

# İ. Ü. F. F. JEOFİZİK KÜRSÜSÜ ALTERNATİF ALAN TEMİZLEME SİSTEMİ \*

A. C. Demagnetization System

N. ORBAY\*\*

## ABSTRACT

Details of the A. C. demagnetization system which is built at the Department of Geophysics are given in this study. High field coil with 3035 turns gives magnetic field up to 2877 Oe. and it is placed within three pairs of Helmholtz coils to cancel the local earth's magnetic field at the center of the high field coil. The rock specimen at the center of the high field coil is rotated around two perpendicular axes at right angles with the aid of two canonical wheels.

Six specimens which are collected from North Anatolian fault zone are demagnetized for testing the A. C. demagnetizing system. The results are showed that there are no undesired effects of the high field coil, Helmholtz coil system and canonical wheels.

## GİRİŞ :

Kayaçların oluştuıkları andaki arzmağnetik alanının etkisi altında kalarak mıknatıslanma kazandıkları ve bu mıknatıslanma yönünün, sözü edilen devirdeki, arzmağnetik alanının yönünde olduğu bilinmektedir. Kayaçların geçmişte kazanmış oldukları mıknatıslanmanın günümüze dek geçen zaman sürecinde, arzmağnetik alanının çeşitli davranışları yanında fizik koşulların da değişmesinden ötürü, ikincil (seconder) mıknatıslanma kazanabilme olasılığına sahiptirler. Belli zaman süreçlerinde oluşmuş kayaçların mıknatıslanmalarını inceleyerek, o zamana ait arzmağnetik alanının davranışlarını saptayabilmek için kayaçın ikincil mıknatıslanmalarının yok edilmesi gerekir. Bu amaca yönelik çalışmalarda alternatif mağnetik alanla temizleme ve ısı (thermal) temizleme yöntemleri kullanılmaktadır. Çalışmaların daha çok volkanik kayaçlar üzerinde yapılması, alternatif mağnetik alanla temizleme yöntemini ısı temizleme yöntemine oranla, daha kullanılır hale getirmiştir.

A. C. Mağnetik alanla temizleme yöntemi ve sistemi Kawai ve Kume (1953), Thellier ve Rimbart (1954), As ve Zijderveld (1953), Greer (1959), Cox (1961), Irving ve diğerleri (1961) tarafından ortaya konmuş ve geliştirilmiştir.

Mağnetik mineral içeren kayaçların oluştuıkları anda, arzmağnetik alanının etkisinde kalarak kazandıkları ilk mıknatıslanmaya birincil (primry) kalıntı mıknatıslanma adı verilir. Bu kalıntı mıknatıslanma, volkanik kayaçlarda, volkanlardan çıkan kızgın lav sımasının, oluşan kayaç içindeki mağnetik minerallerin Curie sıcaklığına geldiği anda, kayaçın arzmağnetik doğrultusunda bir mıknatıslanma kazanmasıyla ve tortul kayaçlarda ise, tanelerin depolanma anındaki arzmağnetik alanının doğrultusunu alması ile oluşur.

\* İ. Ü. Fen Fakültesi Jeofizik Kürsüsünde tamamlanan aynı adlı lisansüstü tezin kısaltılmışıdır.

\*\* İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Jeofizik Kürsüsü — İSTANBUL

Kayaçların kazandığı birincil kalıntı mıknatıslanmanın, hangi türden olursa olsun, paleomağnetizmaya yararlı olabilmesi için duraylı olması istenir. Bu duraylılık, fizik etkiler altında, mıknatıslanmanın değişmeye karşı gösterdiği direnç olarak nitelenir. Kayaçın oluştuğu zamandan günümüze kadar arзмаğnetik alanının çeşitli davranışları, örneğin arзмаğnetik alanının yön değiştirmesi, ısı ve basıncın değişimi ve benzeri olaylardan dolayı, kayaçın birincil mıknatıslanması yanında veya başka bir deyişle, ana mıknatıslanması doğrultularından başka doğrultularda bir veya birkaç mıknatıslanma daha kazanmış olabilir. Laboratuarda ölçülen doğal kalıntı mıknatıslanma bütün bu vektörlerin bileşkesidir. ve doğal kalıntı mıknatıslanma (NRM) adını alır.

Paleomağnetik araştırma için ele alınan kayaç üzerinde doğrudan doğruya bir inceleme yapmadan önce, o kayaçın sahip olduğu ikincil mıknatıslanmaların yok edilmesi istenir. Bu amaçla, kürsümüz laboratuvarında, volkanik kayaçların temizlenmesinde en çok kullanılan A. C. temizleme sistemini oluşturduk.

Alternatif mağnetik alanla temizleme yöntemi, genellikle başlangıçta seçilen birkaç oerstedlik alternatif mağnetik alanın, sıfır amplitüde kadar yavaş olarak azalırken numune üzerine uygulanmasıdır. Bu işlem ikincil mıknatıslanmalar yok edilinceye kadar, alternatif mağnetik alanın şiddeti yükseltilecek sürdürülür. Bu işlem dizisine «mağnetik temizleme» veya «mağnetik yıkama» adı verilir (As ve Zijderveld, 1958; Creer, 1959).

Çok bölgeye (Multi-domain) sahip parçacıkların temizlenmelerini, Şekil 1'de görülen mıknatıslanma-mağnetik alan (hysteresis) eğrilerinin incelenmesi ile daha açık görmek olanaklıdır. Şekilde, A noktasında,  $I_R$  başlangıç mıknatıslanmasına ve  $-NI_R$  giderici (demagnetizing) mağnetik alanına sahip bir numuneye, pek büyük olmayan  $H_1$  amplitüdünde bir alternatif mağnetik alan uygulanmıştır. Bu A. C. mağnetik alanın amplitüdünün, numunenin içerdiği parçacıkların ( $H_c$ ) iç direnme kuvvetinden (coersive force) daha küçük olduğu ( $H_1 < H_c$ ) varsayılmıştır. Bu durumda, numunenin mıknatıslanması ABDA kapalı eğrisi üzerinde salınım yapacaktır. Uygulanan  $H_1$  amplitüdü mağnetik alanın yavaş olarak azaltılması ve daha sonra tüm olarak kaldırılması ile numunenin mıknatıslanması bir miktar küçülmüş olacak ve numune E noktasında yer alacaktır. Bundan sonra numune üzerine amplitüdü  $H_2$  ( $H_2 > H_1$ ;  $H_2 > H_c$ ) olan bir alternatif mağnetik alan uygularsak, numunenin tam olarak temizlendiğini görürüz ve bu durumda numunenin mıknatıslanması G ve J noktaları arasında salınım yapacaktır. Mıknatıslanma - mağnetik alan eğrisinin, G ve J noktalarını bulunduğu kolların gradientleri çok dik olduğundan,  $H_1$  iç (internal) alanları, G ve J noktalarında numune parçacıklarının üzerine,  $H_c$  iç direnme kuvvetinden küçük bir farkla etki etmektedir. Bu durumda, GJG kapalı eğrisini oluşturan ve dışarıdan uygulanan alternatif mağnetik alanın amplitüdü, yaklaşık olarak,

$$H_2 \approx H_c (1 + Nk_i) \approx S H_c \quad (1)$$

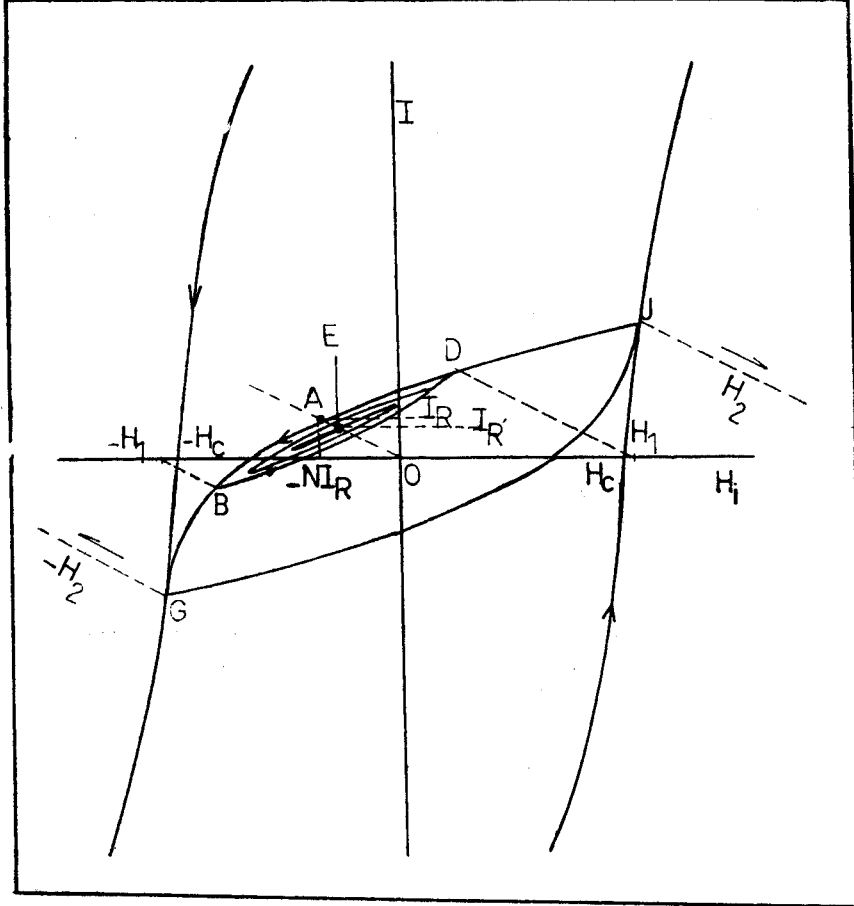
bağıntısı ile verilir (Stacey ve Banerjee, 1974, s. 136).

#### A. C. MAĞNETİK ALANLA TEMİZLEME SİSTEMİ :

Genel olarak, alternatif mağnetik alanla temizleme sistemini, arзмаğnetik alanını yok etmek için kullanılan üç çift Helmholtz bobini ve bunların ortasında yer alan yüksek alan bobini ile numuneyi döndürme sistemi oluşturur.

#### YÜKSEK ALAN BOBİNİ :

Yüksek iç direnme kuvvetine sahip kayaç numunelerini (örneğin, hematit 500 - 1000 Oe.; çok ince taneli olanlarda 5000 Oe.) A. C. mağnetik alanla temizleyebilmek için çok yüksek alan verebilen yüksek alan bobinlerine gereksinme duyulur.



ŞEKİL.1  
(STACEY, 1974)

Kullanılacak bobinin boyutlarının ve oluşturacağı manyetik alanın saptanmasında, Fabry (1898) tarafından uygulanmış olan yöntemi kullanmakta yarar gördük. Bobin boyutları ve oluşturacağı manyetik alan arasındaki ilişki

$$H = \frac{2\pi Ni}{a_1(\alpha-1)} C \cdot g_0 \frac{\alpha + \sqrt{(\beta^2 + \alpha^2)}}{1 + \sqrt{(\beta^2 + 1)}} : \left( \alpha = \frac{a_2}{a_1} ; \beta = \frac{b}{a_1} \right) \quad (2)$$

bağıntısı ile verilmektedir. Burada,  $a_1$  ve  $a_2$  bobinin iç ve dış yarıçapları,  $2b$  bobin boyu,  $N$  sarım sayısı ve  $c$  de sarım kalınlığıdır.

Bobinin elektrik direnci

$$R = \frac{\pi N^2 (1 + \alpha) \rho}{2 a_1 \beta (1 - \alpha) \lambda} \quad (3)$$

bağıntısıyla verilmektedir. (3) bağıntısında,  $\rho$  bakır telin özgül direnci,  $\lambda$  uzay (space) faktörü olarak alınmıştır. (2)'de verilen manyetik alan ifadesi içindeki bobin boyutları,

$$G = 2 \left( \frac{2\pi\beta}{x^2 - 1} \right)^{1/2} C g_0 \frac{\alpha + \sqrt{(\alpha^2 + \beta^2)}}{1 + \sqrt{(1 + \beta^2)}} \quad (4)$$

bağıntısında toplanabilir. Mağnetik alan ifadesi bu değişimlerden sonra

$$H = \sqrt{\frac{R \cdot \lambda}{a_1 \cdot \rho}} \cdot i \cdot G \quad (5)$$

olarak yazılabilir ve bu ifade ile boyutları saptanmış olan bobinin en yüksek verim alanı elde edilir.

Bir bobinden maksimum alan elde edebilmek için bobinden geçmesi gereken maksimum akımı bilmek gerekir. Eğer bobinin direnci küçükse,  $i_{\max}$  akımı

$$i_{\max} = \frac{2E}{\sqrt{(R^2 + W^2 L^2)}} \quad (6)$$

bağıntısından saptanabilir. Burada, E bobine uygulanan gerilim, L bobinin self endüktansı ve W akımın açısal hızıdır. Bobine verilen maksimum akım için, bobinin self endüktansının bilinmesi gerekir.

Dik kesitli bobinler için self endüktans

$$L = 2\pi^2 \frac{(1 + \alpha)^2}{4\beta} \cdot a_1 \cdot N^2 \cdot k \cdot 10^{-9} \text{ Henry} \quad (9)$$

bağıntısından saptanabilir (Cockcroft, and clerk Maxwell Scholor 1928). Burada k, bobinin iç ve dış yarıçapları ile uzunluğuna bağlı bir fonksiyondur.

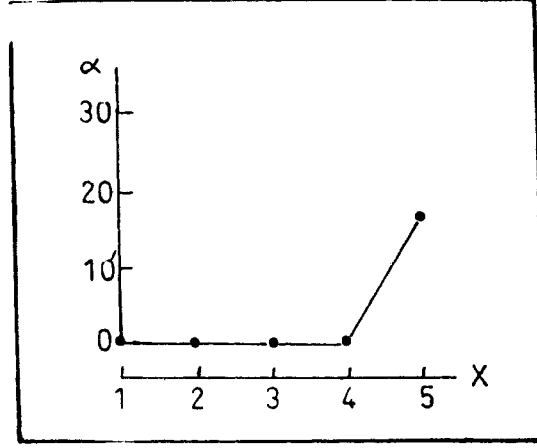
#### YÜKSEK ALAN BOBİNİN SEÇİMİ :

Yukarıda verilen hesaplama yöntemi kullanılarak, çalışmalarımıza en uygun bobin şeklini ve bunun doğurduğu mağnetik alanı saptamak amacıyla altı yüksek alan bobinin büyüklükleri hesaplanmıştır. Bu büyüklükler, yukarıdaki paragraftan da anlaşılacağı gibi, G sabiti,  $\lambda$  uzay faktörü, bobin direnci ve kullanılacak bakır telin çapı ve miktarıdır.

Bobin seçiminde, temizleme anında birden fazla numuneyi (3 numune;  $2 \times 2 \times 4,6$  cm.) aynı anda temizleyebilmek amacıyla, bobin içinde oluşacak düzgün alan bölgesinin büyük olması istenmiş ve bu nedenle, bobin boyutlarının büyük alınmasına çalışılmıştır.

Altı bobin sisteminden hangisinin daha uygun olduğu başka yolla da araştırılmıştır. Hart (1967) tarafından hesaplanan çizgiler yardımıyla, söz konusu bobinlerin meydana getirdiği bobin içindeki mağnetik alan hesaplanmış ve en uygun bobinin Çizge 1'de ayrıntıları verilen bobin olduğu görülmüştür.

Seçilen bobinin merkezinde oluşacak mağnetik alan değişiminin düzgünlüğü saptamak amacıyla, bobin içinde, silindirik simetriden dolayı bobinin 1/4 ünü kapsayan yüzey üzerinde, bobin eksenine (x) ve ona dik y doğrultularında bir seri ölçü, oerstedmetreye (Oerstedmeter 1107, Probe No. FK - 5 - T 9 - 5, Dr. Förster) bağlı, statik ve yavaş dinamik alan değişimlerini  $10^{-4}$  ve 10 Oe. sınırları arasında ölçebilen mikro alan probu ile yapılarak bobinin toplam alan vektörünün bobin ekseninden olan sapmaları saptanmıştır (Şekil : 2). Şekilden de görüleceği gibi, bobin eksenine üzerindeki sapmanın 4 cm.'ye kadar  $0^\circ$  olması bobin içinde oluşan alanın düzgünlüğünü kanıtlamaktadır. Böylece boyutları 1,8 cm. ve çapları 2,0 cm. olan numunelerden üçünü ( $1,8 \times 3/2 \cong 2,7$  cm.) aynı anda temizlemenin olanaklı olduğu ve bu durumun ölçü sırasında harcanacak zamanı kısalttığı açıktır.



ŞEKİL.2

## ÇİZELGE I. — SEÇİLEN YÜKSEK ALAN BOBİNİNİN ÖZELLİKLERİ

Bobin sabiti (G)	: 136,99 0e/A
Bobin uzunluğu (2b)	: 25,2 cm.
İç yarı çapı (a <sub>1</sub> )	: 11,25 cm.
Sarım kalınlığı (c)	: 4,14 cm.
Sarım sayısı (N)	: 3035
Bir katın sarım sayısı	: 140,00
Sarım katı	: 23
Uzay faktörü (λ)	: 0,7406
Direnç (R)	: 17,166 Ω
Tel uzunluğu (l)	: 2541,075 m.
Tel çapı (Ø)	: 1,8 mm.
Telin kütlesi (M)	: 57,4681 Kg.
Maksimum akım	: 0,99 A.
Çalışma akımı	: 15,00 A.
Maksimum alan (rms)	: 2054 0e.
Maksimum alan (peak)	: 2877 0e.
Kapasite	: 6 μ F.
Self endüktans (L)	: 1,6 Henry

**Bobin Isısı :**

Bobin ısını,

$$T(C^{\circ}) = \frac{\text{Isı (kalori)}}{\text{kütle (gr)} \times \text{Özgül ısı}} \quad (8)$$

$$\text{Isı (kalori)} = 0.24.R.I^2.t \text{ (san)} \quad (9)$$

bağıntılarıyla saptamak olanaklıdır. Bobinde, maksimum çalışma akımı olan 15 amperde, ısıdaki değişim yaklaşık olarak +2 C° olarak hesaplanmıştır. Eğer R direncinin zamanla 50 % oranında değişeceği göz önüne alınırsa, elde edilecek 2 C°'lik değişim daha da azalacaktır (Cockcroft, 1928). Bu nedenle, bobinin soğutulması için herhangi bir sistemin düşünülmesine gerek duyulmamıştır.

### Helmholtz Bobin Sistemleri :

Mağnetik temizleme anında, numune üzerine etki eden alternatif mağnetik alanın yanında, anhisteretik kalıntı miktarıslanmaya neden olan doğru mağnetik alanların bulunmaması istenir. Temizleme anında bu tür etkiyi oluşturacak en büyük kaynağın yerel arzmağnetik alanı olduğuna şüphe yoktur. Bu nedenle, sistemde Helmholtz bobinleri büyük önem taşır.

Bu amaca yönelik çalışmalar, kare şeklindeki bobinlerin, Helmholtz koşulunda, çember şeklindeki Helmholtz bobinlerine oranla daha düzgün ve geniş bir bölge içinde arzmağnetik alanını yok ettiğini ve bobin eksenini doğrultusundaki mağnetik alan değişiminin daha küçük olduğunu ortaya koymuştur (örneğin, İspir, 1969).

Kare bobin çiftinin eksen doğrultusu üzerinde oluşan alan

$$Z = \frac{16.n.i.a^2}{10(a^2+z^2)(2a^2+z^2)^{1/2}} \quad (10)$$

bağıntısıyla verilir (Parry., 1967). Bu bağıntıda, a kare bobinin yarım kenar uzunluğu, n sarım sayısı, i bobin içinden geçen akım (amper) ve  $z=0,544.a$  (Helmholtz koşulu) olarak tanımlanmaktadır. X, Y, ve Z bileşenlerindeki Helmholtz bobin çiftlerinin kenar uzunlukları (2a), sırasıyla 96, 98 ve 100 cm. ve herbirinin sarım sayısı 300, 56 ve 325 olarak alınmıştır. Bu veriler, (10) bağıntısında kullanılarak, yerel arzmağnetik alanını (İ. Ü. Fen Fak. İyonosfer Araştırma İstasyonu) yok edebilmek için gerekli olan I akımı, X, Y ve Z bileşenleri için sırasıyla  $50 \pm 10$  mA,  $70 \pm 5$  mA ve  $60 \pm 10$  mA olarak saptanmıştır.

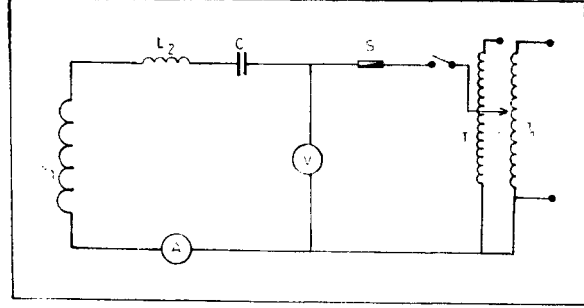
### Numune Döndürme Sistemi :

Bu yöntem, nümunenin, oranları birbirlerine göre farklı olan konik dişli sistemleri yardımıyla iki veya üç dik eksen etrafında, alternatif mağnetik alanı oluşturan akımın frekansından farklı olacak biçimde döndürülmesidir (Creer, 1959). Nmmunenin iki veya üç dik eksen etrafında, alternatif akımın frekansına eşit veya ondan büyük olacak biçimde döndürülmesi durumunda, alternatif akımın oluşturacağı çift harmoniklerinin numune üzerine etki edebileceği düşünülse bile, dönmeden dolayı, bir yönde kazanılan anhisteretik kalıntı miktarıslanma, bunun aksi yönünde tekrar yok edilecektir.

Ayrıca, dönme anında, numune içinde herhangi bir yönde bulunan miktarıslanma vektörü «Lissajous» şekilleri adı verilen ve uzayı tarıyan şekilleri oluşturur. Bunun sonucunda, numune içindeki bütün doğrultulardaki kalıntı miktarıslanma vektörleri temizlenebilir. Dönme anında oluşan lissajous şekillerinin bütün uzayı olanaklı olduğu kadar fazla taraması istenir. Bu nedenle, dişli sistemleri kinematığının dikkatle saptanması gerekir. Hunchings'in (1967) bu amaca yönelik çalışması temel alınarak iki eksenli dönme sistemi yapılmış ve dişliler arasındaki  $n_1/n_2$  oranı 11/12 olarak saptanmıştır. Bu orana göre dişlilerin  $w_1$  ve  $w_2$  dönme hızları sırasıyla 367 ve 400 devir/dak olarak alınmıştır.

### Yüksek alan Bobin Devresi :

Bobin selfinin ( $L_1=1,6$  Henry) büyük olması nedeniyle, temizleme anında yüksek akım sağlayabilmek için devreye  $6\mu F$  ( $3 \times 2\mu F; 6000V$ ) değerinde üç kondansatör paralel bağlanarak 50 Hz ile rezonans gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, rezonans devresini ayarlayabilmek için devrede ikinci bir değişken olan  $L_2$  selfinin (0,01 - 0,1 Henry) kullanılması yararlı olmuştur. (Şekil : 3). Bu koşullar altında, devreden 250 Volt A.C. de maksimum 15 A'lık akım geçebilmektedir.



ŞEKİL 3

Şekil 3'de gösterilen yüksek alan bobin devresinde, T (0-250 VA.C;50 Hz) ve  $T_1$  (0-60 VA.C;50 Hz) değişken transformatörleri,  $L_1$  yüksek alan bobin selfini (1,6 Henry; 17 $\Omega$ ),  $L_2$  değişken rezonans bobin selfini (0,01-0,1 Henry;50 Hz), C kondansatörü (3x2 $\mu$  F:6000V) ve S sigortayı (15 A.) belirtmektedir.

#### Temizlenmiş Numune Örnekleri :

Kuzey Anadolu Fay zonunun doğu bölgesinden (Varto ve civarı), toplanmış numunelerin kuzey blokundan alınan andezitlerin (ID14D ve IF23F) yaşları orta miosen ve pliosen. güney blokundan alınan bazaltların da (IAO1B, IAO1F, IAO2G ve IC10D) pliosen ve quaterner yaşlı olabilecekleri belirtilmiştir. (Pamir ve Baykal, 1943; Mercier, 1948).

Sistemi denemek amacıyla çalışmamızda kullandığımız numunelerin volkanik kayalardan alınmış olması ve bunların iç direnme kuvvetlerinin diğer kayaç türlerine göre daha küçük olması, temizleme anında uygulanan akımın en çok 5 amper seçilmesine neden olmuştur. Temizleme anında pilot numunelere uygulanan manyetik alan değerleri adım adım 58, 134, 192, 287, 384, 480, 575, 767 ve 960 Oe. (peak) olarak saptanmıştır.

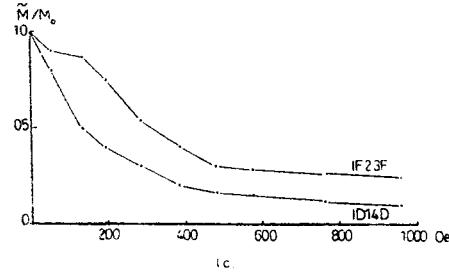
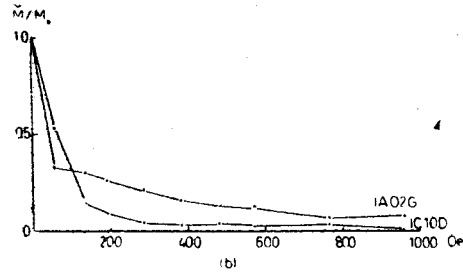
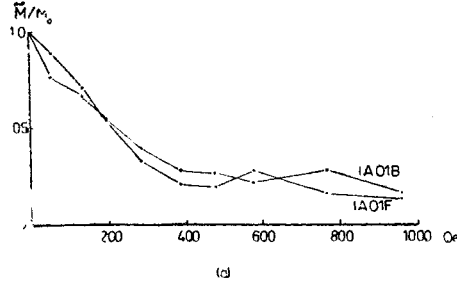
Temizlenen numunelerin manyetik temizleme boyunca elde edilen manyetik moment değişim eğrileri normalize edilerek ( $M/M_0$ ) Şekil 4'de verilmiştir. Sözü edilen numunelerin mıknatıslanma vektörlerinin yön değişimleri de Şekil 5'de gösterilmiştir. Yön değişimleri ile moment eğrileri birlikte ele alındığında IAO1B, IAO1F, ID14D ve IF23F numunelerinin 287,384 Oe. adımlarında, IAO2G numunesinin 58,134 Oe. ve IC10D numunesinin de 134,192 Oe. adımlarında ikinciil mıknatıslanmalarından temizlendiği sonucuna varılabilir.

#### SONUÇ :

Numunelerin temizlenmesinden sonra ölçülen kalıntı mıknatıslanma doğrultularının istatistiği yapılarak Çizelge II'deki sonuçlar elde edilmiştir.

#### ÇİZELGE II — TEMİZLENMİŞ KALINTI MIKNATISLANMA VEKTÖRLERİNİN İSTATİSTİĞİ

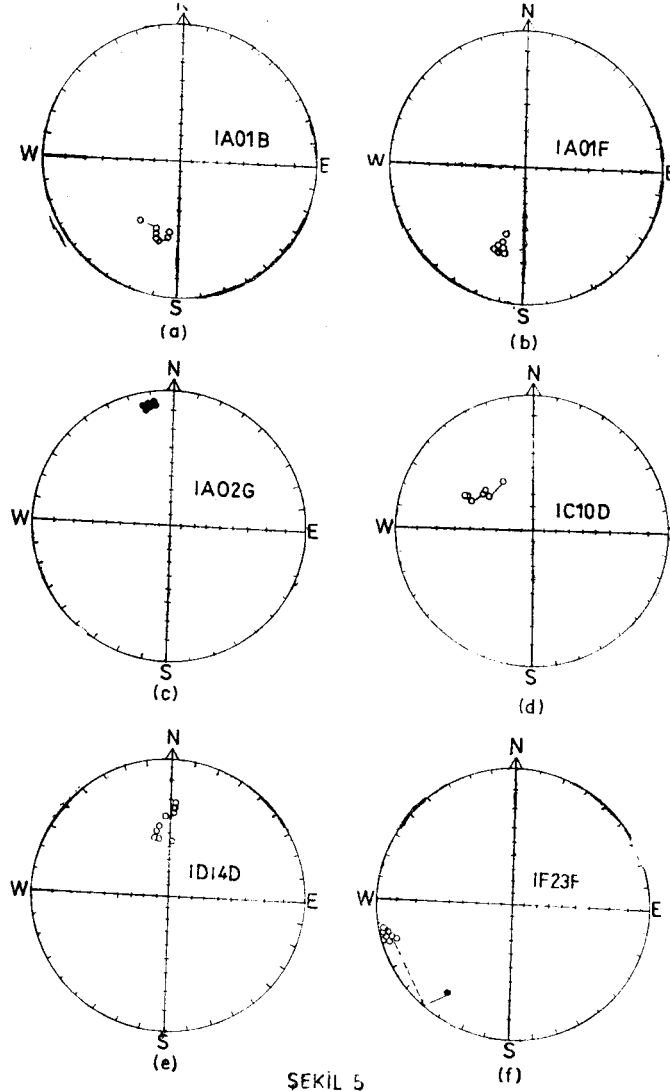
Numune No.	N	R	Ort Dek	Ort Ink	$\alpha$ 95	k
IAO1B	5	4,98	192°,75	—31°,06	5°,59	187,63
IAO1F	5	4,99	196 ,63	—29 ,21	1 ,88	1646,62
IAO2G	5	4,99	350 ,22	7 ,67	1 ,86	1692,45
IC10D	4	3,97	307 ,39	—42 ,27	8 ,38	121,17
ID14D	4	3,99	350 ,93	—40 ,30	5 ,61	269,41
IF23F	3	2,99	252 ,27	— 3 ,66	1 ,65	2150,88



ŞEKİL 4

Bilindiği gibi, iyi bir çağılım için  $\alpha 95$  güvenlik çemberi yarıçapının oldukça küçük,  $k$  duyarlık parametresinin ise büyük olması istenir. Çizelge II'de verilen güvenlik çemberleri değerlerinden de görüldüğü gibi, istatistik sonuçlar, alternatif alan temizleme sistemimize olan güveni arttırmaktadır. Temizlenen numunelerin doğrultuları arasındaki farklılıkların, farklı yaşlarda olması dışında, kalıntı mıknatıslanmayı ölçen cihazlardan ileri gelebileceği göz önüne alınırsa, anhisteretik kalıntı mıknatıslanmayı doğrulabilecek olan

- Yüksek alan bobininin alan homojenliğinde,
- Yüksek alan bobinine verilen akımın artırılma veya azaltılma lineerliğinde,
- Yerel arзмаğnetik alanını yok eden Helmholtz bobin çiftleri yardımıyla elde edilen sıfır alanda,
- Numuneyi iki eksen etrafında döndüren konik dişli sisteminin kinematüğünde bir bozucu etkinin olmadığı sonucuna varılır.



ŞEKİL 5

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yöneten Sayın Prof. Dr. İhsan Özdoğan'a, öneri ve eleştirilerinden yararlandığım Doç. Dr. Yılmaz İspir'e sistemin elektrik devresinin tamamlanmasında yardımını esirgemeyen Dr. Taner Bulut'a ve ölçülere yardım eden Oğuz Gündoğdu'ya teşekkür etmeyi borç bilirim.

**YARARLANILAN KAYNAKLAR**

- AS, J. A., and Zijderveld, J. D. A., 1958 Magnetic Cleaning of Rocks in Palaeomagnetic Research, *Geophys. J. Roy. astr. Soc.*, 1, p. 308.
- COCKCROFT, D. J., and Clerk Maxwell Scholor, B. A., 1928, The Design of Coils for the Production of Strong Magnetic Fields, *Phil. Trans. Roy. Soc., Seri A, CCXXVII.-A*, p. 317.
- COX, A., 1961, Anomalous Remanent Magnetization of Basalt, *Bul. U. S. Geological Survey, 1083-E*, p. 131.
- CREER, K. M., 1959, A. C. Demagnetization of unstable Triassic Keuper Marls from S. W. England. *Geophys. J. Roy. astr. Soc.*, 2, p. 261.
- FABRY, Ch., 1898, *Eclairage Electrique.*, 17, p. 133.
- HART, P. J., 1967, *Universal Tables for Magnetic Fields of Filamentary and Distributed Circular Currents*, Elsevier, Amsterdam.
- HUTCHINGS, A., 1967, Computations of the Behaviour of two- and threeaxis Rotation Systems, *Methods in Palaeomagnetism*, Elsevier, Amsterdam. p. 224.
- IRVING, E., et al., 1961, Demagnetization of Igneous Rocks by Alternating Magnetic Fields, *Phil. Mag.*, 6, p. 225.
- İSPİR, Y., 1969, Field Coil Design. *J. Geomag, and Geoelectr.*, 21, p. 543.
- KAWAI, N., and Kume, S., 1953, The Thermal Fluctuation after Effect Found in the Natural Remanent Polarization of Rocks, *J. Geomag, and Geoelectr.*, 5, p. 67.
- MERCIER, S., 1948, Hınıs 65/2 Paftası İzahnamesi, M.T.A. Enstitüsü Derleme Rapor No. 2258, Ankara.
- PAMİR, H. N., and Baykal, F., 1943, Bingöl bölgesi ve Buranın Şimal ve Cenubundaki Jeolojik Yapı, M.T.A. Enstitüsü Derleme Rapor No. 1447, Ankara.
- PARRY, J. H., 1967, Helmholtz Coils and Coil Design, *Methods in Palaeomagnetism*, Elsevier, Amsterdam, p. 551.
- STACEY, F. D., and Banarjee, S. K., 1974, *The Physical Principles of Rock Magnetism*, Elsevier, Amsterdam.
- THELLIER, E. and Rimbart, F., 1954, Sur l'analyse d'aimantations fossiles par action ce champs magnetiques alternatifs, *C. R. Acad. Sci.*, 239, p. 1399.