.0	68.0	73.0	76.0	74.0	64.0	59.0	55.0		



Ek Şekil 53. Birbirine bitişik 45 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

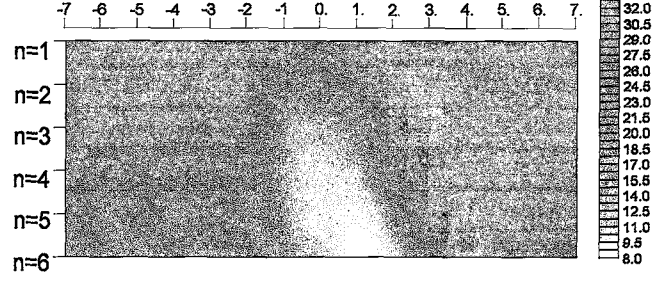
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



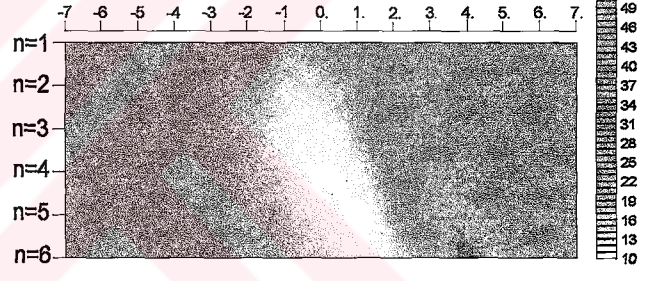
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



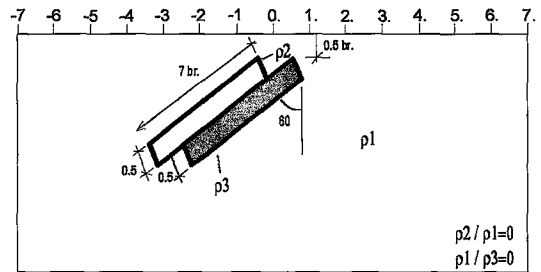
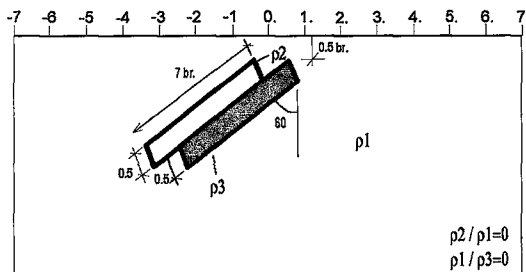
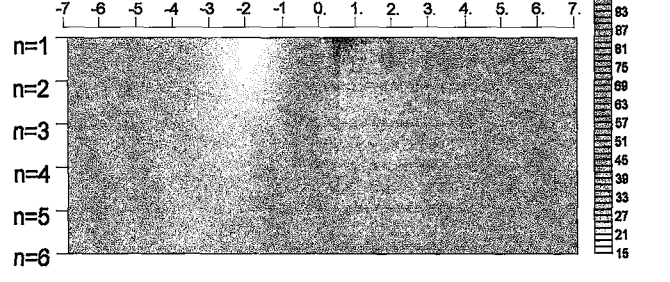
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

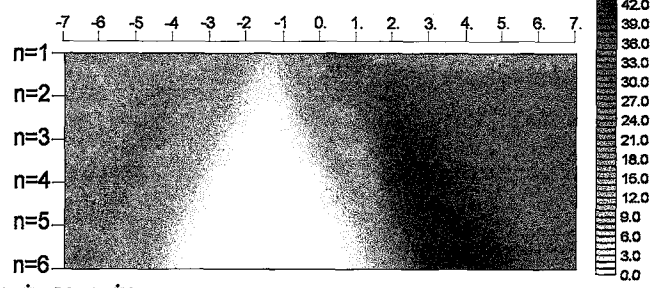
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 54. Birbirine bitişik 60 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

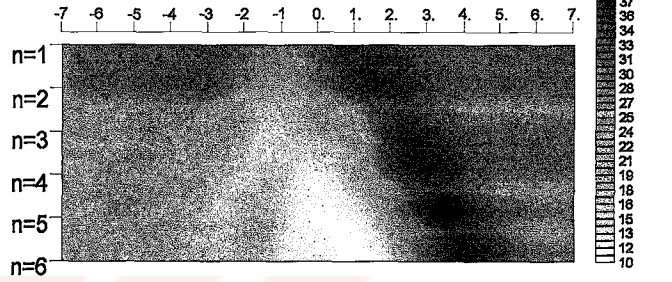
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



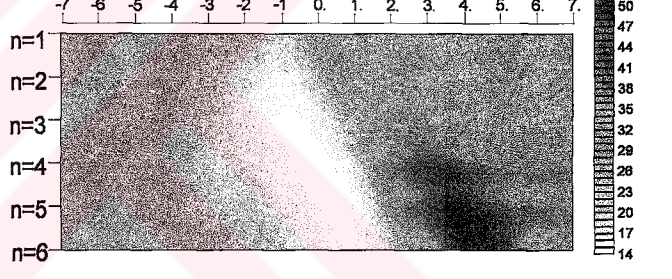
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



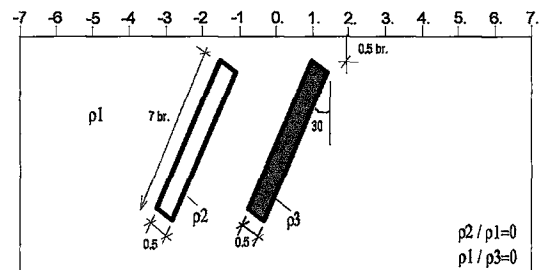
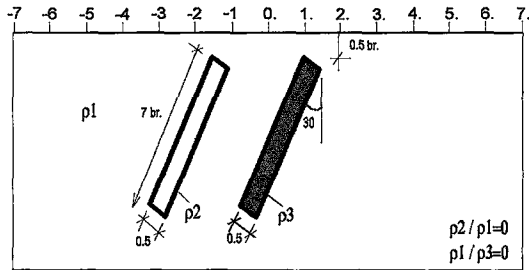
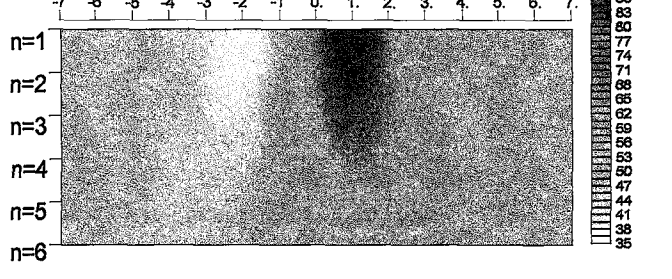
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

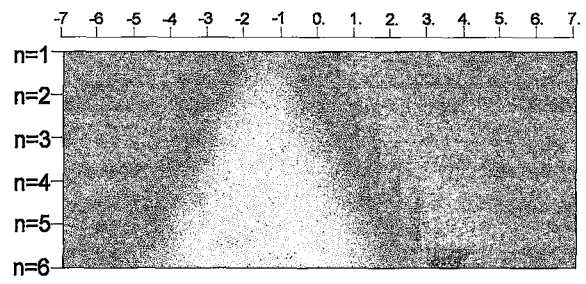
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 55. 2 birim aralıklı 30 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

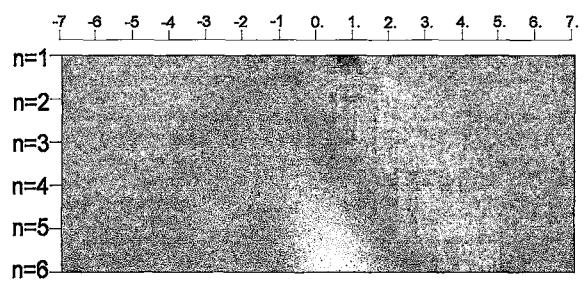
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



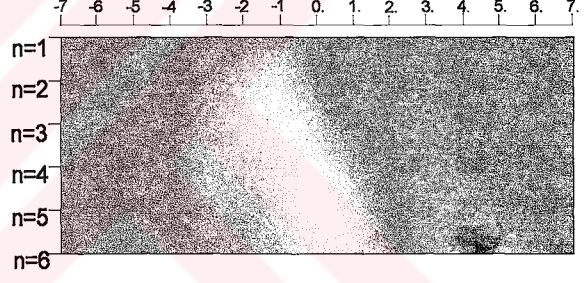
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



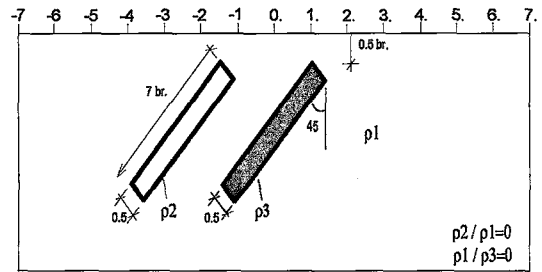
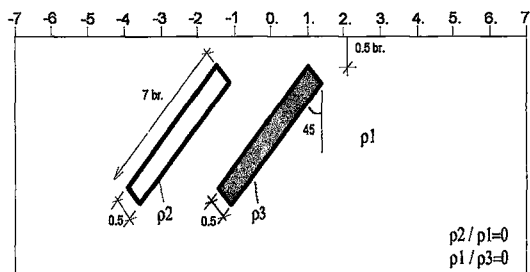
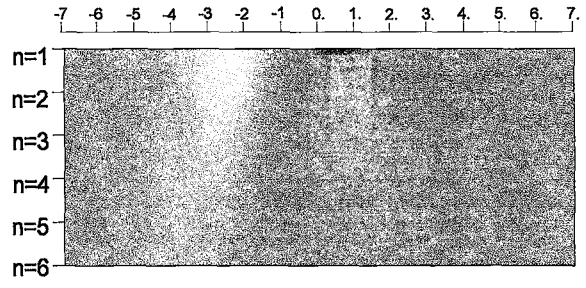
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

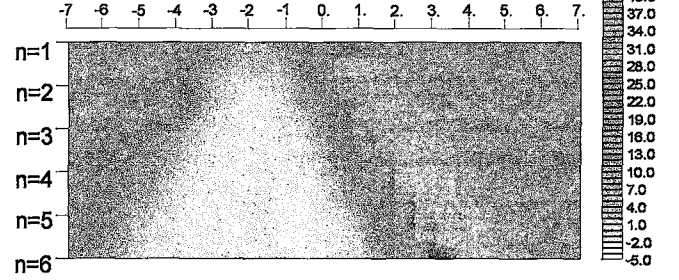
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 56. 2 birim aralıklı 45 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

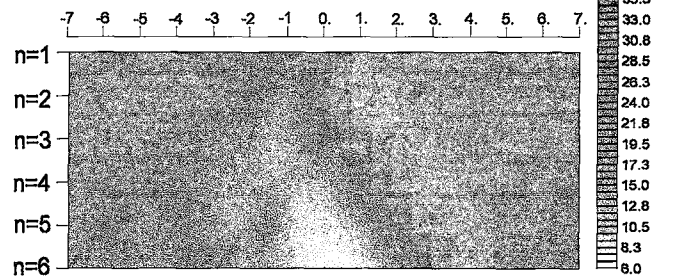
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



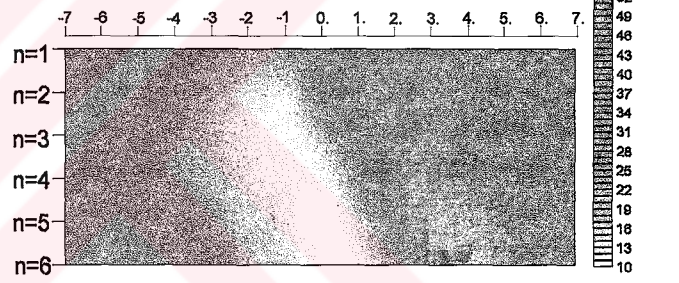
## Analog Deneysel Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



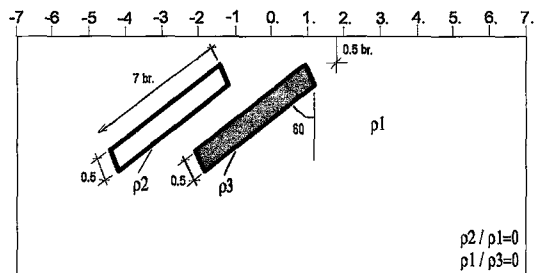
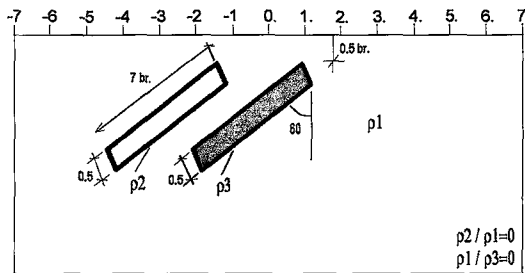
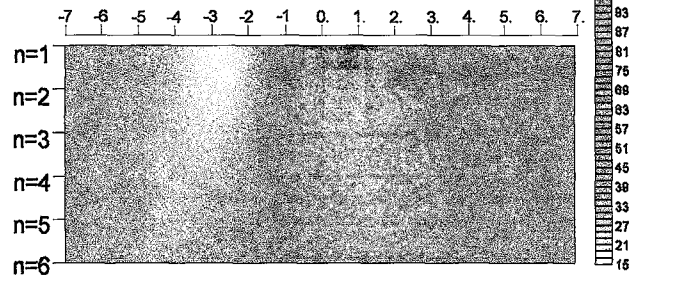
## Analog Deneysel Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tankı ile GRADYENT

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															

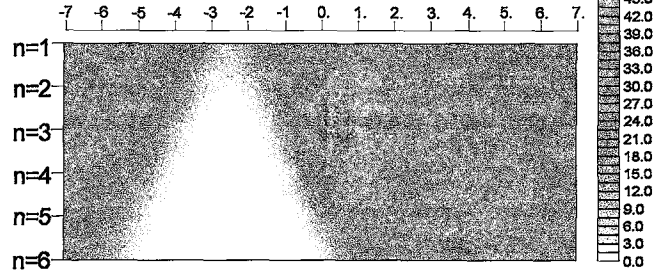


Ek Şekil 57. 2 birim aralıklı 60 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.



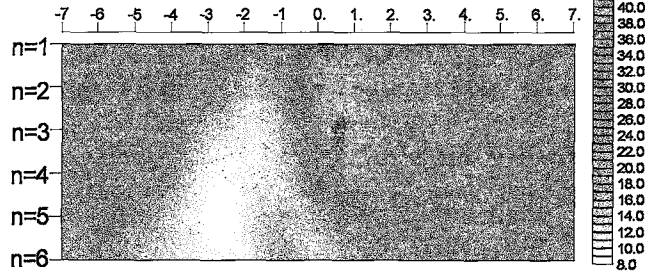
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



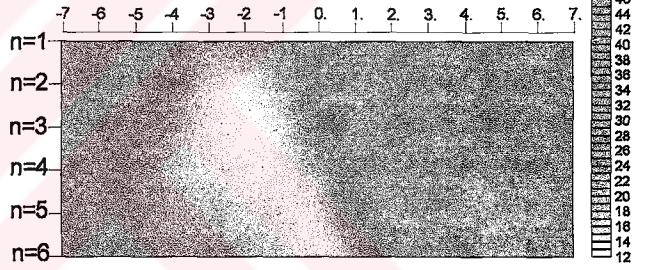
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



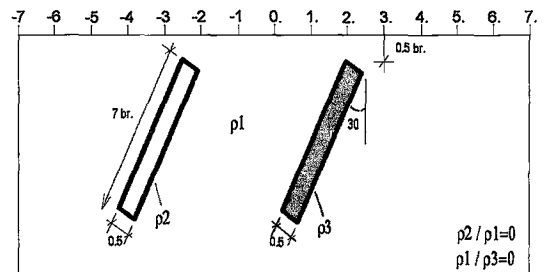
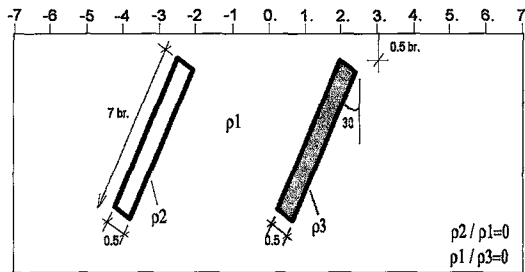
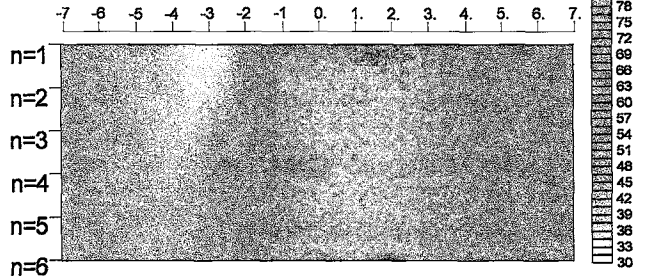
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

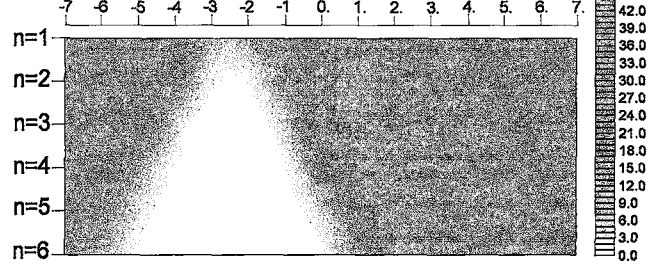
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 58. 4 birim aralıklı 30 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykım andıran-kesitleri.

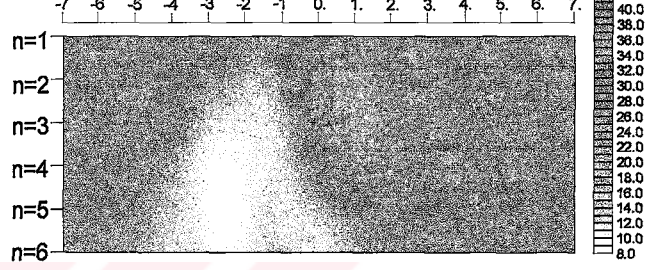
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



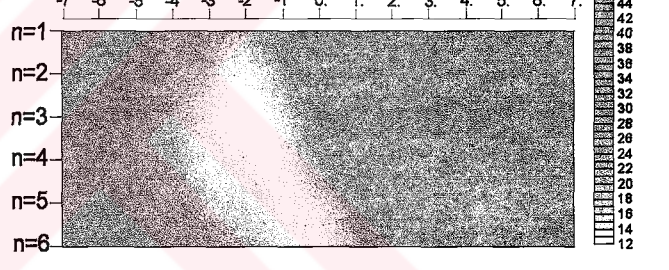
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



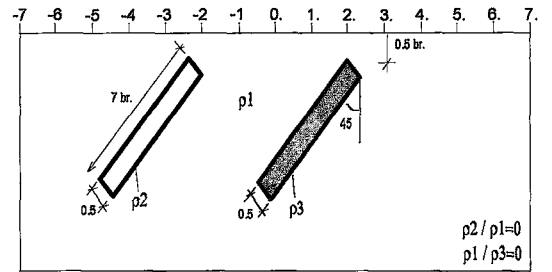
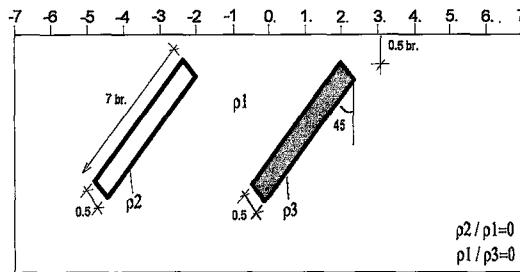
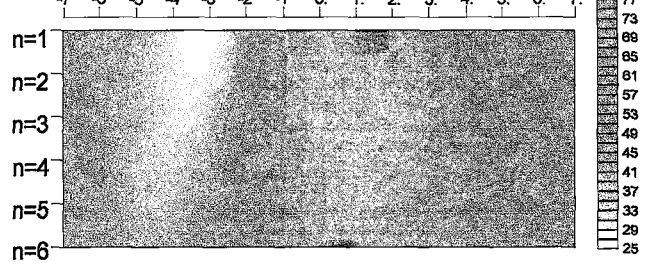
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

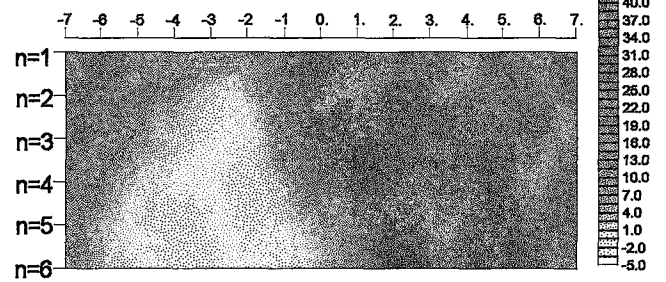
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 59. 4 birim aralıklı 45 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykún andıran-kesitleri.

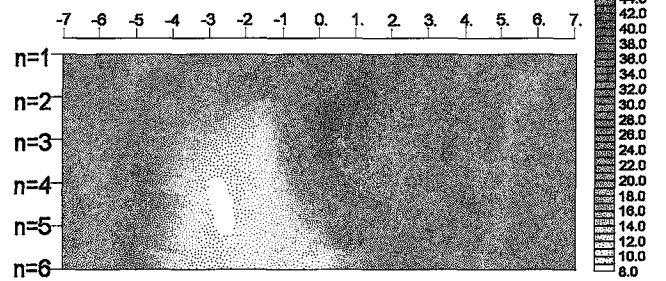
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



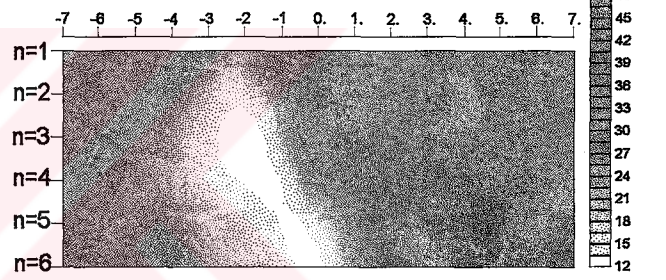
## Analog Deneysel Tank ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



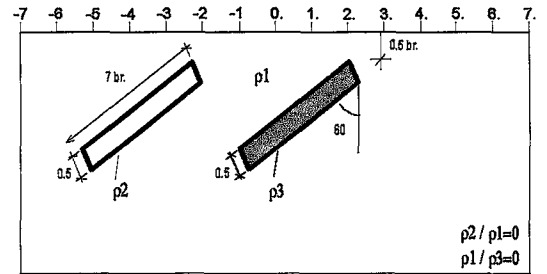
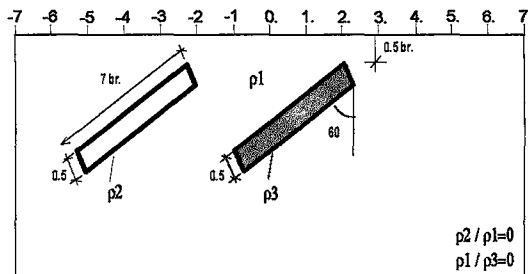
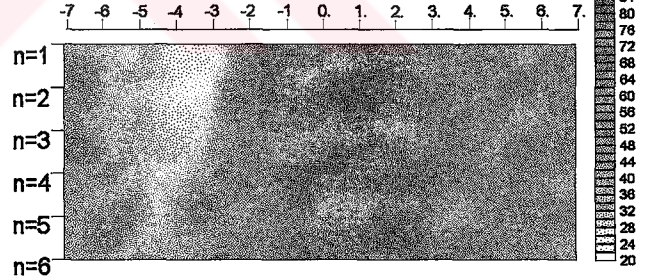
## Analog Deneysel Tank ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deneysel Tank ile GRADYENT

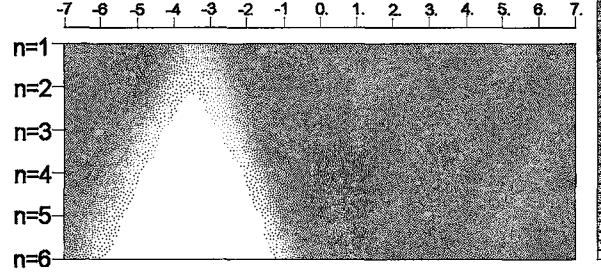
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 60. 4 birim aralıklı 60 derece eğimli biri iletken biri yalıtıkan iki daykın andıran-kesitleri.

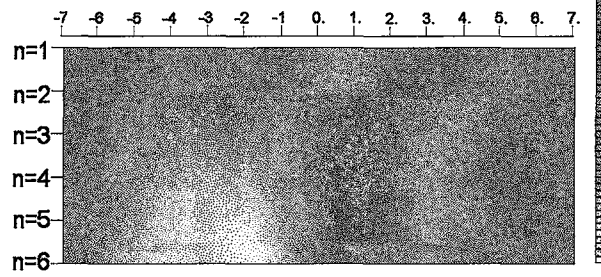
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



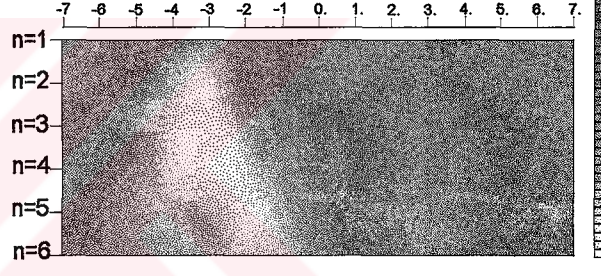
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



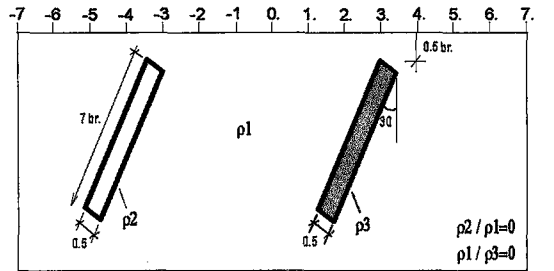
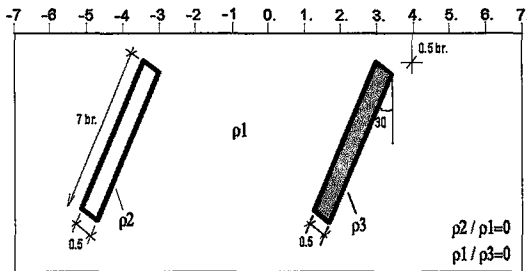
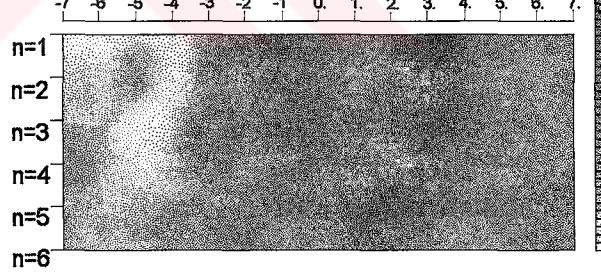
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

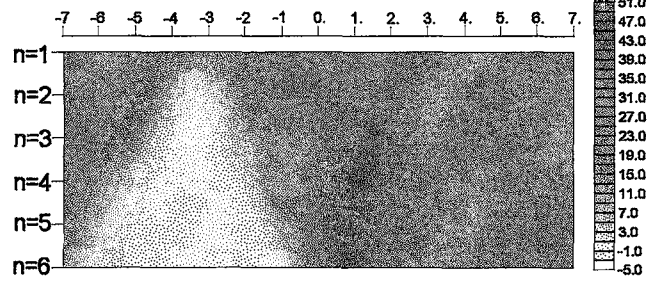
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 61. 6 birim aralıklı 30 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

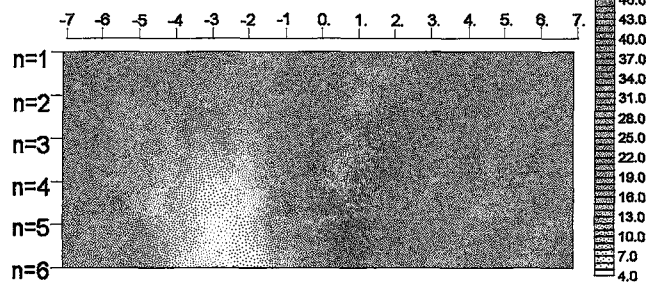
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



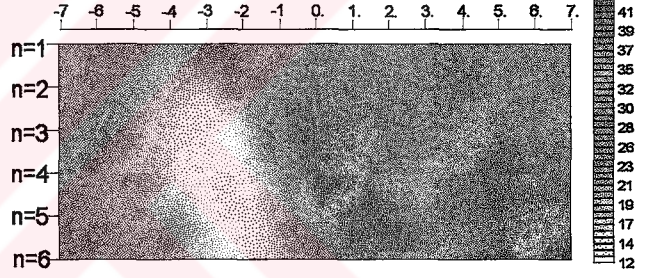
## Analog Deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



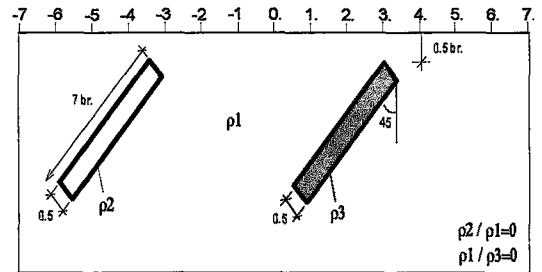
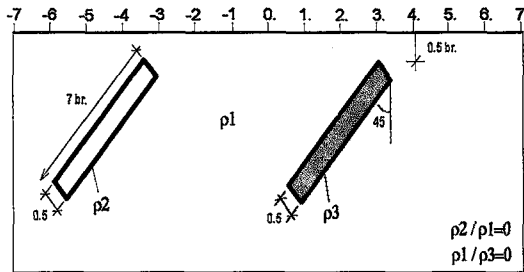
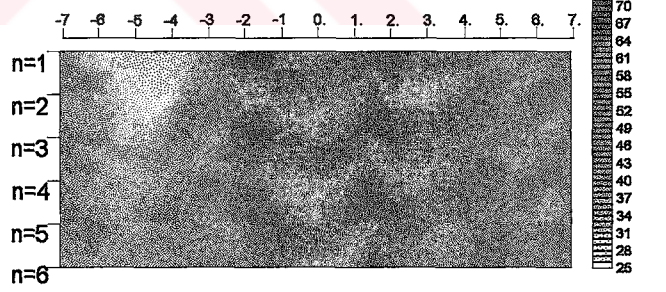
## Analog Deney Tankı ile POL-DİPOL

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



## Analog Deney Tankı ile GRADYENT

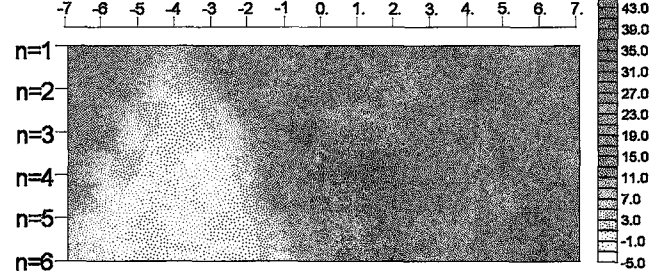
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
n=1															
n=2															
n=3															
n=4															
n=5															
n=6															



Ek Şekil 62. 6 birim aralıklı 45 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

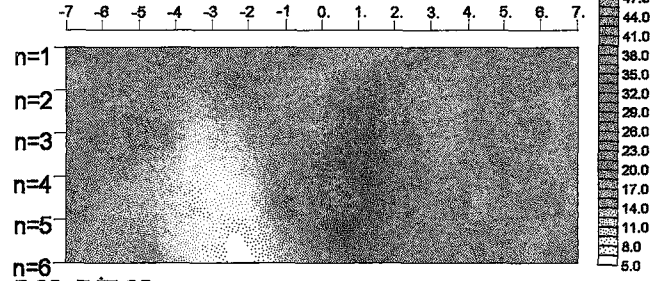
## Sonlu Eleman Yöntemi ile DİPOL-DİPOL

n=1	28.0	11.0	8.0	24.0	31.0	28.0	29.0	30.0	36.0	31.0	29.0	28.0			
n=2	25.0	8.0	1.0	4.0	23.0	38.0	34.0	38.0	40.0	34.0	34.0	31.0	29.0		
n=3	20.0	4.0	1.0	1.0	3.0	23.0	42.0	42.0	43.0	32.0	33.0	38.0	32.0	30.0	
n=4	16.0	3.0	1.0	0.0	0.0	3.0	24.0	52.0	48.0	34.0	32.0	33.0	36.0	33.0	30.0
n=5	2.0	1.0	1.0	0.0	1.0	3.0	28.0	57.0	38.0	33.0	32.0	34.0	37.0	34.0	
n=6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	28.0	44.0	38.0	34.0	33.0	34.0	38.0		



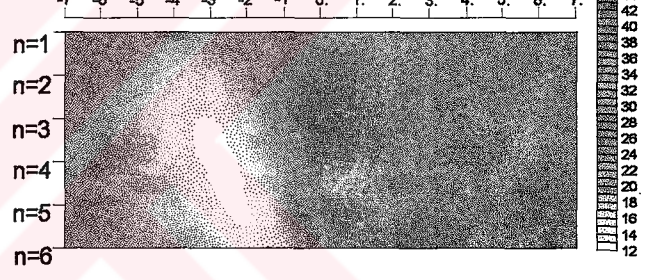
## Analog D deney Tankı ile DİPOL-DİPOL

n=1	30.7	30.5	27.9	27.4	30.5	30.3	30.1	32.8	35.0	31.6	30.1	30.2			
n=2	31.0	29.1	22.0	18.2	23.4	31.0	32.4	38.7	43.5	34.8	32.2	30.1	29.9		
n=3	29.2	28.8	19.1	12.9	13.4	21.1	34.0	45.5	48.4	36.9	32.1	32.8	30.2	29.2	
n=4	28.8	23.9	17.2	11.5	8.1	11.5	22.0	48.8	53.6	38.3	31.8	30.8	32.6	29.7	28.7
n=5	21.6	18.4	13.4	10.1	6.7	11.7	28.5	55.3	40.2	33.5	28.5	30.2	31.8	28.5	
n=6	20.1	18.1	13.4	8.0	5.4	13.4	29.5	40.2	33.5	29.5	28.8	28.8	29.5		



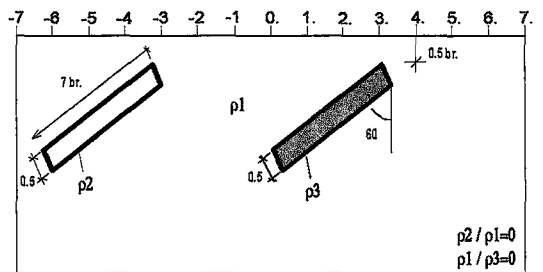
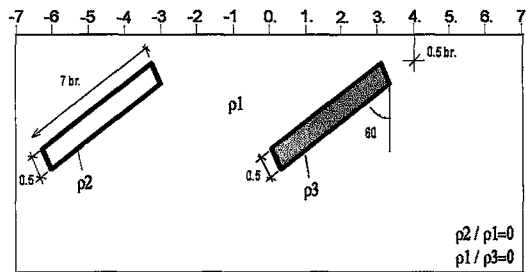
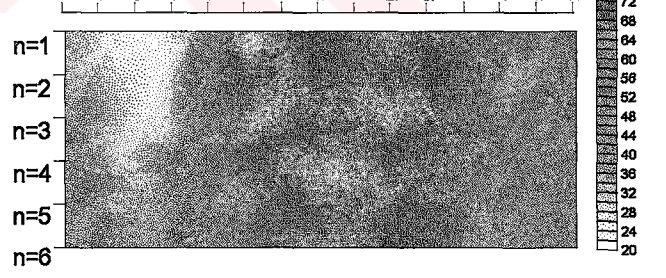
## Analog D deney Tankı ile POL-DİPOL

n=1	28.2	28.1	23.8	28.4	32.9	33.0	33.5	35.0	35.3	32.1	30.1	30.4			
n=2	27.0	23.2	17.8	18.2	24.0	37.0	39.5	40.5	39.9	34.7	34.5	32.3	30.9		
n=3	28.4	22.0	17.2	13.0	14.0	23.9	42.9	48.5	42.9	35.8	34.5	36.8	33.7	32.0	
n=4	27.1	24.8	19.5	15.3	12.4	14.0	26.2	47.9	47.8	38.6	35.4	35.4	39.3	36.4	32.9
n=5	28.8	23.5	18.8	18.3	12.4	14.8	27.8	47.4	44.0	38.8	36.4	37.8	42.6	39.3	
n=6	27.5	24.8	21.5	17.4	13.4	15.4	28.1	44.9	44.9	40.9	38.9	40.9	46.9		



## Analog D deney Tankı ile GRADYENT

n=1	23.0	22.0	32.0	72.0	83.0	77.0	73.0	70.0	80.0	71.0	58.0	54.0			
n=2	30.0	24.0	29.0	53.0	80.0	82.0	75.0	70.0	80.0	77.0	64.0	57.0	51.0		
n=3	37.0	29.0	28.0	44.0	64.0	81.0	78.0	75.0	74.0	75.0	70.0	59.0	54.0	53.0	
n=4	41.0	34.0	31.0	37.0	52.0	68.0	78.0	78.0	74.0	75.0	71.0	64.0	60.0	54.0	51.0
n=5	38.0	35.0	38.0	46.0	58.0	67.0	76.0	79.0	76.0	72.0	67.0	63.0	57.0	52.0	
n=6	38.0	40.0	45.0	50.0	59.0	68.0	78.0	77.0	74.0	67.0	62.0	60.0	55.0		

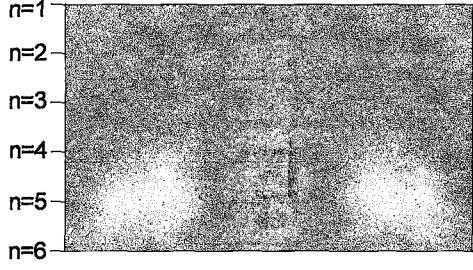


Ek Şekil 63. 6 birim aralıklı 60 derece eğimli biri iletken biri yalıtkan iki daykın andıran-kesitleri.

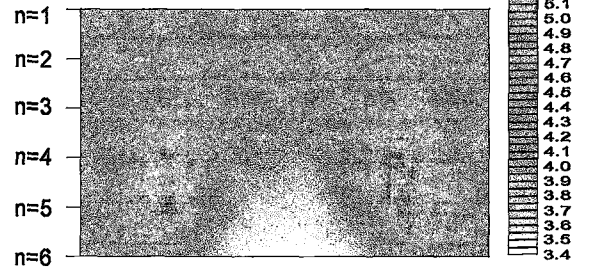
**E K - 2**



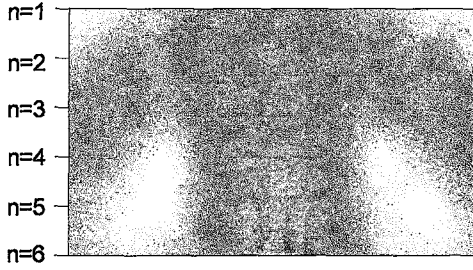
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



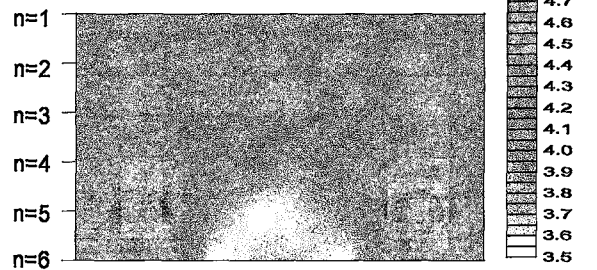
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



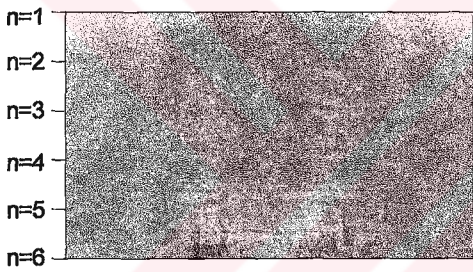
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



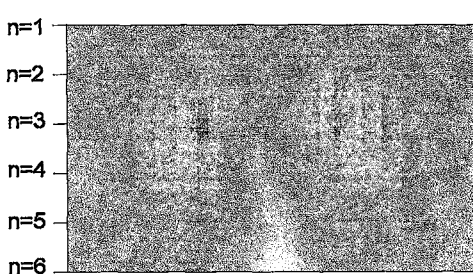
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



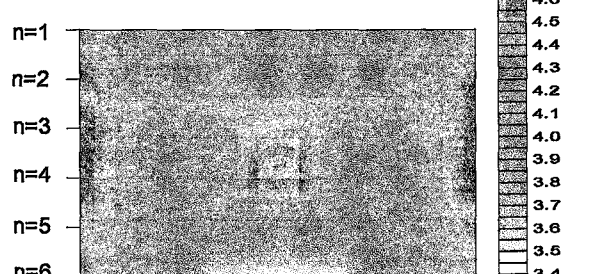
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



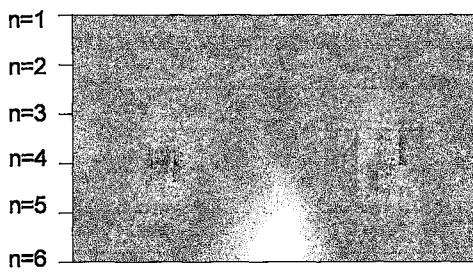
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



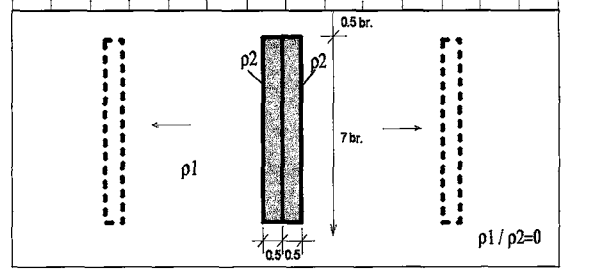
ı) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



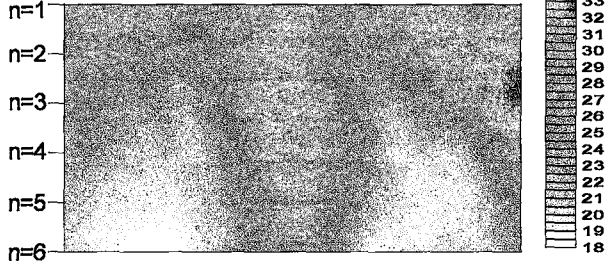
j) Yeraltı kesiti.



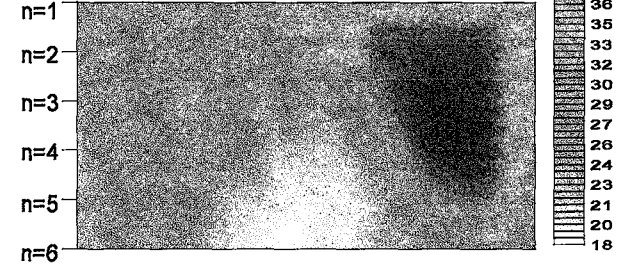
Ek Şekil 64. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle yalıtkan dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin FİLTRELENMİŞ durumları.



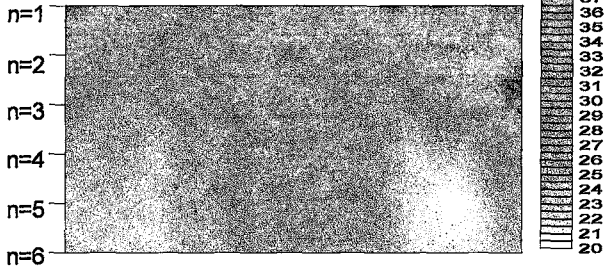
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



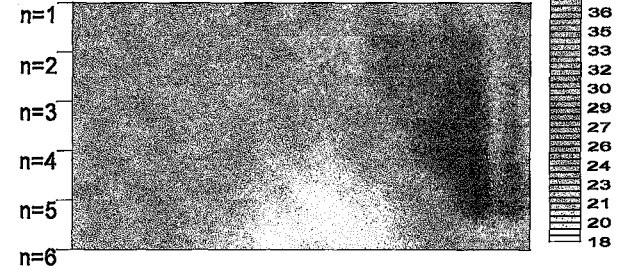
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



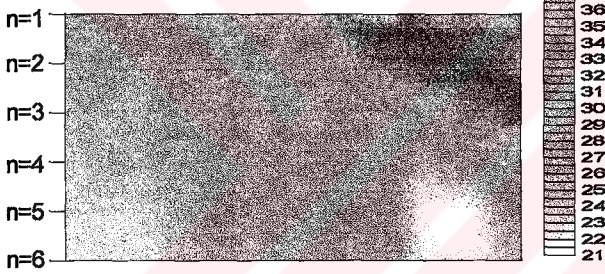
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



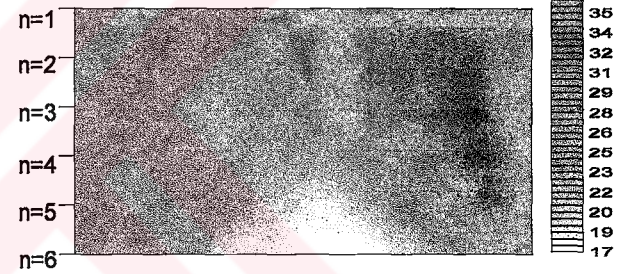
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



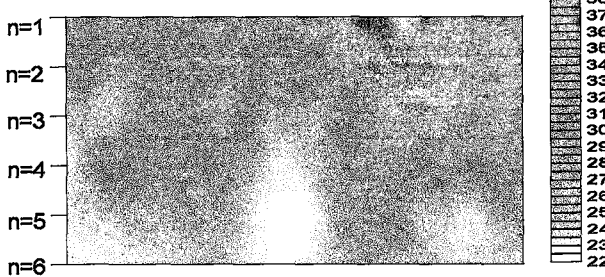
c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



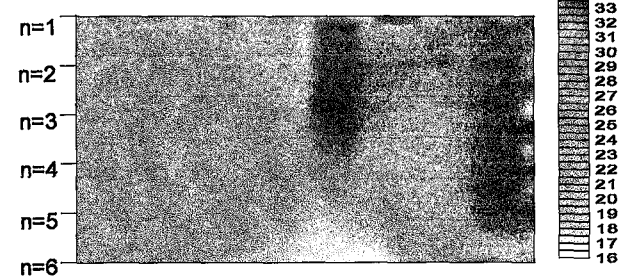
h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



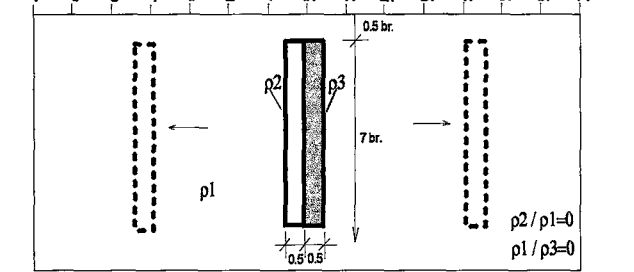
ı) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.

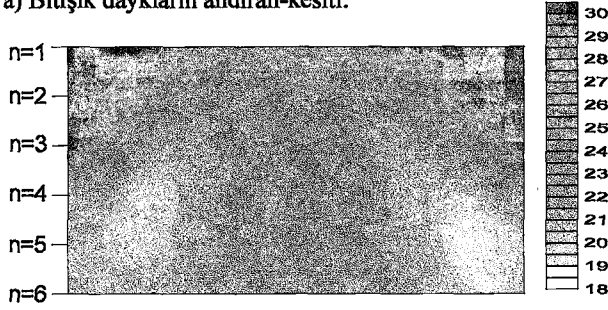


j) Yeraltı kesiti.

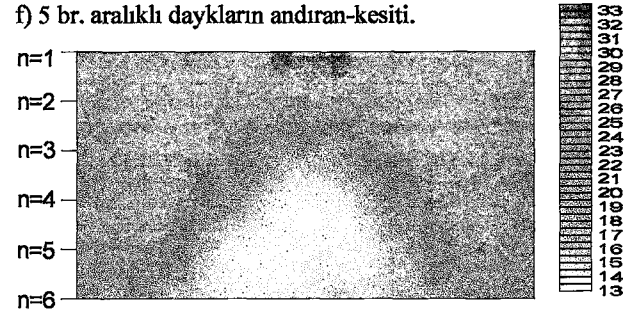


Ek Şekil 65. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle bir iletken bir yalıtkan dayk üzerinde alınan andıran-kesitlerin FİLTRELENMİŞ durumları.

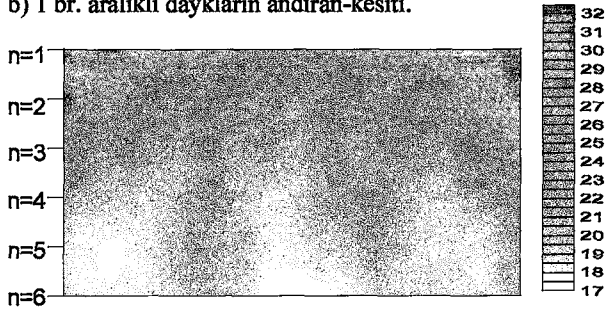
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



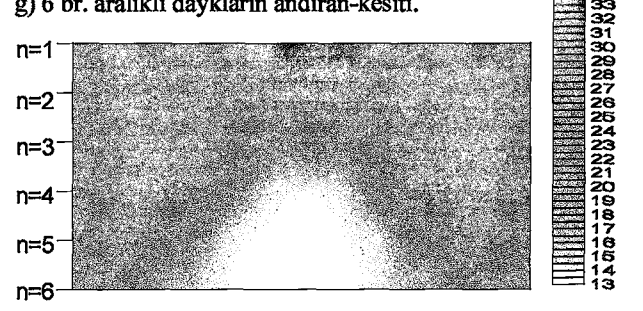
f) 5 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



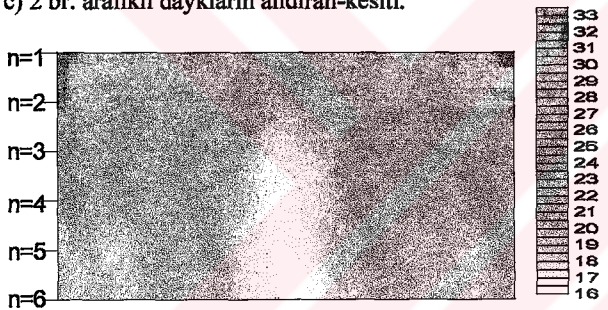
b) 1 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



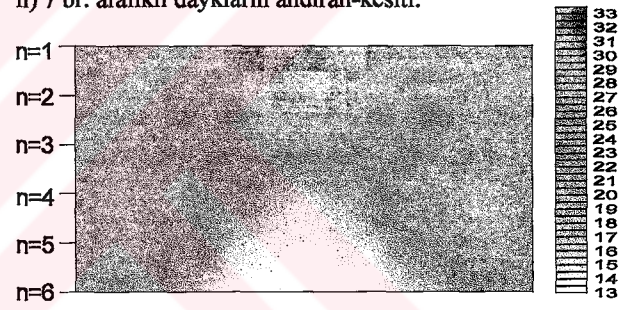
g) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



c) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



h) 7 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



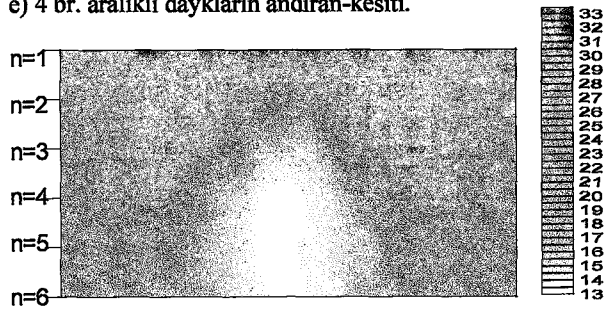
d) 3 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



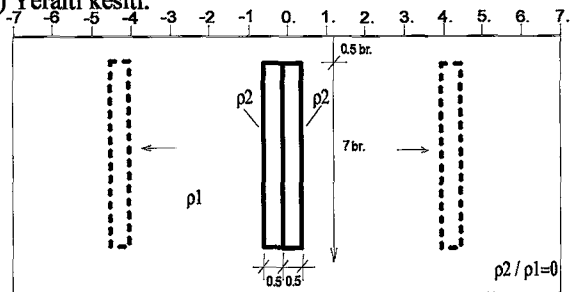
i) 8 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



e) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.

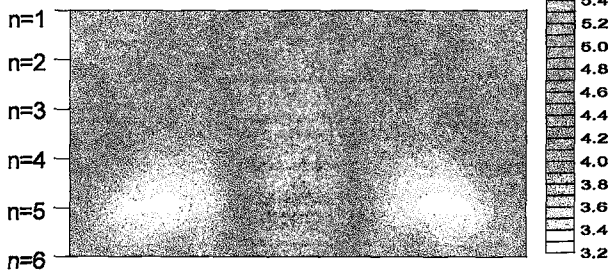


j) Yeraltı kesiti.

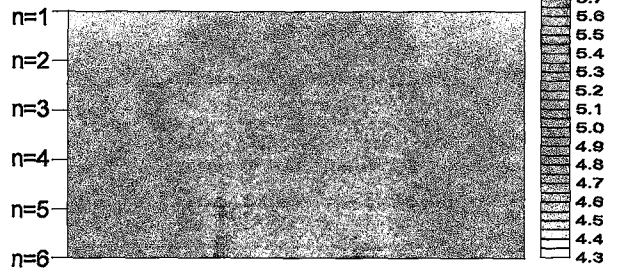


Ek Şekil 66. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle iletken dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin FİLTRELENMİŞ durumları.

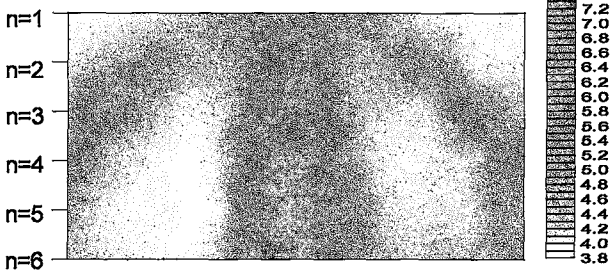
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



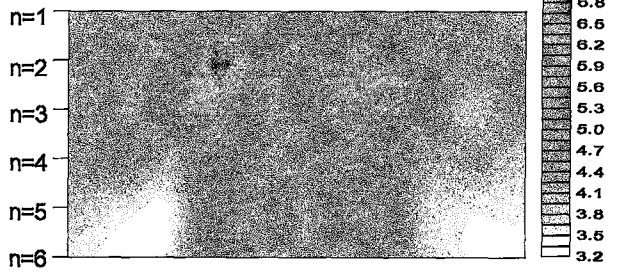
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



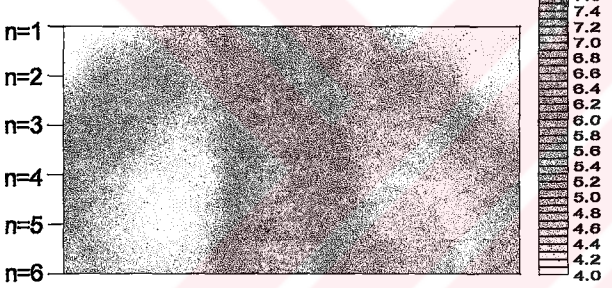
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



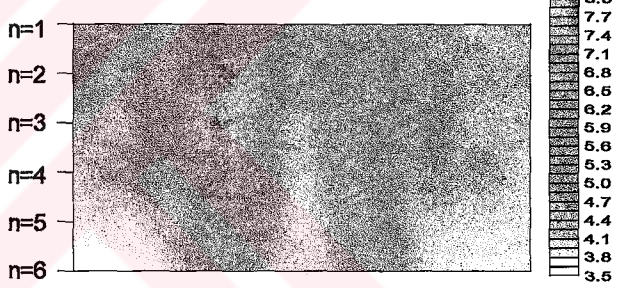
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



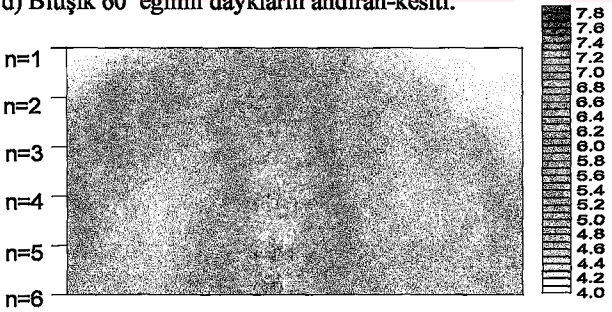
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



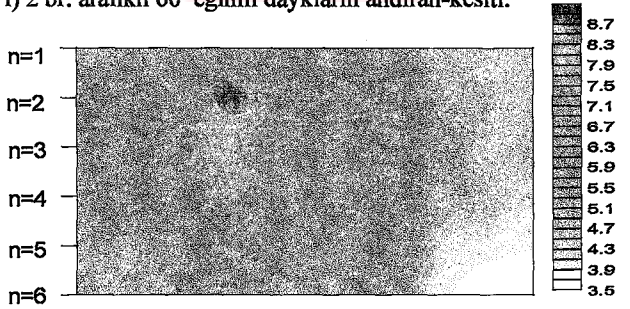
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



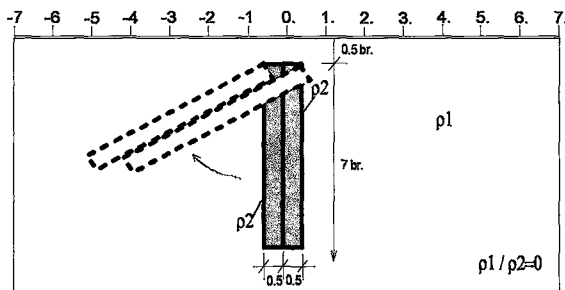
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



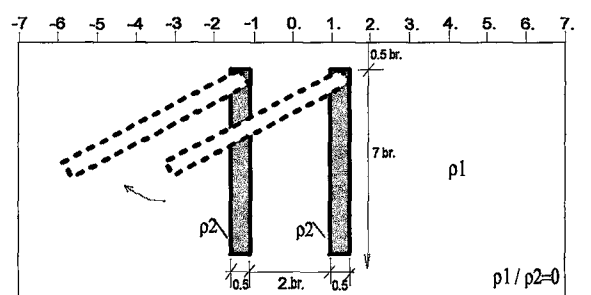
i) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



e) Yeraltı kesiti.

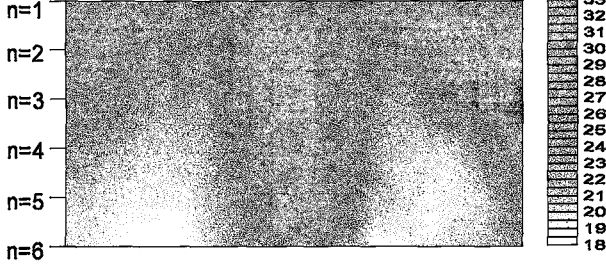


j) Yeraltı kesiti.

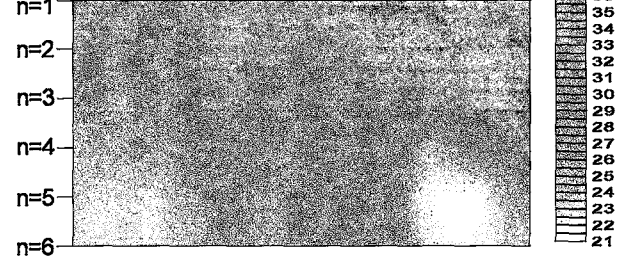


Ek Şekil 67. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle birbirine bitişik ve 2 br. aralıklı, yalıtkan, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin FİLTRELENMİŞ durumları.

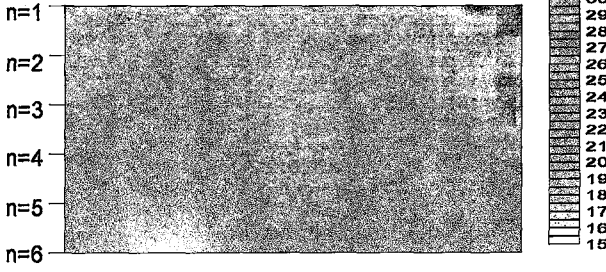
a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



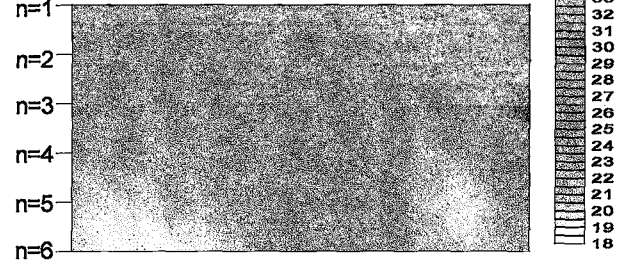
f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



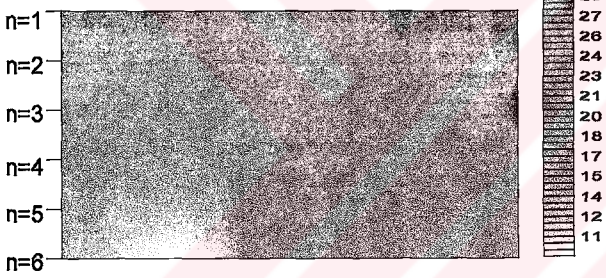
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



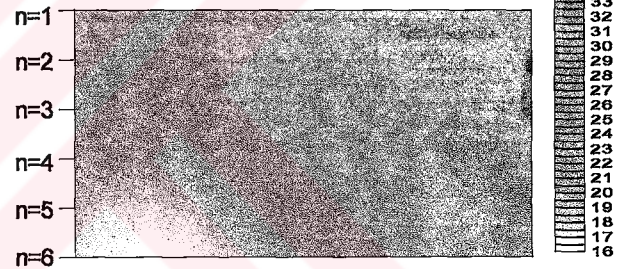
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



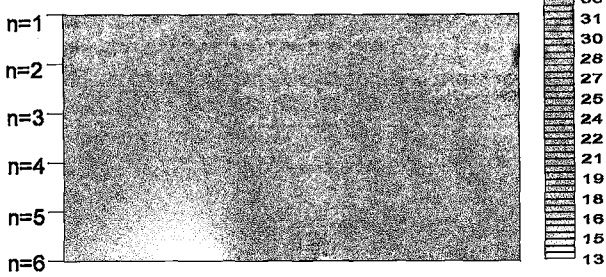
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



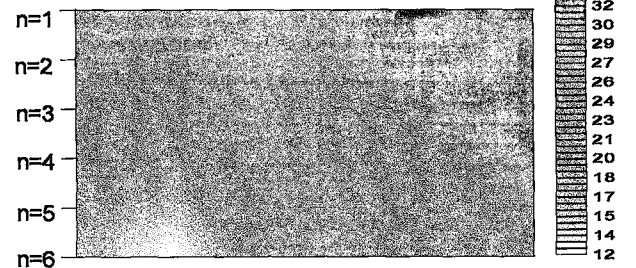
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



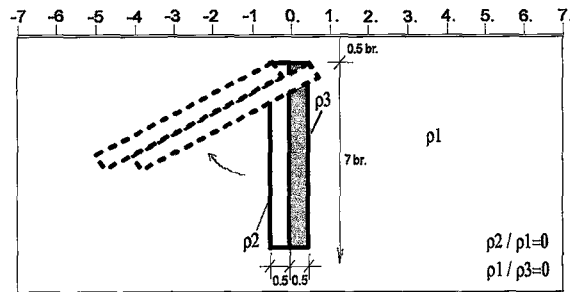
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



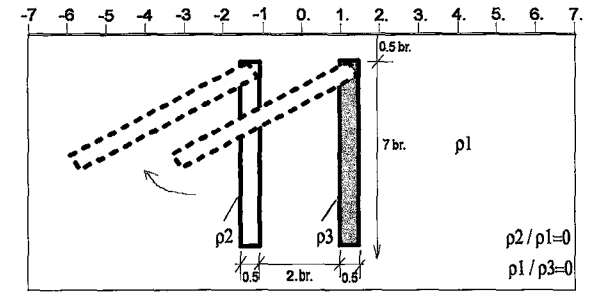
i) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



e) Yeraltı kesiti.



j) Yeraltı kesiti.



Ek Şekil 68. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle bitişik ve 2 br. aralıklı, biri iletken diğeri yalıtkan, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin FİLTRELENMİŞ durumları.

a) Bitişik daykların andıran-kesiti.



f) 2 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



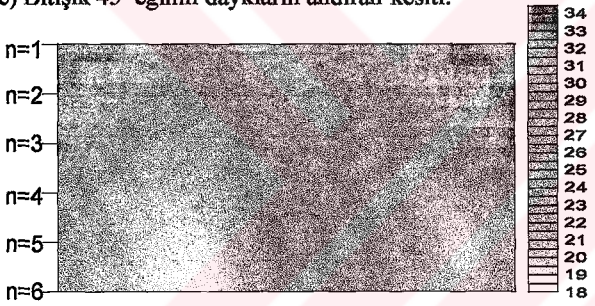
b) Bitişik 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



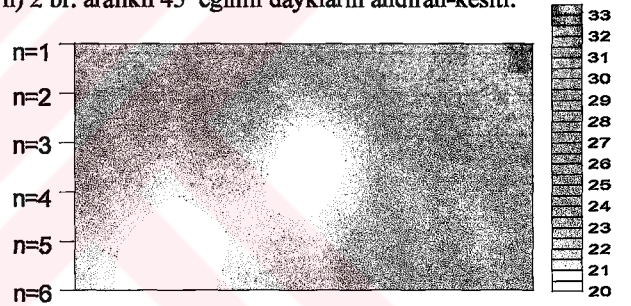
g) 2 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



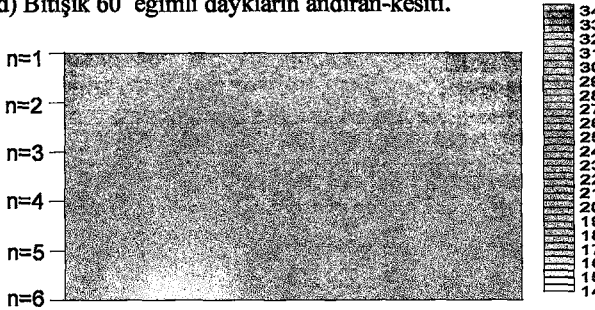
c) Bitişik 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



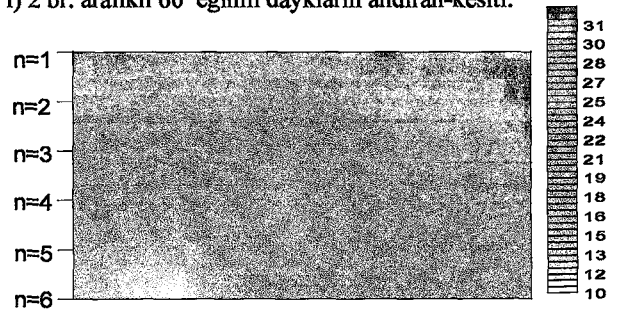
h) 2 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



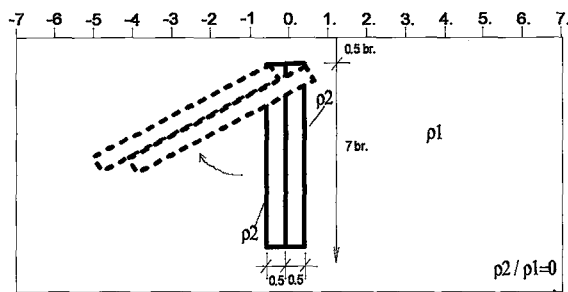
d) Bitişik 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



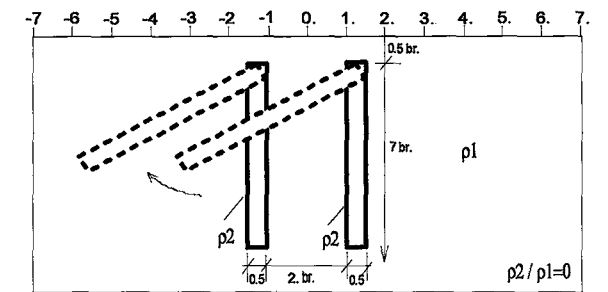
i) 2 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



e) Yeraltı kesiti.

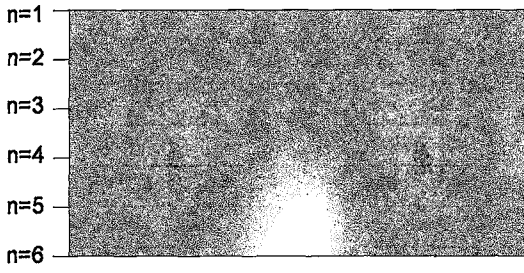


j) Yeraltı kesiti.

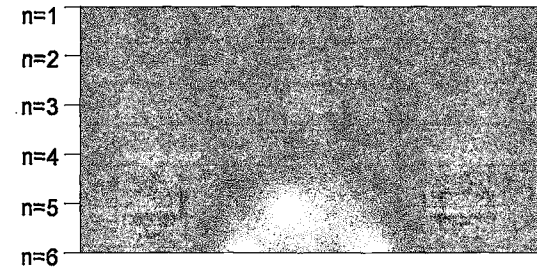


Ek Şekil 69. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle bitişik ve 2 br aralıklı, iletken, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin FİLTRELENMİŞ durumları.

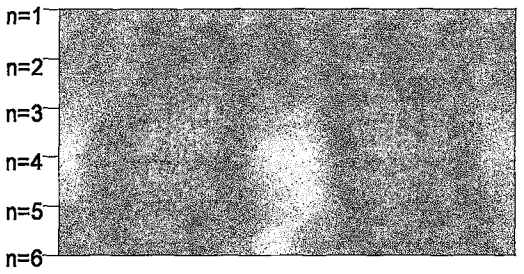
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



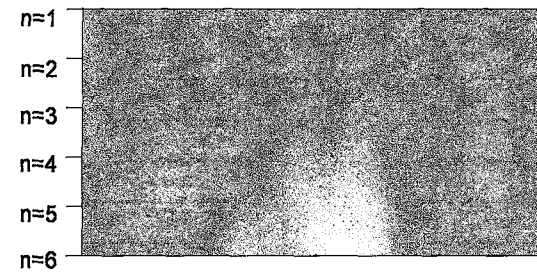
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



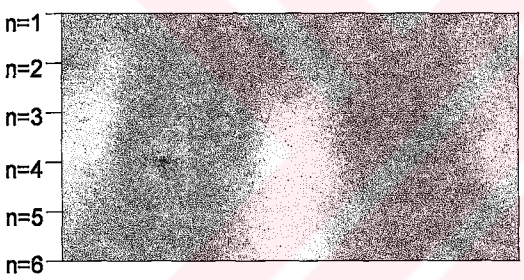
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



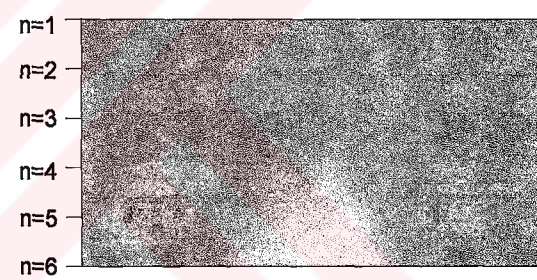
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



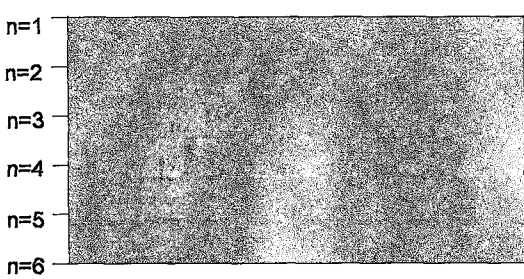
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



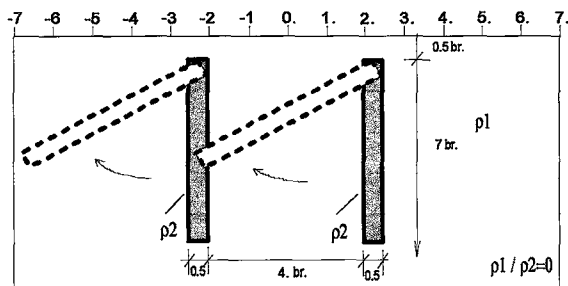
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



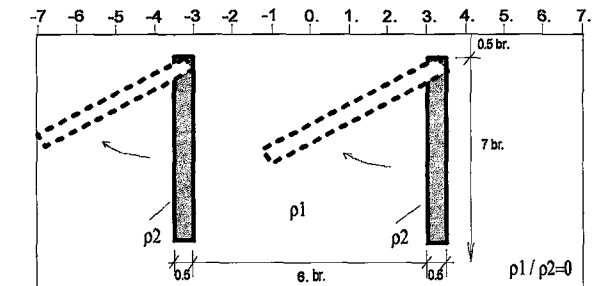
ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



e) Yeraltı kesiti

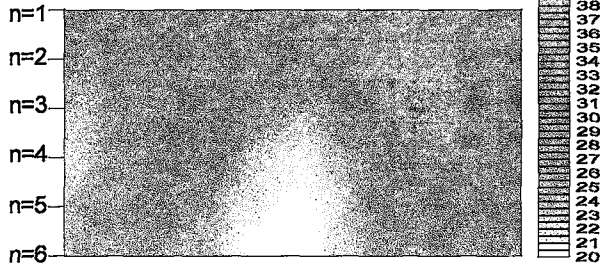


j) Yeraltı kesiti.

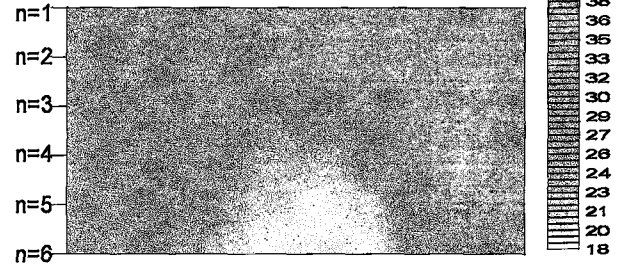


Ek Şekil 70. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle 4 ve 6 br. aralıklı, yalıtkan, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin FİLTRELENMİŞ durumları.

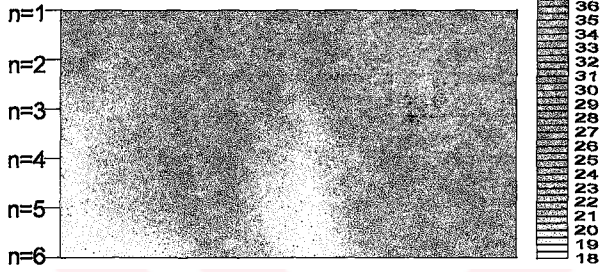
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



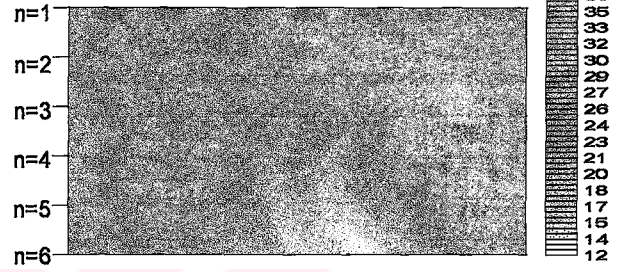
f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



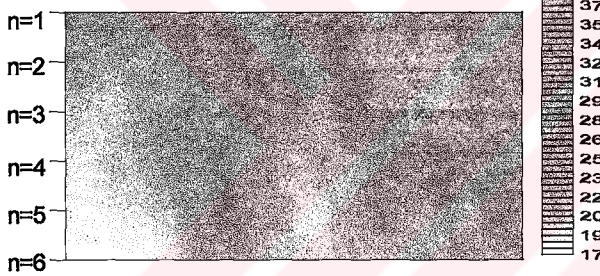
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



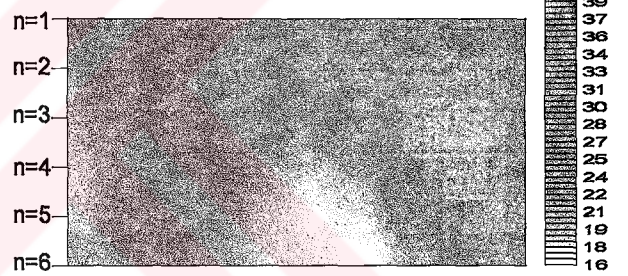
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



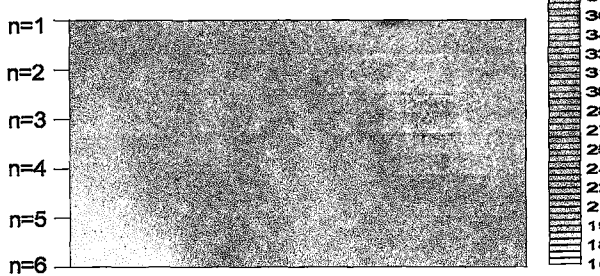
c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



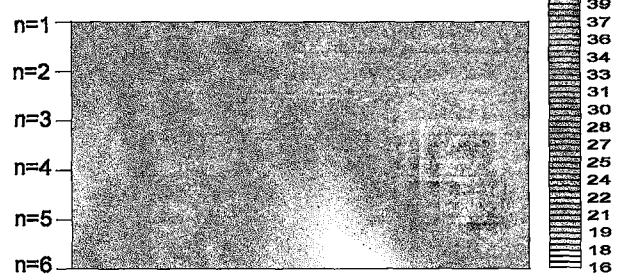
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



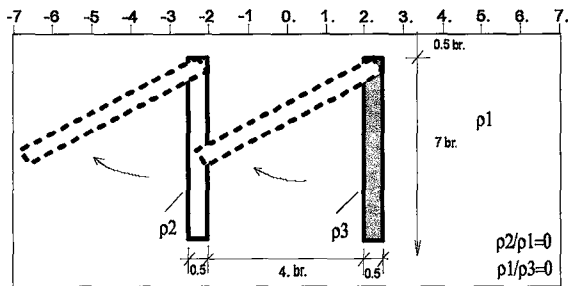
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



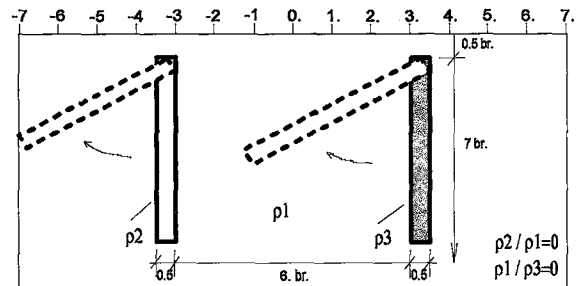
i) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



e) Yeraltı kesiti

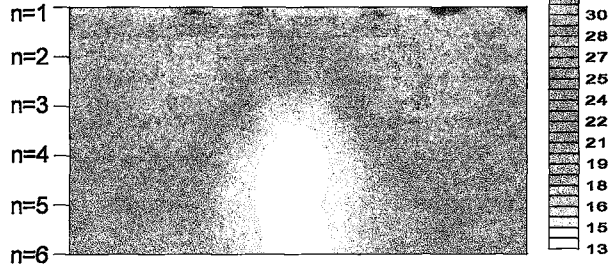


j) Yeraltı kesiti.

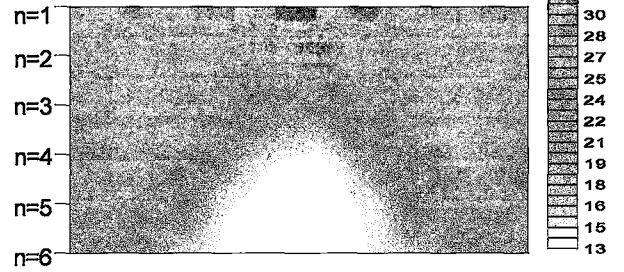


Ek Şekil 71. Analog tankta, dipol-dipol dizilimiyle 4 ve 6 br. aralıklı, biri iletken diğeri yalıtıkan, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin FİLTRELENMİŞ durumları.

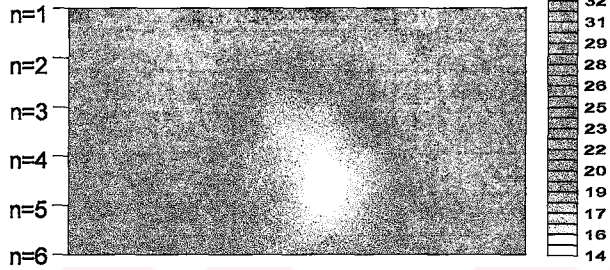
a) 4 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



f) 6 br. aralıklı daykların andıran-kesiti.



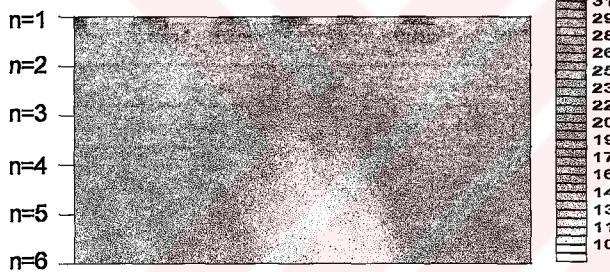
b) 4 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



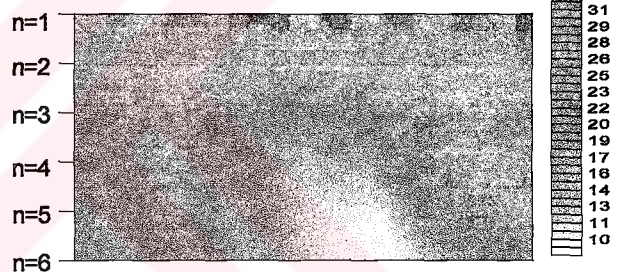
g) 6 br. aralıklı 30 eğimli daykların andıran-kesiti.



c) 4 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



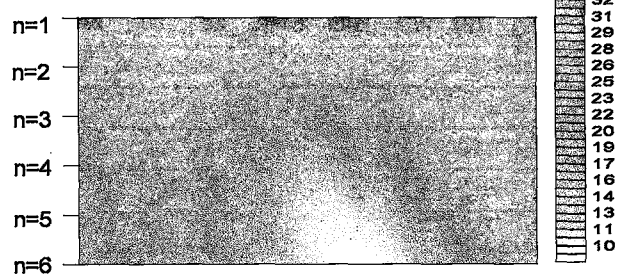
h) 6 br. aralıklı 45 eğimli daykların andıran-kesiti.



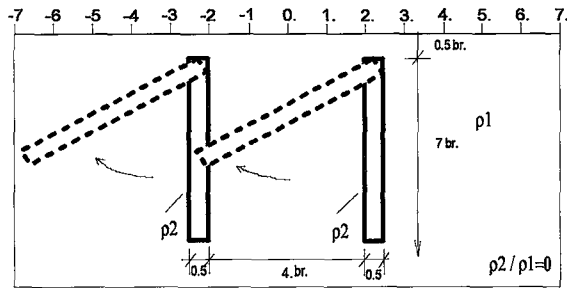
d) 4 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



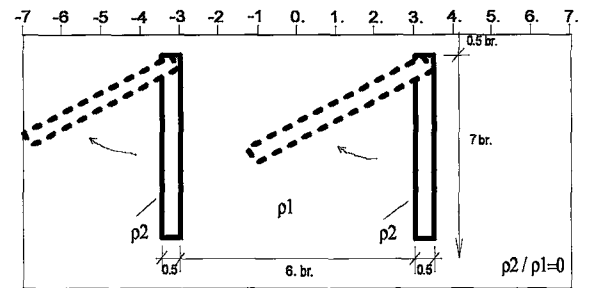
ı) 6 br. aralıklı 60 eğimli daykların andıran-kesiti.



e) Yeraltı kesiti



j) Yeraltı kesiti.



Ek Şekil 72. Analog tankta, dipol dipol dizilimiyle 4 ve 6 br. aralıklı, iletken, eğimli dayklar üzerinde alınan andıran-kesitlerin FİLTRELENMİŞ durumları.



**E K - 3**



```

C*****
C*****
C BU PROGRAM ANALOG DENEY TANKINDA DİPOL-DİPOL, POL-DİPOL
C VE GRADYENT DİZİMLERİ İLE ELDE EDİLEN ANDIRAN-KESİTLERİ
C   HESAPLAR VE SURFER PROGRAMINA UYGUN HALE GETİRİR
C
C
C   PROGRAMI YAZAN: ARŞ. GÖR. FATİH KAZANCI
C
C
C PROGRAMA TANKTA ELDE EDİLEN POTANSİYEL FARKLAR DATA
C OLARAK GİRİLİR.
C DATALARI GİRME YÖNTEMİ:
C N=1 İÇİN 12, N=2 İÇİN 13, N=3 İÇİN 14,
C N=4 İÇİN 15, N=5 İÇİN 14 VE N=6 İÇİN 13 DATA
C OLMAK ÜZERE TOPLAM 81 DATA GİRİLİR.
C*****
C*****
  CHARACTER*20 OUTFILE,INFILE
  WRITE(*,'(A,$)') GİRİŞ DOSYASININ ADI : '
  READ(*,'(A)') INFILE
  OPEN (UNIT=2,FILE=INFILE,STATUS='OLD')
  WRITE(*,'(A,$)') ÇIKIŞ DOSYASININ ADI : '
  READ(*,'(A)') OUTFILE
  OPEN (UNIT=1,FILE=OUTFILE,STATUS='UNKNOWN')
  WRITE(*,*)TANKA VERİLEN AKIMI GİRİNİZ'
  READ(*,*) I1
  PI=3.14159265
  A=0.0254
  WRITE(*,*)DİPOL-DİPOL İÇİN =1'
  WRITE(*,*)' POL-DİPOL İÇİN =2'
  WRITE(*,*)GRADYENT İÇİN =3'
  READ(*,*)R
  IF (R.eq.1) CALL DIPOL(I1)
  IF (R.eq.2) CALL POL(I1,PI,A)
  IF (R.eq.3) CALL GRAD(I1,PI,A)
  WRITE(*,*)SONUÇLAR ',OUTFILE,'ADLI KÜTÜKTE YÜKLÜ'
  STOP
  END
C*****
  SUBROUTINE DIPOL(I1)
  DIMENSION Y(10)
  Y(1)=.4788
  Y(2)=1.9151
  Y(3)=4.7878
  Y(4)=9.5756
  Y(5)=16.7573
  Y(6)=26.8116
  I=-1
  J=1
  DO 8 G=2.5,13.5

```

```

READ(2,*)P
RO=Y(1)*(P/I1)
WRITE(1,20)G,I,RO
J=J+1
8 CONTINUE
J=1
I=-2
DO 9 G=2,14
READ(2,*)P
RO=Y(2)*(P/I1)
WRITE(1,20)G,I,RO
J=J+1
9 CONTINUE
J=1
I=-3
DO 10 G=1.5,14.5
READ(2,*)P
RO=Y(3)*(P/I1)
WRITE(1,20)G,I,RO
J=J+1
10 CONTINUE
I=-4
J=1
DO 11 G=1,15
READ(2,*)P
RO=Y(4)*(P/I1)
WRITE(1,20)G,I,RO
J=J+1
11 CONTINUE
I=-5
J=1
DO 12 G=1.5,14.5
READ(2,*)P
RO=Y(5)*(P/I1)
WRITE(1,20)G,I,RO
J=J+1
12 CONTINUE
I=-6
J=1
DO 13 G=2,14
READ(2,*)P
RO=Y(6)*(P/I1)
WRITE(1,20)G,I,RO
J=J+1
13 CONTINUE
20 FORMAT(F6.1,1X,I3,1X,F6.1)
RETURN
END
C*****
SUBROUTINE POL(I1,PI,A)
C=2.5

```

```
I=-1
K=1
DO 1 J=1,12
READ(2,*)V
RO1=4*PI*A
RO4=RO1*(V/I1)
WRITE(1,20)C,I,RO4
C=C+1
K=K+1
1 CONTINUE
C=2
I=-2
K=1
DO 2 J=1,13
READ(2,*)V
RO1=12*PI*A
RO4=RO1*(V/I1)
WRITE(1,20)C,I,RO4
C=C+1
K=K+1
2 CONTINUE
C=1.5
I=-3
K=1
DO 3 J=1,14
READ(2,*)V
RO1=24*PI*A
RO4=RO1*(V/I1)
WRITE(1,20)C,I,RO4
C=C+1
K=K+1
3 CONTINUE
C=1
I=-4
K=1
DO 4 J=1,15
READ(2,*)V
RO1=40*PI*A
RO4=RO1*(V/I1)
WRITE(1,20)C,I,RO4
C=C+1
K=K+1
4 CONTINUE
C=1.5
I=-5
K=1
B=6*A
DO 5 J=1,14
READ(2,*)V
RO1=60*PI*A
RO4=RO1*(V/I1)
```

```

WRITE(1,20)C,I,RO4
C=C+1
K=K+1
5 CONTINUE
C=2
I=-6
K=1
DO 6 J=1,13
READ(2,*)V
RO1=84*PI*A
RO4=RO1*(V/I1)
WRITE(1,20)C,I,RO4
C=C+1
K=K+1
6 CONTINUE
20 FORMAT(F6.1,1X,I3,1X,F6.1)
RETURN
END
C*****
SUBROUTINE GRAD(I1,PI,A)
DIMENSION X(100)
Z=16*A
I=-1
D=2.5
J=1
K=1
V=A/2
DO 1 C=3,8
X(K)=8.5*A-C*A
K=K+1
1 CONTINUE
DO 2 C=0,5
X(K)=0.5*A+C*A
K=K+1
2 CONTINUE
DO 3 M=1,12
CALL ALTGRAD(X,M,PI,Z,V,I1,RO4)
J=J+1
WRITE(1,20)D,I,anint(RO4)
D=D+1
3 CONTINUE
I=-2
D=2
J=1
K=1
V=A
DO 4 C=2,8
X(K)=8*A-C*A
K=K+1
4 CONTINUE

```

```
DO 5 C=0,5
X(K)=A+C*A
K=K+1
5 CONTINUE
DO 6 M=1,13
CALL ALTGRAD(X,M,PI,Z,V,I1,RO4)
J=J+1
WRITE(1,20)D,I,anint(RO4)
D=D+1
6 CONTINUE
I=-3
D=1.5
J=1
K=1
V=1.5*A
DO 7 C=1,7
X(K)=7.5*A-C*A
K=K+1
7 CONTINUE
DO 8 C=0,6
X(K)=0.5*A+C*A
K=K+1
8 CONTINUE
DO 9 M=1,14
CALL ALTGRAD(X,M,PI,Z,V,I1,RO4)
J=J+1
WRITE(1,20)D,I,anint(RO4)
D=D+1
9 CONTINUE
I=-4
D=1
J=1
K=1
V=2*A
DO 10 C=0,7
X(K)=7*A-C*A
K=K+1
10 CONTINUE
DO 11 C=0,6
X(K)=A+C*A
K=K+1
11 CONTINUE
DO 12 M=1,15
CALL ALTGRAD(X,M,PI,Z,V,I1,RO4)
J=J+1
WRITE(1,20)D,I,anint(RO4)
D=D+1
12 CONTINUE
I=-5
D=1.5
```

```

J=1
K=1
V=2.5*A
DO 13 C=0,6
X(K)=6.5*A-C*A
K=K+1
13 CONTINUE
DO 14 C=0,6
X(K)=0.5*A+C*A
K=K+1
14 CONTINUE
DO 15 M=1,14
CALL ALTGRAD(X,M,PI,Z,V,I1,RO4)
J=J+1
WRITE(1,20)D,I,anint(RO4)
D=D+1
15 CONTINUE
I=-6
D=2
J=1
K=1
V=3*A
DO 16 C=0,6
X(K)=6*A-C*A
K=K+1
16 CONTINUE
DO 17 C=0,5
X(K)=A+C*A
K=K+1
17 CONTINUE
DO 18 M=1,13
CALL ALTGRAD(X,M,PI,Z,V,I1,RO4)
J=J+1
WRITE(1,20)D,I,anint(RO4)
D=D+1
18 CONTINUE
20 FORMAT(F6.1,1X,I3,1X,F6.1)
RETURN
END
C*****
SUBROUTINE ALTGRAD(X,M,PI,Z,V,I1,RO4)
DIMENSION X(100)
READ(2,*)DV
RO1=2*PI
RO2=(1/(Z-X(M)-V))-1/(Z+X(M)+V)
RO22=-1/(Z-X(M)+V)+1/(Z+X(M)-V)
RO23=RO2+RO22
RO3= DV/I1
RO4=(RO1/RO23)*RO3
RETURN
END

```

## 9. ÖZGEÇMİŞ

Fatih KAZANCI, 1969 yılında Trabzon' da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Trabzon' da, lise öğrenimini Rize Endüstri Meslek Lisesi Elektronik Bölümü' nde tamamladıktan sonra Kocaeli Meslek Yüksekokulu Elektronik Bölümü' nü bitirdi. 1989-1990 eğitim-öğretim yılında K.T.Ü Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü' ne girdi. Haziran-1993 tarihinde Jeofizik Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 1993 yılında K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı' nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 1994 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü kadrosuna araştırma görevlisi olarak atandı. Halen bu görevini sürdürmektedir.