

28753

T. C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ARZ YÜZEYİ ÜZERİNDEKİ

BİR MAGNETİK DİPOLÜN

ELEKTROMAGNETİK ALANI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alev ÇAKIREL

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

( Uygulamalı Jeofizik Programı )

Danışman : Yard. Doç. Dr. Ali ERDOĞAN

EYLÜL - 1993

ÖNSÖZ

Burada, arz yüzeyi üzerinde yer alan yatay ve dikey magnetik dipollerin E.M alanlarının saptanması üzerinde çalışılmıştır.

n tabakalı arz yüzeyi üzerinde yer alan dipollerin alan bileşenlerini bulmak için bir bilgisayar programı yapıldı. Bu bilgisayar programı kullanılarak üç ve dört tabakalı durumlar için yatay ve dikey magnetik dipollerin eliptiklik ve tilt açısı grafikleri elde edildi. Ayrıca konuya açıklık getirmesi bakımından E.M yöntemler hakkında bilgiler de verilmeye çalışılmıştır.

Çalışmalarımı yöneten, bilgi ve kaynak yönünden yardımlarını esirgemeyen sayın hocam YARD. DOÇ. DR. ALI ERDOĞAN 'a ve bilgisayar çalışmalarında her türlü imkanı sağlayan ESO BİLGİSAYAR 'a teşekkür ederim.

İCİNDEKİLER

SAYFA NO:

ÖNSÖZ .....	I
İCİNDEKİLER .....	II
ÖZ VE ABSTRACT .....	III
I - GİRİŞ .....	1
II - MATERYAL VE METOD .....	5
II -1 KONTROLLÜ E.M ALANLARI OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ ...	5
II -2.1 BOBİN (İNDUKTİF) YÖNTEMLER .....	6
II -2.1.1 HOMOJEN BİR ORTAMDA E.M ALAN CEVAPLARI .....	11
II -2.2 UZUN KABLO (KONDUKTİF) YÖNTEMİ .....	16
II-2.2.1 UZUN KABLO YÖNTEMİ İLE E.M ALANIN İRDELENMESİ..	16
II -3 E.M ALAN TEORİSİ .....	19
II -3.1 TEMEL KAVRAMLAR .....	19
II -3.2 E.M DALGA DENKLEMİNİN ELDE EDİLMESİ .....	21
II -4 E.M İNDUKSİYON PRENSİPLERİ .....	24
II -4.1 ELİPTİK POLARİZASYON .....	24
II-4.2 MEYİL ACISI (DIP ANGLE) İÇİN DEĞİŞİK YÖNTEMLER .	29
II -5 YATAY TABAKALI ORTAMLAR İÇİN BİR MAGNETİK DİPOLÜN E.M ALANI .....	31
III - BULGULAR .....	42
IV - TARTIŞMA VE SONUÇ .....	82
V - ÖZET VE SUMMARY .....	87-88
VI - KAYNAKLAR .....	89
VII - ÖZGEÇMİŞ .....	91

02

" Arz Yüzeyi Üzerindeki Bir Magnetik Dipolün E.M Alanı."

Yatay tabakalı bir arz yüzeyi üzerinde bulunan magnetik dipollerin E.M alanların saptanması ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Bunun için yatay ve dikey magnetik dipollerin yatay tabakalı ortamlardaki eliptiklik ve tilt açısı hesaplandı ve grafikleri çizildi . Bunların yorumları yapıldı.

#### ABSTRACT

"Electromagnetic Field of a Magnetic Dipol on the Surface of Earth."

We worked on stabilization the E.M fields of magnetic dipoles which are on the surface of an horizontal layer - earth surface . To do this we calculated elliptical and tilt angle of horizontal and vertical magnetic dipoles in the horizontal layer mediums and draw their graphics. And we made comments on these.

## I - GİRİS

Elektromagnetik (E.M) prospeksiyon tekniği magnetik yöntemin dışında mineral araştırmasında en fazla kullanılan yöntemdir. Sığ derinliklerde yer alan iyi elektrik iletkenlere karşı E.M yöntem en iyi cevabı verir. Yöntem zamanla değisen düşük frekanslı E.M alanların yer içi ve üzerindeki yayınımasını icerir.

E.M yöntemler uzun bir süredir maden jeofiziginde kullanılmaktadır. Sülfid yataklarını saptamakta ve yorumlamada daha sağlıklı sonuçlar vermektedirler.

Gectiğimiz yıllarda, tabakalı ortamda elektromagnetik dalga yayılımı teorisinde ve kullanılan aletlerdeki gelişmeler bu yöntemlerin yeryüzünün tabakalı kısımlarında kolayca kullanılmasında çok büyük kolaylıklar sağladılar. Bunlar ; bakır sahalarının yer altı haritalarının çıkarılmasında, özellikle akifer yerlerinin saptanması, yorumlanması, su kodunun bulunması ve infaat temel mühendisliğinde zemin araştırmaları konularıdır.

Zamanla değisen E.M alanın güç kaynağı olarak kullanıldığı bir çok E.M yöntemler vardır. Bunlar kontrollü ve doğal E.M yöntemler olarak ikiye ayrılabilir. Kullandıkları kaynak frekans, uygulama tekniği, analizleri ve yorumları farklıdır.

Kontrollü E.M alanlara burada uzun bir şekilde değineceğiz. Doğal E.M alanlar ise arzda doğal olarak bulunan E.M alanlardır.

Burada, iletken bir yüzey üzerindeki dipollerin E.M alanlarının saptanması ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Bütün tabakalar homojen, izotrop ve tabaka sınırları hava yüzey sınırına paralel olarak kabul edilmiştir.

Elektromagnetizmada, magnetik dipoldeki salınımlar (aşağı yukarı, gidip - gelme şeklinde) en genel uyarma kaynağıdır. Alıcı ve verici bobinler arasındaki uzaklık, verici bobinin capından 5 kat fazla ise her iki bobin matematiksel olarak birer dipol olarak adlandırılır. Çeşitli yatay ve düşey dipol tertipleri farklı ileticiler tarafından, alanların yayılması ve alınmasında kullanılır. Bunlar detaylı olarak PARASNIS (1970) tarafından anlatılmıştır.

iletken bir yüzey üzerindeki dipollerin elektromagnetik alanlarının saptanması problemi SOMMERFELD (1909-1926) 'ın klasik çalışmalarıyla başlamak üzere bir çok kimsenin dikkatini çekti, daha sonra WAIT 1954 , 1955 , 1956 yıllarında yayınladığı çalışmalarında homojen-iletken bir yüzey üzerinde, yerin ve havanın dipollerinin kuplaj oranlarını gösteren denklemleri sundu. Bunları izleyen çalışmalarda WAIT (1958), çalışmasını iki tabakalı yapılar için geliştirdi. Ama bilinen fonksiyonlar kullanılarak bir çözüme varılamıyordu, ve sayısal sonuçlar sadece dijital computürde birkaç sonsuz integralin nümerik integrasyonu sonucu elde edilebiliyordu.

FRISCHKNECHT (1967) çeşitli dipol tertipleri için iki tabakalı ortamda, geliştirilmiş alan ve karşılıklı empedans için nümerik sonuçları sundu. Son zamanlarda DEY ve WARD(1970) ve RYU(1970) yerdegistirme akımını da düşünerek, n-tabaka üzerindeki bobinler için yaptıkları çalışmaları sundular. Yine de bir çok jeofiziksel araştırma problemlerinde yerdegistirme akımları çoğu zaman ihmal edilebilir.

Bir çok sahada arzın yüzey kısmının ikiden fazla tabakadan oluştuğu bilinmektedir. İki tabakalı yapılar için kullanılan eş eğri tekniği böyle durumlarda (çok tabakalı yapıda) uygulanamaz, ve doğru bir saha-veri interpretasyonu için teorik eğriler (grafikler) gerekir.

n-tabakalı bir yapı için biçimsel çözümlerin literatürde yer almasına karşın (Wait 1962,1966 ; Dey and Ward, 1970), ın bulduğu nümerik (sayısal) sonuçlar çok azdır. Bu yüzden bir - n tabakalı - arz yüzeyi üzerinde yer alan dipollerden alan bileşenlerinin tayin yöntemi bir bütün olarak sunulmak istendi. Bu amaçla ortamdaki yerdegistirme akımlarını ihmal eden bir bilgisayar programı kullanılarak , karşılıklı verici ve alıcı arasında üç veya dört tabakalı durumlar için sonuçlar alındı. (Sinha,1973)

Ama yine de n tabakalı yapılar için olası bağımsız parametreler çok fazla olacağından tüm durumlar için kullanılabilir karşılaştırma tabloları (master-charts) pek kullanışlı olmaz. Karşılıklı kuplaj oranlarının kompüter programının kullanılarak elde edilmesinin bir tek pratik çözümü şudur ;

herhangi bir data seti için istenilen teorik grafikler elde edilebilir.





## II - MATERYAL VE METOD

### II - 1 KONTROLLÜ E.M ALANLARI OLUSTURMA YÖNTEMLERİ

Zamanla değişimleri kontrollü bir E.M alan bir halka (bobin) veya iki ucu yere bağlı bir telden alternatif bir akım geçirerek meydana getirilebilir. Bu şekilde meydana getirilen magnetik alan içinde iletken bir ortam varsa, indüklenen akımlar magnetik alanın doğrultusuna dik yollarda kapalı devreler şeklinde akacaktır. Bu akımlar, yeryüzünde herhangi bir noktada birinci alanı bozan ikinci elektromagnetik alanı meydana getirir. Bir alıcı bobinle kaydedilen bileşke alan şiddeti faz ve doğrultuca birinci alandan farkedecek ve böylece iletken kütlenin mevcudiyetini açığa çıkaracaktır.

Bu durum E.M prospeksiyon yöntemi ile maden aramalarının temelini oluşturmakta ve sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak değinilerek matematiksel ifadeleri verilecektir.

Elektromagnetik yöntemlerin büyük avantajı, kontrollü olan E.M alanlar için üst tabakanın yüksek rezistiviteli olduğu karstik yapıllı ortamlarda görülür. Ancak üst tabakanın yüksek iletkenliğe sahip olduğu ortamlarda dezavantajlara sahiptir.

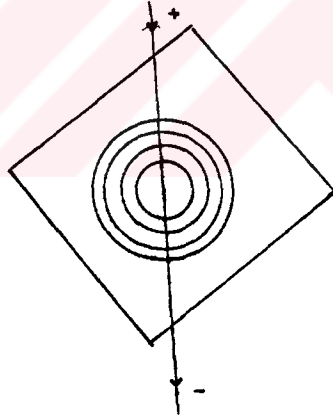
Yapay olarak bir E.M alan oluşturmak için iki yöntem vardır. Bunlar; Bobin yöntemleri (induktif) ve iletken ortam kullanan (konduktif-veya-uzun kablo) yöntemleridir.

## II - 2.1 BOBİN (İNDÜKTİF) YÖNTEMLERİ

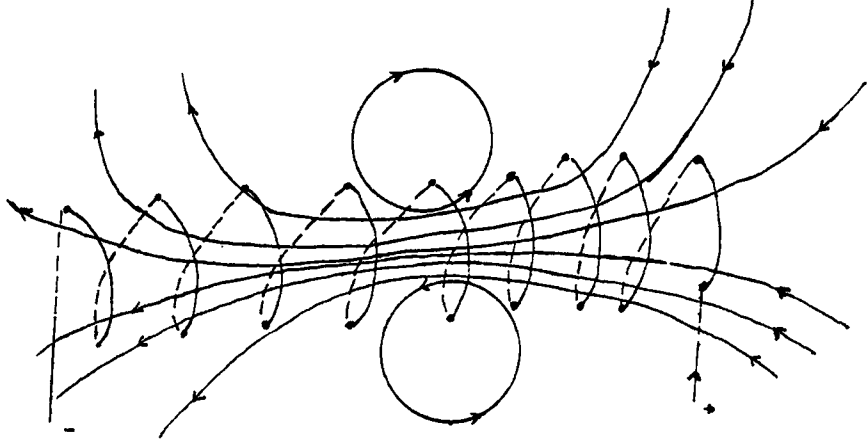
Bir elektrik akımının meydana getirdiği magnetik alan ilk olarak 1819 da Oersted tarafından açıklanmıştır. Kaynak olarak, içerisinde elektriksel bir akım geçen tel halka (bobin) kullanıldığında, indüktif yöntemle bir E.M alan oluşturulur. Biz bu şekildeki kaynak kullanıldığında uygulanan yöntem (İndüktif Sondaj Yöntemi) adını veririz.

Sekil-1.a 'da doğru bir tel içerisinde geçen akımdan dolayı magnetik alanın dağılımı bir düzlem içerisinde gösterilmiştir.

Sekil-1.b 'de ise bir bobinin (bir halka telin) kullanılmasıyla oluşacak E.M alanın dağılımı gösterilmiştir.



SEKİL-1.a Doğru bir tel içerisinde geçen akımın magnetik alanının dağılımı.



SEKİL-1.b Bir bobinin magnetik alan dağılımının grafiksel gösterimi.

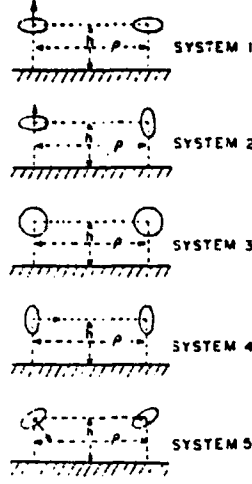
E.M sondaj için alıcı verici bobinlerin birbirlerine göre yönlendirilme durumları genelde dört türdür.

Bunlar;

- 1-Yatay eksenli bobin tertipleri (Horizontal Coplanar)
- 2-Düsey eksenli bobin tertipleri (Vertical Coplanar)
- 3-Düsey aynı eksenli bobin tertipleri (Vertical Coaxial)
- 4-Dik sistemli bobin tertipleri (Perpendicular)

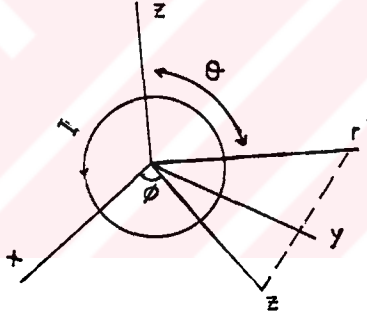
Bunlardan başka, yatay profil çalışmaları için kullanılan iki bobin tertipleri daha vardır. Matematiksel gelişimleri aynı olmakla birlikte derinlik sondajları için kullanılmazlar.

Yukarıda belirtilen 4 durum için alıcı ve verici bobinlerin grafiksel görünüşleri şekil-2 'de verilmiştir.



SEKİL-2 E.M uygulamalarında kullanılan alıcı ve verici bobin konumları.

Asağıda alıcı ve verici bobinlerin serbest ortam (boşluk) ve iletken bir ortam için alan ifadeleri verilmiştir.



$$m = I \cdot A = \pi I a^2$$

m = magnetik moment

SEKİL 3 : x , y , z koordinat sisteminin merkezine yerleştirilen bir tel halka

Önce şekil-3 'te verilen x,y,z koordinat sistemlerine göre yerleştirilmiş ve içerisinden I elektrik akımı geçen bir dairesel (bobin) halkanın xy düzleminde gözlenen E.M alan bileşenlerini yazalım. (KELLER , 1970).

$$H_z = \frac{m}{4 \pi r^3} ( 3 \cos^2 \theta - 1 ) \quad ( 1 )$$

$$H_x = \frac{m}{4 \pi r^3} \sin \theta \cos \theta \quad ( 2 )$$

$$m = I.A = I \pi a^2$$

Serbest ortam (boşluk-uzay) içerisindeki bobinler arasında karşılıklı kuplaj etkisi  $Z_o$ , yukarıdaki 1 ve 2 bağıntıları kullanılarak takip eden bölümlerdeki gibi hesaplanabilir.

#### a- Aynı Düzlemlili Bobinler ( COPLANAR BOBINLER )

Bobin düzlemlerinin tek bir düzlem içerisinde bulunması durumlarıdır.  $\theta$  açısı 90 derecedir.

Alıcı bobindeki alan şiddeti,

$$H_z = - \frac{m}{4 \pi r^3} = - \frac{N_1 A_1 I}{4 \pi r^3} \quad \text{ve} \quad ( 3 )$$

Alıcı ve verici bobinler arasındaki kuplaj etkisi;

$$Z_o = \frac{V}{I} = \frac{j \omega W N_1 N_2 A_1 A_2}{4 \pi r^3} \quad \text{olup,} \quad ( 4 )$$

Burada ;

$A_1$  ve  $A_2$  ; verici ve alıcı bobin alanları

$N_1$  ve  $N_2$  ; bobinlerdeki tur sayısı

## b - Aynı Eksenli Bobinler ( COAXIAL BOBINLER )

Aynı eksenli bobin durumları için  $\Theta = 0$  sıfırdır.

Verici ve alıcı bobinler arasındaki açıklık aynı olduğundan aynı eksenli bobinler için karşılıklı kuplaj, aynı düzlemlili bobinlerden iki kat daha büyüktür. Alıcı bobindeki alanı ve karşılıklı etkileşimi yazarsak ;

$$H = \frac{m}{2\pi r^3} = \frac{N_1 A_1 I}{2\pi r^3} \quad ( 5 )$$

ve;

$$Z_0 = - \frac{i\mu_0 W N_1 N_2 A_1 A_2}{2\pi r^3} = \frac{V}{I} \quad (\text{verici bobindeki empedans}) \quad ( 6 )$$

olarak ifade edilir.

Elektriksel dipol ve bir aynı düzlemlili (coplanar) bobinler arasındaki karşılıklı kuplajı;

S : Dipol uzunluğu

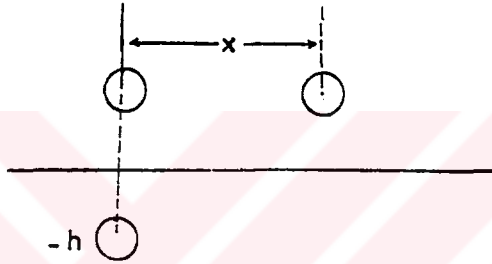
B : Elektriksel dipolün doğrultusu ve dipol ile bobinin birleşme hattı arasındaki açı olmak üzere,

$$Z_0 = - \frac{i\mu_0 W A_1 S}{4\pi r^2} \sin B \quad \text{olur.} \quad ( 7 )$$

## II- 2.1.1 HOMOJEN BİR ORTAMDA E.M ALAN CEVAPLARI

Homojen ve izotrop ortamda, iletken bir arz yüzeyi üzerindeki iki bobin için farklı tertiplerin davranışlarını inceleyelim.

### a) Yatay Eksenli Bobin Tertipleri (HORIZONTAL COPLANAR )



SEKİL-4 Yatay eksenli bobin durumu

Verici bobinin (dipolün) altında  $-h$  gibi derinliğe bir imaj bobin (dipol) yerleştirilir. Bu durumda yatay eksenli bobinler için (primer) birinci alan;

$$H_{z,p} = - \frac{m}{4 \pi x^3} \quad ( 8 )$$

ikincil alanın düşey bileşeni;

$$H_{z,s} = \frac{m}{4 \pi (x^2 + 4h^2)^{3/2}} \left( 1 - 3 \frac{4h^2}{(x^2 + 4h^2)} \right) \quad ( 9 )$$

Toplam alanın birinci alana oranı ile yeraltında bir iletkenin bulunması durumundaki karşılıklı kuplajın, serbest

havadaki karşılıklı kuplaja oranı benzerdir. Böylece,

$$\frac{H_z}{H_{z,p}} = \frac{Z}{Z_0} \text{ olur.}$$

Burada ( 8 ) ve ( 9 ) değerlerine göre ,

$$\frac{Z}{Z_0} = 1 - \frac{1}{[4(h/x)^2 + 1]^{3/2}} \frac{12(h/x)}{[4(h/x) + 1]^{5/2}} \quad (10)$$

elde edilir.

Bu ifadeye göre h/x oranı küçük olduğunda  $Z/Z_0 < 1$  dir.

$Z/Z_0 = 1$  olduğunda

$$h/x = 0,354$$

h/x oranının 0,354 'den büyük olması durumlarında empedans oranı yaklaşık olarak 1.2 'lik bir degere ulaşır.

Yatay eksenli bobinlerin bilgisayar programları yapıldı ve grafikleri elde edildi. Bunlar **Bg-1** ve **Bg-1.a** 'da sunulmuştur.



b - Düşey Eksenli Bobin Tertipleri ( VERTICAL COPLANAR )

Müşterek bir düzlem içerisinde eksenlere sahip olan bobin sistemlerinde birinci ve ikinci alan;

$$H_{(z)}^{p,y} = - \frac{m}{4\pi x^3} \quad ( 11 )$$

$$H_{(z)}^{s,y} = - \frac{m}{4\pi (x^2 + 4h^2)} \quad ( 12 )$$

yazılır.

Buradan, toplam alanın birinci alana oranı veya empedans oranı,

$$\frac{H_z}{H_{z,p}} = \frac{Z}{Z_0} = 1 + \frac{1}{[4(h/x)^2 + 1]^{3/2}} \quad ( 13 )$$

bulunur.

Elde edilen bu son ifadeden,

$h/x >$  büyük değerleri için empedans oranınının 1'lik değere yaklaştığı görülür. Ayrıca,  $h/x$  oranı sıfıra yaklaştığında empedans oranı düzgün bir şekilde 2 değerine yaklaşır.

Düşey eksenli bobinlerin bilgisayar programları yapıldı ve elde edilen değerlerden grafikleri çizildi. Sonuçlar ve grafiksel değişimler ~~Btg-2~~ ve ~~Btg-2.a~~ ' da verilmistir.

### c - Düşey Aynı Eksenli Bobinler ( VERTICAL COAXIAL )

Düşey aynı eksenli bu bobinler icte tek bir eksenlidirler. Bu tip bobinlerde birinci ve ikinci alanlar sırasıyla aşağıda verilmiştir.

$$H_{p,y} = \frac{m}{2 \pi x^3}$$

$$H_{s,y} = \frac{m}{2 \pi (x^2 + 4h^2)^{3/2}} \left( \frac{3x^2}{4h^2 + x^2} - 1 \right) \quad (14)$$

$$\frac{Z}{Z_0} = 1 + \frac{3}{2 [4(h/x)^2 + 1]^{3/2}} - \frac{1}{2 [4(h/x)^2 + 1]^{5/2}} \quad (15)$$

( 15 ) nolu ifadenin bilgisayar programı yazılarak sayısal olarak irdelenmiştir. Buna göre;

$h/x \gg 1$  için  $Z/Z_0 = 1$  'den biraz azdır.

$h/x = 1/2$  değeri için  $Z/Z_0 = 1$  dir.

$h/x \ll 1$  sifıra yaklaştıkça  $Z/Z_0 = 2$  'ye yaklaşır.

Düşey aynı eksenli bobinlerin bilgisayar programları yapıldı ve elde edilen değerlerden grafikler çizildi. Sonuçlar ve grafiksel değişimler **Bg-3** ve **Bg-3.a** ' da verilmiştir.

#### d - Dik Sistemli Bobinler ( PERPONDICULAR BOBINLER )

Alıcı ve verici bobin düzlemleri birbirlerine dik olan sistemlerde birinci alanın x yönündeki değeri  $H_{p,x} = 0$  olacaktır. z yönündeki birinci alan değeri ile ikinci alanın x alanı mevcuttur.

Bu durumda birinci alan,

$$H_{p,z} = - \frac{m}{4 \pi x^3}$$

$$H_{s,x} = - \frac{3m}{4 \pi (x^2 + 4h^2)^{3/2}} \left[ \frac{x}{(x^2 + 4h^2)^{1/2}} \right] \left[ \frac{2h}{(x^2 + 4h^2)^{1/2}} \right] \quad ( 16 )$$

İkinci alan olarak elde edilir. Empedans oranı ise,

$$Z/Z_0 = \frac{6 (h/x)}{[ 4 (h/x)^2 + 1 ]^{5/2}} \quad ( 17 )$$

Bu bağıntı sonucu elde edilen sonuçlar;

$h/x = 0$  için  $Z/Z_0 = \max.$

$h/x = \infty$  için  $Z/Z_0 = 0$

Dik sistemli bobinler için bilgisayar programı yapıldı ve elde edilen değerlerden grafiksel değişimler **Bg-4** ve **Bg-4.a**'da sunulmuştur.

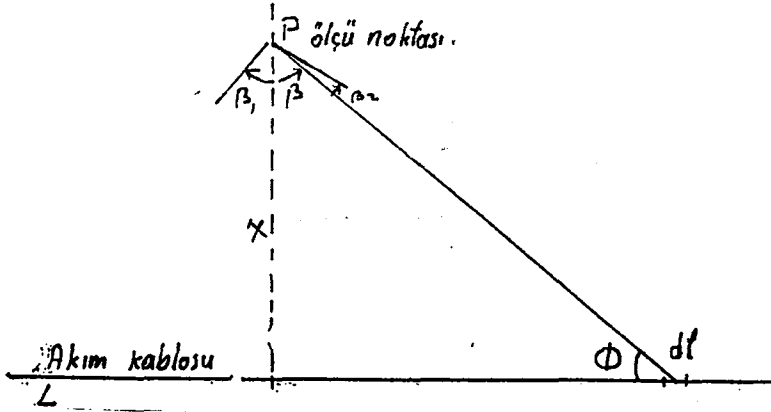
## II-2.2 UZUN KABLO ( KONDUKTİF ) YÖNTEMİ

Konduktif yöntemle bir E.M alan oluşturmak için ortamın iletken olması gerekir. Zamanla değişen elektriksel bir alan doğrudan yer içerisine gönderilir. Yer içersinden geçen akım hatlarına dik doğrultularda magnetik alan çizgileri oluşur.

### II-2.2.1- UZUN KABLO YÖNTEMİ İLE E.M ALANIN İRDELENMESİ

Biot Savart amper yasasına göre  $dl$  uzunluklu bir tel içerisinde geçen  $I$  elektriksel akımından dolayı  $P$  noktasında telin oluşturduğu magnetik alan bağıntısı aşağıdaki gibi verilir.

$$dH = \frac{I dl \sin \theta}{4 \pi r^2} \quad ( 18 )$$



SEKİL-5

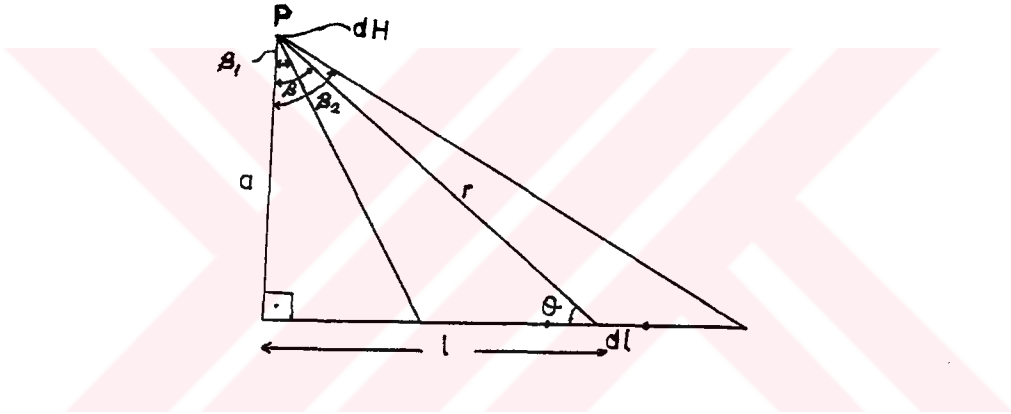
toplam magnetik alan (18) nolu bağıntının integralinin sonucu olarak;

$$H = \frac{1}{4\pi} \int \frac{I dl \sin\theta}{r^2}$$

hesaplanabilir.

iletken üzerinde  $\sin \theta = 0$  ' da alan sıfır ve  $\sin \theta = 1$  ' de alan maksimum olur.

Dogrusal Telin Magnetik Alanının Hesaplanması :



SEKİL-6 dl uzunluklu telin magnetik alanı

P ' deki toplam alanı hesaplayalım. dl elementinden dolayı alanı yukarıdaki gibi yazdık.

Sekilden ve trigonometrik bağıntılardan yararlanarak,

$$dH = \frac{i a \sec^2 B}{\mu_0 4\pi a^2 \sec^2 B} \cos B dB \quad (19)$$

olarak yazabiliriz.

toplam alan , integrasyon ile

$$H = \frac{i}{4 \pi a} \left| \sin B_2 - \sin B_1 \right| \quad ( 20 )$$

elde edilir.

P noktasının elektriksel akım taşıyan tele olan uzaklığı ( a ) , telin uzunluğuna göre çok küçük ise ( l >> a ) , B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> açıları - / 2 ile / 2 arasında değişmiş olacaktır. Bu şartın sağlanmasında ( 21 ) nolu ifade ,

$$H = \frac{i}{2 \pi a} \quad ( 21 )$$

elde edilir.

## II - 3 ELEKTROMAGNETİK ALAN TEORİSİ

### II - 3.1 TEMEL KAVRAMLAR

Bir elektromagnetik alanın davranışının incelenmesinde , öncelikle maxwell denklemlerinden söz edilir. Coulomb , Amper ve Faraday deneyimleri maxwell denklemlerini ortaya koymuştur.

Burada adı geçen dört temel vektör şunlardır.

E= Elektrik alan şiddeti (volt/m)

B= Magnetik indüksiyon veya akım yoğunluğu (Weber/m )

D= Dielektrik yer değiştirme (coulomb/m )

H= Magnetik alan şiddeti (Amper devir/m )

Burada (coulomb/m ) elektrik sarj yoğunluğu dağılımı, I (Amper/m ) elektrik akım yoğunluğu olduğuna göre Maxwell denklemleri :

$$I - \nabla \times E + \frac{\partial B}{\partial t} = 0 \quad (\text{Faraday kanunu})$$

$$II - \nabla \times H - \frac{\partial D}{\partial t} = j \quad (\text{Amper kanunu})$$

( 22 )

$$III - \nabla \cdot B = 0 \quad (\text{B selenoidal})$$

$$IV - \nabla \cdot D = \rho \quad (\text{Coulomb kanunu})$$

D ile E ve H ile B arasında lineer birer baginti vardır.

Serbest ortamda :

$$D = \epsilon_0 E \quad \epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

$\epsilon_0$  = Boslugun dielektrik sabiti

$$H = \frac{1}{\mu_0} B \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

$\mu_0$  = Magnetik gecirgenlik

izotrop ortamda :

$$D = \epsilon E \quad \text{ve} \quad H = \frac{1}{\mu} B \quad ( 23 )$$

$\epsilon_0$  ve  $\mu_0$  indüktif dielektrik kapasiteleridir, bunlar serbest ortama yani havaya ait sabitlerdir.

$$K_e = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad \text{Dielektrik sabiti}$$

( 24 )

$$K_m = \frac{\mu}{\mu_0} \quad \text{Magnetik permeabilite}$$



## II - 3.2 E.M DALGA DENKLEMİNİN ELDE EDİLMESİ

Maxwell denklemlerinden hareketle bir E.M dalga denklemini E,H,J ve  $\phi$  (faz) alan vektörleri için elde edebiliriz. örnek olarak E için DALGA DENKLEMİNİ elde edelim.

I. Maxwell denklemini yazalım ve her iki tarafın rotasyoneli- ni alalım.

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial B}{\partial t} \quad (\text{Faraday}) \quad (25)$$

$$\nabla \times \nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times B) \quad (26)$$

$$B = \mu H \quad (27) \quad \text{esitliğini hatırlayarak (26) 'da yerine koyalım.}$$

$$\nabla \times \nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \mu H) = -\mu \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times H) \quad (28)$$

ikinci Maxwell denkleminde  $\vec{J} = \sigma \vec{E}$  ve  $D = \epsilon \vec{E}$  koyalım.

$$\nabla \times \vec{H} = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad \text{II. Maxwell}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \sigma \vec{E} + \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (29)$$

Bu ifadeyi (28) ' de yerine koyarsak;

$$\nabla \times \nabla \times \vec{E} = -\mu \frac{\partial}{\partial t} \left( \sigma \vec{E} + \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = -\mu \sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (30)$$

şeklinde elde edilir.

$\nabla \times \nabla \times \vec{E} = \nabla (\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E}$  vektörel eşitliğini kullanarak (30) denklemi ,

$$\nabla (\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} = -\mu \sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (31) \text{ olur.}$$

IV . Maxwell denklemini yazarak ve  $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$  degerini korsak,

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad \text{IV. Maxwell}$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \rho / \epsilon \quad \text{olur. Ortamda sarj yoksa } \nabla \cdot \vec{E} = 0 \quad \text{olur.}$$

Bu durumda ( 31 ) ifadesini

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \mu \sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (32)$$

elde etmis oluruz.

Bu son ifade elektrik alan vektörüne göre yazılmış bir E.M dalga denklemdir.

Benzer yollarla H magnetik alan icin

$$\nabla^2 \vec{H} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} + \mu \sigma \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad (33)$$

veya

$$\nabla^2 \vec{J} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{J}}{\partial t^2} + \mu \sigma \frac{\partial \vec{J}}{\partial t} \quad \text{Akım yoğunluğu,} \quad (34)$$

$$\nabla^2 \vec{B} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} + \mu \sigma \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

ve magnetik  
indüksiyon

( 35 )

yazabiliriz.

E.M dalganın boşluktaki yayınımı için iletkenlik  $\sigma = 0$  dir. Bu durum yukarıdaki dalga denklemini

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \text{ olur.}$$

H, j ve B ye göre yazılır. Diğer denklemler için iletkenlik terimi içeren kısımlar sıfır alınmalıdır.

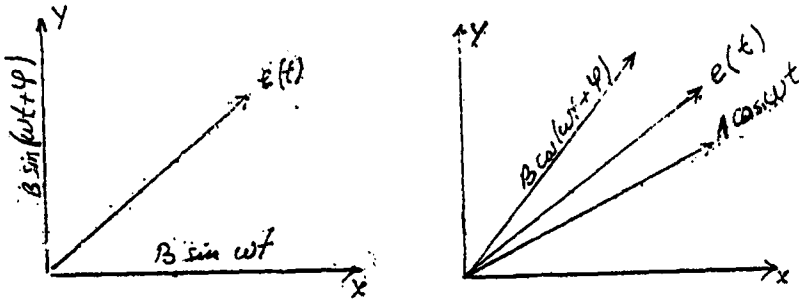
## II - 4 ELEKTROMAGNETİK İNDÜKSİYON PRENSİPLERİ

### II - 4.1 ELİPTİK POLARİZASYON

Elektromagnetik indüksiyonun prospeksiyon sistemlerinde ki her tipinde bir alternatif magnetik alan kullanılır. Yer altında bir iletken bulunduğu ve ikinci alan mevcut olduğu zaman genellikle birinci ve ikinci alan arasında bir faz farkı vardır.

Bazı prospeksiyon sistemlerinde özellikle meyil açısı (dip angle ) tipi alıcı ve verici tarafından hasil edilen bileşke alan cevabını alır. Bileşke alan iki ortam vektörüyle tarif edilir. Bu iki vektör aynı frekansta değişir. Fakat biri diğeriyle aynı fazda değildir.

iki vektör  $A \cos Wt$  ve  $B \cos(Wt + \varphi)$  aralarında  $\alpha$  keyfi açısıyla bir doğrultudan farklı dururlar ve burada  $\varphi$  faz açısıdır. Bu iki vektörün toplamını bulmak için bir kartezyen koordinatlar sistemini seçmemiz ve dik bileşenleri halinde iki vektörü halletmemiz gerekir. İki vektör düzleminde (x,y) koordinatlarını alırsak  $(A_x \cos Wt, A_y \cos Wt)$  ve  $B_x \cos(Wt + \varphi), B_y \cos(Wt + \varphi)$  dik bileşenlerini çizebiliriz. Her bir doğrultudaki iki bileşen  $X = A \sin Wt, Y = B \sin(Wt - \varphi)$  olarak yazılır.



SEKİL ( 7 )

Bunlardan anlaşılır ki (xy) düzleminde alıcı (Rx) bobinin eksenini etrafında döndürülmesinde hiçbir tam bir sıfır noktası elde edemiyoruz. Sinyalin genliği bobin ekseninin doğrultusunda  $e(t)$  bileşeniyle orantılıdır. Bu sebepten bobin eksenini polarizasyon elipsinin büyük eksenine paralel olduğu zaman maksimum olacaktır. Sinyal genliğinin minimumuyla maksimum oranı eliptik eksenlerin oranını ölçer. Bu kabaca iki vektör arasındaki faz farkını gösterir.

Pratikte polarizasyon elipsi aşağıdaki gibi tayin edilebilir. Alıcı bobinini dikey bir eksen etrafında minimum sinyal elde edinceye kadar döndürürüz. Bunun üzerinde ise, bobinin yatay çapı etrafında başka bir minimum elde edinceye kadar döndürürüz. Ve son olarak iki eksene ilaveten 90 derecelik üçüncü eksen etrafında döndürürüz. Sinyal 0 olunca bobin düzlemi polarizasyon düzlemine intibak etmiş demektir. İnklinometreden meyil açısı ölçülür.

Polarizasyon düzleminin yönlenmesi onun meyili ve doğrul-

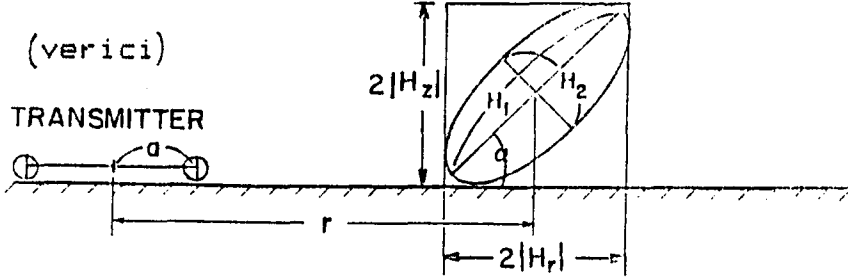
tusu ile tarif edilir. Meyil acısı yatay düzlem tarafından yapılan acıdır. Doğrultu yatay ve polarizasyon düzleminin arakesit hattının doğrultusudur. Yani minimum sinyal polarizasyonundaki bobin düzlemindeki yatay hattın doğrultusudur.

Bununla beraber polarizasyon elipsinin büyük veya küçük ekseninin meyili bilinmedikçe polarizasyon düzlemi içinde elipsin kendisinin doğrultusu bilinmez. Bu maksat için bobin, sessizlik düzlemine dik tutulur maksimum sinyal elde edinceye kadar döndürülür. Bu pozisyonda bobine normal hat polarizasyon elipsinin büyük ekseninin doğrultusunu verir. Büyük eksenin yatayla yaptığı egim elektromagnetik alanın tilti olarak adlandırılır. Pratikte H bileşke alanı ölçülmez. Polarizasyon elipsinin büyük ekseni ölçülür.  $H \rightarrow 0$  sinyal verir. Polarizasyon elipsinin büyük ekseni minimum sinyal verir.

Şekil-8.a 'da magnetik polarizasyon elipsinin parametreleri olan, tilt acısı ,eliptiklik ve dalga tiltinin modülü gösterilmiştir.

Şekil-8.b ' de ise polarizasyon elipsinin genel davranışı grafiksel olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Buna göre verici ve alıcı arasındaki mesafenin ( r ) artması, frekansın sabit kalması koşullarında elde edilen polarizasyon elipsi, r mesafesinin sabit, frekansın artması koşulunda elde edilen polarizasyon elipsi ile benzer davranışlar göstereceği görülmektedir. İlgili bağıntılar aşağıda verilmiştir.

POLARIZATION ELLIPSE

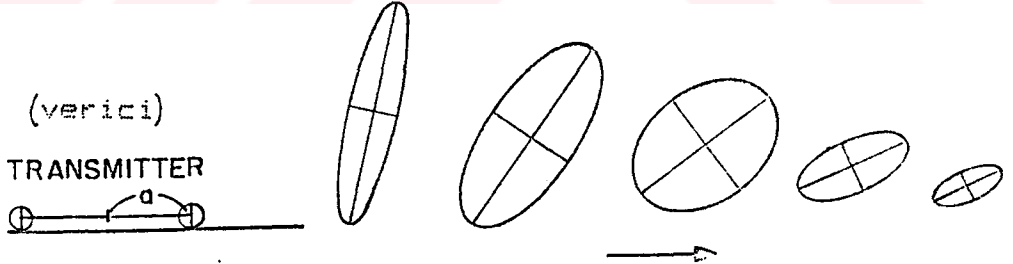


Tilt açısı =  $\alpha$

$$\text{Eliptiklik} = \frac{H_2}{H_1}$$

$$\text{Dalga tiltinin modülü} = \frac{|H_r|}{|H_z|}$$

SEKİL - 8 . a Magnetik polarizasyon elipsinin parametrelerinin gösterimi



Parametrik sondaj = Sabit r mesafesinde frekansın artması ( ok yönü )

Geometrik sondaj = Sabit frekansta r mesafesinin artması ( ok yönü )

SEKİL - 8 . b Magnetik polarizasyon elipsinin genel davranışı.

Polarizasyon elipsinin elde edilmesi ise aşağıdaki bağıntılarla açıklanabilir.

$$y = B \sin (-\omega t - \varphi) \quad , \quad \sin \omega t = \frac{x}{A}$$

olduğuna göre , bu iki alanın toplam vektörünün ucunun elips çizdiğini gösterir.

Y bileşeni trigonometrik ilişkiden ,

$$Y = B [ \sin \omega t \cos \varphi - \cos \omega t \sin \varphi ]$$

şeklinde yazıp yeniden düzenlersek,

$$Y - B \frac{x}{A} \cos \varphi = - B \sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}} \sin \varphi$$

olarak ifade edilebilir.

Her iki tarafın karesini alır ve  $\sin^2 \varphi$  ile bölelim.

Bu durumda ,

$$\frac{Y^2}{B^2 \sin^2 \varphi} - \frac{2 XY}{AB \sin^2 \varphi} \cos \varphi + \frac{x^2}{A^2 \sin^2 \varphi} = 1 \quad ( 39 )$$

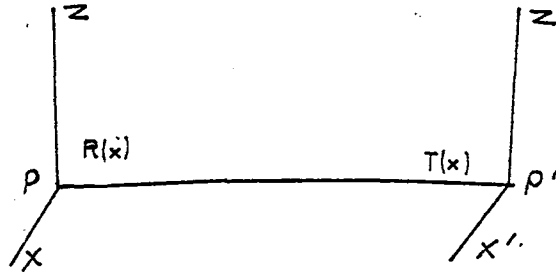
elde edilmiş olur. Buradan da görüldüğü gibi bu son ifade bir elips denklemdir.



## II -4.2 MEYİL ACISI( DİP ANGLE ) İÇİN DEĞİŞİK YÖNTEMLER

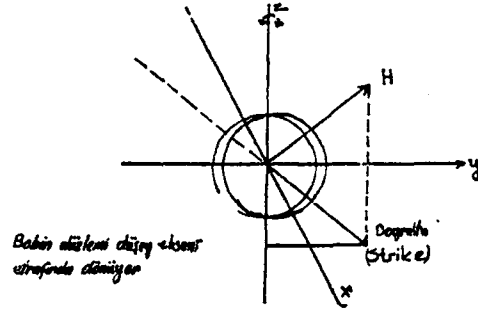
1- Bunun için şekil (9) 'daki gibi bir koordinat sistemi seçeriz. Tx (verici) bobini P ' de verici düzlemi y' z' düzlemine intibak edecek şekilde yerleştirilir. Alıcı bobini yani Rx'i (P) ye koyarız. Alıcı düzlemi düşey olacak şekilde ve alıcı bobini düşey eksen üzerinde min. sinyal elde edinceye kadar döndürürüz. Minimum sinyal elde edilen düzlem ve x,z düzlemi arasındaki açı (strike) doğrultu açısı olarak isimlendirilir. ( Tx, verici düzlemleri arasındaki açı ) bu açı istenirse kaydedilir. Doğrultu açısı bulunduktan sonra alıcı bobini yatay tutulur. Ve doğrultu, açı düzlemine dik yatay bir eksen etrafında minimum bir sinyal elde edilinceye kadar döndürülür.

Alıcı düzlemi ile yatay arasındaki açı dip açısını verir. Bu meyil açısı ölçüleri inklometreden okunur.

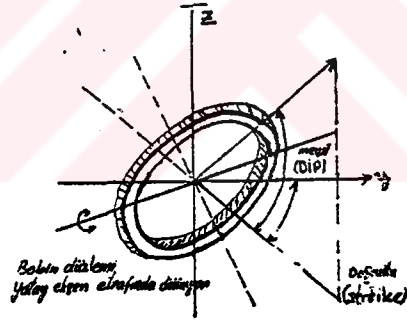


Sekil-9 Verici ve alıcı bobinlerin xz ve x'z' koordinat sistemindeki konumları.

2 - T bobin düzlemindeki yatay bir eksen etrafında (Rx) alıcı bobini döndürerek elde edilir. Doğrultu açısı geniş olmadıkça ikinci usul ile ölçülen meyil açısı aynıdır.

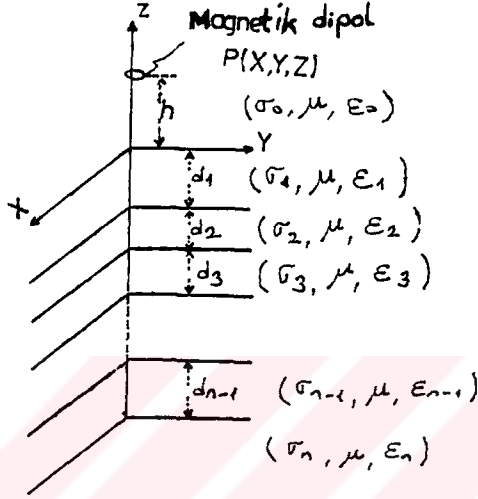


SEKİL - 10.a Bobin düzlemi dikey eksen etrafında dönüyor.



SEKİL- 10.b Bobin düzlemi yatay eksen etrafında dönüyor.

II - 5 YATAY TABAKALI BİR ARZ YÜZEYİ ÜZERİNDEKİ  
MAGNETİK DİPOLÜN E.M ALANI :



SEKİL - 11 : n tabaka yer üzerindeki magnetik dipolün  
E.M alan düzenegi.

Sekil 11 'de gösterildiği gibi ,  $\exp(i-\tau)$  akım taşıyan magnetik dipolün n- tabakaya yüzey üzerinde belirli bir yükseklikte rastgele olarak yerlestiğini varsayalım. Havanın elektrik sabitleri  $(\sigma_0, \mu, \epsilon_0)$  ve tabakanın elektrik sabitleri  $(\sigma_m, \mu, \epsilon_m)$  ve m 1 ' den n ' ye kadar değişken. Bütün tabakaların gecirgenlikleri boslugun ( vakum ) magnetik gecirgenlik degerine eşit alınmış ve  $(4\pi \times 10^{-7} \text{ h/m})$  degeri verilmiştir.

Tabaka kalınlıkları dm ile gösterilmiştir ve m yine 1' den (n-1)'e kadar değişiyor.

Gözlem noktası kartezyen sisteminde ( x,y,z ) veya silin - dirik sistemde ( r,φ ,z ) koordinatlarına sahip olarak yüzey üzerinde herhangi bir P noktası olarak alınır.

Bütün tabakalar homojen ve izotrop ve tabaka sınırları hava yüzey sınırına paralel olarak kabul edilmiştir.

$\vec{\text{div}} \vec{E} = 0$  olduğundan elektromagnetik alan bileşenleri  $\vec{F}$  vektör potansiyeli terimlerinde aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\vec{E} = - \text{curl} \vec{F} \quad ( 40 )$$

$$-i\omega\mu\vec{H} = \text{grad} \text{div} \vec{F} - \gamma^2 \vec{F} \quad ( 41 )$$

Burada  $\gamma$  ortamın yayım sabitidir. Ve  $\gamma = [ i \omega \mu (\sigma + i\omega \epsilon) ]^{1/2}$  ile gösterilir. Normal elektromagnetik araştırmalarda akım frekansı genellikle düşük tutulur, ve bu yüzden deplasman akımları, iletim akımları ile karşılaştırıldığında normalde ihmal edilebilir. Bu nedenle yayınım sabiti ,

$$\gamma = (i\omega\mu\sigma)^{1/2} \quad i = \sqrt{-1} \quad ( 42 )$$

olarak alınmaktadır.

Rastgele yerlestirilmiş dipol,biri yatay diğeri düşey olarak yönlendirilmiş iki bileşene ayrılabilir.

Simetri düşüncesinden hareketle, düşey dipolü birinci düşünerek (pozatif eksene doğru yönlendirilmiş) alan bileşenlerinin sadece Fz bileşeninden saptanabildiği kolaylıkla gösterilebilir.

Bütün ortamdaki ikinci vektör potansiyel bileşenleri HELMHOLTZ denklemini doğrular.

$$(\nabla^2 - \gamma_m^2) F_{zm} = 0 \quad ( 43 )$$

$$Y_m = (i\omega\mu_0^m) \text{ ve } m = 0,1,2,\dots,n$$

Kaynak vektör potansiyeli  $F_{z0}^p$  hava için,  $P(0, \phi, Z)$  noktasında şu şekilde yazılabilir:

$$F_{z0}^p = \frac{Me^{-Y_0 R}}{R} = \frac{IdA i\omega\mu}{4\pi} \int_0^\infty \frac{\lambda}{U_0} e^{-u_0|z-h|} J_0(\lambda P) d\lambda \quad (44)$$

(44) nolu ifade de  $P$ , alıcı ve verici bobinler arasındaki uzaklık  $h$ ,  $z$  bobinlerin yeryüzüne olan uzaklığı olup,

$$R = [P^2 + (z - h)^2]^{1/2}$$

$$U_0 = (\lambda^2 + Y_0^2)$$

değerlerine sahiptir.

Burada;

$M$  = dipol momenti

$dA$  = loop alanı

$J_0$  = bir cins Bessel fonksiyonu

$\lambda$  = integrasyon değişkeni

(43) nolu denklemden, ikinci vektör potansiyelleri (45) nolu denklem ile,

$$F_{zm}^s = \int_0^\infty A_m(\lambda) e^{iU_m z} J_0(\lambda P) d\lambda \quad (45)$$

$$U_m = (\lambda^2 + \alpha^2) i$$

verilir.

Böylece biz bütün ortamdaki vektör potansiyellerini içeren bir seri denklemlere sahip olacağız. Integrasyon sabitleri  $A_m$  bütün ara yüzlerdeki sınır koşullarına uygun olarak değerlendirilebilir. Ve bu da katman sınırlarındaki (ara yü-

zeylerdeki) elektromagnetik alanların tegetsel bileşenlerinin sürekliliğini tanımlar.

Tabakalı yarı sonsuz bir ortam yerine eğer kondüktiviteli ( $\sigma_1$ ) homojen yarı sonsuz bir ortama sahip olunsaydı, havada herhangi bir noktada vektör potansiyeli  $P(\rho, \phi, z)$  noktası için şöyle yazıldı.

$$F_{z0} = \frac{IdAiw\mu}{4\pi} \int_0^{\infty} \left[ \lambda / U_0 e^{-U_0|z-h|} + A_0(\lambda) e^{-U_1|z+h|} \right] J_0(\lambda g) d\lambda \quad (46)$$

İntegrasyon sabiti  $A_0(\lambda)$   $Z = 0$  'da sınır koşullarında şöyle değerlendirilebilir.

$$A_0(\lambda) = \frac{\lambda}{U_0} \left( \frac{U_0 - U_1}{U_0 + U_1} \right) \quad (47)$$

Bu denklemde 0 havayı, 1 yeri ifade eder. Bu nedenle  $n$  tabakalı ortam için  $(n+1)$  adet integrasyon denkleminin olacağı açıktır. Sınır koşullarını ilk önce en alttaki tabakaların fiziksel parametreleri cinsinden  $A_0(\lambda)$  'nın yeni değerlerini elde edebiliriz. Şöyle :

$$A_0(\lambda) = \frac{\lambda}{U_0} R_{TE}^{\vee}(\lambda) \quad (48)$$

(48) nolu denklemde  $R_{TE}^{\vee}(\lambda)$  yansıma katsayısı, dalganın TE dikey bileşenini ( WAIT 1962, 1966 ) aşağıdaki ifadeyle

$$R_{TE}^{\vee}(\lambda) = \frac{N_0 - Y}{N_0 + Y} \quad (49)$$

Y<sub>m</sub> degerleri, transmisyon hattı teorisinde olduğu gibi, tabakaların yüzey girilebilirliği olarak adlandırılabilir. Burada Y<sub>m</sub> transmisyon teorisine göre tabakaların admitansı sözcüğü ile isimlendirilir. Böylece d<sub>(n-1)</sub>, U<sub>(n-1)</sub> ve Y<sub>(n-1)</sub> degerini elde etmek için 50 ve 51 denklemleri kullanılır. Hesaplama isleminde en alt tabakadan başlanır. Bu işlem en üst tabaka için Y<sub>1</sub> admitans degeri elde edilinceye kadar devam ettirilir. R<sub>T</sub>ε (λ), (51) denkleminde elde edilen N<sub>0</sub> ve Y<sub>1</sub> degerlerinden kolayca elde edilebilir.

$$Y_m = N_m \frac{Y_{m+1} + N_m \tan h (U_m d_m)}{N_m + Y_{m+1} \tan h (U_m d_m)} \quad (50)$$

ve;

$$Y_n = N_n, N_m = \frac{U_m}{i w u} \quad \text{denklemden } m = 0, 1, 2, \dots, n \quad (51)$$

Y eksenini boyunca yönlendirilmiş yatay magnetik dipolün düşey dipol ile aynı lokasyonda olduğunu düşünürsek, tabakalar arası yüzeylerde sınır koşullarını sağlamak için ikinci vektör potansiyelinin bir Y eksenini, diğeri z eksenini boyunca iki bileşeninin olduğu kolayca görülebilir.

n tabaka yerine, yarı sonsuz homojen bir yere sahip olduğumuzu farzederek havadaki P(0, ϕ, z) noktasındaki vektör potansiyel bileşenleri için çözüm şu şekilde yazılabilir.

$$F_{y0} = \frac{I dA i w \mu}{4 \pi} \int_0^{\infty} \left[ \frac{\lambda}{U_0} e^{-u_0 |z-h|} + B_0(\lambda) e^{-u_0 |z-h|} \right] J_0(\lambda \rho) d\lambda \quad (52)$$

$$F_{z0} = \frac{IdAiw\mu\cos\phi}{4\pi} \int_0^{\infty} co(\lambda) e^{-u_0(z+h)} J_1(\lambda\rho) d\lambda \quad (53)$$

$Bo(\lambda)$  ve  $Co(\lambda)$  sınır kosullarından su sekilde elde edilir.

$$Bo(\lambda) = \frac{\lambda}{U_0} \left[ \frac{\gamma_{1U_0}^2 - \gamma_{0U_1}^2}{\gamma_{1U_0}^2 + \gamma_{0U_1}^2} \right] \quad (54)$$

$$Co(\lambda) = \frac{2\lambda(\gamma_0^2 - \gamma_1^2)}{(U_0 + U_1)(\gamma_{1U_0}^2 + \gamma_{0U_1}^2)} \quad (55)$$

$n$  - tabaka yer icin esas problemimize dönersek , havayı da ekleyerek  $(n+1)$  adet ortamında, vektör potansiyel bileşenleri için  $2(n+1)$  adet denkleme sahip olacağımız açıktır.

Sınır şartlarını ilk önce alt tabakaya uygular ve düzenli bir sekilde yukarıya doğru gidersek,  $Bo(\lambda)$  ve  $Co(\lambda)$  sabitleri su sekilde değerlendirilebilir.

$$Bo(\lambda) = \frac{\lambda}{U_0} R_{TM}^h(\lambda) \quad (56)$$

$$Co(\lambda) = - \left[ R_{TM}^h(\lambda) + R_{TE}^h(\lambda) \right] \quad (57)$$

Yatay magnetik dipol için  $R_{TM}^h$  ve  $R_{TE}^h$  yansima katsayılarıdır.  $R_{TM}^h(\lambda)$  aşağıdaki sekilde ifade edilebilir.

( WAIT , 1966 ).

$$R_{TM}^h(\lambda) = \frac{K_0 - Z_1}{K_0 + Z_1} \quad (58)$$



Bu denklem

$$Z_m = K_m \frac{Z_{m+1} + K_m \tan h (U_m d_m)}{K_m + Z_{m+1} \tan h (U_m d_m)} \quad (59)$$

ve;  $m = 1, 2, 3, \dots, (n-1)$

$$Z_n = K_n, \quad K_m = \frac{U_m}{(\sigma_m + i\omega \epsilon_m)} \approx \frac{U_m}{\sigma_m} \quad (60)$$

$m = 0, 1, 2, \dots, n$

R<sup>h</sup> (A) denklemi (49) ile aynı forma sahiptir.  
TE

41-46-52 ve 53 nolu denklemlerden yer üzerindeki herhangi bir nokta için magnetik alan bileşenleri rahatlıkla elde edilir.

Havadaki alanların Helmholtz denklemi yerine Laplace denklemi ni doğruladığını farz edersek ( $\sigma_0$ ) değerini sonsuz küçük olarak alabiliriz ve böylelikle 41-46-52-53 nolu denklemler oldukça basitleştirilir.

Bu gibi durumlarda  $V_0=0$  ve  $U_0=0$  kabul edilir. Bu kabul ile, T modunun havadaki alanlara katkısının sıfırlanacağı kolaylıkla gösterilebilir. Ve bu da TE modunu havadaki magnetik alanları temsil eden tek bileşen yapar.

Eğer verici ve alıcı bobin yükseklikleri sırasıyla  $h_1$  ve  $h_2$  ise, ikinci alan için tanımlamaları aşağıdaki gibi yazabiliriz.

Vertical (Düsey) Magnetik Dipol :

$$H_{x,s} = \frac{I d A}{4\pi \delta^3} T_1 (A, B, D_j, K_j) (x/p) \quad (61)$$

$$H_{y,s} = \frac{I d A}{4 \pi \delta^3} T_1 (A, B, D_j, K_j) \quad (y/p) \quad (62)$$

$$H_{z,s} = \frac{I d A}{4 \pi \delta^3} T_0 (A, B, D_j, K_j) \quad (63)$$

Y - doğrultusunda yönlendirilmiş (Horizontal) magnetik dipol:

$$H_{x,s} = \frac{I d A}{4 \pi \delta^3} \left[ \left( \frac{xy}{p^2} \right) \left\{ T_0 (A, B, D_j, K_j) - \frac{2}{B} T_2 (A, B, D_j, K_j) \right\} \right] \quad (64)$$

$$H_{y,s} = \frac{I d A}{4 \pi \delta^3} \left[ \left( \frac{y^2}{p^2} \right) \left\{ T_0 (A, B, D_j, K_j) + \frac{T_2 (A, B, D_j, K_j)}{B} \left( \frac{p^2}{y^2} - 2 \right) \right\} \right] \quad (65)$$

$$H_{z,s} = - \frac{I d A}{4 \pi \delta^3} \left[ \left( \frac{y}{p} \right) T_1 (A, B, D_j, K_j) \right] \quad (66)$$

Egilmis bobin sistemi için cevap karşılıklı kuplaj 61'den 66 ya kadar olan denklemlerde verilmiş olan yatay ve dikey magnetik dipol durumları için alan değerlerinden kolaylıkla elde edilebilir.

Burada :

$$T_0 (A, B, D_j, K_j) = \int_0^\infty R_{TE} (g) g^2 e^{-gA} J_0 (gB) dg \quad (67)$$

$$T_1 (A, B, D_j, K_j) = \int_0^\infty R_{TE} (g) g e^{-gA} J_1 (gB) dg \quad (68)$$

$$T_2(A,B,D_j,K_j) = \int_0^{\infty} R_{TE}(g) g e^{-gA} J_1(gB) dg \quad (69)$$

$$A = \frac{(h_1 + h_2)}{\delta}, \quad B = \frac{P}{\delta}, \quad D_j = \frac{2d_j}{\delta}, \quad k_j = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}, \quad \delta = \left(\frac{2}{\omega\mu\sigma_1}\right)^{1/2}$$

Bu denklemde ;

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Havadan elektromagnetik araştırma(inceleme)lerde en çok ölçülen parametreler, alanlardan daha çok karşılıklı empedans oranıdır. Serbest ortam (boşluk) durumunda (0) mesafe ile birbirlerinden ayrılmış iki aynı düzlemlili ve aynı eksenli bobinler için, bu ikisi arasındaki karşılıklı empedanslar  $Z_o$  (FRISCHKNECHT,1967) olup, aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$Z_o = \frac{i\omega\mu dA_1 dA_2 N_1 N_2}{4\pi\rho^3} \quad \text{Aynı düzlemlili bobinler için (70)}$$

Ve;

$$Z_o = - \frac{i\omega\mu dA_1 dA_2 N_1 N_2}{2\pi\rho^3} \quad \text{Aynı eksenli bobinler için (71)}$$

Bu denklemlerdeki  $dA_1$ ,  $dA_2$  ve  $N_1$ ,  $N_2$ 'ler sırası ile bu iki bobinin alan ve dönme sayılarıdır. Bu yüzden  $Z/Z_o$  karşılıklı kuplaj oranı, dünyada ve dünya dışında iki bobinin karşılıklı kuplaj oranlarını gösterir.

Sekil-11 'de gösterilen 5 önemli bobin sistemleri için karşılıklı kuplaj oranları aşağıdaki gibi yazılabilir:

Sistem 1 : Yatay eksenli bobin tertipleri (horizontal)

$$Z/Z_o = 1 - B^3 T_o(A,B,D_j,k_j) \quad (72)$$

Sistem 2 : Dik sistemli bobin tertipleri (Perpondicular)

$$Z/Z_0 = - B^3 T_1 ( A, B, D_j, k_j ) \quad (73)$$

Sistem 3 : Düşey eksenli bobin tertipleri (Vertical coplanar)

$$Z/Z_0 = 1 - B^2 T_2 ( A, B, D_j, k_j ) \quad (74)$$

Sistem 4 : Düşey aynı eksenli bobin tertipleri (Vertical Coaxial)

$$Z/Z_0 = 1 + \frac{B^2}{2} [ B T_0 ( A, B, D_j, k_j ) - T_2 ( A, B, D_j, k_j ) ] \quad (75)$$

Yukarıdaki standart sistemlere ek olarak, 0 (sıfır-bos) kuplajlı tertiplerinde olma olasılığını belirtmekte yarar vardır.

İki eğilmiş bobinleri olan sistem ( bobin eksenleri yataya 54.7 derece ile eğilmiş bir anlamda ). Bu sistem ( GEONICS EM-15 ve Apex sistem ) tarafından kullanılmıştır. Bobin düzlemleri birbirlerine paralel olmalarına karşın ( Coplanar değil ) herhangi bir (0) değeri için minimum kuplaj pozisyonundadırlar. Bu tip tertipler havadan incelemek için kullanılacak bobinlerin yapılmasında bazı avantajlara sahiptirler. Karşılıklı kuplaj oranları (76) nolu denklem ile verilmiştir.

Sistem 5 : Eğimli paralel looplara

$$Z/Z_0 = B^2 \left\{ \frac{T_2 ( A, B, D_j, k_j )}{3} - B T_0 ( A, B, D_j, k_j ) \right\} \quad (76)$$

$T_0, T_1, T_2$  , sonsuz integralleri GAUSSIAN QUADRATURE tekniği ile nümerik olarak değerlendirilir. Integraller, Bessel fonksi-

yonları carpanları icerdikleri icin bunlar asagi-yukari degisirler. Bu yuzden integraller bessel fonksiyonlarının sifirlari ile sinirlendirilmis bir cok kucuk parcalara bolunmuslerdir, ve onlari katkileri ayri-ayri degerlendirilir. Toplam integraller bu parca integrallerin toplamlariyla verilir. (Abram Witz ve Stegin, 1965)

Bu program bir cok modelde , yatay ve dusey magnetik dipoller icin, egim acisinda ve elips alanin elpsligindeki varyasyonlari calistirmak icin kullanilmaktadir. Her iki parametrede iyi sonuclar gosterdi. Eliptik icin sonuclar daha iyi. Herhangi bir model icin, yatay ve dikey magnetik dipoller icin egim ve eliptik grafiklerinin birbirlerine cok benzer oldugunu belirtmekte yarar var.

III - B U L G U L A R -



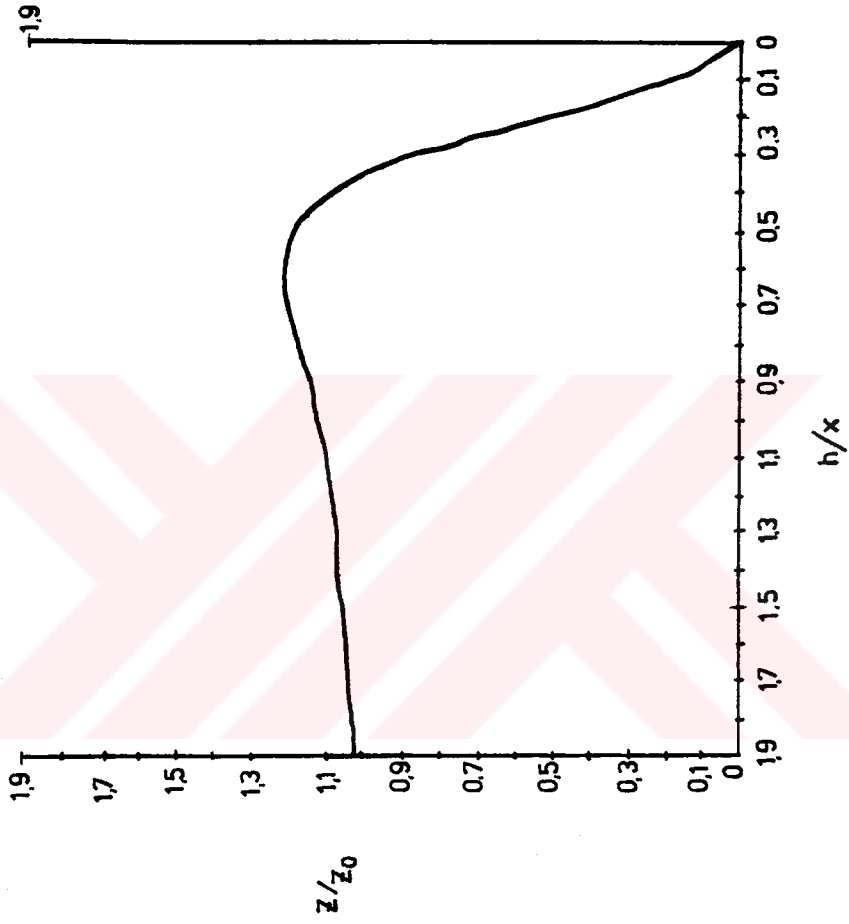
YATAY EKSENLI BOBINLER ICIN PROGRAM

```

10 DIM ZZO (100) , HX (100)
20 FOR I=1 TO 20
30 READ HX (I)
40 NEXT I
50 DATA 0,0.1,0.2,0.3,.....2
55 FOR I=1 TO 20
60 P= HX(I) * HX(I) * 4+1
70 P1 = P^1.5
80 P2 = 1-1/P1
90 P3 = P^2.5
100 P4 = HX(I) * HX(I) * 12
110 P5 = P4 / P3
115 ZZO(I) = P2 + P5
120 NEXT I
130 PRINT      H/X .....Z/ZO
140 PRINT      ....          ....
150 FOR I=1 TO 20
160 PRINT HX(I) , ZZO(I)
170 NEXT I

```

h/x .....	z/zo .....
0	0
.1	.1659261
.2	.5307936
.3	.8701892
.4	1.081292
.5	1.176777
.6	1.202154
.7	1.193711
.8	1.172295
.9	1.148036
1	1.12522
1.1	1.105315
1.2	1.088542
1.3	1.074636
1.4	1.063182
1.5	1.053759
1.6	1.045991
1.7	1.039565
1.8	1.034224
1.9	1.029763



YATAY EKSENÜ BOBİNLER ( Horizontal Coplanar )



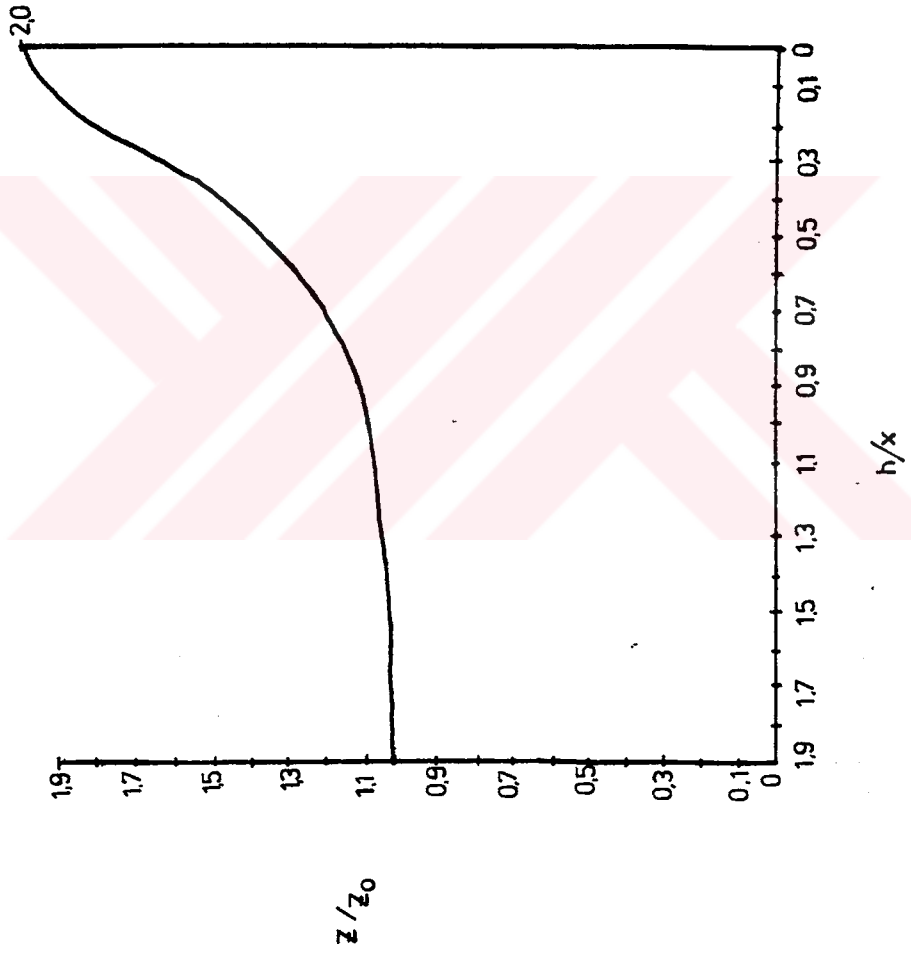
DÜSEY EKSENLI BOBINLER İCİN PROGRAM

```

10 DIM ZZ0(100) , HX(100)
20 FOR I=1 TO 20
30 READ HX(I)
40 NEXT I
50 DATA 0 , 0.1 , 0.2 , .....2
55 FOR I=1 TO 20
60 P = HX(I) * HX(I) * 4+1
70 P1 = P^1.5
80 P2 = 1 + 1/P1
85 ZZ0(I) = P2
90 NEXT I
100 PRINT      H/X          Z/Z0
110 PRINT      .....      .....
120 FOR I= 1 TO 20
130 PRINT HX(I) , ZZ0(I)
140 NEXT I

```

h/x	z/z0
.....	.....
0	2
.1	1.942866
.2	1.800411
.3	1.63051
.4	1.47614
.5	1.35355
.6	1.26237
.7	1.19636
.8	1.14887
.9	1.11453
1	1.08944
1.1	1.07085
1.2	1.05689
1.3	1.04626
1.4	1.03804
1.5	1.03162
1.6	1.02653
1.7	1.02246
1.8	1.01917
1.9	1.01648



DÜŞEY EKSENLİ BOBİNLER (Vertical Coplanar)

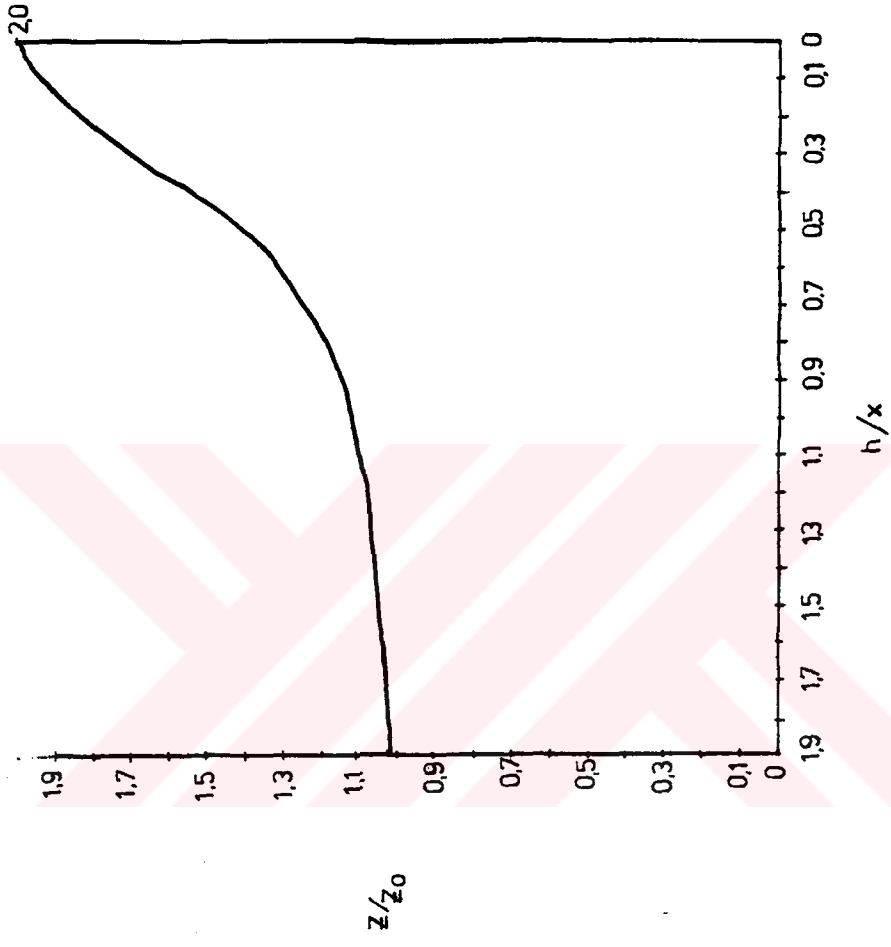
DÜSEY AYNI EKSENLI BOBINLER İCİN PROGRAM

```

10 DIM ZZO(100) ,HX(100)
20 FOR I= 1 TO 20
30 READ HX (I)
40 NEXT I
50 DATA 0 , 0.1 , 0.2 ,.....2
55 FOR I=1 TO 20
60 P = HX(I) * HX(I) * 4+1
70 P1 = P^1.5 * 2
80 P2 = 1 + 3/P1
90 P3 = P^2.5 * 2
100 P4 = 1/P3
115 ZZO(I) = P2-P4
120 NEXT I
130 PRINT      H/X          Z/ZO
140 PRINT      ....          ....
150 FOR I= 1 TO 20
160 PRINT HX(I), ZZO(I)
170 NEXT I

```

h/x	z/z0
.....	.....
0	2
.1	1.96
.2	1.85
.3	1.71
.4	1.56
.5	1.44
.6	1.33
.7	1.26
.8	1.20
.9	1.15
1	1.10
1.3	1.08
1.4	1.06
1.5	1.05
1.6	1.04
1.7	1.03
1.8	1.03
1.9	1.02



DÜŞEY AYNI EKSENLİ BOBİNLER (Vertical Coaxial)

- 3 . a -

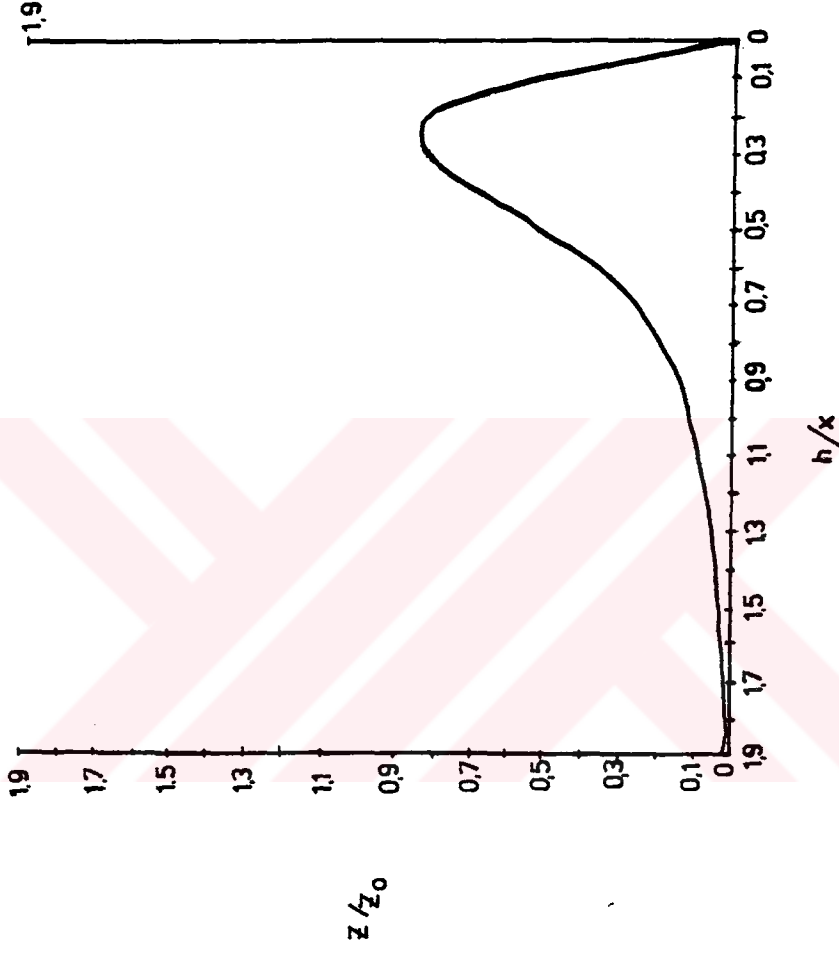
DiK SİSTEMLİ BOBİNLER İÇİN PROGRAM

```

10 DIM ZZD(100) , HX(100)
20 FOR I=1 TO 20
30 READ HX (I)
40 NEXT I
50 DATA 0 , 0.1 , 0.2 , .....2
55 FOR I= 1 TO 20
60 P = HX(I) * HX(I) * 4+1
70 P1 = P^2.5
80 P2 = HX(I) * 6
90 P3 = P2 /P1
95 ZZD (I) = P3
100 NEXT I
110 PRINT      H/X          Z/ZO
120 PRINT      ....          ....
130 FOR I= 1 TO 20
140 PRINT HX (I) ,ZZD(I)
150 NEXT I

```

h/x	z/zo
.....	.....
0	0
.1	.5439
.2	.8280
.3	.8344
.4	.6967
.5	.5303
.6	.3871
.7	.2786
.8	.2007
.9	.1458
1	.1073
1.1	8.007779E-02
1.2	6.059905E-02
1.3	4.649867E-02
1.4	3.615336E-02
1.5	2.846049E-02
1.6	2.266499E-02
1.7	1.824425E-02
1.8	1.483236E-02
1.9	.0121699



DİK SİSTEMLİ BOBİNLER (Perpendicular)

- 4.9 -

SERİ - 1

MODEL	A	B	C	D
$\rho_1(n-m)$	$10^1$	$10^1$	$10^1$	$10^1$
$\rho_2(n-m)$	$10^2$	$10^2$	$10^2$	$10^3$
$\rho_3(n-m)$	$10^0$	$10^1$	$10^3$	$10^2$

$\sigma = 1 / \rho$  formülünden iletkenlik değerleri bulunur.

MODEL	A	B	C	D
$\sigma_1$	0.1	0.1	0.01	0.1
$\sigma_2$	0.01	0.01	0.01	0.001
$\sigma_3$	1	0.1	0.001	0.01

iletkenlik oranları hesaplanır.

MODEL	A	B	C	D
$\sigma_1 / \sigma_1$	1	1	1	1
$\sigma_2 / \sigma_1$	$\frac{.01}{.1} = .1$	$\frac{.01}{.1} = .1$	$\frac{.01}{.1} = .1$	$\frac{.001}{.1} = .0$
$\sigma_3 / \sigma_1$	$\frac{1}{0.1} = 10$	$\frac{.1}{.1} = 1$	$\frac{.001}{.1} = .01$	$\frac{.01}{.1} = .1$

Ve buradan;

A için A/B oranı 10

B için A/B oranı 6

C için A/B oranı 10

D için A/B oranı 4 olarak alındı.

DÜSEY MAGNETİK DİPOL - SERİ 1

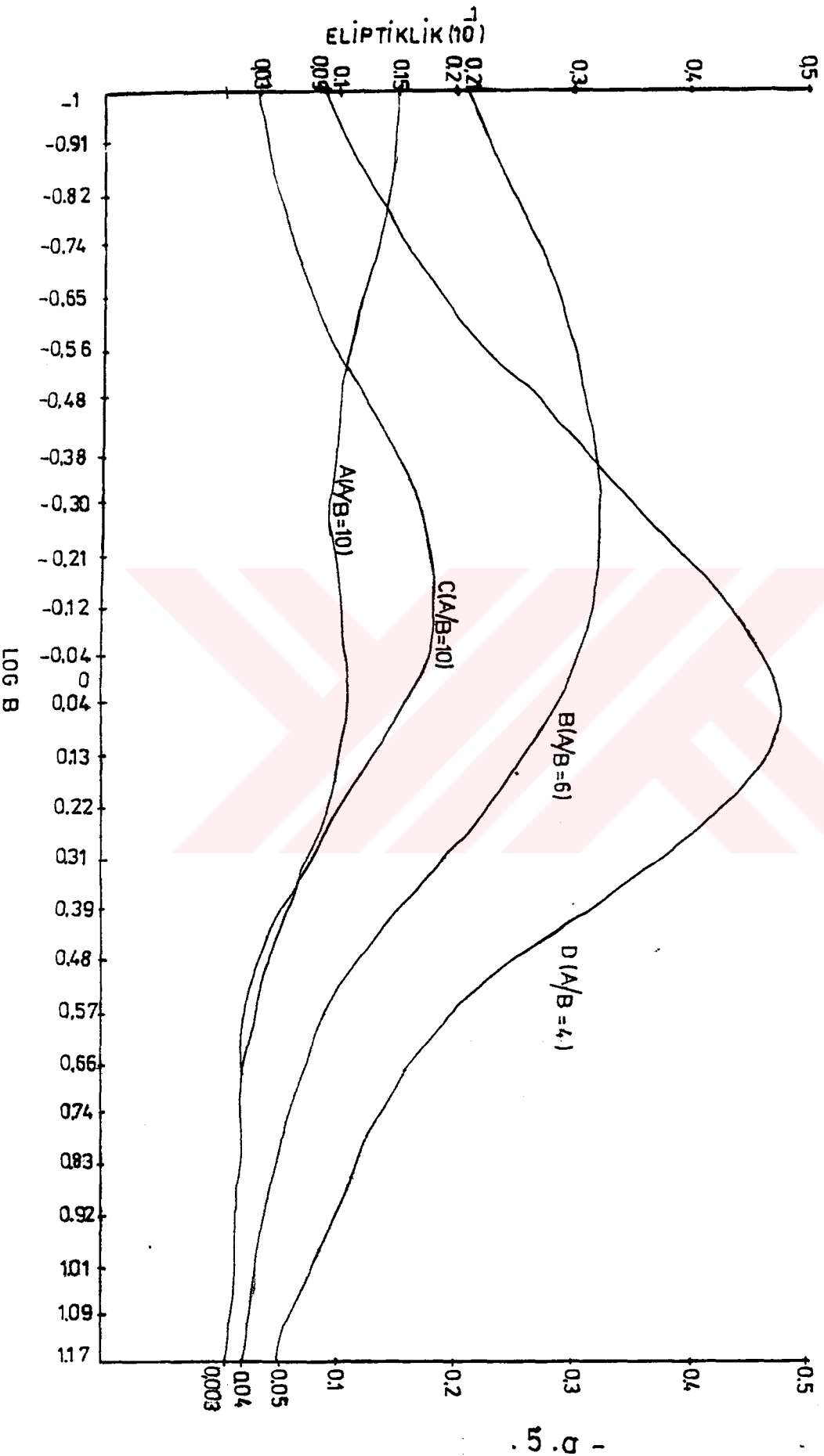
<sup>-1</sup>  
ELİPTİKLİK ( 10 )

LOG B	A(A/B=10)	B(A/B=6)	C(A/B=10)	D(A/B=4)
-1	0.15	0.21	0.03	0.09
-0.91	0.15	0.23	0.04	0.11
-0.82	0.14	0.25	0.05	0.14
-0.74	0.13	0.27	0.06	0.16
-0.65	0.12	0.29	0.08	0.19
-0.56	0.11	0.30	0.10	0.23
-0.48	0.10	0.31	0.13	0.27
-0.38	0.10	0.32	0.15	0.31
-0.30	0.09	0.32	0.17	0.35
-0.21	0.10	0.32	0.18	0.40
-0.12	0.10	0.32	0.18	0.44
-0.04	0.11	0.30	0.18	0.46
0.04	0.11	0.29	0.16	0.48
0.13	0.10	0.26	0.13	0.47
0.22	0.09	0.23	0.10	0.43
0.31	0.07	0.19	0.08	0.38
0.39	0.06	0.15	0.05	0.32
0.48	0.04	0.12	0.04	0.25
0.57	0.03	0.09	0.03	0.20
0.66	0.02	0.07	0.02	0.16
0.74	0.02	0.06	0.02	0.14
0.83	0.02	0.05	0.02	0.12
0.92	0.01	0.04	0.01	0.10
1.01	0.01	0.03	0.01	0.08
1.09	0.01	0.03	0.01	0.06
1.17	0.009	0.02	0.009	0.05



DÜŞEY MAGNETİK DİPOL

SERİ 1



DÜSEY MAGNETİK DİPOL SERİ 1

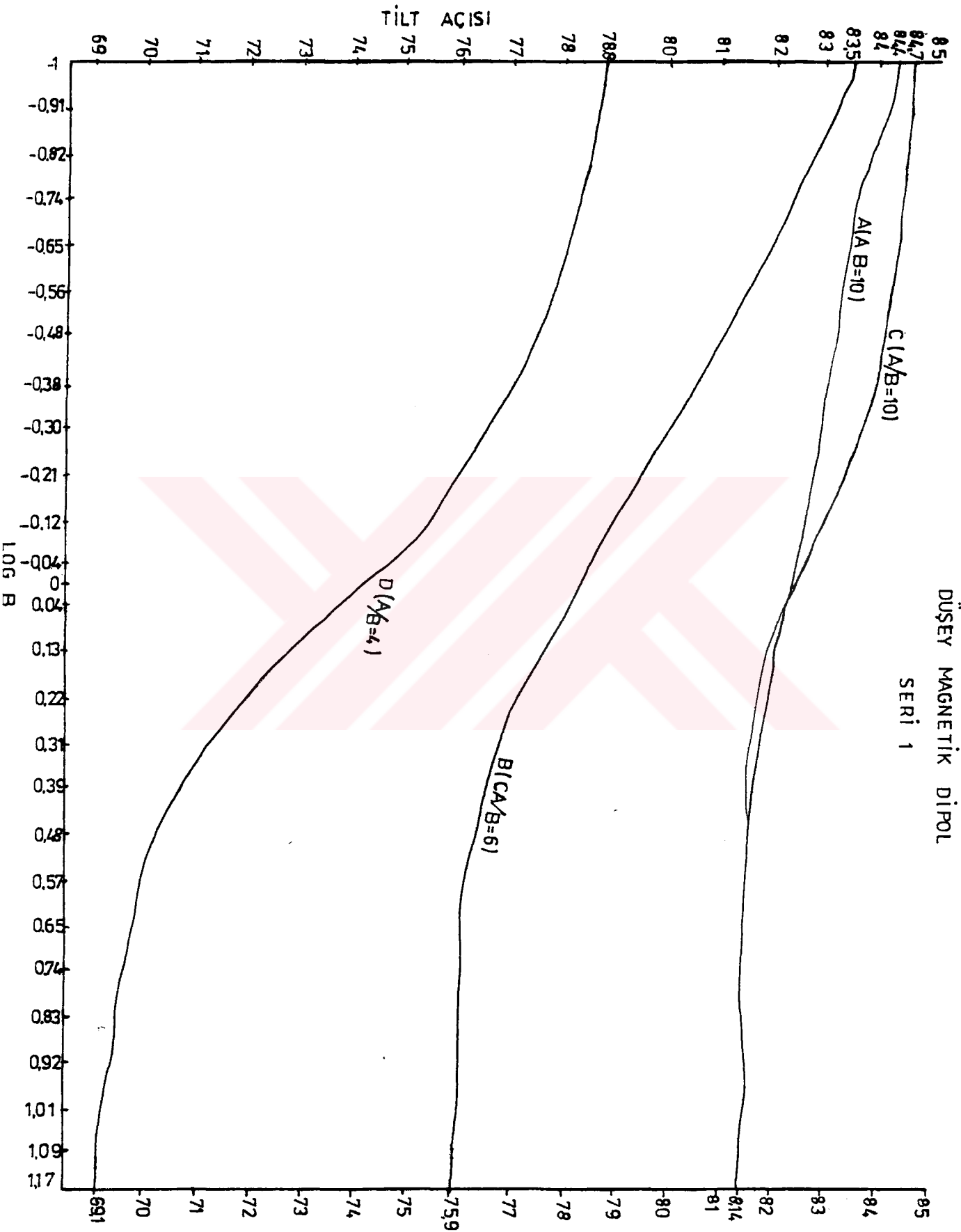
TİLT ACISI

LOG B	A(A/B=10)	B(A/B=6)	C(A/B=10)	D(A/B=4)
-1	84.4	83.5	84.7	78.8
-0.91	84.2	83.2	84.6	78.7
-0.82	83.9	82.8	84.6	78.5
-0.74	83.7	82.5	84.5	78.4
-0.65	83.5	82.0	84.4	78.1
-0.56	83.4	81.6	84.3	77.8
-0.48	83.2	81.1	84.1	77.5
-0.38	83.1	80.6	83.9	77.0
-0.30	83.0	80.1	83.6	76.6
-0.21	82.8	79.5	83.3	76.0
-0.12	82.7	79.0	82.9	75.3
-0.04	82.5	78.6	82.6	74.6
0.04	82.3	78.1	82.3	73.8
0.13	82.1	77.6	82.0	72.8
0.22	81.9	77.2	81.8	72.0
0.31	81.8	76.8	81.7	71.3
0.39	81.7	76.6	81.7	70.7
0.48	81.6	76.4	81.6	70.3
0.57	81.6	76.3	81.6	70.1
0.66	81.6	76.2	81.6	69.9
0.74	81.5	76.1	81.5	69.7
0.83	81.5	76.1	81.5	69.6
0.92	81.5	76.0	81.5	69.4
1.01	81.5	76.0	81.5	69.3
1.09	81.4	75.9	81.4	69.2
1.17	81.4	75.9	81.4	69.1

- 5.b -

DÜŞEY MAGNETİK DİPOL

SERİ 1

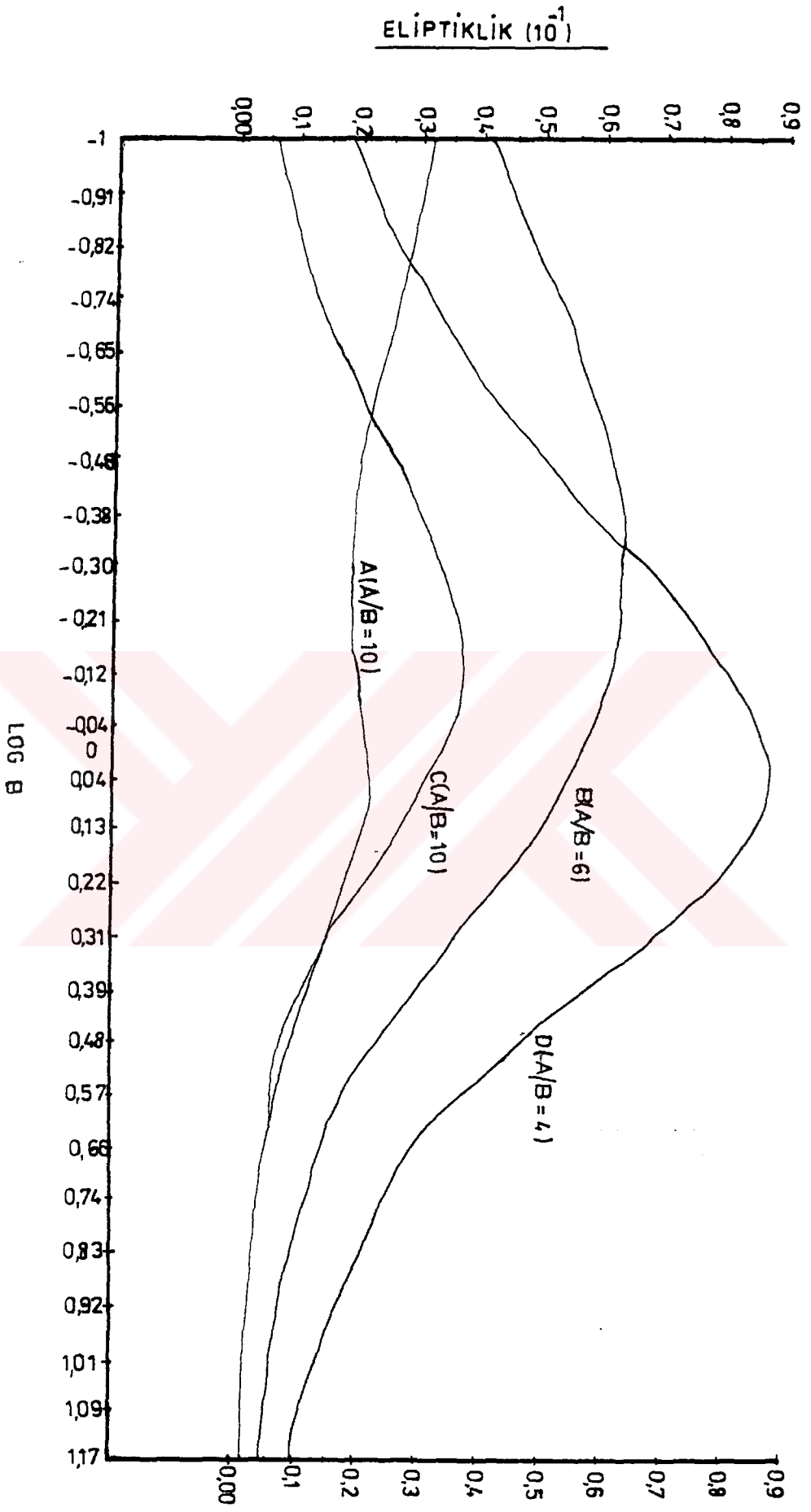


YATAY MAGNETİK DİPOL - SERİ 1

ELİPTİKLİK ( $10^{-1}$ )

LOG B	A (A/B=10)	B (A/B=6)	C (A/B=10)	D (A/B=4)
-1	0.31	0.41	0.06	0.18
-0.91	0.30	0.45	0.08	0.22
-0.82	0.28	0.49	0.10	0.27
-0.74	0.26	0.53	0.13	0.31
-0.65	0.24	0.56	0.17	0.37
-0.56	0.22	0.59	0.21	0.44
-0.47	0.20	0.61	0.26	0.51
-0.38	0.19	0.63	0.30	0.59
-0.30	0.19	0.63	0.33	0.67
-0.21	0.19	0.63	0.36	0.75
-0.12	0.20	0.61	0.37	0.81
-0.04	0.21	0.59	0.36	0.86
0.04	0.22	0.55	0.32	0.88
0.13	0.21	0.50	0.27	0.86
0.22	0.18	0.44	0.20	0.79
0.31	0.15	0.36	0.15	0.69
0.39	0.12	0.29	0.11	0.57
0.48	0.09	0.23	0.08	0.46
0.57	0.07	0.18	0.07	0.36
0.66	0.05	0.15	0.05	0.30
0.74	0.04	0.12	0.04	0.25
0.83	0.04	0.10	0.04	0.21
0.92	0.03	0.08	0.03	0.17
1.01	0.02	0.07	0.02	0.14
1.09	0.02	0.06	0.02	0.12
1.17	0.01	0.05	0.01	0.10

- 6.a -

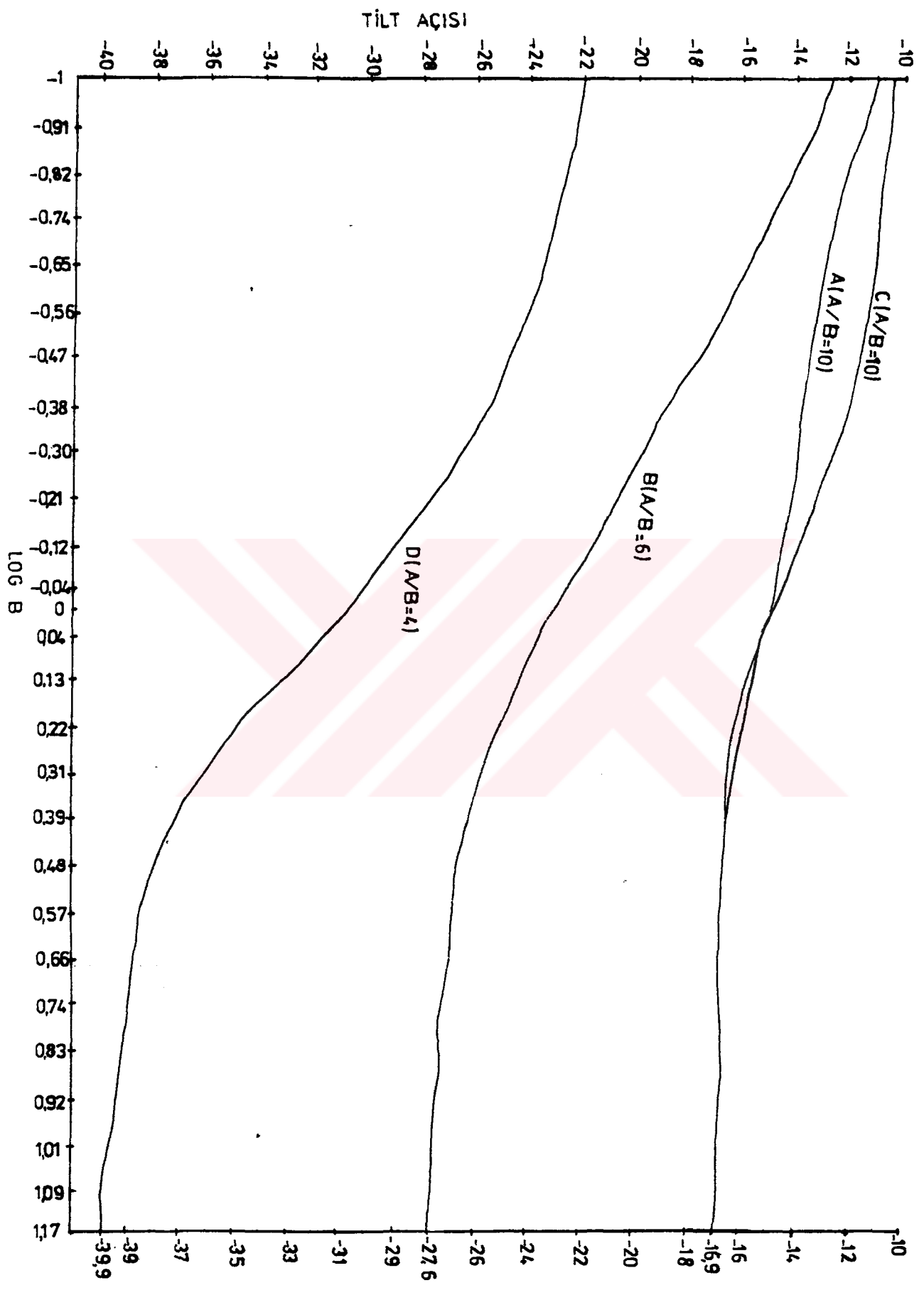


YATAY MAGNETIK DIPOL - SERI 1

TILT ACISI

LOG B	A(A/B=10)	B(A/B=6)	C(A/B=10)	D(A/B=4)
-1	-11.0	-12.7	-10.5	-22.0
-0.91	-11.5	-13.4	-10.5	-22.3
-0.82	-12.0	-14.1	-10.7	-22.6
-0.74	-12.3	-14.8	-10.8	-23.0
-0.65	-12.7	-15.7	-11.0	-23.4
-0.56	-13.1	-16.6	-11.2	-24.0
-0.47	-13.4	-17.6	-11.6	-24.7
-0.38	-13.6	-18.6	-12.0	-25.5
-0.30	-13.8	-19.5	-12.6	-26.4
-0.21	-14.1	-20.6	-13.2	-27.5
-0.12	-14.4	-21.6	-13.9	-28.8
-0.04	-14.7	-22.5	-14.5	-30.1
0.04	-15.1	-23.4	-15.1	-31.6
0.13	-15.5	-24.3	-15.7	-33.3
0.22	-15.9	-25.1	-16.1	-34.9
0.31	-16.2	-25.8	-16.3	-36.1
0.39	-16.4	-26.2	-16.4	-37.1
0.48	-16.5	-26.5	-16.5	-37.8
0.57	-16.6	-26.7	-16.5	-38.3
0.66	-16.6	-26.9	-16.6	-38.6
0.74	-16.7	-27.1	-16.7	-38.9
0.83	-16.7	-27.2	-16.7	-39.2
0.92	-16.8	-27.3	-16.8	-39.5
1.01	-16.8	-27.4	-16.8	-39.7
1.09	-16.8	-27.5	-16.8	-39.8
1.17	-16.9	-27.6	-16.9	-39.9

- 6.b -



SERİ 2

MODEL	A	B	C	D
$f_1(a-m)$	$10^2$	$10^2$	$10^2$	$10^2$
$f_2(a-m)$	$10^1$	$10^1$	$10^1$	$10^2$
$f_3(a-m)$	$10^0$	$10^2$	$10^3$	$10^2$

$\sigma = 1 / f$  formülünden iletkenlik değerleri bulunur.

MODEL	A	B	C	D
$\sigma_1$	0.01	0.001	0.01	0.01
$\sigma_2$	0.1	0.1	0.1	0.01
$\sigma_3$	1	0.01	0.001	0.01

iletkenlik oranları hesaplanır.

MODEL	A	B	C	D
$\sigma_1 / \sigma_1$	1	1	1	1
$\sigma_2 / \sigma_1$	$\frac{0.1}{0.01} = 10$	$\frac{0.1}{0.01} = 10$	$\frac{0.1}{0.01} = 10$	$\frac{0.01}{0.01} = 1$
$\sigma_3 / \sigma_1$	$\frac{1}{0.01} = 100$	$\frac{0.01}{0.01} = 1$	$\frac{0.001}{0.01} = 0.1$	$\frac{0.01}{0.01} = 1$

A için A/B oranı 10  
B için A/B oranı 6

C için A/B oranı 10  
D için A/B oranı 4 olarak alındı.



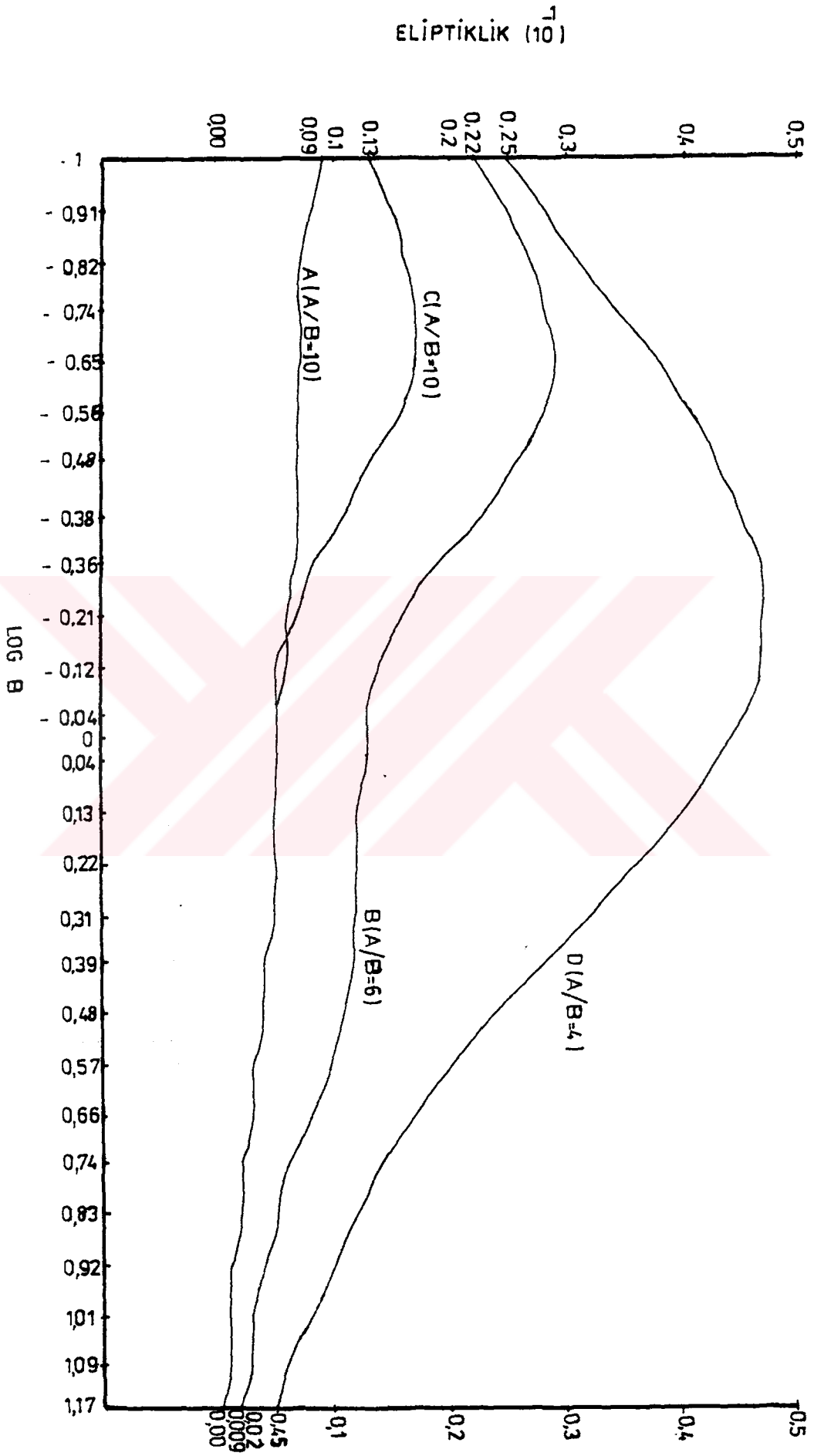
DÜSEY MAGNETİK DİPOL - SERİ 2

ELİPTİKLİK (  $10^{-1}$  )

LOG B	A(A/B=10)	B(A/B=6)	C(A/B=10)	D(A/B=4)
-1	0.09	0.22	0.13	0.25
-0.91	0.08	0.25	0.15	0.28
-0.82	0.07	0.27	0.16	0.31
-0.74	0.07	0.28	0.17	0.34
-0.65	0.07	0.29	0.17	0.38
-0.56	0.07	0.28	0.16	0.41
-0.48	0.07	0.26	0.13	0.43
-0.38	0.07	0.23	0.11	0.45
-0.30	0.07	0.19	0.08	0.47
-0.21	0.06	0.16	0.07	0.47
-0.12	0.06	0.14	0.05	0.47
-0.04	0.05	0.13	0.05	0.46
0.04	0.05	0.13	0.05	0.43
0.13	0.05	0.12	0.05	0.40
0.22	0.05	0.12	0.05	0.36
0.31	0.05	0.12	0.05	0.32
0.39	0.04	0.12	0.04	0.28
0.48	0.04	0.11	0.04	0.24
0.57	0.03	0.10	0.03	0.20
0.66	0.03	0.08	0.03	0.17
0.74	0.02	0.06	0.02	0.14
0.83	0.02	0.05	0.02	0.12
0.92	0.01	0.04	0.01	0.10
1.01	0.01	0.03	0.01	0.08
1.09	0.01	0.03	0.01	0.06
1.17	0.009	0.02	0.009	0.05

- 7.a -

DÜŞEY MAGNETİK DİPOL - SERİ 2



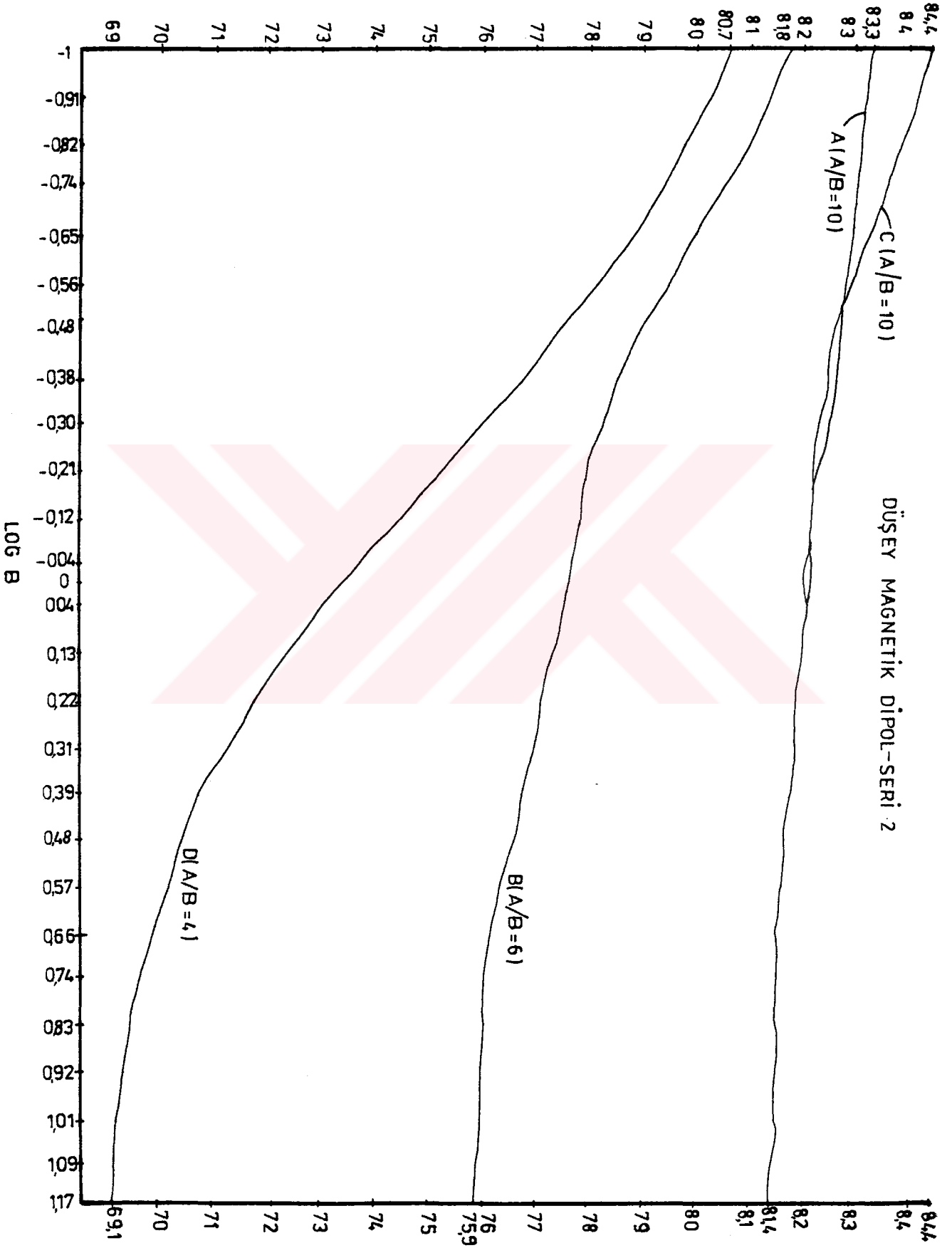
DÜSEY MAGNETİK DİPOL - SERİ 2

TİLT ACISI

LOG B	A(A/B=10)	B(A/B=6)	C(A/B=10)	D(A/B=4)
-1	83.3	81.8	84.4	80.7
-0.91	83.2	81.4	84.1	80.3
-0.82	83.1	81.0	83.8	79.8
-0.74	83.0	80.5	83.6	79.4
-0.65	82.9	80.0	83.2	78.8
-0.56	82.8	79.5	82.9	78.2
-0.48	82.7	79.0	82.6	77.5
-0.38	82.6	78.6	82.5	76.8
-0.30	82.5	78.3	82.3	76.1
-0.21	82.3	78.0	82.2	75.3
-0.12	82.2	77.9	82.2	74.5
-0.04	82.2	77.7	82.1	73.8
0.04	82.1	77.6	82.1	73.1
0.13	82.0	77.4	82.0	72.4
0.22	81.9	77.2	81.9	71.8
0.31	81.9	77.0	81.9	71.8
0.39	81.8	76.8	81.8	70.8
0.48	81.7	76.6	81.7	70.5
0.57	81.6	76.4	81.6	70.2
0.66	81.5	76.2	81.5	69.9
0.74	81.5	76.1	81.5	69.7
0.83	81.5	76.1	81.5	69.5
0.92	81.5	76.0	81.5	69.4
1.01	81.5	76.0	81.5	69.3
1.09	81.4	75.9	81.4	69.2
1.17	81.4	75.9	81.4	69.1

- 7.b -

TİLT AÇISI



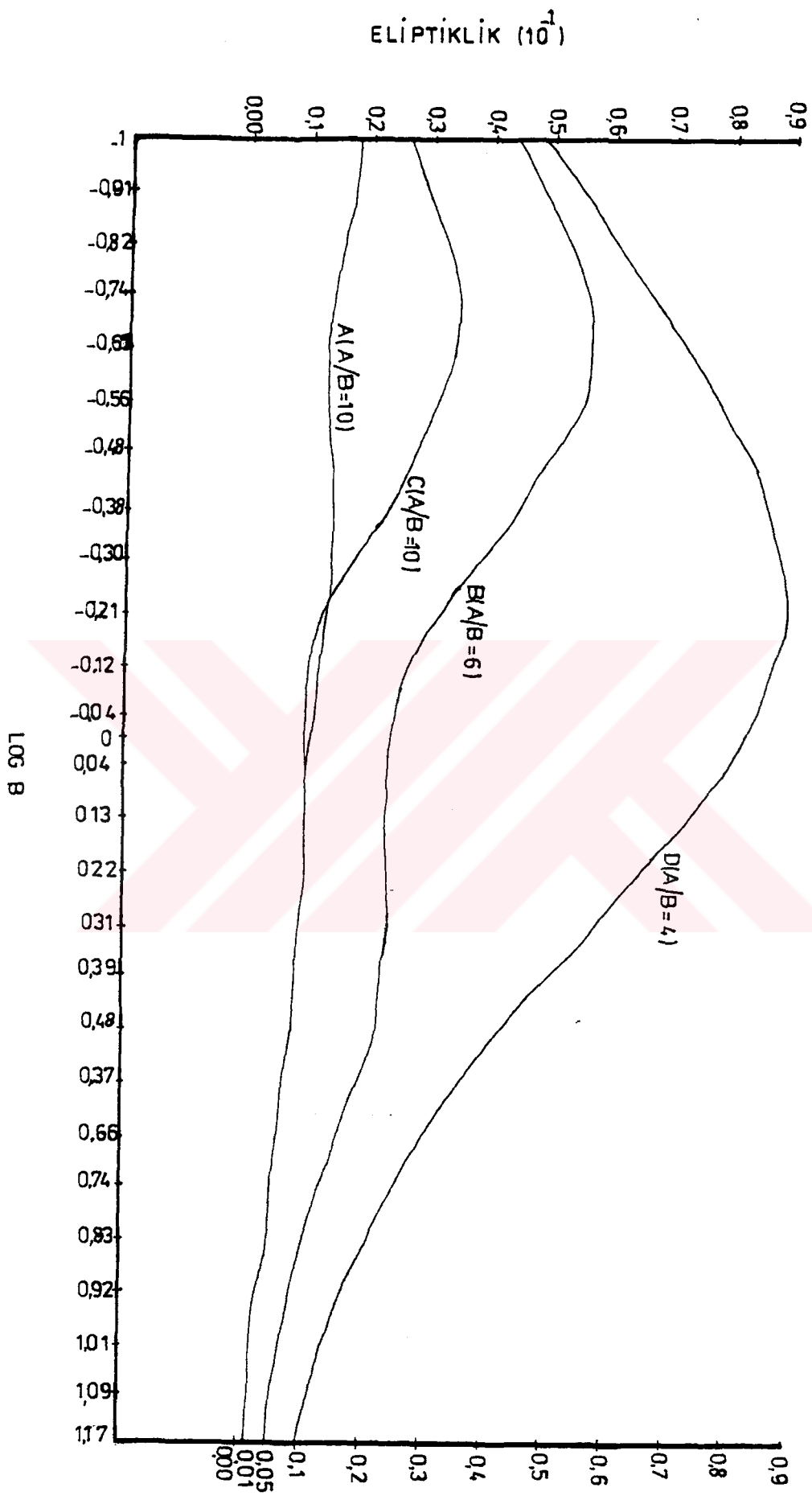
YATAY MAGNETİK DİPOL - SERİ 2

-1  
ELİPTİKLİK ( 10<sup>-1</sup> )

LOG B	A(A/B=10)	B(A/B=6)	C(A/B=10)	D(A/B=4)
-1	0.18	0.44	0.26	0.49
-0.91	0.17	0.48	0.30	0.55
-0.82	0.15	0.53	0.33	0.61
-0.74	0.14	0.55	0.34	0.67
-0.65	0.13	0.56	0.34	0.73
-0.56	0.13	0.55	0.31	0.78
-0.47	0.14	0.50	0.27	0.83
-0.38	0.14	0.44	0.22	0.86
-0.30	0.14	0.38	0.17	0.88
-0.21	0.13	0.32	0.13	0.89
-0.12	0.12	0.27	0.11	0.87
-0.04	0.11	0.25	0.10	0.84
0.04	0.10	0.24	0.10	0.80
0.13	0.10	0.24	0.10	0.73
0.22	0.10	0.24	0.10	0.65
0.31	0.09	0.24	0.09	0.58
0.39	0.09	0.23	0.09	0.50
0.48	0.08	0.22	0.08	0.43
0.57	0.07	0.19	0.07	0.36
0.66	0.06	0.16	0.06	0.30
0.74	0.05	0.13	0.05	0.25
0.83	0.04	0.10	0.04	0.21
0.92	0.03	0.08	0.03	0.17
1.01	0.02	0.07	0.02	0.14
1.09	0.02	0.06	0.02	0.12
1.17	0.01	0.05	0.01	0.10

- 8.2 -

YATAY MAGNETİK DİPOL SERİ-2



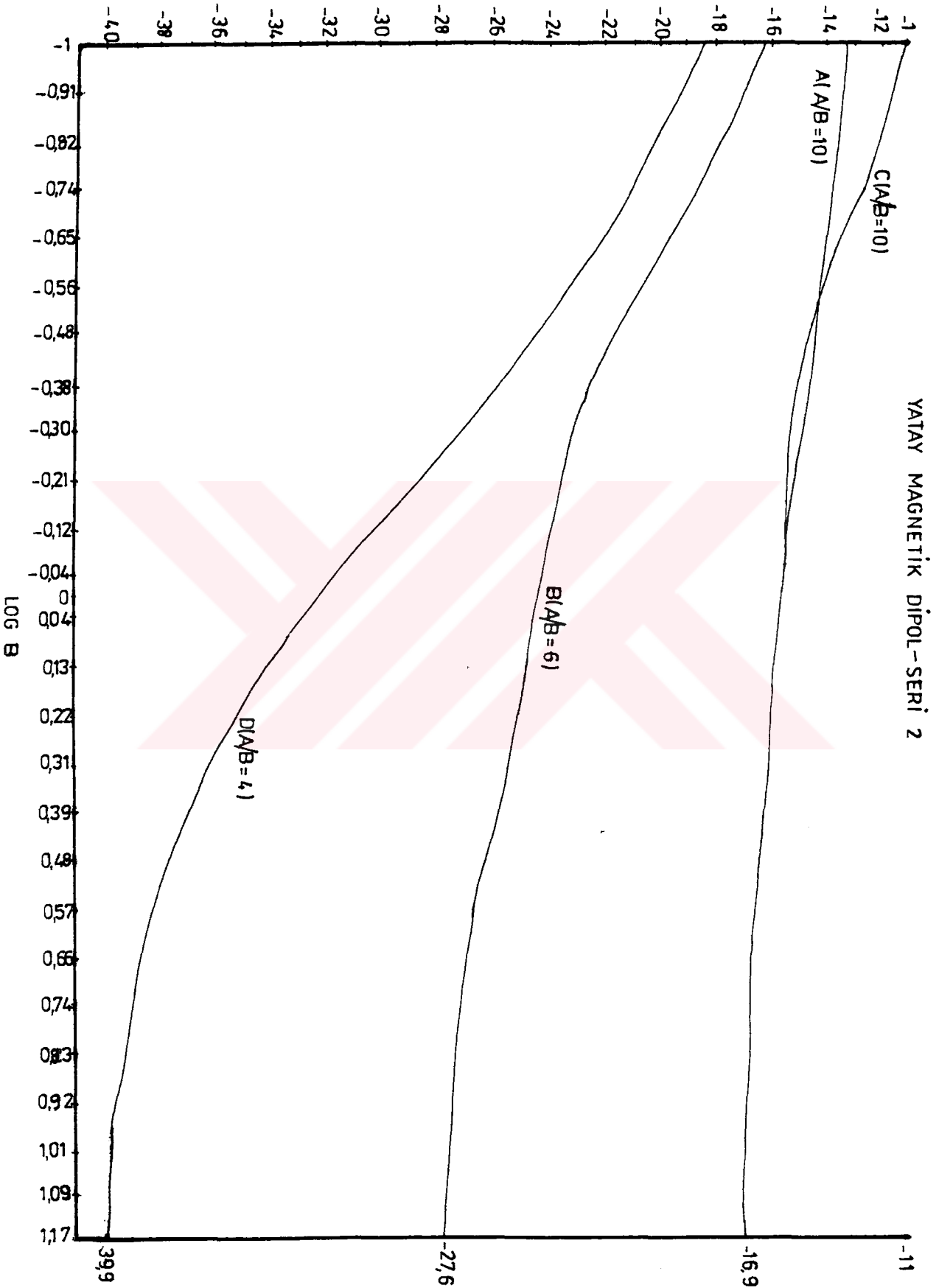
YATAY MAGNETİK DİPOL - SERİ 2

TILT ACISI

LOG B	A(A/B=10)	B(A/B=6)	C(A/B=10)	D(A/B=4)
-1	-13.2	-16.2	-11.1	-18.4
-0.91	-13.5	-17.0	-11.6	-19.2
-0.82	-13.7	-17.8	-12.1	-20.1
-0.74	-13.8	-18.7	-12.7	-20.9
-0.65	-14.0	-19.7	-13.4	-22.1
-0.56	-14.2	-20.7	-14.0	-23.2
-0.48	-14.4	-21.6	-14.5	-24.5
-0.38	-14.6	-22.4	-14.9	-25.8
-0.30	-14.8	-23.0	-15.1	-27.2
-0.21	-15.1	-23.4	-15.3	-28.7
-0.12	-15.3	-23.8	-15.4	-30.2
-0.04	-15.5	-24.1	-15.5	-31.4
0.04	-15.6	-24.4	-15.6	-32.8
0.13	-15.7	-24.7	-15.7	-34.1
0.22	-15.9	-25.1	-15.9	-35.2
0.31	-16.0	-25.4	-16.0	-36.1
0.39	-16.2	-25.8	-16.2	-36.9
0.48	-16.4	-26.2	-16.4	-37.6
0.57	-16.5	-26.6	-16.5	-38.1
0.66	-16.6	-26.9	-16.6	-38.6
0.74	-16.7	-27.1	-16.7	-38.9
0.83	-16.7	-27.2	-16.7	-39.2
0.92	-16.8	-27.3	-16.8	-39.5
1.01	-16.8	-27.4	-16.8	-39.7
1.09	-16.8	-27.5	-16.8	-39.8
1.17	-16.9	-27.6	-16.9	-39.9

- 8.b -

TİLT AÇISI





DÖRT TABAKALI YAPILAR

MODEL	AA	AK	KQ	QQ	KH	QH	HA	HK
$\rho_1$	15	10	10	500	15	200	10	100
$\rho_2$	10	30	100	250	300	40	1	10
$\rho_3$	80	60	20	100	3	15	10	150
$\rho_4$	500	10	10	50	10	200	100	20

$\sigma = 1 / \rho$  formülünden iletkenlik degerleri bulunur.

MODEL	AA	AK	KQ	QQ	KH	QH	HA	HK
$\sigma_1$	0.006	0.1	0.1	0.002	0.06	0.005	0.1	0.01
$\sigma_2$	0.1	0.03	0.01	0.004	0.003	0.025	1	0.1
$\sigma_3$	0.0125	0.016	0.05	0.01	0.3	0.06	0.1	0.006
$\sigma_4$	0.002	0.1	0.1	0.02	0.1	0.005	0.01	0.05
$d_1$	5 m	5	2	1	10	2	2	15
$d_2$	10 m	10	4	5	20	4	4	50
$d_3$	40 m	20	8	10	40	10	10	200

iletkenlik oranları hesaplanır.

MODEL	AA	AK	KQ	QQ	KH	QH	HA	HK
$\sigma_1 / \sigma_1$	1	1	1	1	1	1	1	1
$\sigma_2 / \sigma_1$	1.66	0.3	0.1	2	0.05	5	10	10
$\sigma_3 / \sigma_1$	0.2	0.16	0.5	5	5	12	1	0.6
$\sigma_4 / \sigma_1$	0.03	1	1	10	1.66	1	0.1	5

YATAY MAGNETİK DİPOL

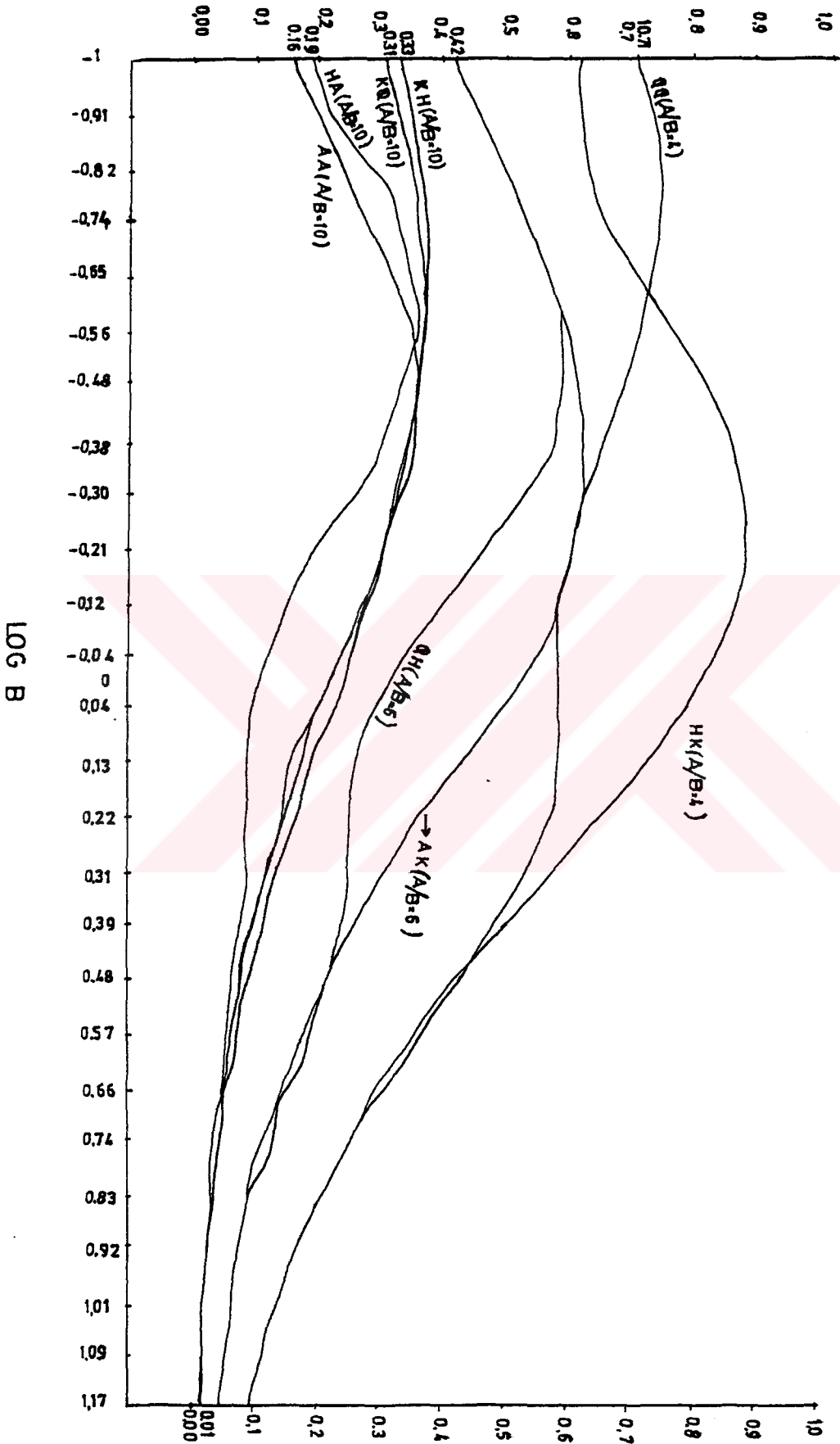
ELİPTİKLİK (  $10^{-1}$  )

LOG B	AA (A/B=10)	AK (A/B=6)	KQ (A/B=10)	QQ (A/B=4)
-1	0.16	0.42	0.31	0.71
-0.91	0.20	0.46	0.33	0.74
-0.82	0.24	0.50	0.35	0.75
-0.74	0.28	0.54	0.36	0.75
-0.65	0.32	0.57	0.37	0.74
-0.56	0.35	0.60	0.37	0.72
-0.48	0.36	0.62	0.36	0.69
-0.38	0.36	0.63	0.35	0.66
-0.30	0.34	0.63	0.33	0.63
-0.21	0.31	0.61	0.31	0.61
-0.12	0.27	0.59	0.28	0.59
-0.04	0.24	0.55	0.26	0.59
0.04	0.21	0.50	0.23	0.59
0.13	0.18	0.43	0.20	0.59
0.22	0.15	0.36	0.17	0.58
0.31	0.12	0.31	0.14	0.54
0.39	0.10	0.26	0.12	0.49
0.48	0.08	0.22	0.09	0.43
0.57	0.07	0.18	0.07	0.37
0.66	0.06	0.15	0.06	0.31
0.74	0.05	0.12	0.04	0.26
0.83	0.04	0.10	0.04	0.21
0.92	0.03	0.08	0.03	0.17
1.01	0.02	0.07	0.02	0.14
1.09	0.02	0.06	0.02	0.12
1.17	0.01	0.05	0.01	0.10

LOG B	KH(A/B=10)	QH(A/B=6)	HA(A/B=10)	HK(A/B=4)
-1	0.33	0.42	0.19	0.62
-0.91	0.35	0.46	0.22	0.62
-0.82	0.36	0.50	0.26	0.63
-0.74	0.37	0.54	0.30	0.66
-0.65	0.37	0.57	0.33	0.72
-0.56	0.37	0.59	0.35	0.77
-0.48	0.36	0.59	0.36	0.82
-0.38	0.35	0.57	0.34	0.86
-0.30	0.33	0.53	0.31	0.88
-0.21	0.31	0.47	0.26	0.89
-0.12	0.28	0.40	0.20	0.87
-0.04	0.24	0.34	0.16	0.84
0.04	0.21	0.30	0.12	0.80
0.13	0.17	0.27	0.10	0.73
0.22	0.15	0.26	0.09	0.65
0.31	0.12	0.26	0.09	0.58
0.39	0.10	0.24	0.09	0.50
0.48	0.08	0.22	0.08	0.43
0.57	0.07	0.19	0.07	0.36
0.66	0.06	0.15	0.06	0.30
0.74	0.05	0.13	0.05	0.26
0.83	0.04	0.10	0.04	0.21
0.92	0.03	0.08	0.03	0.17
1.01	0.02	0.07	0.02	0.14
1.09	0.02	0.06	0.02	0.12
1.17	0.01	0.05	0.01	0.10

- 9.a -

ELİPTİKLIK (10<sup>-1</sup>)



10 - 9 . 0 - 1

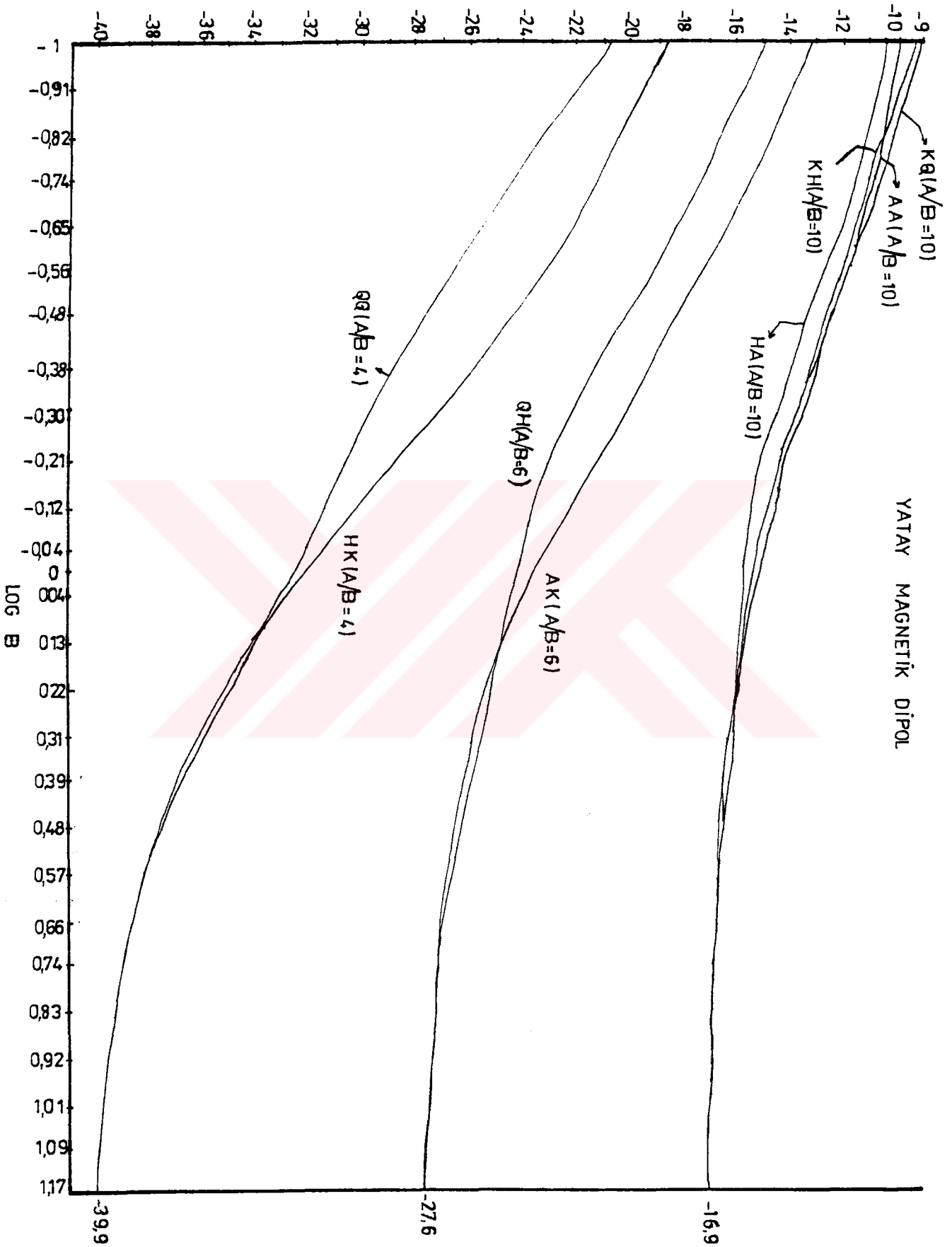
YATAY MAGNETİK DİPOL

TİLT ACISI

LOG B	AA (A/B=10)	AK (A/B=6)	KQ (A/B= 10)	QQ (A/B=4)
-1	-9.89	-13.2	-9.10	-20.7
-0.91	-10.1	-13.9	-9.5	-21.9
-0.82	-10.4	-14.6	-10.1	-23.1
-0.74	-10.8	-15.3	-10.6	-24.2
-0.65	-11.3	-16.3	-11.2	-25.5
-0.56	-11.9	-17.2	-11.8	-26.6
-0.48	-12.5	-18.2	-12.5	-27.7
-0.38	-13.2	-19.2	-13.0	-28.7
-0.30	-13.8	-20.1	-13.5	-29.6
-0.21	-14.3	-21.2	-14.1	-30.5
-0.12	-14.8	-22.2	-14.5	-31.3
-0.04	-15.1	-23.0	-14.9	-32.1
0.04	-15.4	-23.9	-15.3	-33.0
0.13	-15.7	-24.7	-15.6	-33.9
0.22	-16.0	-25.3	-15.9	-34.9
0.31	-16.2	-25.7	-16.1	-35.9
0.39	-16.3	-26.1	-16.3	-36.7
0.48	-16.4	-26.4	-16.5	-37.5
0.57	-16.5	-26.7	-16.6	-38.1
0.66	-16.6	-26.9	-16.6	-38.6
0.74	-16.7	-27.1	-16.7	-38.9
0.83	-16.7	-27.2	-16.7	-39.2
0.92	-16.8	-27.3	-16.8	-39.5
1.01	-16.8	-27.4	-16.8	-39.7
1.09	-16.8	-27.5	-16.8	-39.8
1.17	-16.9	-27.6	-16.9	-39.9

LOG B	QH (A/B=6)	HA (A/B=10)	HK (A/B=4)
-1	-15.0	-10.4	-18.6
-0.91	-15.7	-10.7	-19.5
-0.82	-16.5	-11.1	-20.3
-0.74	-17.2	-11.5	-21.1
-0.65	-18.2	-12.1	-22.1
-0.56	-19.1	-12.7	-23.2
-0.48	-20.2	-13.4	-24.5
-0.38	-21.2	-14.0	-25.8
-0.30	-22.1	-14.6	-27.2
-0.21	-22.9	-15.1	-28.7
-0.12	-23.6	-15.4	-30.2
-0.04	-24.0	-15.6	-31.4
0.04	-24.4	-15.7	-32.8
0.13	-24.7	-15.8	-34.1
0.22	-25.1	-15.9	-35.2
0.31	-25.5	-16.0	-36.2
0.39	-25.9	-16.2	-36.9
0.48	-26.3	-16.4	-37.6
0.57	-26.6	-16.5	-38.1
0.66	-26.9	-16.6	-38.6
0.74	-27.1	-16.7	-38.9
0.83	-27.2	-16.7	-39.2
0.92	-27.3	-16.8	-39.5
1.01	-27.4	-16.8	-39.7
1.09	-27.5	-16.8	-39.8
1.17	-27.6	-16.9	-39.9

TILT AÇISI



DÜSEY MAGNETİK DİPOL  
<sup>-1</sup>  
 ELİPTİKLİK (10<sup>-1</sup>)

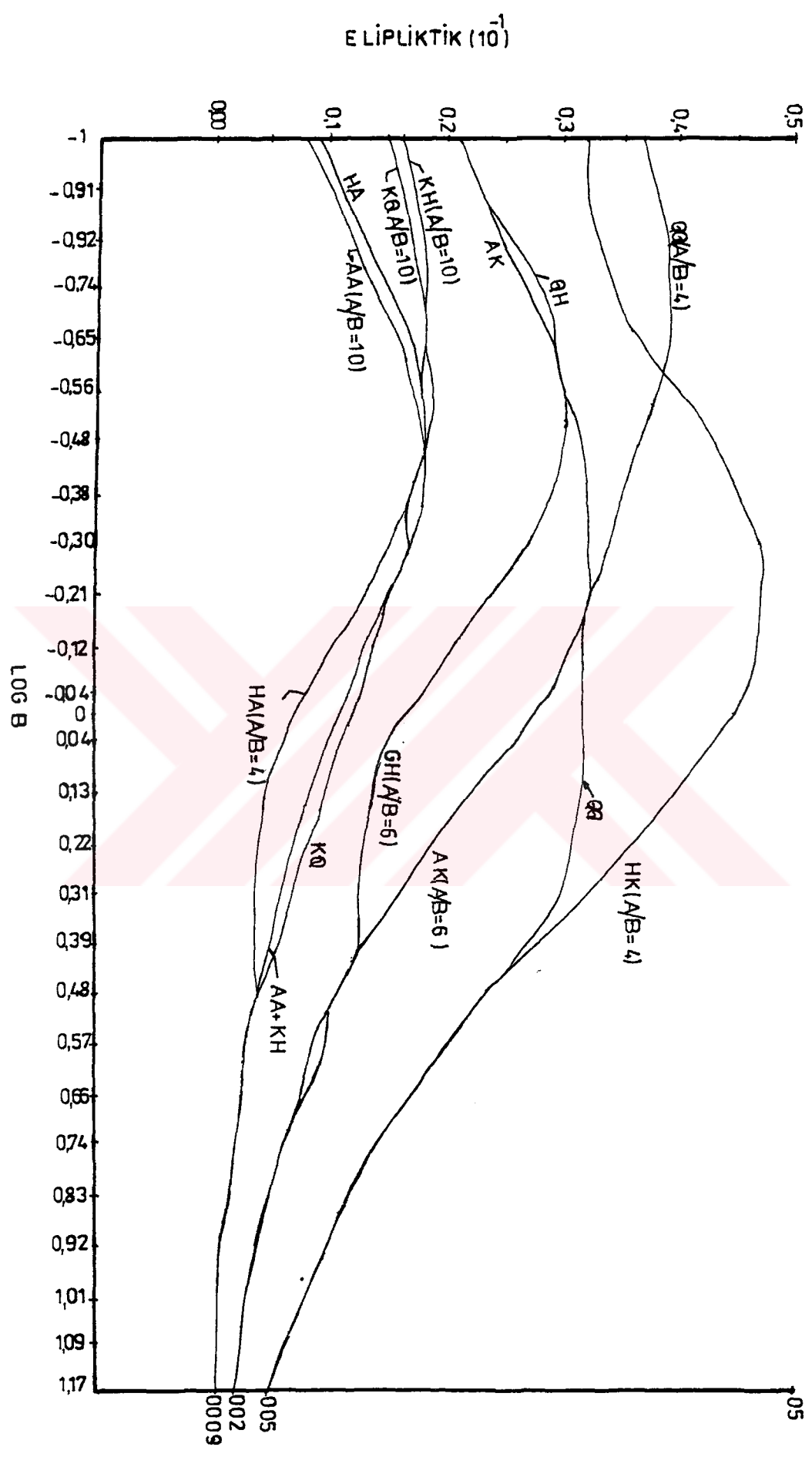
LOG B	AA (A/B=10)	AK (A/B=6)	KQ (A/B=10)	QQ (A/B=4)
-1	0.08	0.21	0.15	0.37
-0.91	0.10	0.23	0.16	0.38
-0.82	0.12	0.25	0.17	0.39
-0.74	0.14	0.27	0.18	0.39
-0.65	0.16	0.29	0.18	0.39
-0.56	0.17	0.30	0.19	0.38
-0.48	0.18	0.32	0.18	0.37
-0.38	0.18	0.32	0.18	0.35
-0.30	0.17	0.32	0.17	0.34
-0.21	0.15	0.32	0.15	0.32
-0.12	0.13	0.30	0.14	0.32
-0.04	0.12	0.29	0.13	0.32
0.04	0.10	0.26	0.11	0.32
0.13	0.09	0.22	0.10	0.32
0.22	0.07	0.19	0.08	0.31
0.31	0.06	0.16	0.07	0.30
0.39	0.05	0.13	0.06	0.27
0.48	0.04	0.11	0.04	0.24
0.57	0.03	0.09	0.03	0.20
0.66	0.03	0.08	0.03	0.17
0.74	0.02	0.06	0.02	0.14
0.83	0.02	0.05	0.02	0.12
0.92	0.01	0.04	0.01	0.10
1.01	0.01	0.03	0.01	0.08
1.09	0.01	0.03	0.01	0.06
1.17	0.009	0.02	0.009	0.05



DÜSEY MAGNETİK DİPOL  
<sup>-1</sup>  
 ELİPTİKLİK (10<sup>-1</sup>)

LOG B	KH(A/B=10)	DH(A/B=6)	HA(A/B=10)	HK(A/B=4)
-1	0.16	0.21	0.09	0.32
-0.91	0.17	0.23	0.11	0.32
-0.82	0.18	0.26	0.13	0.33
-0.74	0.18	0.28	0.15	0.34
-0.65	0.18	0.29	0.17	0.37
-0.56	0.18	0.30	0.18	0.40
-0.48	0.18	0.30	0.18	0.43
-0.38	0.17	0.29	0.17	0.45
-0.30	0.17	0.27	0.15	0.47
-0.21	0.15	0.24	0.13	0.47
-0.12	0.14	0.21	0.10	0.47
-0.04	0.12	0.18	0.08	0.46
0.04	0.10	0.15	0.06	0.43
0.13	0.09	0.14	0.05	0.40
0.22	0.07	0.13	0.04	0.36
0.31	0.06	0.13	0.04	0.32
0.39	0.05	0.13	0.04	0.28
0.48	0.04	0.11	0.04	0.24
0.57	0.03	0.10	0.03	0.20
0.66	0.03	0.08	0.03	0.17
0.74	0.02	0.06	0.02	0.14
0.83	0.02	0.05	0.02	0.12
0.92	0.01	0.04	0.01	0.10
1.01	0.01	0.03	0.01	0.08
1.09	0.01	0.03	0.01	0.06
1.17	0.009	0.02	0.009	0.05

DÜŞEY MAGNETİK DİPOL



DÜŞEY MAGNETİK DİPOL

TİLT ACISI

LOG B	AA(A/B=10)	AK(A/B=6)	KQ(A/B=10)	QQ(A/B=4)
-1	85.0	83.3	85.4	79.5
-0.91	84.9	83.0	85.1	78.9
-0.82	84.7	82.6	84.9	78.3
-0.74	84.5	82.2	84.6	77.7
-0.65	84.3	81.8	84.3	77.0
-0.56	84.0	81.3	84.0	76.4
-0.48	83.6	80.8	83.7	75.8
-0.38	83.3	80.3	83.4	75.3
-0.30	83.0	79.8	83.1	74.8
-0.21	82.7	79.2	82.9	74.3
-0.12	82.5	78.7	82.6	73.9
-0.04	82.3	78.3	82.4	73.5
0.04	82.2	77.8	82.2	73.0
0.13	82.0	77.4	82.1	72.5
0.22	81.9	77.1	81.8	71.9
0.31	81.8	76.8	81.7	71.4
0.39	81.7	76.7	81.6	70.9
0.48	81.7	76.5	81.6	70.5
0.57	81.6	76.4	81.6	70.2
0.66	81.6	76.2	81.6	69.9
0.74	81.5	76.1	81.5	69.7
0.83	81.5	76.1	81.5	69.5
0.92	81.5	76.0	81.5	69.4
1.01	81.5	76.0	81.5	69.3
1.09	81.4	75.9	81.4	69.2
1.17	81.4	75.9	81.4	69.1

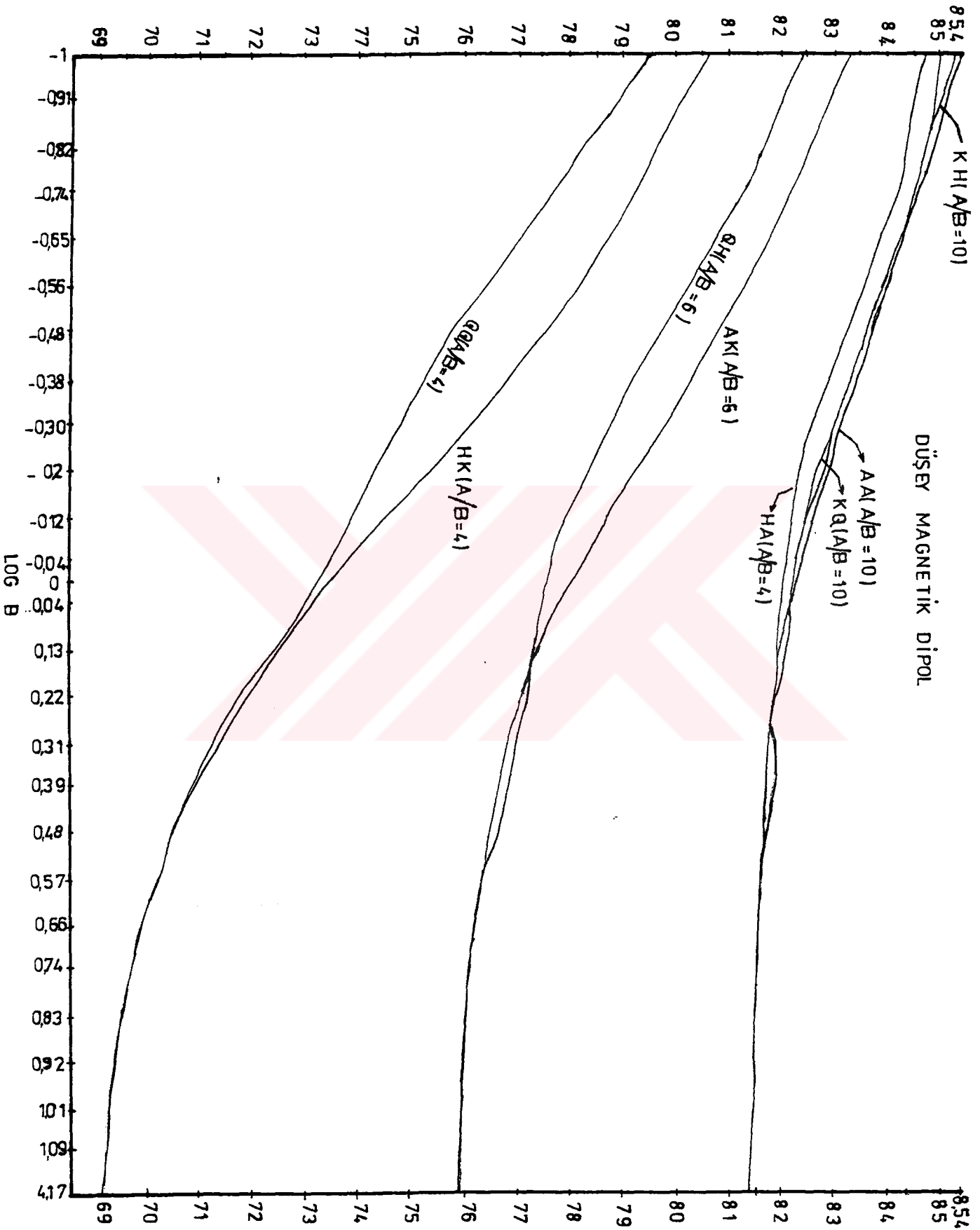
DÜSEY MAGNETİK DİPOL

TILT ACISI

LOG B	KH(A/B=10)	QH(A/B=6)	HA(A/B=10)	HK(A/B=4)
-1	85.3	82.4	84.7	80.6
-0.91	85.0	82.0	84.5	80.1
-0.82	84.7	81.7	84.4	79.7
-0.74	84.5	81.3	84.2	79.3
-0.65	84.2	80.8	83.9	78.8
-0.56	83.9	80.3	83.6	78.2
-0.48	83.6	79.7	83.2	77.5
-0.38	83.3	79.2	82.9	76.8
-0.30	83.0	78.8	82.6	76.1
-0.21	82.8	78.3	82.3	75.3
-0.12	82.5	78.0	82.2	74.5
-0.04	82.3	77.7	82.1	73.8
0.04	82.1	77.5	82.0	73.1
0.13	82.0	77.4	82.0	72.4
0.22	81.9	77.2	81.9	71.8
0.31	81.8	77.0	81.9	71.3
0.39	81.7	76.8	81.8	70.8
0.48	81.7	76.6	81.7	70.5
0.57	81.6	76.4	81.6	70.2
0.66	81.6	76.2	81.6	69.9
0.74	81.5	76.1	81.5	69.7
0.83	81.5	76.1	81.5	69.5
0.92	81.5	76.0	81.5	69.4
1.01	81.5	76.0	81.5	69.3
1.09	81.4	75.9	81.4	69.2
1.17	81.4	75.9	81.4	69.1

-10.b -

TİLT AÇISI



DÜŞEY MAGNETİK DİPOL

#### IV - TARTIŞMA VE SONUC

Havadan yapılan E.M yöntemlerdeki en son gelişmeler, çok frekanslı hava sistemlerinin çok yakında kullanılır hale geleceği umidini vermiştir.

Biz bu çalışmada, n - tabakalı bir yer üzerinden havadan yatay ve dikey magnetik çift kutupların E.M alanlarının belirlenmesi için bir bilgisayar programı sunduk. Sistemin çalışmasında, bobin metodlarının değerleri, helikopter ve sabit kanatlı hava sistemlerinin özellikleri, eğim acısının ve havadan yatay ve dikey magnetik çift kutupların indüksiyon parametreleri ile eliptik değerlerinin değişimini göstermek için bir çok üç ve dört tabakalı modeller dikkate alındı.

Burada ilk olarak homojen ve izotrop ortamda, iletken bir yüzey üzerinde farklı bobin tertiplerinin davranışlarını inceledik.

Yatay eksenli bobinler için (horizontal coplanar)  $h/x$  oranı küçüldükçe  $z/z_0$  değeri 1'den küçük,  $h/x$  oranının 0.354 değerinden büyük olması koşulunda ise empedans oranı yaklaşık olarak 1.2'lik bir değere ulaşır. Bak. Bulgular - 1.a

Dikey eksenli bobinler (vertical coplanar) için ise,  $h/x$ 'in değeri arttıkça empedans oranının 1 değerine yaklaştığı,  $h/x$  oranı 0 olduğunda  $z/z_0$  oranının 2 değerine yaklaştığı görülür. Bak. Bulgular - 2.a

Düsey eksenli bobinlerde (vertical coaxial) ,  $h/x$  'in büyük değerleri için empedans oranı 1'den biraz az ,  $h/x$  sıfıra yaklaştıkça  $z/z_0$  değeride 2'ye yaklaşıır. Bak. Bulg.-3.a

Dik sistemli bobinlerde (perpendicular) ise,  $h/x$  'in 0.2 değerinde empedans oranı maksimum ,  $h/x$  'in büyük değerlerine karşı  $z/z_0$  değeri 0 olur. Bak. Bulgular - 4.a

3 tabakalı yapılar için ; seri 1 ve seri 2 adı altında rezistivite değerleri farklı modeller alındı. Her iki seride de tabaka kalınlıkları  $d_1 = 10$  m ,  $d_2 = 15$  m olarak kabul edildi. Rezistivite formülünden  $\sigma = 1 / \rho$  'den A,B,C,D modelleri için iletkenlik değerleri bulundu. Buradan iletkenliklerin birbirlerine göre oranları hesaplandı. A için A/B oranı 10, B için A/B oranı 6, C için A/B oranı 10, D için A/B oranı 4 olarak alındı.

Her model için ( A,B,C,D ) yatay ve düsey magnetik dipolün ayrı ayrı eliptiklik ve tilt değerleri bulunarak grafikleri çizildi.

SERI 1 'de düsey magnetik dipollerin eliptiklik grafiklerine baktığımızda A ve C modelleri için A/B oranı 10 olarak verilmiş. Bunlar  $\log B$  'nin küçük değerlerinde farklı değişimler gösterirken  $\log B$  'nin 0.66 değerinde aynı noktada birleşerek sabit bir şekilde azalma göstermişlerdir. A modeli H tipi bir eğriyi , C modeli K tipi bir eğriyi verir. B modelinde A/B oranı 6 olarak alınmış ve eliptiklik değerinin 0.21 noktasından başlayarak  $\log B$  'nin küçük değerlerinde artan bir değişim gösterirken  $\log B$  'nin büyük değerlerinde düzgün bir şekilde azalma göstererek 0.02 eliptiklik değerine

inmiştir. B modeli K tipi bir eğriyi verir. D modelinde ise A/B oranı 4 olarak verilmiş ve en büyük değişime bu modelde rastlanmıştır. Grafik, eliptiklik değerinin 0.09 noktasından başlayarak log B'nin küçük değerlerinde doğrusal bir şekilde artma göstererek log B'nin 0.04 değerinde maksimuma ulaştıktan sonra log B'nin büyük değerlerinin artmasına karşı eliptiklik değerlerinin yine doğrusal bir azalma göstererek 0.05 değerine ulaştığı görülür. D modeli de K tipi bir eğriyi verir. Bak. Bulgular - 5.a

Yatay magnetik dipolün eliptiklik grafiklerine baktığımızda , düşey magnetik dipolün eliptiklik grafiklerine çok benzer olduğu, yatay magnetik dipolün anomalilerinin hemen hemen iki kadar olduğu görülür. Burada da C ve D modelleri için A/B oranı 10 olarak verilmiş ve log B'nin küçük değerlerinde A modeli 0.31 eliptiklik değerinden , C modeli ise 0.06 eliptiklik değerinde başlamış ve log B'nin küçük değerlerinde farklı değişimler gösterirken büyük değerlere doğru gidildikçe 0.57 noktasında birleşerek ilerlemişlerdir. B modeli için A/B oranı 6 olarak alındı ve eliptiklik değerinin 0.41 noktasından başlamış ve 0.05 eliptik noktasına inmiştir. D modeli için A/B oranı diğerlerine oranla daha küçük verilmiş ve en büyük değişime bu modelde rastlanmıştır.

Seri 1 ' deki tilt açısı grafiklerine baktığımızda , yatay magnetik dipol için tilt açısının küçük değerleri için değişimler olurken , düşey magnetik dipol için tilt açısının büyük değerlerinde değişimler olmuştur.

A ve C modelleri için A/B oranı 10 olarak verilmiş ve bu



grafiklerde büyük bir değişime rastlanmamıştır.  $\log B$  'nin 0.48 noktasında birleşerek doğrusal bir şekilde ilerlemişlerdir. B modelinde ( $A/B = 6$ ) 83.5 tilt açısı değerinden düz-  
gün doğrusal bir şekilde azalma göstererek 75.9 tilt açısı  
değerine inmiştir. D modelinde ( $A/B = 4$ ) , 78.8 tilt açısı  
değerinden başlayarak  $\log B$  'nin küçük değerlerinde az bir de-  
ğişim gösterirken , büyük değerlerinde doğrusal bir azalma  
göstermiştir. Bak. Bulgular - 5.b

Yatay magnetik dipoldeki modellerin grafiklerini ayrı ay-  
rı incelediğimizde hemen hemen benzer bir grafiksel sonuca  
varırız. Bak. - Bulgular 6.b

Seri 2 ' de dişey magnetik dipolün eliptiklik grafiğini  
incelediğimizde, A ve C modellerinde ( $A/B = 10$ )  $\log B$  'nin  
küçük değerlerinde C modeli daha küçük bir değişim gösterir-  
ken, A modeli sabit bir değişim göstererek C ile 0.04 nokta-  
sında  $\log B$  'nin büyük değerleri için birleşerek ilerlemişler  
dir. B modeli ( $A/B = 6$ ) , 0.22 eliptiklik değerinden baş-  
layarak  $\log B$  'nin -0.65 noktasına kadar ulaştıktan sonra sa-  
bit bir şekilde  $\log B$  'nin büyük değerlerinde azalma göster-  
miştir. D'de ise ( $A/B = 4$ ) eliptiklik değerleri en fazla  
burada artmıştır. 0.25 eliptiklik değerinden başlayarak 0.04  
noktasında maksimuma ulaştıktan sonra grafik doğrusal bir a-  
zalma göstermiştir. Bak. Bulgular - 8.a

Yatay ve dişey magnetik dipollerin tilt açısı grafikle-  
rinde hemen hemen benzer bir grafiksel görünüme rastlarız.  
Yalnız dişey dipolde tilt açısı değerleri büyük iken yatay  
dipolde ise küçüktür. Bak . Bulgular - 7.b \_ 8.b

4 tabakalı yapılar için ;

QQ modelinde ( A/B = 4 ) tabakalar  $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 > \rho_4$

HK modelinde ( A/B = 4 ) , tabakalar  $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 > \rho_4$

AK modelinde ( A/B = 6 ) ,  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3 > \rho_4$

QH modelinde ( A/B = 6 ) ,  $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 < \rho_4$

KH modelinde ( A/B = 10 ) ,  $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 < \rho_4$

KQ modelinde ( A/B = 10 ) ,  $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 > \rho_4$

HA modelinde ( A/B = 10 ) ,  $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 < \rho_4$

AA modelinde ( A/B = 10 ) ,  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3 > \rho_4$

egri tipleri secilmistir.

Eliptiklik grafiklerinde A/B oranı azaldıkça eliptiklik değerlerinin gittikçe arttığı ve log B 'nin pozatif değerlerine doğru azaldığı görülür. Ve yine A/B oranı aynı olan modellerin belli bir noktadan sonra birleşerek ilerlediği görülür. Bak. Bulgular 9.a ve 10.a

Tilt açısı grafiklerinde ise A/B oranı büyüdükçe başlangıç değerinin arttığı ve giderek azalma göstererek ilerlediği görülür. Bak. Bulgular - 9.b ve 10.b

## V - ÖZET

" Arz YüzeYi Üzerindeki Bir Magnetik Dipolün E.M Alanı."

Burada yaptığımız çalışmada, iletken bir yüzey üzerindeki yatay ve düşey magnetik dipollerin elektromagnetik alanlarının saptanması problemi üzerinde çalışılmıştır.

Bunun için ortamdaki yer değistirme akımlarını ihmal eden bir bilgisayar programları yapıldı. Öncelikle iletken homojen ve izotrop ortamlar için bobin tiplerine göre E.M alanın yanıtları incelendi. İkinci aşamada yatay ve düşey magnetik dipol durumunda yatay tabakalı üç veya dört tabakalı yapılar için eliptik ve tilt açısı grafikleri elde edildi. Herhangi bir model için yatay ve düşey magnetik dipoldeki eğim ve eliptiklik grafiklerinin birbirlerine çok benzer olduğu , eğer eğim açılarının farklı yönelmelerini hesaba katmazsak, yatay dipolün anomali derecesi, düşey dipolün anomali derecesinin hemen hemen iki katı kadar olduğu görülür.

Burada yaptığımız gibi, karşılıklı kuplaj oranlarının bilgisayar programını kullanmanın bir tek pratik çözümü şudur herhangi bir data seti için istenilen teorik grafikler elde edilebilir.

## SUMMARY

" Electromagnetic Field of a Magnetic Dipol on the Surface of Earth."

Here, we have worked on the problem of stabilization E.M fields of horizontal and vertical magnetic dipoles on a conducting surface.

To be able to do this, a computer program has been made which neglect the changing currents in the medium. Previously those which are electromagnetic according to the types of coil for conductive homogeneous and isotrope mediums.

In the second stage in the positions of vertical and horizontal magnetic dipole we obtained elliptical and tilt angle graphics for third and fourth layer structures.

For any models slopes and elliptical graphics of horizontal and vertical magnetic dipoles are very smilar. If we neglect different directions of dip angles, we see that the degree of anomaly of horizontal dipole is twice of the degree of anomaly of vertical dipole . As we have done here , the usage of computer program of mutual cuplaj proportions has given only one practical solution that we can obtain theoretical graphics for any data set.

VI - KAYNAKLAR

ABRAMOWITZ, M., STEGUN, I.A. (1965): Handbook of Mathematical Functions ; Dover Publications Inc., New York.

DEY, A., WARD, S.H. (1970): Inductive Sounding of a Layered Earth With a Horizontal Magnetic Dipole; Geophysics, v. 35, no. 5, p. 660 -703.

DYCK, A.V., BECKER, A. (1971): Secondary Fields of a Vertical Magnetic Dipole Above a thin Horizontal Layer of Conductive overburden; Geol. Surv. Can., Paper 71-18 , 25 p.

FRISCHKNECHT, F. C. (1967) : Fields About an Oscillating Magnetic Dipole over a Two-layer Earth and Applications to Ground and Airborne Electromagnetic Surveys; Colo. Sch . Mines. Quart., v. 62, no. 1, 326 p.

KECELİ, A. D. , DİZİOĞLU, M. Y. (1981) : Elektrik Ve Elektromagnetik Prospeksiyon Yöntemleri. Sayı,2817  
Fen Fakültesi Basımevi -İstanbul

PARASNIS, D. S. (1970) : An Elegant Universal Nomenclature for Electromagnetic Moving Source - Receiver Dipole Configurations; Geophys. Prospect., v.16, no. 1, p. 88 - 102.

RYU, J., MORRISON, H. F., WARD, S. H. (1970) : Electromagnetic Fields About a Loop Source of Current; Geophysics, v. 35, no. 5, p. 862 - 896

SINHA, A. K. (1973) : Comparison of Airborne E.M Coil Systems Placed over a Multilayer Conducting Earth; Geophysics v. 38 , no. 5.

SOMMERFELD, A. (1909) : Über die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen telegraphie; Ann. der Physik, v. 28 p. 665 - 737. / (1926) : v .81 , p. 1135 -1153.

WAIT, J. R. (1954) : Mutual Coupling of loops lying on the ground; Geophysics, v. 19, no. 2, p. 290 - 296.

WAIT, J.R. (1955) : Mutual Electromagnetic Coupling of loops over a homogeneous grounds , Geophysics, v. 20 , no. 3 , p. 630 - 637.

WAIT, J.R. (1956) : Mutual Electromagnetic Cupling of loops over a homhogeneous ground-an additional note; Geophysics, v. 21 , no. 2, p. 479 -484.

WAIT, J.R. (1958) : Induction by an oscillating magnetic dipole over a two-layer ground ; Appl. Sci. Res., Sec. B, v. 7, p.73 - 80.

WAIT, J.R. (1962) : Electromagnetic Waves in Stratified media; Pergamon Press, Oxford.

WAIT, J.R. (1966) : Fields of a Horizontal Dipole over a Stratified anistropic half-space; Inst.Elec. Electro. Eng. Trans. on Ant. Prop., v. AP-14, no. 11, p.790-792.

VII - ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Alev Cakırel

Doğum Yeri, yılı : Pınarhisar - 17. 01 . 1969

Öğrenim gördüğü okullar :

Pınarhisar Koloğlu ilkokulu ( 1980 )

Lüleburgaz Ortaokulu ( 1983 )

Lüleburgaz Lisesi ( 1986 )

İstanbul Üniversitesi Jeofizik Müh. ( 1990 )

İlgilendiği Konular : Elektrik - Elektromagnetik ,  
Sismik , Gravite.

Adres : Kurtulus mah. Hürriyet sok. Murat apt. 54/11

Tel. 9-183-75918

LÜLEBURGAZ