

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI**

**MANYETİK KARAKTERİSTİKTEKİ MALZEMELERİN MANYETİK ALANDA
OLUŞTURDUKLARI ANOMALİ İLE BELİRLENMESİ VE OLUŞAN ANOMALİYE
GÖRE MANYETİK MALZEMENİN KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Gökhan ŞENSOY

Balıkesir, Temmuz - 2010

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

MANYETİK KARAKTERİSTİKTEKİ MALZEMELERİN MANYETİK ALANDA
OLUŞTURDUKLARI ANOMALİ İLE BELİRLENMESİ VE OLUŞAN ANOMALİYE
GÖRE MANYETİK MALZEMENİN KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Gökhan ŞENSOY

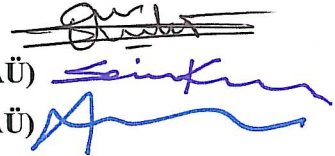
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Yavuz EGE

Sınav Tarihi: 12.07.2010

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Hakan KÖÇKAR(BAÜ)

Doç. Dr. Saime KERMAN SOLMAZ(BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Yavuz EGE(Danışman-BAÜ)



Balıkesir, Temmuz - 2010

Bu Çalışma
2009 / 14 no 'lu proje olarak Balıkesir Üniversitesi
Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından desteklenmiştir.

Desteklerinden dolayı
Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine
teşekkür ederiz.

ÖZET

MANYETİK KARAKTERİSTİKTEKİ MALZEMELERİN MANYETİK ALANDA OLUŞTURDUKLARI ANOMALİ İLE BELİRLENMESİ VE OLUŞAN ANOMALİYE GÖRE MANYETİK MALZEMENİN KARAKTERİZASYONU

Mehmet Gökhan ŞENSOY

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Bölümü

(Yüksek Lisans Tezi / Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yavuz EGE)

Balıkesir, 2010

Geçmişten bugüne birçok uzaktan algılama yöntemi kullanılmıştır. Uzaktan algılanacak nesnenin tipi, yapıldığı malzeme, bulunduğu yer (su ya da yeraltı) gibi değişkenler kullanılacak yöntemi belirlemektedir. Son zamanlarda uzaktan algılama yöntemlerinin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar, algılama mesafesi, hassaslık, güç tüketimi gibi değişkenlerin iyileştirilmesi üzerinde olmuştur. Bu doğrultuda yapılan çalışmada güç tüketimi çok az, hassasiyeti yüksek olan anizotropik magnetoresistive sensör kullanılmıştır. Çalışma için ilk olarak bu sensörün üç boyutta hareketini sağlayacak mekanik bir sistem, sensörden gelen veriyi işleyerek bilgisayara gönderecek veri toplama modülü, bilgisayara gelen verileri değerlendirip kaydedecek bilgisayara yazılımından oluşan bir manyetik ölçüm sistemi tasarlanmıştır. Daha sonra ölçüm sistemi yardımıyla manyetik, kimyasal ve geometrik özellikleri bilinen manyetik karakteristikteki malzemelerin dünyanın manyetik alanın dikey bileşeninde oluşturdukları anomaliler tespit edilmiş ve malzemelerin fiziksel özelliklerinin anomaliye etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak matematiksel ifadeler elde edilip sonuçlar genelleştirilmeye çalışılmıştır. Manyetik malzemelerin geometrisi ile matematiksel ifadelerdeki değişkenlerin değişimleri analiz edilmiş ve elde edilen sonuçların, özellikle toprak altına gizlenmiş kara mayını benzeri bir manyetik malzemenin tanımlanmasında nasıl kullanılabileceği çalışmamızda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Uzaktan algılama / Manyetik anomali / Anizotropik magnetoresistive sensör / Manyetik malzemeler

ABSTRACT

IDENTIFICATION AND DETERMINATION OF MAGNETIC MATERIALS IN MAGNETIC FIELD WITH MAGNETIC CHARACTERISTIC BY SENSING MAGNETIC ANOMALY

Mehmet Gökhan ŞENSOY

Balıkesir University, Institute of Science, Department of Physics

(M .Sc . Thesis / Supervisor: Assist. Prof. Dr. Yavuz EGE)

Balıkesir – Turkey, 2010

From past to present, there are a variety of methods used for remote sensing of objects. The method that has to be used can be determined by the type of material, geographical location (underground or water), etc. Recent studies have been concentrated on the improvement of the criteria such as sensing distance, accuracy, and power consumption. In this study, an anisotropic magneto-resistive sensor has been used with high sensitive and low power consumption. Firstly, a magnetic measurement system has been designed that comprises a mechanical system for 3-D motion of sensor, a data acquisition module for transferring sensor signal to computer and a software for transferring and filtering analog sensor signal. And then, anomalies created by materials with magnetic characteristics, whose chemical and geometrical properties are known, at the perpendicular component of the earth's magnetic field have been detected and effects of physical properties of magnetic materials on magnetic anomaly were investigated. Based on the physical properties of the magnetic material, the variations of the variables constituting the formulas of the curves have been analyzed. The results of these analyses for the purpose of identification of an unknown magnetic material such as a landmine, which has been kept under ground, has been explained in detail in this study.

KEY WORDS: Remote sensing / Magnetic anomaly / Anisotropic magneto-resistive sensor / Magnetic material

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xvi
ÖNSÖZ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Akustik yöntem -Sismik Yöntem.....	1
1.2 Yer Etkili Radar (GPR-Ground Penetrating Radar) Dedeksiyonu	2
1.3 Elektromanyetik İndüksiyon Spektroskopisi	4
1.4 Kızıl Ötesi Görüntüleme	5
1.5 Çekirdek Dört-kutup Rezonansı(NQR).....	6
1.6 Isıl nötron aktivasyonu (Thermal Neutron Activation – TNA)	7
1.7 Nötron geri saçılımı	8
1.8 X-ışını geri saçılımı.....	9
1.9 Manyetik Anomali Yöntemi(MAD)	10
2. TEMEL BİLGİLER	13
2.1 Manyetik Sensörler	13
2.2 Manyetik Alanın Elektriksel Dirence Etkisi (Magnetoresistivity).....	14
2.3 Magnetoresistive Sensörün Çıkış Gerilimine Etki Eden Değişkenler	21
2.4 Magnetoresistive(MR) Sensörler	25
2.5 KMZ51 Anisotropik Magnetoresistive(AMR) Sensör	26
3. ÖLÇÜM SİSTEMİ.....	31
3.1 Elektronik Arabirim	32
3.1.1 Sensör Çıkış Gerilimlerinin Toplanması.....	32
3.1.2 Alternatif Sinyali(AC) Doğru Sinyale(DC) Dönüştürme	33
3.2 Sensör Verisinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması.....	34
3.2.1 12-Bit Çözünürlükte Sensör Verisinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması. 34	
3.2.2 10-Bit Çözünürlükte Sensör Verisinin Kablosuz Olarak Bilgisayar Ortamına Aktarılması.....	38
3.3 Sensör Bilgisinin Bilgisayara Alınmasında Kullanılan Yazılım.....	42
4. DENEYSEL ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	45
4.1 Numunelerin Üst Yüzey Geometrilerinin Belirlenmesi.....	46
4.2 Numunelerin Belirlenebilir Yüksekliğinin Bulunması.....	49
4.3 Prizmatik Numunelerin Eninin Belirlenmesi.....	51

4.4 Prizmatik Numunelerin Boyunun ve Çapı Yüksekliğine Göre Büyük Olan Silindirik Numunelerin Çapının Belirlenmesi	52
4.5 Çapı Yüksekliğine Göre Küçük Olan Silindirik Numunelerin Çapının Belirlenmesi	56
4.6 Numunenin Kalınlık Bilgisinin Tespit Edilmesi.....	57
4.7 Numunenin Düzlem İle Yaptığı Açının Belirlenmesi.....	58
4.8 Ortamdaki İki Numunenin Ayırt Edilebilirliği	63
4.9 Gerçek Mayınlarla Yapılan Deneysel Çalışmalar	67
4.9.1 M2 Tipi Anti Personel Kara Mayını	67
4.9.2 M16 Tipi Anti Personel Kara Mayını	69
4.10 M16 Tipi Anti Personel Kara Mayını İle Aynı Boyuttaki Konserve Kutusunun Birbirinden Ayırt Edilebilirliği.....	73
5. SONUÇ	75
EK.A SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DENEYDE KULLANILAN BELİRLİ GEOMETRİLERDEKİ NUMUNELERİN ANALİZİ	80
EK.A.1 Prizmatik Numuneler	80
EK.A.2 Silindirik Numuneler	83
EK.A.3 Numunelerin Birbirlerinden Ayrılabilirliği.....	86
EK.B TEST EDİLEN NUMUNELERİN DENEYSEL SONUÇ GRAFİKLERİ	88
EK.B.1 AISI1030-A Numunesi	88
EK.B.2 AISI1030-B Numunesi	89
EK.B.3 AISI1030-C Numunesi	90
EK.B.4 AISI1030-D Numunesi	91
EK.B.5 AISI1030-E Numunesi.....	92
EK.B.6 AISI1030-F Numunesi.....	93
EK.B.7 AISI1030-G Numunesi	94
EK.B.8 AISI1060-A Numunesi	95
EK.B.9 AISI1060-B Numunesi	96
EK.B.10 AISI1060-C Numunesi	97
EK.B.11 AISI1035-A Numunesi	98
EK.B.12 AISI1040 Numunesi	99
EK.B.13 Silindirik AISI1060 Numunesi	100
EK.B.14 AISI4140 Numunesi	101
EK.B.15 AISI8620 Numunesi	102
EK.C VERİLERİN BİLGİSAYARA ALINMASINDA KULLANILAN PROGRAM KODLARI.....	103
6. KAYNAKÇA	120

SEMBOL LİSTESİ

<u>Sembol</u>	<u>Tanımı</u>
F	Lorentz kuvveti
e	elektron yükü
E	Elektrik alan
v	Parçacık hızı
B	Manyetik alan
$1/\tau$	Rahatlama zamanı(relaxtion rate)
B_z	z-ekseni boyunca uygulanan manyetik alan
E_x	x-ekseni doğrultusunda uygulanan elektrik alan
j_x	x-ekseni doğrultusundaki akım yoğunluğu
E_y	y-ekseni doğrultusunda uygulanan elektrik alan(Hall Alanı)
m	Parçacık kütlesi
v_x	x-ekseni boyunca parçacığın sürüklenme hızı
v_y	y-ekseni boyunca parçacığın sürüklenme hızı
J	Akım yoğunluğu
N	Akım taşıyıcı sayısı
σ	İletkenlik
ρ	Elektriksel direnç
μ	Akım taşıyıcıların toplam mobilitesi
M_S	Toplam manyetik moment vektörü
m	Manyetik moment vektörü
ε	Toplam Manyetik Enerji
ε_m	Mıknatıslanma enerjisi
ε_{an}	Anisotropik manyetik enerji
θ	Manyetik moment vektörü ile manyetik alan arasındaki açı
K	Anisotropi sabiti
R	Elektriksel direnç
R₀	Başlangıç elektriksel direnç
R_s	Son elektriksel direnç
ΔR	Elektriksel direnç değişimi
B_y	Malzemede var olan manyetik alan

B_0	Uygulanan manyetik alan
V_y	Toplam gerilim
t	İnce film kalınlığı
I	Akım
$\Delta\rho$	İç direnç değişimi
S	Sensör hassaslığı
I_F	Çevirme bobin akımı
V_{cc}	Sensör besleme gerilimi
GND	Toprak
I_c	Karşılama bobin akımı
V_n	Negatif çıkış gerilimi
V_p	Pozitif çıkış gerilimi
V_{offset}	Ofset gerilimi
H	Manyetik alan şiddeti
CS	Entegre seçim pini
CLK	clock pini
DOUT	Dijital çıkış pini
D0	Paralel port 1.data pini
D1	Paralel port 2.data pini
D2	Paralel port 3.data pini
S5	Paralel port status 5. pini
DIN	Dijital giriş pini
A	Amper
μ_x	x-ekseni boyunca manyetik geçirgenlik
μ_z	z-ekseni boyunca manyetik geçirgenlik
V_0	Numune yokken sensörün okuduğu sabit gerilim değeri
X_{ci}	Gausyen eğrinin pik koordinatları
A_1	Birinci Gausyen eğri altında kalan alan
A_2	İkinci Gausyen eğri altında kalan alan
W_1	Birinci Gausyen eğrinin yarı genişliği
W_2	İkinci Gausyen eğrinin yarı genişliği
L	Numune boyu
r	Numune yarıçapı

α	Numunenin yatay ile yaptığı açı
γ	Numune merkezinin sapma açısı
y	Numune merkezinin yer değiştirme miktarı
T	Sıcaklık
T_c	Cruie sıcaklığı
T_N	Neel sıcaklığı
χ	Manyetik alınganlık
C	Cruie sabiti

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 2.1	Dikdörtgen kesitli iletken bir çubukta hall olayı	16
Şekil 2.2	Magnetoresistive bir malzemenin dış manyetik alan altındaki mıknatıslanması	18
Şekil 2.3	Kolay eksene paralel uygulanan belirli manyetik alan değerleri için açığa bağlı enerji değişimi	20
Şekil 2.4	Kolay eksene dik uygulanan belirli manyetik alan değerleri için açığa bağlı enerji değişimi	20
Şekil 2.5	Magnetoresistive özellikteki bir malzemenin uygulanan manyetik alana bağlı olarak direnç değişimi	21
Şekil 2.6	Manyetik alanın bir fonksiyonu olarak çıkış sinyalinin davranışı	23
Şekil 2.7	Sensör hassasiyetinin uygulanan alan ile değişimi	24
Şekil 2.8	Magnetoresistive bir sensöre etkiyen dış alanın etkisi	25
Şekil 2.9	KMZ51 AMR sensörün içyapısı	26
Şekil 2.10	KMZ51 sensörünün tipik çıkış gerilim eğrisi	27
Şekil 2.11	Uygulanan manyetik alana bağlı olarak magnetoresistive malzemenin manyetik momentlerindeki değişim	28
Şekil 2.12	Offset geriliminin ölçülmesinde sensör çıkış gerilimi	28
Şekil 3.1	Ölçüm sistemi	31
Şekil 3.2	Sinyal algılama sistemi	32
Şekil 3.3	Sensör çıkış gerilimlerinin toplanması	32
Şekil 3.4	AC- DC dönüştürücü	33
Şekil 3.5	MCP3201 Entegresinin çalışma diyagramı	35
Şekil 3.6	Sensör Çıkış Geriliminin Bilgisayar Ortamına Aktarılması ve Resetleme	37
Şekil 3.7	Flip bobinin tetiklenmesi	38
Şekil 3.8	ASK tipi Alıcı-Verici Modüler	38
Şekil 3.9	Senkron veri gönderme formatı	39
Şekil 3.10	Analog sinyalin kablosuz olarak aktarılmasına ait blok diyagram	40
Şekil 3.11	Sensör Çıkış Geriliminin 10-bit Çözünürlükte Kablosuz Olarak Bilgisayar Ortamına Aktarılması	41
Şekil 3.12	Sensör verilerinin yazdırıldığı ve eşzamanlı olarak çizdirilebildiği program ara yüzü	42

Şekil 3.13	Program Akış Şeması	43
Şekil 3.14	Deney bilgilerinin görülebildiği ve ölçüm sisteminin hareketinin eş zamanlı olarak gözlenebildiği program ara yüzü	44
Şekil 4.1	AISI1030-D ve AISI8620 numunelerinin, (a) resimleri (b) tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafikleri	46
Şekil 4.2	Dünyanın manyetik akısının, boyu ve çapı, yüksekliğinden büyük prizmatik ve silindirik numunelerin bulunduğu bölgedeki davranışı	47
Şekil 4.3	AISI1040 numunesinin, (a) resmi (b) tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği	48
Şekil 4.4	Dünyanın manyetik akısının, çapı, yüksekliğinden küçük silindirik malzemelerin bulunduğu bölgedeki davranışı	49
Şekil 4.5	AISI1030-A numunesi için farklı yüksekliklerdeki tek eksen taraması sonrasında sensör çıkış gerilimi değişimleri	50
Şekil 4.6	AISI1030-A numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış voltajının yüksekliğe göre değişimi	50
Şekil 4.7	AISI1030-D ve AISI1030-F numuneleri için tarama alanındaki renklendirilmiş sensör değişim grafikleri	52
Şekil 4.8	(a) x eksenı boyunca sensörün çıkış gerilimi değişimi (b) değişimin matematiksel eğrisi	53
Şekil 4.9	(a) 10cm (b) 30 cm AISI:1030 malzemesinin z=9 cm 'den x eksenine göre sensör çıkış geriliminin değişimi	54
Şekil 4.10	AISI:1030 malzemesi için boya göre $X_{c2}-X_{c1}$ farkının değişimi	55
Şekil 4.11	Farklı yükseklikte, x-eksenı boyunca taramada sensör çıkış geriliminin değişimi	56
Şekil 4.12	AISI1060 numunesi için (a) x eksenı boyunca sensör çıkış gerilimi değişimi (b) matematiksel eğrisi	57
Şekil 4.13	Farklı kalınlıklardaki AISI1030-C numunesinin tek eksen taraması	58

Şekil 4.14	AISI1030-C numunesi için kalınlığa bağlı sensör çıkış gerilim değişimi	58
Şekil 4.15	AISI1030-C numunesi ile yapılan tek eksen taraması sırasında sensör çıkış geriliminin x eksenine göre değişimi	59
Şekil 4.16	Numunenin düzlem ile yaptığı açıya bağlı merkezinin yer değiştirmesi	59
Şekil 4.17	(a) Düzlem ile 0° yapan (b) 30° yapan AISI1030-C numunesinin x-y alan taraması sonucu	60
Şekil 4.18	AISI1030-C numunesi için merkezinin sapma miktarına bağlı sensör çıkışı değişimi	61
Şekil 4.19	AISI8620 numunesi ile yapılan tek eksen taraması sırasında sensör çıkış geriliminin x eksenine göre değişimi	61
Şekil 4.20	(a) Düzlem ile 0° yapan (b) 30° yapan AISI1030-C numunesinin x-y alan taraması sonucu	62
Şekil 4.21	AISI8620 numunesi için merkezinin sapma miktarına bağlı sensör çıkışı değişimi	63
Şekil 4.22	AISI1035-A ile AISI1030-G numunelerinin (a) resimleri, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi	63
Şekil 4.23	İki tane AISI1030-C numunesinin (a) resimleri, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi	64
Şekil 4.24	AISI8620 ile AISI1035-A numunelerinin (a) resimleri, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi	65
Şekil 4.25	AISI8620 ile AISI1060 numunelerinin (a) resimleri, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi	66
Şekil 4.26	M2 tipi anti personel kara mayınının (a) resmi, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi	67
Şekil 4.27	M2 anti personel mayın için x eksen boyunca sensör çıkış gerilim değişimi ve matematiksel eğrisi	68

Şekil 4.28	M2 Tipi Anti-Personel mayının için mayın-sensör yüksekliğinin maksimum sensör çıkış gerilim değerlerine göre değişimi	69
Şekil 4.29	M16 tipi anti personel kara mayınının (a) resmi, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi	70
Şekil 4.30	M16 anti personel mayın için x eksenı boyunca sensör çıkış gerilim değişimi ve matematiksel eğrisi	71
Şekil 4.31	M16 Tipi Anti-Personel mayının için mayın-sensör yüksekliğinin maksimum sensör çıkış gerilim değerlerine göre değişimi	72
Şekil 4.32	Konserve kutusunun (a) resmi, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi	73
Şekil 4.33	Konserve kutusu için sensör-kutu yüksekliğinin maksimum sensör çıkış gerilim değerlerine göre değişimi	74
Şekil A.1	Boyu 10 cm olan prizmatik numunenin akı davranışının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi	80
Şekil A.2	Boyu 30 cm olan prizmatik numunelerin akı davranışının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi	81
Şekil A.3	Boyu 30 cm olan prizmatik numunenin uzun eksenı boyunca manyetik akı büyüklüğü değişimi	81
Şekil A.4	Farklı boylardaki prizmatik numunelerin manyetik alan altındaki akı davranışı	82
Şekil A.5	Prizmatik numunelerin boylarına karşılık manyetik akı büyüklük değişimi	82
Şekil A.6	(a) Çapı 9 cm (b) Çapı 13 cm olan numunelerin akı davranışının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi	83
Şekil A.7	Çapı 9 cm olan silindirik numunenin çapı boyunca manyetik akı büyüklük değişimi	84
Şekil A.8	Farklı çaplardaki silindirik numunelerin manyetik alan altındaki akı davranışı	85
Şekil A.9	Silindirik numunelerin çaplarına karşılık manyetik akı büyüklük değişimi	85

Şekil A.10	Boyu 10 cm, eni= 3 cm olan iki prizmatik numunenin manyetik alan altındaki akı çizgilerinin davranışı	86
Şekil A.11	Çapları 9 cm ve 13 cm olan iki silindirik numunenin manyetik alan altındaki akı çizgilerinin davranışı	87
Şekil A.12	Çapı 9 cm ve eni 3 cm, boyu 10 cm olan prizmatik ve silindirik numunenin manyetik alan altındaki akı çizgilerinin davranışı	87
Şekil B.1	AISI1030-A Numunesi	88
Şekil B.2	(a) AISI1030-A numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-A numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	88
Şekil B.3	AISI1030-B Numunesi	89
Şekil B.4	(a) AISI1030-B numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-B numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış gerilimlerinin yüksekliğe göre değişimi	89
Şekil B.5	AISI1030-C Numunesi	90
Şekil B.6	(a) AISI1030-C numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-C numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	90
Şekil B.7	AISI1030-D Numunesi	91
Şekil B.8	(a) AISI1030-D numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-D numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	91
Şekil B.9	AISI1030-E Numunesi	92
Şekil B.10	(a) AISI1030-E numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-E numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	92
Şekil B.11	AISI1030-F Numunesi	93

Şekil B.12	(a) AISI1030-F numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-F numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	93
Şekil B.13	AISI1030-G Numunesi	94
Şekil B.14	(a) AISI1030-G numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-G numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	94
Şekil B.15	AISI1060-A Numunesi	95
Şekil B.16	(a) AISI1060-A numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1060-A numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	95
Şekil B.17	AISI1060-B Numunesi	96
Şekil B.18	(a) AISI1060-B numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1060-B numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	96
Şekil B.19	AISI1060-C Numunesi	97
Şekil B.20	(a) AISI1060-C numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1060-C numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	97
Şekil B.21	AISI1035-A Numunesi	98
Şekil B.22	(a) AISI1035-A numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1035-A numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	98
Şekil B.23	AISI1040 Numunesi	99
Şekil B.24	(a) AISI1040 numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1040 numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	99

Şekil B.25	AISI1060 Numunesi	100
Şekil B.26	(a) AISI1060 numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1060 numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	100
Şekil B.27	AISI4140 Numunesi	101
Şekil B.28	(a) AISI4140 numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI4140 numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	101
Şekil B.29	AISI8620 Numunesi	102
Şekil B.30	(a) AISI8620 numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI8620 numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi	102

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge Numarası	Adı	Sayfa
Tablo 2.1	Manyetik alan sensörlerinin bazı tipik değerleri	13
Tablo 2.2	KMZ51 entegresinin pin numaraları ve işlevleri	26
Tablo 4.1	Bazı numunelerin maksimum belirlenebilme yüksekliği	51
Tablo 4.2	AISI1030 Malzemesinin Boyuna Göre X_{c2} - X_{c1} Farkının Değişimi	54
Tablo 5.1	Çalışmada kullanılan numunelerin maksimum algılanma yükseklikleri	78
Tablo B.1	AISI1030-A Numunesi kimyasal bileşeni	88
Tablo B.2	AISI1030-B Numunesi kimyasal bileşeni	89
Tablo B.3	AISI1030-C Numunesi kimyasal bileşeni	90
Tablo B.4	AISI1030-D Numunesi kimyasal bileşeni	91
Tablo B.5	AISI1030-E Numunesi kimyasal bileşeni	92
Tablo B.6	AISI1030-F Numunesi kimyasal bileşeni	93
Tablo B.7	AISI1030-G Numunesi kimyasal bileşeni	94
Tablo B.8	AISI1060-A Numunesi kimyasal bileşeni	95
Tablo B.9	AISI1060-B Numunesi kimyasal bileşeni	96
Tablo B.10	AISI1060-C Numunesi kimyasal bileşeni	97
Tablo B.11	AISI1035-A Numunesi kimyasal bileşeni	98
Tablo B.12	AISI1040 Numunesi kimyasal bileşeni	99
Tablo B.13	AISI1060 Numunesi kimyasal bileşeni	100
Tablo B.14	AISI4140 Numunesi kimyasal bileşeni	101
Tablo B.15	AISI8620 Numunesi kimyasal bileşeni	102

ÖNSÖZ

Çalışmalarım süresince deneyimleriyle beni yönlendiren, lisans ikinci sınıftan bu zamana kadar hiçbir bilgisini esirgemeyen, beni her zaman destekleyen, en kötü günümde bile yanımda olan çok değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Yavuz Ege 'ye teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca desteklerini ve sevgilerini benden bir an bile esirgemeyen, özellikle yüksek lisans öğrenimim boyunca her zaman yanımda olan, yaşadığım olumsuz durumlar karşısında güçlü olmam gerektiğini söyleyen aileme çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca yakınımda olmasa da her zaman bana güvenen, başarılı olacağım konusunda bir an bile tereddüt etmediğini söyleyen dedeme teşekkür ederim.

Balıkesir, 2010

Mehmet Gökhan ŞENSOY

1. GİRİŞ

Günümüzde uzaktan algılama yöntemleri, jeolojik ve arkeolojik araştırmalarda, inşaat mühendisliği alanında, sağlık alanında, trafik yoğunluğu belirlemede, askeri alanda etkin olarak kullanılmaktadır. Uzaktan algılanacak nesnenin tipi, yapıldığı malzeme (manyetik ya da manyetik özellik göstermeyen), bulunduğu yer (su ya da yeraltı) gibi değişkenler, kullanılacak yöntemi belirlemektedir. Geçmişten bugüne kullanılan uzaktan algılama yöntemleri ve çalışma prensipleri aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1.1 Akustik yöntem -Sismik Yöntem

Sismik-akustik yaklaşım toprağın 1 kHz den az frekanslarda uyarılması ve toprakta meydana gelen bu titreşimlerle gömülü objenin üzerindeki toprağın "titreşim işaretlerinin" uzaktan algılayıcılarla ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Toprak titreşimi, havadan taşınan akustik dalgalar ya da topraktan taşınan sismik dalgalar yardımıyla sağlanabilmektedir. Uzaktan algılama ise laser-doppler titreşim ölçer ile yapılmaktadır. Sismo-akustik algılama tekniğinde en önemli husus tespit edilecek objeden alınacak "titreşim sinyallerinin" anlaşılması ve doğru yöntemlerle işaretlenmesidir. Günümüzde:

- Küresel ısınma ve değişimlerin gözlemlenmesi yönündeki çalışmalarda [1],
- Endüstriyel uygulamalarda manyetik ya da manyetik özellik göstermeyen malzemelerden yapılan araçların imalatında oluşan gözle görülemeyen hasarların, bu yöntemle elde edilen sinyalin gerilim büyüklüğünün karşılaştırılması, spektrum analizi, genlik dağılım analizi gibi işlemlerden yararlanılarak tespit edilmesinde [2,3],

- Su ya da buz altındaki yüksek enerjili nötrinoların tespit edilmesinde [4,5],
- Tıp alanında kullanılan ilaçların üretimi sırasında meydana gelen kusurların tespitinde [6],
- Askeri ve sivil havacılık alanında var olan uçakların gövde, kanat gibi kısımlarında çeşitli nedenlerden dolayı oluşan, gözle görülmeyen hasarların tespit edilmesinde [7,8],
- Deniz altı yaşamı takip etmek amacıyla özellikle soyu tükenmekte olan canlıların takip edilmesinde [9,10],
- Endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere üretilen yumuşak ve paslanmaz çelik plakaların dökümü sırasında oluşan çatlak, hava kabarcığı gibi kusurların tespit edilmesinde [11,12],
- Özellikle gaz bacalarının üretimi sırasında ya da zaman içerisinde oluşan hasarlardan dolayı meydana gelen gaz kaçaklarını önlemek amacıyla [13],
- Dielektrik özelliklerinin farklı olmasından dolayı buz altında var olan petrolerin tespit edilmesinde [14],
- Askeri alanda kara mayınlarının tespit edilmesinde [15- 19],

akustik yöntemden yararlanılmaktadır.

1.2 Yer Etkili Radar (GPR-Ground Penetrating Radar) Dedeksiyonu

Yere nüfuz eden radar(GPR), toprak altına gizlenmiş hedeflerin tespiti için geliştirilmiş bir tekniktir. GPR 'in çalışma prensibi; verici anten(ler) yardımıyla yer merkezine doğru gönderilen yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların toprağın içerisindeki hedeften yansıma yapması ve bu yansımaların alıcı yardımıyla kaydedilmesi esasına dayanır. Hedefler buldukları ortamdan farklı doğal rezonanslara sahip oldukları için hedefin elektromanyetik dalgayı soğurma miktarına bağlı olarak hedef yüzeyinden yansıyan dalgalar ile bulunduğu ortamdan yansıyan dalgalar farklılık gösterecektir. Fakat radar sinyallerinin bant genişliği nesnenin doğal rezonansını ortaya çıkaracak şekilde ayarlanmalıdır [20].

Öte yandan yansımanın tespiti yan faktörlerin de etkisiyle her zaman kolay olmamaktadır. Çünkü toprağın nemliliği, heterojenliği ve hedef dışındaki cisimlerin varlığı gibi sayısız değişken parametre algılanan yansımayı bozar ve örter. Ayrıca toprak ile obje arasındaki küçük boşluklar veya toprak ile büyük kaya parçaları arası farklılıklar yanıltıcı yansımalara sebep olabilir. Bu olası değişken ortamlarda alınan sinyallerin yakalanıp doğru yorumlanması çok önemlidir. Bu sebeple GPR problemlerini küçük bilgisayarlı sistemlerde yorumlayacak ve anlamlı ses ve görüntülere çevirecek matematiksel model, değişik filtre ve algoritmalara büyük iş düşmektedir.

GPR sisteminde en önemli husus; radyo dalgalarının frekans kontrolüdür. Yere salınan radyo dalgasının boyu ile toprak içinde algılanabilecek nesnelere büyüklükleri arasında doğru orantı vardır. Bu nedenle dalganın boyu küçüldükçe ve dolayısıyla frekansı arttıkça görüntü kalitesi de artar. Buna karşın frekans yükseldikçe toprağa nüfuz derinliği azalacağından, nüfuz derinliği ile görüntü kalitesi arasında sürekli bir tercih gereği ortaya çıkmaktadır. Yeterli etki derinliği sağlanırken kaliteli görüntünün elde edebileceği en uygun ayar değerleri çevre şartları, toprak tipine ve objenin konumuna bağlıdır. Günümüzde:

- Köprü, geçit gibi altyapıların tahribatsız olarak zaman içerisinde oluşan hasarların tespit edilerek gerekli önlemlerin alınmasında [21],
- Bir bölgedeki bitkilerin yaşam ortamlarına bağlı olarak depoladıkları karbon miktarının tespit edilmesinde [22],
- Arkeolojik çalışmalarda toprağın elektriksel geçirgenliğindeki değişimlerden faydalanılarak toprağın altında var olan tarihi yapıların tespit edilmesinde [23,24,25],
- Doğal ortamda canlıları tehdit eden durumların bulunması ve canlıların aktiviteleri ile potansiyel yiyeceklerinin durumlarının tespit edilmesinde [26],
- Su dışındaki toprak altı sıvıların(petrol gibi) tespit edilmesinde [27],
- Uzay araştırmalarında dünya dışı gezegenlerin yüzey özelliklerinin tespit edilmesinde [28],

- Betonarme yapılardaki demir donatıların tespit edilmesinde ve var olan hasarlarının(çatlak gibi) belirlenmesinde [29- 33],
- Kesilen ağaç gövdelerinin içerisinde var olan boşlukların, kusurların tespit edilmesinde [34],
- Jeolojik araştırmalarda buz kalınlığının ölçülmesinde [35],
- Kara mayınlarının tespit edilmesinde [36-72],

GPR yönteminden yararlanılmaktadır.

1.3 Elektromanyetik İndüksiyon Spektroskopisi

Metal içerikli nesnelere; elektrik iletkenliği, manyetik alan geçirgenliği, geometrik şekil ve büyüklük gibi kendine has ayırt edici özelliklere sahiptirler. Zamana bağılı elektromanyetik değişimin olduğu bir ortama iletken ve manyetik geçirgenliği olan bir nesne konulduğunda, nesne üzerinde bir elektrik yük akışı oluşmakta ve indüklenen akım zayıf ikincil bir manyetik alan üretmektedir. Bu noktadan hareketle, nesne düşük frekanslı bir elektromanyetik alana maruz kaldığında oluşan bu ikincil manyetik alan geniş bir bant aralığında (30Hz – 24kHz) incelendiğinde nesneye has ve onu tanımlayabilecek spektral bir sinyal elde edilmektedir. Bu şekilde ikincil manyetik alanın algılanması ile nesne belirlenmiş olmaktadır.

Hava alanlarında güvenlik kontrolünde ve define avcılarının arazide kullandıkları metal detektörlerin temel çalışma tekniğı, elektromanyetik indüksiyona dayanmaktadır. Buna karşın bu sistemlerde bir metali diğerinden ayırt etmek veya metal oranı düşük nesnelere algılamak mümkün değildir. Bu nedenle bu detektörlerin yanlış hedef sayısı gerçek hedeflerden çok fazla olmaktadır. Elektromanyetik indüksiyon spektroskopisinde algılayıcı olarak indüksiyon bobini, değişik magnetometreler ve iletkenler ölçerler kullanılmaktadır.

Genel olarak bu teknolojinin nüfuz derinliği tatmin edici olsa da düşey derinlik menzili kısıtlıdır. Günümüzde;

- Ekoloji alanında toprak özelliklerinin belirlenmesinde [73],
- Mühendislik uygulamalarında, yapı sağlığı denetimlerinde ve manyetik karakteristikteki malzemelerde oluşan kusurların ve çatlakların tespit edilmesinde [74-79],
- Üretilen ince filmlerin yapısındaki kusurların tespit edilmesinde[80],
- Endüstriyel uygulamalarda eriyik yapıda ferromanyetik özellikteki malzemelerin dökümü sırasında görüntülenmesinde [81],
- Askeri alanda kara mayınlarının ve patlamamış cephanelerin tespit edilmesinde [82-89],

elektromanyetik indüksiyon ile görüntüleme tekniğinden yararlanılmaktadır.

1.4 Kızıl Ötesi Görüntüleme

Kızılötesi ışınlar spektroskopi, bilimsel araştırmalarda ve diğer ölçüm sistemlerinde (tahribatsız test teknikleri) oldukça sık kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmeler sayesinde kızılötesi bölgede yüksek ve hassas duyarlılıkta algılama ve görüntüleme sistemleri geliştirilmiştir. Tespit edilecek nesnenin üretiminde kullanılan malzemeler nedeniyle bulunduğu çevreden farklı ısıl karakteristiklere sahiptirler. Bu özellikten yararlanarak, çevrenin doğal ısı değişimleri sırasında malzemede oluşan sıcaklık farklılıklarının termal kameralar aracılığıyla algılanması üzerine kurulmuş bir tekniktir [90,91].

Askeri alanda özellikle kara mayınlarının tespitinde kullanılan bu yöntem ile iyi sonuçlar alınabilmektedir. Mayınlar, üretimde kullanılan malzemeler nedeniyle bulunduğu çevreden farklı ısıl karakteristiklere sahiptirler.

Bu özellikten yararlanarak, çevrenin doğal ısı değişimleri sırasında mayında oluşan sıcaklık farklılıklarını termal kameralar ile ölçmek ve bu sayede mayını tespit etmek mümkündür. Bu teknolojideki gelişmeler daha ziyade, mayınlı alanların havadan (zeplin, helikopter, balon vb.) taranması üzerine yoğunlaşmıştır. Günümüzde genel olarak bu yöntemin kullanıldığı alanları aşağıdaki gibi sıralamamız mümkündür:

- Yeraltındaki gözenekli yapıların içerisindeki suyun hareketini ve depolanan miktarının tespit edilmesinde [92],
- Endüstriyel uygulamalarda kullanılacak olan malzemelerin kuvvet altındaki değişimlerinin (yorulma, çatlak, gibi) incelenmesinde [93],
- Malzemelerin üzerinde zaman içerisinde oluşan korozyonun incelenmesinde [94],
- Uzay araçlarında gözlem yapmak amacıyla üretilen yüksek çözünürlüklü gözleme sistemlerinde [95, 96],
- Astrofiziksel gözlemlerde veri toplamak amacıyla [97]
- Katı oksit yakıt hücrelerinin performanslarının incelenmesinde [98],
- Bina, köprü gibi yapılarda zaman içerisinde oluşan hasarların tespit edilerek gerekli önlemlerin alınmasında [99, 100],
- Kara mayınlarının tespit edilmesinde kullanılmaktadır [101- 108].

1.5 Çekirdek Dört-kutup Rezonansı(NQR)

Çekirdek Dörtkutup Rezonansı [Nuclear Quadrupole Resonance, NQR], birçok patlayıcı ve uyuşturucu maddenin yapısında bulunan azot izotopunun (^{14}N) tespit edilmesine dayalı, Manyetik Rezonans (MR) tekniğine benzeyen özgün bir radyo frekansı (RF) tekniğidir.

Doğru frekansta düşük yoğunluklu RF sinyali patlayıcıya uygulanarak (ki bu genellikle 0,5 ile 6 MHz arasındadır) azot çekirdeğinin enerji seviyesi değiştirilir.

RF uyarımı kaldırıldığında, çekirdekler başlangıç enerji seviyelerine geri dönerler ve bu sırada bir enerji salınır. Bu enerji nedeni ile bir de karakteristik radyo sinyali açığa çıkar. Algılayıcı bobinlerde elde edilecek bu zayıf indüksiyon akımlarının şiddeti patlayıcının miktarını, frekansı ise cinsini ortaya koyar. Çekirdek Dört-kutup Rezonansı metodunun kullanımı, düşük sinyal gürültü oranı (SNR) tarafından sınırlıdır. Son yapılan çalışmalarda SNR 'i çoğaltmak için NQR frekanslarının sıcaklığa bağlılığını okuyan lineer olmayan detektör geliştirilmiştir. Ayrıca yine SNR 'i çoğaltmak için NQR frekanslarının sıcaklığa bağlılığını okuyan maksimum olasılık (AML) detektörü geliştirilmiştir. Hem gerçek hem de yapay ölçülmüş veriler üzerine yapılan nümerik simülasyonlar metodun performansının mükemmelliğini göstermiştir [109, 110]. Günümüzde:

- Polimer özellikteki malzemelerin elastik ve termal özelliklerinin belirlenmesinde [111],
- Süperiletken yapımında kullanılan malzemelerin (UNi_2Al_3 gibi) statik ve dinamik yapılarının tespit edilmesinde [112- 114],
- Süperiletken ince filmlerdeki kusurların tespit edilmesinde [115],
- Camsı yapıdaki kristallerin yapı analizinde [116],
- Patlayıcı ve yasal olmayan uyuşturucu maddelerin tespit edilmesinde [117,118]
- Kara mayınlarının tespit edilmesinde [119],

çekirdek dört-kutup rezonansı yönteminden faydalanılmaktadır.

1.6 Isıl nötron aktivasyonu (Thermal Neutron Activation – TNA)

Tespit edilecek malzeme üzerine, gama ışınlarının gönderilip, nesneden yansıyan ışınların algılanmasına dayalı bir yöntemdir[120]. Gizlenmiş objelerin tespit edilmesinde, kimyasal yapısında azot miktarı fazla olan özellikle patlayıcı gibi maddelerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır.

Birçok patlayıcının yapısında oldukça fazla bulunan azot çekirdeğinin, toprak yüzeyinde elektron hızlandırıcı kullanılarak elektron bombardımanına tutulması neticesinde aktive edilmesiyle salacağı özel gama ışınlarının algılanmasına dayalı bir yöntemdir. Geri saçılan gama ışınlarının algılanması çok hızlı olduğu için mayın tespiti de çok hızlıdır. Günümüzde;

- Askeri alanda, kara mayınlarının ve patlamamış cephanelerin tespit edilmesinde [121- 129],
- Patlayıcı ve uyuşturucu özellikte maddelerin tespit edilmesinde [130],
- Jeolojik çalışmalarda, yeraltındaki çeşitli elementlerin tespit edilmesinde [131],
- Arkeolojik çalışmalarda belirli bir bölgedeki (tarihi bir yaşam alanı gibi) kalıntı elementlerin ve organik atıkların incelenmesinde [132- 134].
- Endüstriyel uygulamalarda kullanılan demir ve çelik gibi malzemelerin yapılarında bulunan diğer elementlerin tespit edilmesinde [135, 136],
- Yerleşim yerlerinin atmosferinde bulunan parçacıkların tespitinde [137],
- Sağlık alanında, kemik dokusunda bulunan elementlerin tespit edilmesinde [138,139],
- Arkeoloji alanında, arkeolojik materyallerin tespit edilerek yapılarındaki bileşimlerin tespitinde [140],

ıslı nötron aktivasyon görüntüleme tekniğinden yararlanılmaktadır.

1.7 Nötron geri saçılımı

Tespit edilmek istenilen nesnenin yapısında bulunan hidrojen çekirdeğine ait elektronların, yüksek enerjili elektronlarla aktifleştirilerek kopartılması ve geriye saçılan düşük enerjili elektronların algılanarak sayılması esasına dayanır [141].

Genellikle;

- Endüstriyel uygulamalarda, üretilen malzemelerin yapılarındaki elementlerin tespit edilmesinde [142],
- Mühendislik uygulamalarında, gerilme altındaki malzemelerin yapısal değişimlerinin izlenmesinde ve uygulamalarda kullanılacak malzemelerin kalite kontrollerinin yapılmasında [143- 145],
- Su altında bulunan ya da ulaşılması zor olan depo, tanker gibi yapıların içerisindeki sıvı (petrol gibi) seviyelerinin belirlenmesinde [146, 147],
- Askeri alanda kara mayınlarının tespit edilmesinde [148- 152],

nötron geri saçılımı tekniğinden yararlanılmaktadır.

1.8 X-ışını geri saçılımı

Hızlandırılmış fotonların nesne içinden geçirilmesi ve izdüşümünde yoğunluğa bağlı olarak kütlelerin arka tarafındaki ışığa duyarlı filmde meydana gelen görüntünün yorumlanmasına dayanır. Genel olarak,

- Mühendislik uygulamalarında kullanılan demir, çelik gibi malzemelerin yapılarının (çatlak ya da yapısal kusurlar gibi) incelenmesinde [153, 154],
- Sağlık alanında kanserli bölgelerin tespit edilmesinde [155],
- Betonarme binalarda kolonların yapısal (korozyon, hava boşluğu gibi) incelenmesinde [156- 158],
- Askeri alanda, patlayıcıların ve kara mayınlarının tespit edilmesinde [159-168],

x-ışını geri saçılımı tekniğinden yararlanılmaktadır.

1.9 Manyetik Anomali Yöntemi (MAD)

Bu tekniğin temeli, dış manyetik alan ya da dünyanın manyetik alanına maruz kalan ferromanyetik karakteristikteki bir objenin, bulunduğu bölgedeki manyetik alanda oluşturduğu değişimler ve bu değişimlerin algılanmasına dayanmaktadır. Bu teknik için güç tüketiminin az olması ve algılama hassasiyeti önemli unsurlardır. Güç sarfiyatının minimum olabilmesi ise, ancak ekstra alan oluşturma yerine dünyanın manyetik alanının kullanılmasıyla olabilir. Bununla birlikte objeyi belirleme ve tanımlama hassasiyeti, algılayıcının hassasiyetiyle doğru orantılıdır. Algılayıcının hassasiyeti, manyetik malzemenin var olan manyetik dipolleri ile manyetik alanın etkileşmesi ve buna bağlı olarak manyetik akı çizgilerinin yöneliminin bozulmasını en iyi belirlemesiyle ölçülür.

Manyetik malzemenin varlığında algılayıcının bulunduğu bölgedeki akı yoğunluğunun azalması, algılayıcıdaki dipolleri etkileyerek algılayıcıda elektriksel değişime sebep olmakta ve çıkış gerilimini değiştirmektedir. Bu değişimler yorumlanarak, manyetik özellikteki objenin yeri, boyutları ve tespit edilebiliyorsa karakteristik özellikleri hakkında bilgi edinilebilmektedir.

Bu yöntem (MAD) kullanılarak mühendislik ve endüstriyel uygulamalar için geliştirilecek ölçüm sistemi, araştırma ve alarm sistemi olmak üzere iki kısımdan oluşmalıdır. Araştırma sistemi; var olan manyetik malzemenin yerinin tespit edilebilmesi için geliştirilmesi gereken sistemdir.

Bu sistem hareketli bir platform, uygun bir algılayıcı ve verilerin elektrik sinyallerine dönüştürülebilmesi için gerekli olan elektronik bir üniteden oluşmaktadır. Bu araştırma sistemiyle manyetik özellikteki objenin oluşturduğu anomali algılanıp, elektronik sistem ile sayısal bir ortama aktarıldıktan sonra, elde edilen verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirme işlemi, yazılacak olan bir algoritma ile yapılmalıdır. Değerlendirme işleminin yer aldığı bu aşama alarm sistemini oluşturmaktadır.

Ancak burada en önemli nokta, manyetik malzemenin bulunduğu ortamın manyetik olarak temiz olmamasından dolayı elde edilecek sinyallerin iyi bir şekilde minimize edilmesi gerekliliğidir. Bunun için araştırılmak istenen malzemenin daha önceden kalibrasyonun doğru bir şekilde yapılması gereklidir. Ölçüm sisteminden elde edilecek veriler daha önceden benzer objeler için elde edilmiş doğru veriler ile karşılaştırılarak doğru sonuç elde edilmelidir. Manyetik anomali yönteminin kullanıldığı alanlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Jeolojik araştırmalarda; doğal kaynakların keşfedilmesinde uygulanan birçok metot vardır. Bunlardan birisi de manyetik yöntemdir. Bu yöntem ile özellikle ferromanyetik özellikteki nesnelere dünyanın manyetik alanı içerisinde oluşturdukları anomaliye bağlı olarak tespitleri söz konusudur. Bu araştırmalarda uçak, helikopter gibi araçlar kullanılarak özellikle deniz altındaki objeler belirlenmektedir [169].
- Sismik dalgalanmaların yeryüzünde oluşturdukları manyetik anomalinin algılanıp yorumlanmasında kullanılmaktadır [170, 171].
- Askeri alanda; kara ve deniz mayınlarının tespitinde, patlamamış durumda bulunan cephanelerin belirlenmesinde, özellikle savaş durumunda deniz altı gibi araçların tespit edilmesinde manyetik anomali yönteminden sıkça yararlanılmaktadır [172- 174].
- Sağlık alanında; belli fiziksel ve duygusal durumlarda insan beyinin durumunun incelenerek, beyinde etkilenen bölgelerin tespit edilmesinde, ayrıca kanserli bölgelerin tespitinde bu yöntemden faydalanılmaktadır [175- 177].
- Araç tanıma ve trafik yoğunluk gözlemlenmesinde, araçların dünyanın manyetik alanı içerisindeki oluşturdukları anomaliden faydalanılmaktadır. Böylece trafiğin gün içerisinde yoğun olduğu yerlerdeki araç sayısı ve ortalama hangi tipte araçların o güzergâhı kullandığı tespit edilebilmektedir [178].

Son zamanlarda uzaktan algılama yöntemlerinin üzerinde yapılan çalışmalar, var olan algılama yöntemlerinin algılama mesafesi, hassaslığı, güç tüketimi gibi değişkenlerinin iyileştirilmesi üzerinde olmuştur. Yukarıda bahsedildiği gibi bugüne kadar yapılan (araç tanıma ve trafik yoğunluk gözlemleri hariç) manyetik anomali ile ilgili çalışmalarında genellikle dünyanın manyetik alanına ek olarak malzemeyi bir alan kaynağı ile manyetize ederek ölçümler gerçekleştirilmiştir [169- 181]. Bu da güç tüketimini arttırmaktadır. Bu yüzden dünyanın manyetik alanını kullanarak hassaslıkları farklı sensörlerle manyetik malzemeleri belirlemek, birbirinden ayırmak ve tanımlamak bu yöntemin yeni bir uygulaması olacaktır.

2.TEMEL BİLGİLER

2.1 Manyetik Sensörler

Günümüzde manyetik alan ölçebilen birçok sensör üretilmektedir. Bunlardan deneysel ve endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılanlarını:

- İndüksiyon bobinleri
- Hall sensörler
- Magnetoresistive sensörler (AMR, GMR, CMR, TMR)
- Fluxgate sensörler
- Magneto-elektrik sensörler
- SQUID sensörler

şeklinde sıralayabiliriz. Tablo 2.1 'de bahsedilen sensörlerin çalışma frekans aralıkları ile algılayabildikleri minimum ve maksimum manyetik alan sınır değerleri verilmiştir. Magnetoresistive (manyetik alan altında elektriksel dirençteki değişim) sensörler dışında diğer sensörlerin algılayabildikleri alan değerleri, frekans ile orantılı olarak değişim gösterirler. Frekansa bağlılık en çok indüksiyon bobinlerinde söz konusudur [182].

Tablo 2.1 Manyetik alan sensörlerinin bazı tipik değerleri [182]

Sensör Tipi	min. B	maks. B	Çalışma frekans aralığı
İndüksiyon bobini	100 fT	Sınırsız	0.1 mHz-1MHz
Hall sensör	10 nT	20T	0-100 MHz
Magnetoresistive sensör	100 pT	100mT	0-100 MHz
Fluxgate sensörler	10 pT	1mT	0-100 MHz
Magneto-elektrik sensörler	1 pT	-	0.1 mHz-1kHz
SQUID sensörler	5 fT	1 μ T	0-100 kHz

Uygun sensör seçerken, birincil ve ikincil parametreler göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Birincil parametreler, menzil, bant genişliği, doğruluk, çözünürlük, lineerlik, çıkış sinyalinin davranışı, ...vb. şeklinde sıralayabiliriz. İkincil parametreler ise, sensör geometrisi, çalışma sıcaklığı, kimyasal hassaslık, empedans, güvenilirlik, güç tüketimi ve fiyat olarak sıralanabilir [182, 183].

Yukarıda bahsedilenlerin ışığında, çalışmamızda yüksek hassasiyeti, düşük güç tüketimi, oda sıcaklığında çalışabilmesi, uygun fiyatı gibi özelliklerinden dolayı magnetoresistive özellikte bir sensör kullanılması uygun bulunmuştur.

2.2 Manyetik Alanın Elektriksel Dirence Etkisi (Magnetoresistivity)

Magnetoresistive etki, manyetik alan altında malzemenin direncinin değişmesiyle ilişkilidir. Bu etki 1856 yılında Thomson tarafından keşfedilmiştir. Ferromanyetik film teknolojisindeki gelişmeler ve anisotropik magnetoresistive (AMR) etkinin kullanılması bu konu üzerindeki çalışmaları hızlandırmıştır. Anisotropik magnetoresistive etkide malzemenin direncinde %5 civarında bir değişim gözlenmektedir. Giant magnetoresistive etkinin (yüksek manyetik alan altında dirençte %80'e varan değişimler gözlenmiştir) keşfedilmesiyle de magnetoresistive etkinin kullanımı her geçen gün artmaya devam etmektedir. Bunlar dışında araştırmacılar tarafından üretilen malzemelerde ayrıca CMR (colossal magnetoresistivity) ve TMR (tunnel magnetoresistivity) olarak isimlendirilen etkiler de gözlenmiştir [182].

Anisotropik magnetoresistive etkide, elektriksel direnci hesaplamak için, manyetik ve elektrik alan altında yüklü parçacıkların hareket denkleminde yararlanmalıdır. Bu durumda yüklü parçacığa etkiyen Lorentz kuvveti:

$$\vec{F} = -e\vec{E} - e(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (2.1)$$

şeklinde olmaktadır.

Denklem (2.1)'de Newton'un II. yasasını kullanırsak [184] aynı denklem:

$$m \left(\frac{d}{dt} + \frac{1}{\tau} \right) \vec{v} = -e\vec{E} - e(\vec{v} \times \vec{B}) \quad (2.2)$$

şeklinde yazılır. Burada $1/\tau$ rahatlama (relaxtion rate) oranıdır.

Şekil 2.1(a) 'da \mathbf{B}_z manyetik alanına yerleştirilmiş iletken bir çubuk görülmektedir. Çubuğun uçları arasına uygulanan \mathbf{E}_x elektrik alanı çubuk boyunca bir \mathbf{j}_x elektrik akım yoğunluğuna neden olacaktır. Elektrik alan uygulanmasından hemen sonra negatif yüklü elektronların sürüklenme hızı Şekil 2.1(b) 'de gösterilmiştir. y yönündeki sapma manyetik alandan kaynaklanmaktadır. Elektronlar çubuğun bir yüzünde yığılırken karşı yüzde pozitif iyon fazlalığı oluşmaktadır. Bu durumda Şekil 2.1(c) 'de gösterilen enine bir \mathbf{E}_y elektrik alan(Hall alanı) oluşmaktadır ve bu alan, manyetik alanının oluşturduğu Lorentz kuvvetini dengeleyecek büyüklüktedir[184].

x - y düzleminde elektrik alanın olduğu ve z -ekseni boyunca manyetik alan uygulandığı bir ortamda (Şekil 2.1) elektrona etkiyen Lorentz kuvvetinin x ve y bileşenleri;

$$\frac{m}{\tau} v_x = -e(E_x + Bv_y) \quad (2.3)$$

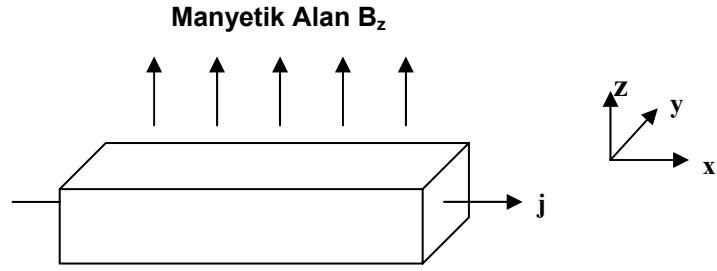
$$\frac{m}{\tau} v_y = -e(E_y - Bv_x) \quad (2.4)$$

şeklinde olacaktır. Denklem (2.3) ve Denklem (2.4)'ten v_x ve v_y 'yi yazacak olursak:

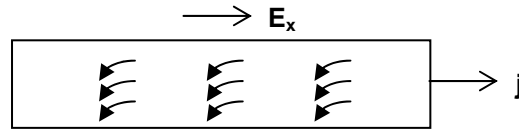
$$v_x = -\frac{e\tau/m}{1+(eB\tau/B)^2} (E_x - E_y \cdot eB\tau/m) \quad (2.5)$$

$$v_y = -\frac{e\tau/m}{1+(eB\tau/B)^2}(E_y + xE_y \cdot eB\tau/m) \quad (2.6)$$

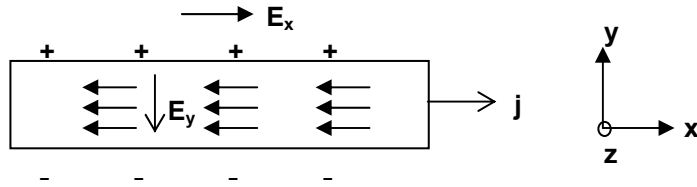
çıkacaktır. v_x ve v_y , elektronun sahip olduğu sürüklenme hızının x ve y bileşenidir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.1 Dikdörtgen kesitli iletken bir çubukta hall olayı

Bilindiği üzere sürüklenme hızı v olan akım taşıyıcılarının iletkende oluşturduğu J akım yoğunluğu,

$$\vec{j} = -eN \cdot \vec{v} \quad (2.7)$$

ile verilir. Burada N akım taşıyıcı sayısıdır.

İletkenlik ise;

$$\sigma_0 = Ne^2\tau/m \quad (2.8)$$

şeklinde yazılabilir. O halde iletkendeki akım yoğunluğunun x ve y bileşenleri;

$$j_x = \sigma_{xx}E_x + \sigma_{xy}E_y = -\frac{e\tau/m}{1+(eB\tau/B)^2}(E_x - E_y \cdot eB\tau/m) \quad (2.9)$$

$$j_y = \sigma_{yx}E_x + \sigma_{yy}E_y = -\frac{e\tau/m}{1+(eB\tau/B)^2}(E_y + E_x \cdot eB\tau/m) \quad (2.10)$$

şeklinde ifade etmek mümkündür. Akımın z-bileşeni manyetik alandan etkilenmemektedir ve $j_z = \sigma_0 E_z$ dir. Akım yoğunluğu matris formunda (manyetik iletkenlik tensörü) yazılırsa:

$$\begin{bmatrix} j_x \\ j_y \\ j_z \end{bmatrix} = \frac{\sigma_0}{1+(eB\tau/m)^2} \begin{bmatrix} 1 & -eB\tau/m & 0 \\ eB\tau/m & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1+(eB\tau/m) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

şeklinde olur. Matrisin diagonal elemanları σ_{xx} ve σ_{yy} ifadelerinin manyetik alan arttıkça azalmaktadır. σ_{xy} ve σ_{yx} ifadelerinin ise manyetik alan arttıkça önce arttığı, sonra azaldığı açıkça görülmektedir. Bilindiği gibi elektriksel iletkenlik, elektriksel direncin tersidir. O halde Ohm kanunu:

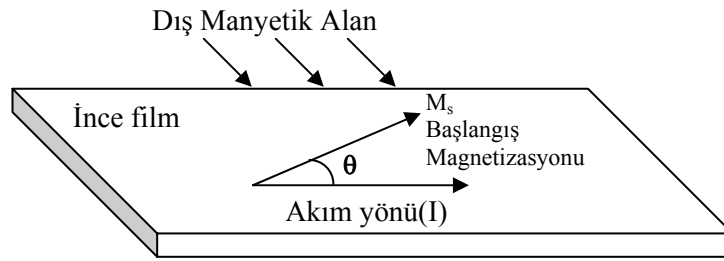
$$\sigma^{-1}_{xx} = \rho_{xx} = \frac{E_x}{j_x} \quad (2.12)$$

olmak üzere elektriksel direnç:

$$\rho_{xx} = \frac{1}{\sigma_0} (1 + (\mu B)^2) \quad (2.13)$$

şeklinde yazabiliriz. Burada μ akım taşıyıcılarının mobilitesidir. Mobilite, elektrik alan altında yüklü parçacıkların hareketliliğinin bir ölçüsüdür [185].

Denklem (2.13) 'den manyetik alandaki bir magnetoresistive özellikteki malzemenin elektriksel direncinin değişeceğini ve buna bağlı olarak dört tane magnetoresistive özellikteki malzemenin köprü şeklinde bağlanmasıyla oluşturulan magnetoresistive sensörün köprü çıkış değerlerinin farklılaşacağını söyleyebiliriz. Fakat bu değişim, uygulanan dış alanın malzemenin kolay geçiren eksenine yaptığı açıyla ilişkilidir. Çünkü bu açı malzemenin manyetik alandan kazanacağı enerjiyle birlikte malzemenin toplam enerjini etkilemektedir.



Şekil 2.2 Magnetoresistive bir malzemenin dış manyetik alan altındaki mıknatıslanması[186]

Şekil 2.2 deki gibi magnetoresistive özellikteki bir malzemenin manyetik alan altındaki toplam enerjisi;

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m + \mathcal{E}_{an} \quad (2.14)$$

şeklinde yazılabilir. Dışarıdan uygulanan manyetik alan boyunca magnetoresistive malzemede oluşan mıknatıslanma enerjisi ise (mümkün olan en düşük enerjili durum):

$$\mathcal{E}_m = -\vec{M}_s \cdot \vec{B} \quad (2.15)$$

olarak verilir.

Eğer kolay eksen dışında farklı bir ekseninde mıknatıslanma gerçekleşirse, elde edilmesi beklenen minimum enerji de farklı bir değer olacaktır. Uygulanan manyetik alan ile anizotropi kuvvetine karşı bir iş yapılmış olacak ve mıknatıslanma vektörü kolay eksen dışında θ açısı yapacak şekilde dönecektir. Böylece, kolay eksen dışındaki yönlerde \mathbf{M}_s noktalarında enerji depolanacaktır. Bu enerji anizotropi enerjisi (ε_{an}) olarak adlandırılır. Rus fizikçi Akulov, 1929 yılında E_{an} enerjisinin M_s vektörlerinin kosinüslerine bağlı bir seri olarak ifade edilebileceğini göstermiştir.

$$\varepsilon_{an} = K_0 + K_1(\alpha_1^2 \alpha_2^2 + \alpha_2^2 \alpha_3^2 + \alpha_3^2 \alpha_1^2) + K_2(\alpha_1^2 \alpha_2^2 \alpha_3^2) + \dots \quad (2.16)$$

Denklem (2.16) 'in bir başka gösterimi de;

$$\varepsilon_{an} = K_0' + K_1' \cos^2 \theta + K_2' \cos^4 \theta + \dots \quad (2.17)$$

şeklindedir. $\cos^2 \theta = 1 - \sin^2 \theta$ eşitliğini dikkate alarak Denklem (2.17) 'i yeniden düzenlersek;

$$\varepsilon_{an} = K_0 + K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^4 \theta + \dots \quad (2.18)$$

olacaktır. Buradaki $\mathbf{K}_0, \mathbf{K}_1, \dots$ ifadeleri anizotropi sabitleridir. Yukarıdaki ifadenin ilk terimi, \mathbf{K}_0 , açığa bağlı bir ifade olmadığından ihmal edilebilir. Ayrıca \mathbf{K}_1 dışındaki terimlerin değerleri çok küçük olduğundan hesaplamalara genellikle diğer terimler yok sayılabilir. Bu durumda θ (mıknatıslanma ile kolay eksen arasındaki açı)'ya bağlı anizotropi enerjisi:

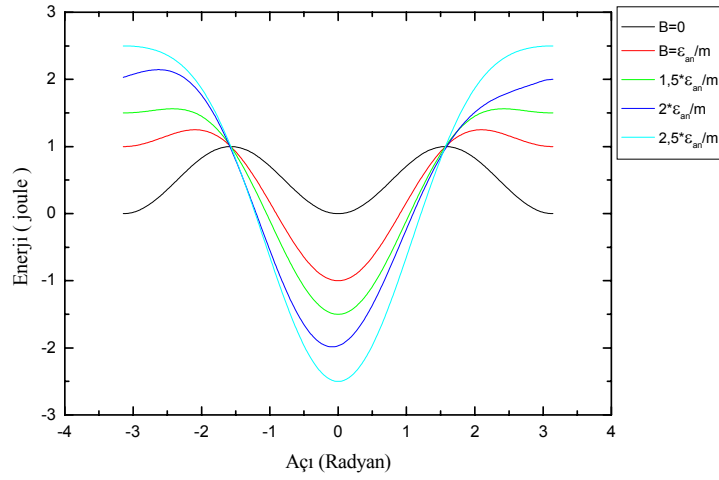
$$\varepsilon_{an} = K_1 \cdot \sin^2 \theta \quad (2.19)$$

şeklinde olacaktır[187]. O halde, Denklem(2.14), Denklem (2.15) ve Denklem (2.19) kullanarak magnetoresistive özellikteki bir malzemenin, uygulanan manyetik alanın kolay eksene paralel olduğu durumdaki toplam enerjisi ile manyetik alanın kolay eksene dik olduğu durumdaki toplam enerjisi sırasıyla Denklemi (2.20) ve Denklem (2.21) 'deki gibi yazılabilir.

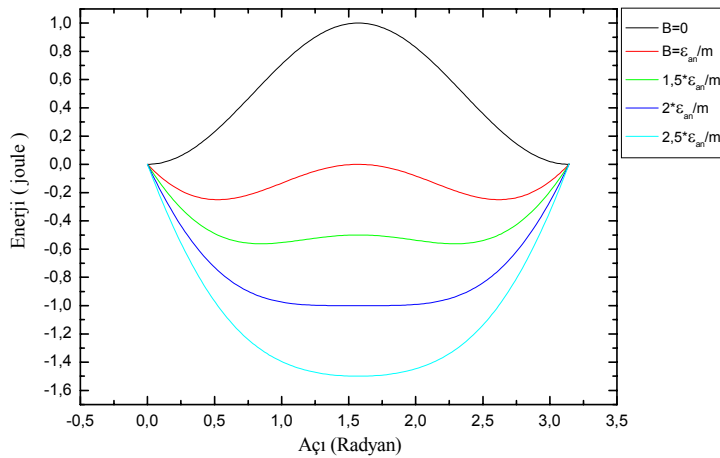
$$\varepsilon = -\vec{m} \cdot \vec{B} + K_1 \cdot \sin^2 \theta = -mB \cos \theta + K_1 \cdot \sin^2 \theta \quad (2.20)$$

$$\varepsilon = -mB \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) + K_1 \cdot \sin^2 \theta = -mB \sin \theta + K_1 \cdot \sin^2 \theta \quad (2.21)$$

Eğer malzemenin mıknatıslanma yönünün zıttı yönde manyetik alan kolay eksene paralel olarak uygulanırsa, alanın yeterince büyük olması durumunda mıknatıslanma yönü 180° dönebilir. Şekil 2.3 ve Şekil.2.4 'de magneto-resistive özellikteki bir malzemenin toplam enerjisinin radyan cinsinden açığa ve uygulanan dış manyetik alanın büyüklüğüne göre değişimi gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Kolay eksene paralel uygulanan belirli manyetik alan değerleri için açığa bağlı enerji değişimi

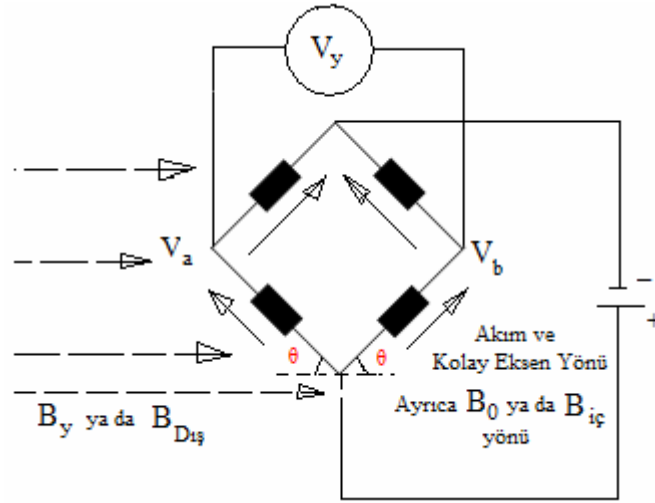


Şekil 2.4 Kolay eksene dik uygulanan belirli manyetik alan değerleri için açığa bağlı enerji değişimi

Pratikte magnetoresistive özellikteki malzemeler üzerinden geçirilen akım doğrultusu kolay geçiren eksen boyunca seçilir ($\theta=0^\circ$) ve dış manyetik alan kolay eksenle $0-90^\circ$ aralığında değişen açılarda uygulanır. Eğer $\theta=0^\circ$ ve dış manyetik alan kolay eksene dik uygulanırsa Şekil 2.4 'de gösterildiği gibi uygulanan manyetik alan değeri ne olursa olsun malzeme manyetik alandan enerji almayacaktır. Bu yüzden malzemenin manyetik akı yoğunluğu değişmeyecek ve malzemenin elektriksel direncinde de bir değişim olmayacaktır (bkz Denklem 2.13).

2.3 Magnetoresistive Sensörün Çıkış Gerilimine Etki Eden Değişkenler

Magnetoresistive sensörde, birbirine dik dört adet magnetoresistive özellikte ince film yer almaktadır. Bu ince filmler Şekil 2.5 'de gösterildiği gibi bağlandıktan sonra üzerinden i akımı geçirilmektedir. Akım yönü, filmlerin kolay geçiren eksenidir.



Şekil 2.5 Magnetoresistive özellikteki bir malzemenin uygulanan manyetik alana bağlı olarak direnç değişimi

Böyle bir yapı Şekil 2.5 'deki gibi bir dış manyetik alan içinde kalırsa ince filmlerde toplam direnç değişimi Denklem 2.22 'deki gibi olur[188].

$$R_y = R_0 + \Delta R \cos^2 \theta \quad (2.22)$$

Burada ΔR , bir ince filmin direnç değişimidir ve değeri Denklem 2.23 ile verilir.

$$\Delta R = R_s - R_0 \quad (2.23)$$

θ ise, kolay eksenle (iç manyetik alan doğrultusu) dış manyetik alanın arasındaki açıdır. O halde Denklem 2.22 'i tekrar düzenlersek, toplam direnç değişimi;

$$R_y = R_0 + \Delta R(1 - \sin^2 \theta) \quad (2.24)$$

$$R_y = R_0 + \Delta R \left(1 - \frac{B_y^2}{B_0^2} \right) \quad (2.25)$$

$$R_y = R_0 + (R_s - R_0) \left(1 - \frac{B_y^2}{B_0^2} \right) \quad (2.26)$$

şeklinde yazılabilir. Denklem (2.26) 'in her iki tarafı "i(akım)" ile çarpılırsa gerilim ifadesine ulaşılır.

$$iR_y = iR_0 + i(R_s - R_0) \left(1 - \frac{B_y^2}{B_0^2} \right) \quad (2.27)$$

Denklem 2.27 'de $V_a = iR_0$, $V_b = iR_s$, $V_y = iR_y$ ve $\alpha = \frac{B_y^2}{B_0^2}$ alınarak denklem (2.27)

de yerine yazılırsa;

$$V_y = \alpha V_a + (1 - \alpha) V_b, \quad \alpha \in [0;1] \quad (2.28)$$

elde edilir. Burada V_a ve V_b uygulanan dış manyetik alandan sonra köprü çıkış uçlarındaki gerilim değerleridir. V_a ve V_b gerilim değerlerinin θ açısına bağlı değişimi ise Denklem 2.29 ve Denklem 2.30 'deki gibidir[189].

$$V_a = V_0 \sin(2\theta) \quad (2.29)$$

$$V_b = V_0 \sin(2(\pi - \theta)) = -V_0 \sin(2\theta) \quad (2.30)$$

Bu durumda toplam gerilim değişimi V_y ,

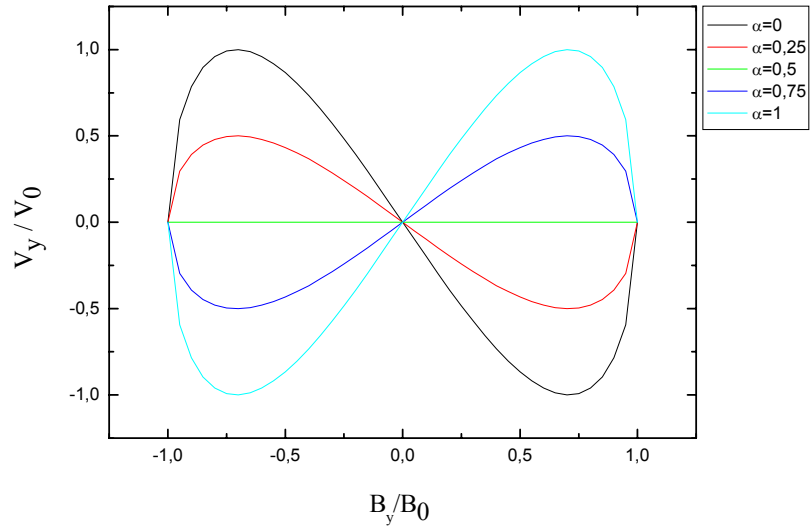
$$V_y = (\alpha - (1 - \alpha))V_0 \sin(2\theta) = (2\alpha - 1)V_0 \sin(2\theta) \quad (2.31)$$

$$V_y = (4\alpha - 2)V_0 \cos \theta \sin \theta = (4\alpha - 2)V_0 \frac{B_y}{B_0} \sqrt{1 - \left(\frac{B_y}{B_0}\right)^2} \quad (2.32)$$

şeklinde hesaplanabilir. Yukarıdaki denklemde B_y dış manyetik alanı, B_0 iç manyetik alanı, V_0 ise, uygulanan dış manyetik alanda direnç değişimine tekabül eden gerilimdir ve değeri;

$$V_0 = \Delta R \times I = \rho \times \frac{1}{t} \times \frac{\Delta \rho}{\rho} \times \frac{1}{2} \times I \quad (2.33)$$

şeklinde hesaplanır. Magnetoresistive sensör içindeki ince filmlerin eni boyunun iki katı olduğu için Denklem 2.23 'de $\frac{1}{2}$ katsayısı gelmiştir. Denklemdeki t ise, ince film kalınlığıdır. Şekil 2.6 'da, uygulanan manyetik alana bağlı olarak bazı α değerlerine karşılık, V_y/V_0 gerilim oranı değişimi görölmektedir.



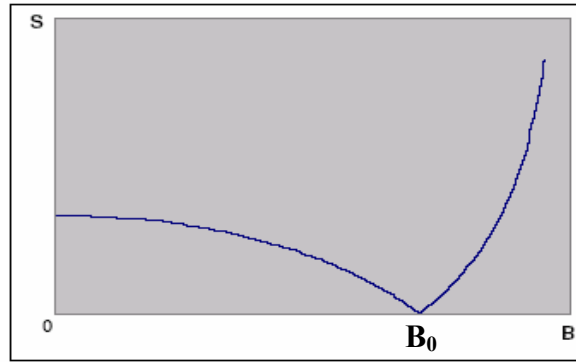
Şekil 2.6 α değerlerine karşılık, V_y/V_0 gerilim oranı değişimi

Şekil 2.6 'dan görüldüğü üzere, $B_y \ll B_0$ olduğu durumda çıkış geriliminin davranışı doğrusal olmaktadır. O halde bir magnetoresistive sensörde dış manyetik alanın değişiminin köprü çıkışında lineer gerilim değişimi oluşturabilmesi için $B_y \ll B_0$ koşuluna uymalıdır. Böyle bir sensörün $B_y < B_0$ durumu için hassasiyet(S) ifadesi ise Denklem (2.34) 'de verilmiştir.

$$S = \left| \frac{\Delta V_y}{\Delta B} \right| = \left| \frac{dV_y}{dB} \right| = |(4\alpha - 2)V_0 \left[\frac{1}{B_0} \sqrt{1 - \left(\frac{B_y}{B_0} \right)^2} + \frac{B_y}{B_0} \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{B_y}{B_0} \right)^2}} \frac{-2B_y}{B_0^2} \right] \quad (2.34)$$

$$S = \left| \frac{(4\alpha - 2)V_0}{B_0^2} \left[\frac{B_0^2 - 2B_y^2}{\sqrt{B_0^2 - B_y^2}} \right] \right| \quad (2.35)$$

Denklem (2.34) 'de, α değeri 0 ya da 1 olduğunda maksimum hassasiyet sağlanmaktadır [188]. Şekil 2.7 'de sensör hassasiyetinin dış manyetik alanın büyüklüğüne göre değişimi gösterilmektedir. Grafiğe dikkat edilirse $B_y = B_0$ olduğu durumda hassasiyetlik değeri 0 olmaktadır. Ancak bu değeri geçtikten sonra hassasiyet artış göstermektedir. B_y değeri B_0 değerinden çok büyük olduğu durumda hassasiyet yüksek ve istikrarlı olmaktadır. Fakat bu değerlerde sensör çıkış gerilimi lineer değişim göstermemektedir. Bu yüzden hassasiyetin yüksek olduğu, çıkış geriliminin lineer değiştiği optimum bir B_y manyetik alanının üzerinde çalışılmamalıdır.

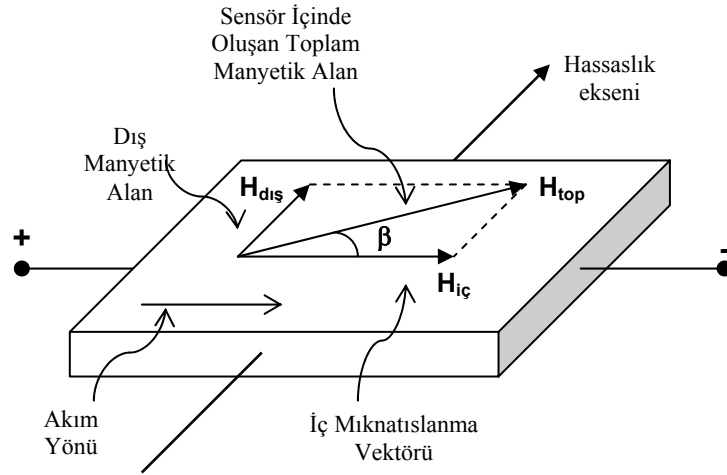


Şekil 2.7 Sensör hassasiyetinin uygulanan alan ile değişimi [189]

2.4 Magneto-resistive (MR) Sensörler

Günümüzde, manyetik alan ölçülebileceğimiz magneto-resistive(MR) özellikte farklı tipte birçok sensör mevcuttur. Bu sensörlerin en büyük avantajı düşük fiyatlarına karşılık yüksek hassasiyette manyetik alan değerlerinin algılanmasına olanak tanınmasıdır. En büyük dezavantajı ise, ölçüm sırasında offset voltajlarını çıkış voltajı üzerine eklemeleridir. Özel teknikler ile bu offset voltajı ölçüm değerlerindeki etkisi çıkarılabilmektedir.

Magneto-resistive sensörler dışarıdan uygulanan manyetik alan etkisiyle sensör direncinin değişmesine bağlı olarak çıkış gerilimi üretmesine dayalı üretilmişlerdir. Şekil 2.9 'da magneto-resistive özellikte bir sensörün içyapısı ve alana bağlı olarak çalışma prensibi gösterilmiştir [190].

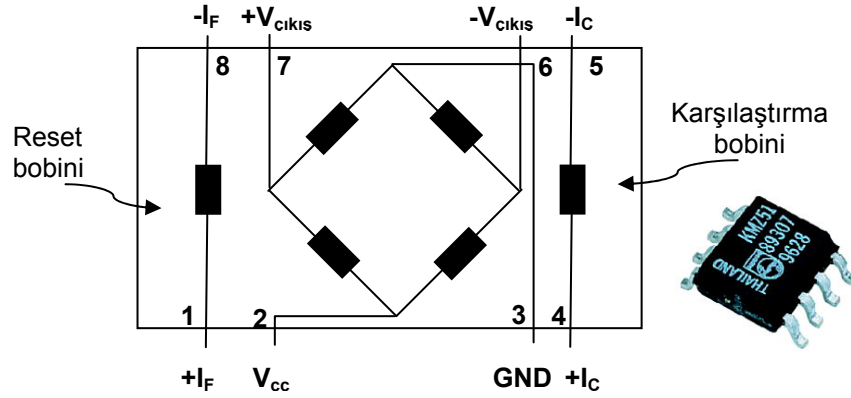


Şekil 2.8 Magneto-resistive bir sensöre etkiyen dış alanın etkisi

MR sensörler Şekil 2.9 'da gösterildiği gibi iç manyetik alan vektörüne ($H_{iç}$) sahiptir. Bu vektör, sensörün hassaslık eksenini yani ölçüm eksenini boyunca yönelmiştir. Dışarıdan bu ölçüm eksenini boyunca manyetik alan uygulandığında ($H_{dış}$), H_{top} bileşke alan vektörü sensör direncinin değişmesine bağlı olarak Şekil 2.9 'da görüldüğü gibi β açısı yaparak döner. İyi bir sonuç almak için magneto-resistive özellikteki ince filmler bir köprü devresiyle birbirlerine bağlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında, magneto-resistive özellikte Philips firmasının üretmiş olduğu KMZ51 serisi manyetik alan sensörü kullanılmıştır [190].

2.5 KMZ51 Anisotropik Magneto-resistive (AMR) Sensör

KMZ51 çok hassas bir manyetik alan algılayıcısıdır. Magneto-resistive özellikte NiFe alaşımli ince film içermektedir. Bu algılayıcıda, dört adet magneto-resistive özellikte malzeme, Wheatstone köprüsünün elemanlarını oluşturmaktadır. Ayrıca bir adet karşılaştırma bobini ve ayarlama/sıfırlama (set/reset) (flip) bobini içermektedir (Şekil 2.10) [191].



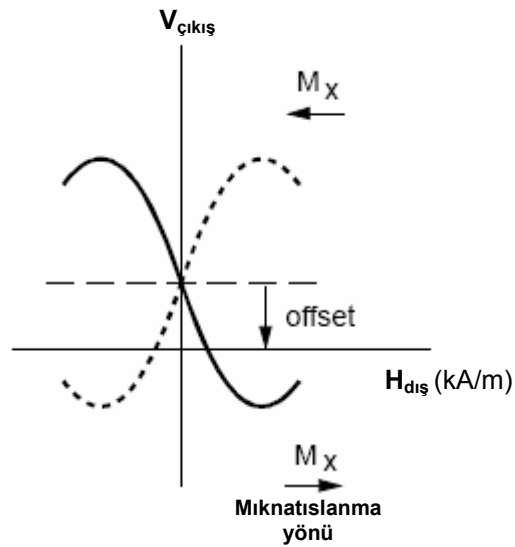
Şekil 2.9 KMZ51 AMR sensörünün iç yapısı

Tablo 2.2 de, KMZ51 entegresinin pin numaraları ve işlevleri verilmiştir.

Tablo 2.2 KMZ51 entegresinin pin numaraları ve işlevleri

Pin	Sembol	Açıklama
1	$+I_F$	Çevirme bobini
2	V_{cc}	Köprü besleme voltajı
3	GND	Toprak
4	$+I_C$	Karşılama bobini
5	$-I_C$	Karşılama bobini
6	$-V_{çıkış}$	Köprü çıkış voltajı
7	$+V_{çıkış}$	Köprü çıkış voltajı
8	$-I_F$	Çevirme bobini

Sensördeki karşılaştırma bobini, ölçüm eksenine paralel olacak şekilde manyetik alan üretmektedir. Böylece geçerli geri besleme döngüsüyle çıkışın var olan hassaslığını aşmamasını sağlayarak manyetik alan ölçümüne izin vermektedir. Sensördeki flip bobini, sensörün hassasiyeti değiştirebilmek için sensörün içinde oluşan manyetik alanı değiştirilebilmesine olanak tanımaktadır. Bu bobin, sensörün offset voltajı ölçmek için kullanılmaktadır. Sensörün uygulanan manyetik alana bağlı çıkış geriliminin karakteristik eğrisi Şekil 2.11 'de gösterilmektedir [191].

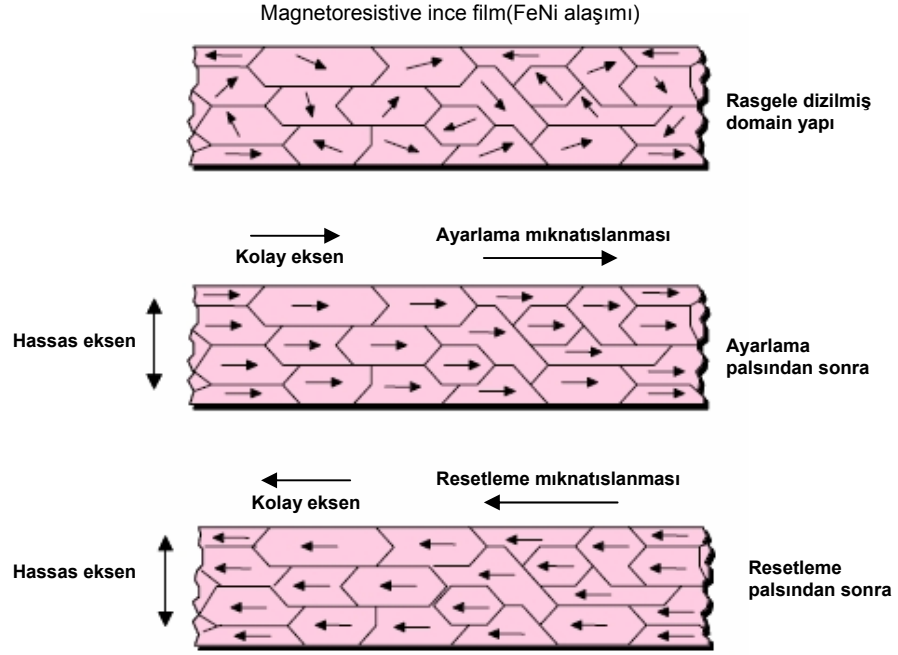


Şekil 2.10 KMZ51 sensörünün tipik çıkış gerilim eğrisi

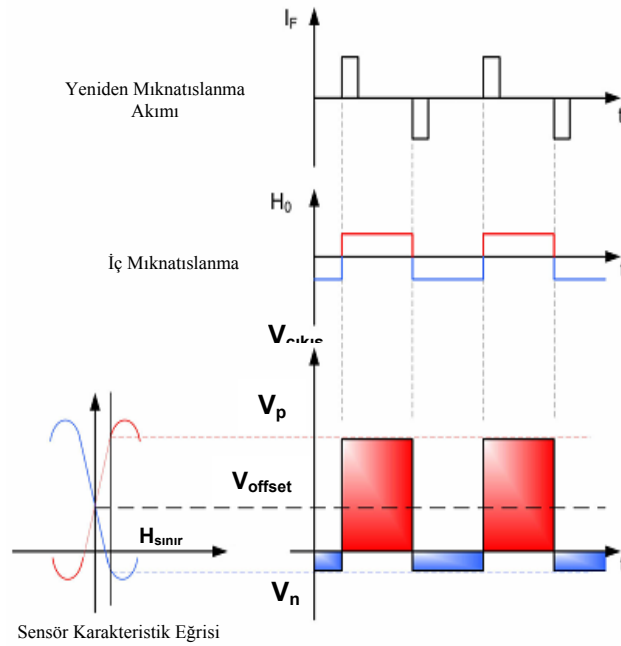
Şekil 2.11 'de görüldüğü gibi, KMZ51 sensörü pozitif ve negatif olmak üzere iki tipik çıkış gerilimine sahiptir. Flip bobinine iki yönlü akım palsları uygulayarak, pozitif ve negatif çıkış gerilimleri arasında anahtarlama yapılmaktadır. Anahtarlama için uygulanması gereken uygun akım değeri 800 mA ile 1200 mA aralığında değişmektedir.

Bunun yanı sıra Şekil 2.11 'de sensörün offset gerilimi de görülmektedir. Ayrıca aynı grafikten sensör çıkış geriliminin, belirli bir $H_{\text{sınır}}$ dış manyetik alan değerine kadar lineer değiştiği söylenebilir. Dış manyetik alanın $H_{\text{sınır}}$ değerine ulaşmadığı sürece, çıkış gerilimi kolay bir şekilde sıfırlanabilecek, sensör gerilim değerlerinin değişimi kolay bir şekilde gözlemlenebilecektir.

Manyetik alan, AMR özellikte bir sensörde var olan ince filmlerin domain yönelimlerinde değişime neden olmaktadır. Manyetik alan uygulandığında manyetik domainler kolay eksen boyunca yönelmektedir. Ölçüm eksenini kolay eksene dik olarak yönelmiştir (Şekil 2.12).



Şekil 2.11 Uygulanan manyetik alana bağlı olarak magnetoresistive malzemenin manyetik momentlerindeki değişim [186]



Şekil 2.13 Offset geriliminin ölçülmesinde sensör çıkış gerilimi

Sensörün offset gerilimi, Şekil 2.11 'de gösterilen tipik eğriden bağımsızdır. Çünkü bu gerilim değeri sensörün bulunduğu ortama göre değişim göstermektedir. Sensörün offset gerilimi, flipping adı verilen özel ölçüm teknikleri ve elektronik devreler kullanılarak hesaplanabilmektedir [186, 190, 192]. Şekil 2.13 'de sensörün offset geriliminin nasıl hesaplanabileceği gösterilmektedir [192].

Sensörün tipik pozitif ve negatif gerilim değerleri (V_p ve V_n) kullanılarak sensörün offset gerilimi Denklem (2.30) ile hesaplanabilir:

$$V_{offset} = \frac{1}{2}(V_n + V_p) \quad (2.36)$$

Magneto-resistive bir malzemeye manyetik alan uygulandığında manyetik domainler uygulanan alan boyunca yönelmektedirler. Ancak alan ortamdaki kaldırıldığında manyetik momentlerin eski durumuna geri dönmeleri için uygulanan alanın tersi yönünde bir alan uygulanmalıdır. Yapılması gereken bu işleme sensörün ayarlama/sıfırlama işlemi denmektedir. Genel olarak bakıldığında; AMR sensörlerde ayarlama/sıfırlama işlemi;

- Uygulanan alan ortamdaki kaldırıldığında ince filmin manyetik momentlerinin tekrar eski durumuna getirmek,
- Manyetik momentleri, daha hassas ölçüm yapabilmek amacıyla yönlendirmek,
- Ortam sıcaklığının manyetik momentlerinin yönelimi üzerindeki etkisini en aza indirebilmek,

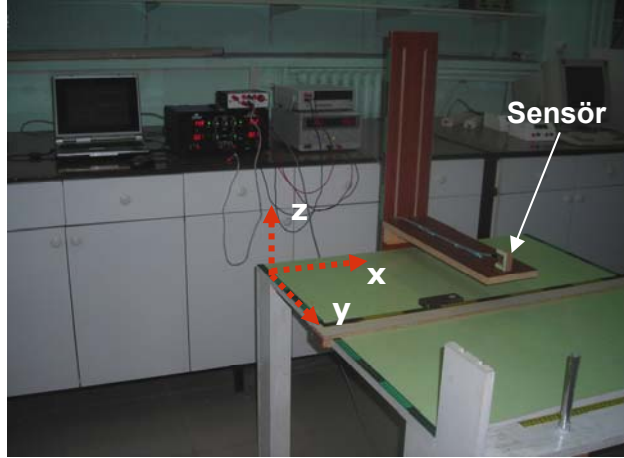
amacıyla yapılmaktadır [186].

Sensörün ayarlama/sıfırlama işlemine ihtiyacı olduğunu sensör değişiminin sabitlenmesinden anlaşılabilir. Sensörün her ölçümünden sonra ayarlama/sıfırlama işlemi yapmak gereksizdir. Gerektiği durumda ayarlama/sıfırlama (set/reset) bobinine kısa bir akım palsı göndermek yeterli olacaktır. Dış manyetik alan $H_{sınır}$ 'ı ayarlama/sıfırlama işlemine gereksinim olmayacaktır.

Sensör çıkış geriliminin yükselteç kullanılarak yükseltilmesi ile ayarlama/sıfırlama işlemini birbirinden bağımsızdır. Dolayısıyla sınırlar içinde yükselteç kullanılarak sensör çıkışı ve sinyalin yükseltilmesi ayarlanabilir [191].

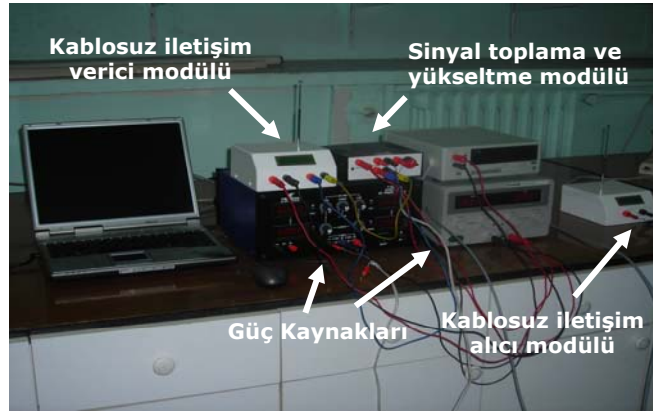
3. ÖLÇÜM SİSTEMİ

Çalışmamızda kullanılan manyetik ölçüm sistemi, üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar, sensör ve onun hareketinin sağlandığı mekanik kısım, sensörün çıkış geriliminin işlendiği kısım ve işlenmiş verileri alıp değerlendiren yazılım kısmıdır. Şekil 3.1 'de kullanılan manyetik ölçüm sistemi gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Ölçüm sistemi

Şekil 3.1 'de görüldüğü gibi sistemde sensör ve sensör verilerinin işlendiği arabirim iki adet güç kaynağıyla beslenmektedir. Ayrıca arabirimin analog çıkışı voltmetreyle okunabilmektedir. Ölçüm sisteminde işlenerek dijital veriye dönüştürülmüş sensör çıkış gerilimleri, kablolu ya da kablosuz olarak aktarılabilir. Şekil 3.2 'de 10 bit çözünürlüklü alıcı verici modül gösterilmiştir.

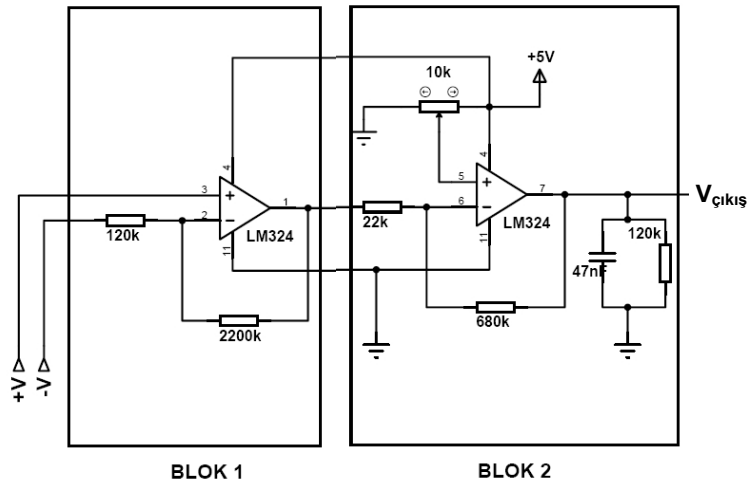


Şekil 3.2 Sinyal algılama sistemi

3.1 Elektronik Arabirim

3.1.1 Sensör Çıkış Gerilimlerinin Toplanması

Çalışmamızda kullanılan KMZ51 AMR sensörün $-V_{\text{çıkış}}$ ve $+V_{\text{çıkış}}$ olmak üzere iki çıkışı mevcuttur.(bkz. Tablo 2.2). Ortamdaki manyetik alanın değişmesi iki çıkışı da değiştirmektedir. Bu değişimler, lineerdir. Çünkü dünyanın manyetik alanının yatay bileşeni değeri Şekil 2.13 'de gösterilen sınır manyetik alan değeri olan $H_{\text{sınır}}$ değerinden düşüktür. Ancak tek bir çıkış gerilimi oluşturarak onun işlemek ve değerlendirmek daha kolaydır. Bu yüzden Şekil 3.3 'de görüldüğü gibi ilk önce sensörün iki çıkışı toplanmış ve yükseltilmiştir.

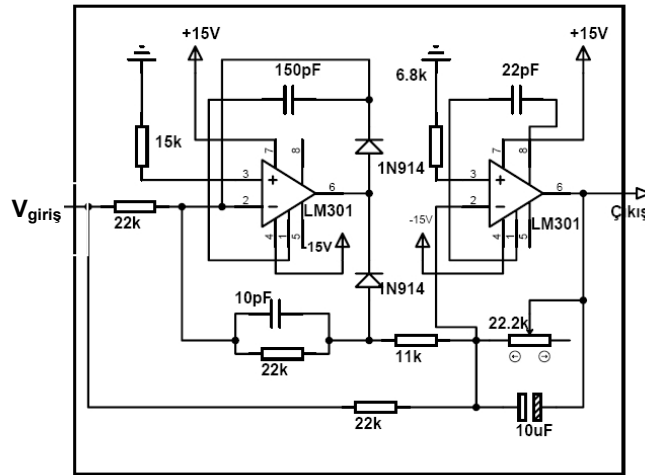


Şekil 3.3 Sensör çıkış gerilimlerinin toplanması

Şekil 3.3 'deki $-V$ ve $+V$ sensör çıkışları olup manyetik malzemenin olmadığı boş bir alandaki değerleri $+2.5241V$ ve $-2.5241V$ 'tur. Bu iki sensör çıkışının toplanması sonrasında tek bir $V_{\text{çıkış}}$ elde edilirken, değeri de yaklaşık $0V$ 'a düşmüştür. Bu yüzden manyetik malzemedan dolayı $V_{\text{çıkış}}$ 'da oluşacak μV düzeydeki değişimlerin bilgisayara aktarılabilmesi için aynı devre aracılığıyla $V_{\text{çıkış}}$ 558 kat yükseltilmiştir.

3.1.2 Alternatif Sinyali(AC) Doğru Sinyale(DC) Dönüştürme

Yapılan ölçümler sırasında sensör çıkışının DC olmasının yanı sıra 50 mV değerinde AC çıkış da verdiği gözlemlenmiştir. Sensör gerilimi ölçülürken bu AC gerilim değerinin de DC çıkışa eklendiği gözlemlenmiştir. Böylece, çıkış geriliminde sürekli olarak artış ve azalışlar söz konusudur. Bu artış ve azalışlar doğru sonuca ulaşmakta zorluk yaşatmaktadır. Bu durumun üstesinden gelmek için Şekil 3.4 'de görülen AC/DC dönüştürücü devresinden yararlanılmıştır. Bu devre ile var olan AC sinyal sıfıra indirgenebilmiş ve DC çıkış geriliminin zaman içerisinde sabit kalması sağlanmıştır.



Şekil 3.4 AC- DC dönüştürücü

Şekil 3.3 'de verilen devreden toplanıp yükseltilerek elde edilen $V_{\text{çıkış}}$ gerilimi Şekil 3.4 'de verilen devrenin $V_{\text{giriş}}$ girişine verilmiştir. Böylece AC- DC dönüştürücü çıkışında değişmeyen sabit DC gerilim elde edilmiştir.

Şekil 3.4 'de gösterilen devrede en önemli noktalardan biri de devrenin çıkışından elde edilen çıkış geriliminin ideal bir gerilim değerine getirilebilmesidir. Devrenin çıkış gerilimi 3.750 V ile 9.450 mV değeri arasında değişmektedir. Deneye hangi çıkış gerilimiyle başlanmak isteniyorsa devredeki potansiyometre ile ayarlanabilmektedir. Fakat ortamdaki manyetik alanın değişimine bağlı olarak devre çıkışı 3.750 V ya da 9.450 mV 'u görürse bundan sonra sensörde olacak değişimler algılanamamaktadır. Bunun sebebi ise sensördeki manyetik ince filmin manyetik moment dağılımının bozulmasıdır. Bu durumu düzeltebilmek için öncelikle sensörü resetlemek (Şekil 3.6), sonra Şekil 3.4 'de var olan potansiyometre kullanılarak önceden belirlediğiniz uygun bir çıkış gerilim değerine getirilmesi gerekmektedir.

Çalışmamızda uygun başlangıç çıkış gerilimi olarak 500 mV ile 800 mV arasında seçilmiştir. Eğer daha yüksek değerlere ayarlanırsa, sensöre yaklaşan manyetik malzeme çıkış gerilimini 3.750V sınır gerilim değerinin üzerine çıkarmaktadır.

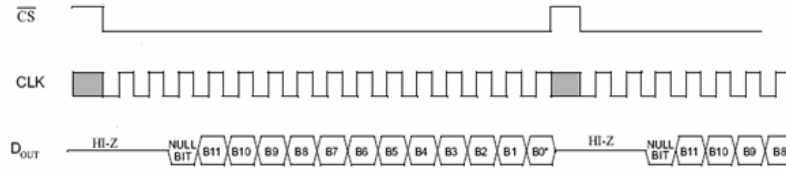
3.2 Sensör Verisinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması

Çalışmamızda sensör çıkış gerilimlerinin değişimleri bilgisayara kablolu ve kablosuz olmak üzere iki farklı şekilde aktarılabilir. Kablolu iletimde, çözünürlük 12 bit, kablosuz iletimde ise 10 bit olarak seçilmiştir.

3.2.1 12-Bit Çözünürlükte Sensör Verisinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması

12-bit çözünürlükte elde edilen sensör verisinin bilgisayar ortamına aktarılmasında MCP3201 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre, giriş ucuna gelen 0 ile +5 V arasında gerilim değerini 12-bit dijital veriye dönüştürmektedir. Burada 12-bit çözünürlük demek, maksimum +5 volt olan gerilim değerini $5/2^{12}$ voltluk gerilim hassasiyetiyle dijital veriye dönüştürülmesi anlamına gelmektedir.

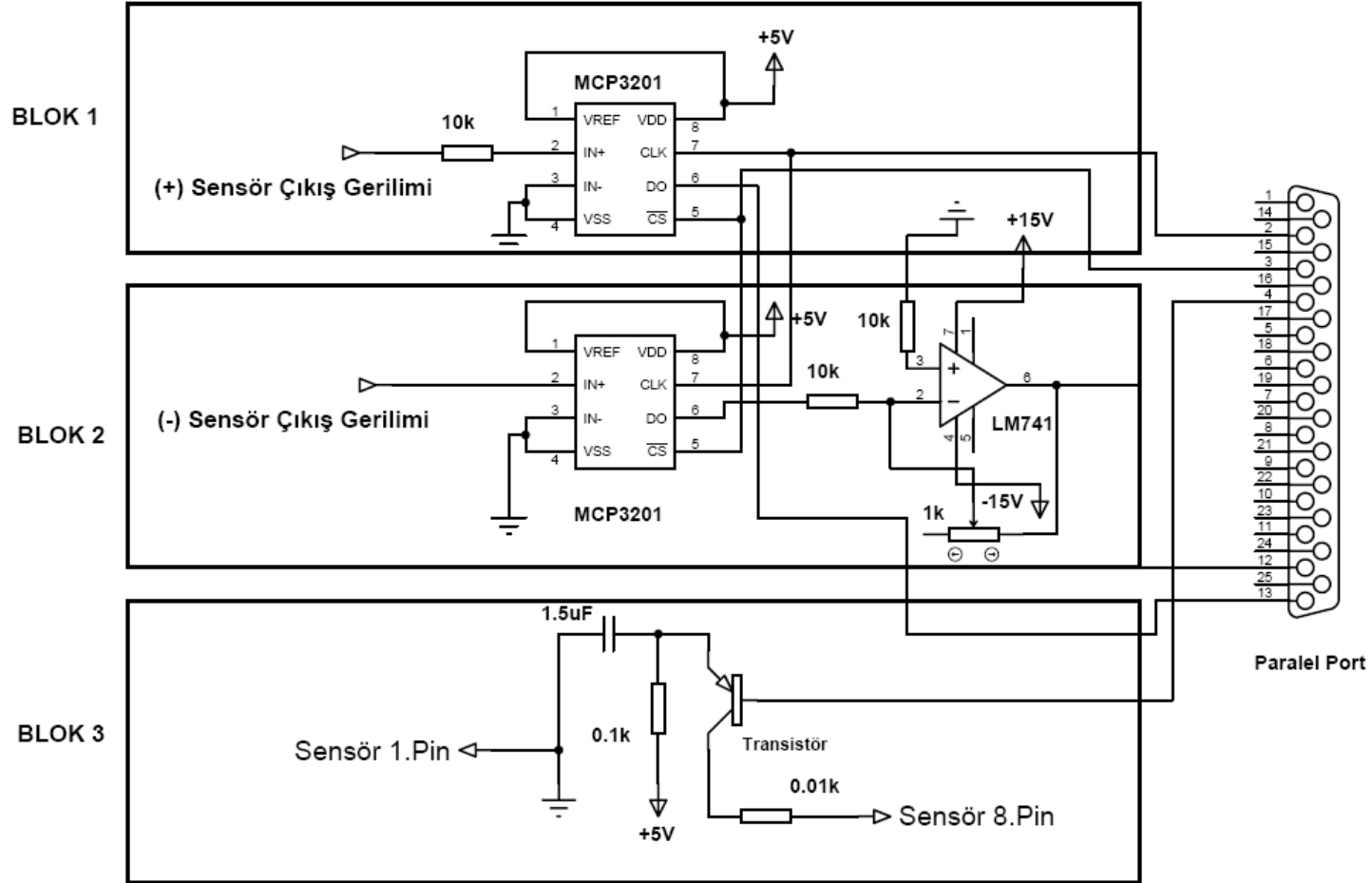
Dolayısıyla bu çözünürlükte minimum 1.22 mV değerindeki gerilim değişimleri bilgisayar ortamına aktarılabilir. MCP3201 entegresiyle analog /dijital çevirimin yapılabilmesi için entegrenin CS, CLK ve DOUT pinlerinin Şekil 3.5 'de gösterilen çalışma diyagramına uygun şekilde tetiklenmelidir. Çalışmamızda entegrenin kontrolü bilgisayarın paralel portu aracılığıyla yapılmıştır. CS, CLK pinlerinin tetiklenmesi Şekil 3.6 'da gösterildiği gibi data potunun D0 ve D1 pinleri ile yapılmış, seri veri çıkış ucu DOUT pini S4 (status portu) pini ile kontrol edilmiştir. Ayrıca sensörden gelen pozitif gerilim değeri 10 k Ω 'luk bir direnç üzerinden entegreye alınmaktadır. Bu direnç, devreye girecek olan negatif bir gerilim değerinin entegreye zarar vermesini engellemektedir (Şekil 3.6, Blok 1).



Şekil 3.5 MCP3201 Entegresinin çalışma diyagramı

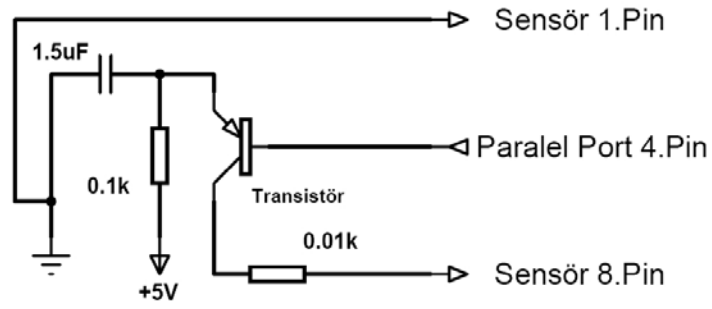
Çalışmada kullanılan sensörün, ölçüm sırasında negatif (-) gerilim değerleri verdiği gözlenmiştir. Kullanılan 12-bit A/D entegresi sadece pozitif değerlerde analog- dijital dönüştürme yapmaktadır. Bu durumun üstesinden gelebilmek için Şekil 3.6 'da görüldüğü gibi LM741 entegresinden faydalanılmıştır. Bu entegre ile MCP3201 entegresine negatif gerilim gelmeden terslenmiştir. Bu şekilde pozitif bir çıkış gerilimi elde edilmiştir. Doğru çıkış gerilimin elde edilmesi devrede kullanılan bir potansiyometre aracılığıyla ayarlanmıştır. Terslenmiş olarak gelen çıkış gerilimi, artık rahat bir şekilde paralel portun S5 pini ile bilgisayara aktarılacak duruma gelmiştir (Şekil 3.6, Blok 2).

Ölçüm sisteminde kullanılan sensörün ölçüm sırasında daha önce bahsedildiği gibi resetlenmesi gerekmektedir. Bu işlem için Şekil 3.6, Blok 3 'de görüldüğü gibi bir transistör kullanılmıştır. Transistörün kollektör bacağından tetikleme gerilimini sağlamak için +5 volt gerilim uygulanmıştır. Taban (Base) bacağı paralel portun D2 pinine, sensörün $-I_F$ pini (Flip pini) transistörün emiter bacağına ve sensörün $+I_F$ bacağı ise toprağa bağlanmıştır. Bu şekilde paralel portun D2 pini her aktif olduğunda (+5 volt uygulandığında) kullanılan sensör resetlenmektedir.



Şekil 3.6 Sensör Çıkış Geriliminin Bilgisayar Ortamına Aktarılması ve Resetleme

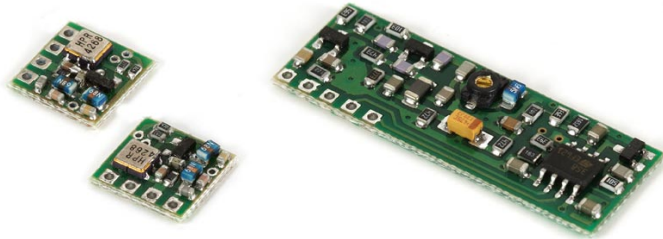
Bu çalışmada sensörü resetlemek için 1000 mA değerinde bir akım uygulanmıştır. Ayrıca resetleme süresinin her seferinde aynı olması büyük önem taşımaktadır. Sensöre resetleme esnasında akım uygulayarak sensör malzemesinin manyetik momentlerinin yönelimleri değiştirilmekte ve ilk duruma yani ölçüm alınabilecek konuma getirilmektedir. Resetleme süresi aynı olmazsa, manyetik momentler her seferinde farklı bir konumdan başlayarak dış manyetik alanın etkisinde yön değiştireceklerdir. Bu durumda ise sensör çıkış gerilimi farklı değerler gösterecektir. Bu ise istenilen bir durum değildir. Ölçüm sırasında resetleme süresinden doğabilecek hatalar engellemek için işlemci hızı ve veri alma yazılımının döngü süresi sabit olduğundan resetleme işlemi bilgisayarla yapılmıştır. Resetleme işlemi için kullanılan devre şeması Şekil 3.7 'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7 Flip bobinin tetiklenmesi

3.2.2 10-Bit Çözünürlükte Sensör Verisinin Kablosuz Olarak Bilgisayar Ortamına Aktarılması

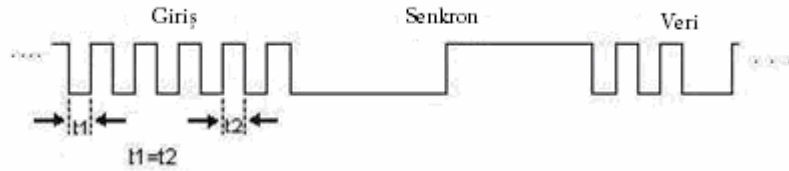
Çalışmamızda 10 bitlik bir verinin kablosuz olarak aktarılmasında 433.92 MHz frekansta çalışan ASK tipi alıcı-verici RF modüller kullanılmıştır(Şekil 3.8).



Şekil 3.8 ASK tipi Alıcı-Verici Modüler

Bu modüller içerisinde bir voltaj regülatörü bulunmamaktadır ve dışarıdan besleme gerekmektedir. Modüllerin tasarımı pil kullanımına uygundur. ATX-34 modülünde dijital veri girişi için DIN pini bulunmaktadır. DIN pini RF ile gönderilecek sinyallerin kullanıcı tarafından verildiği giriştir. Data gönderebilmek için sistemden alınan analog sinyalin 10 bit 'lik dijital sinyale dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için çalışmamızda PIC16F877A mikroişlemcisinin analog-dijital dönüştürücü özelliğinden yararlanılmıştır. Standart data protokolü Şekil 3.9'da verildiği gibidir.

Veri: Giriş + senkron + veri 1+ veri 2+...+veri x

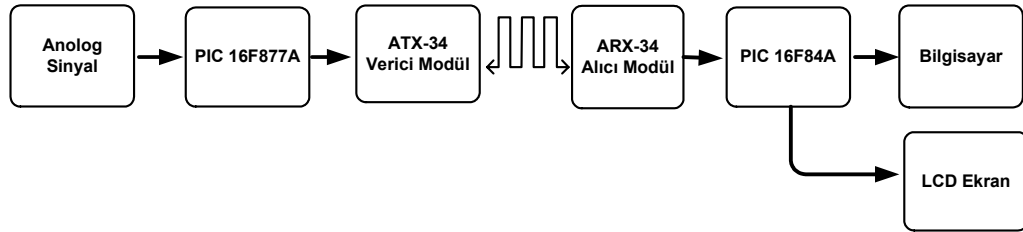


Şekil 3.9 Senkron veri gönderme formatı

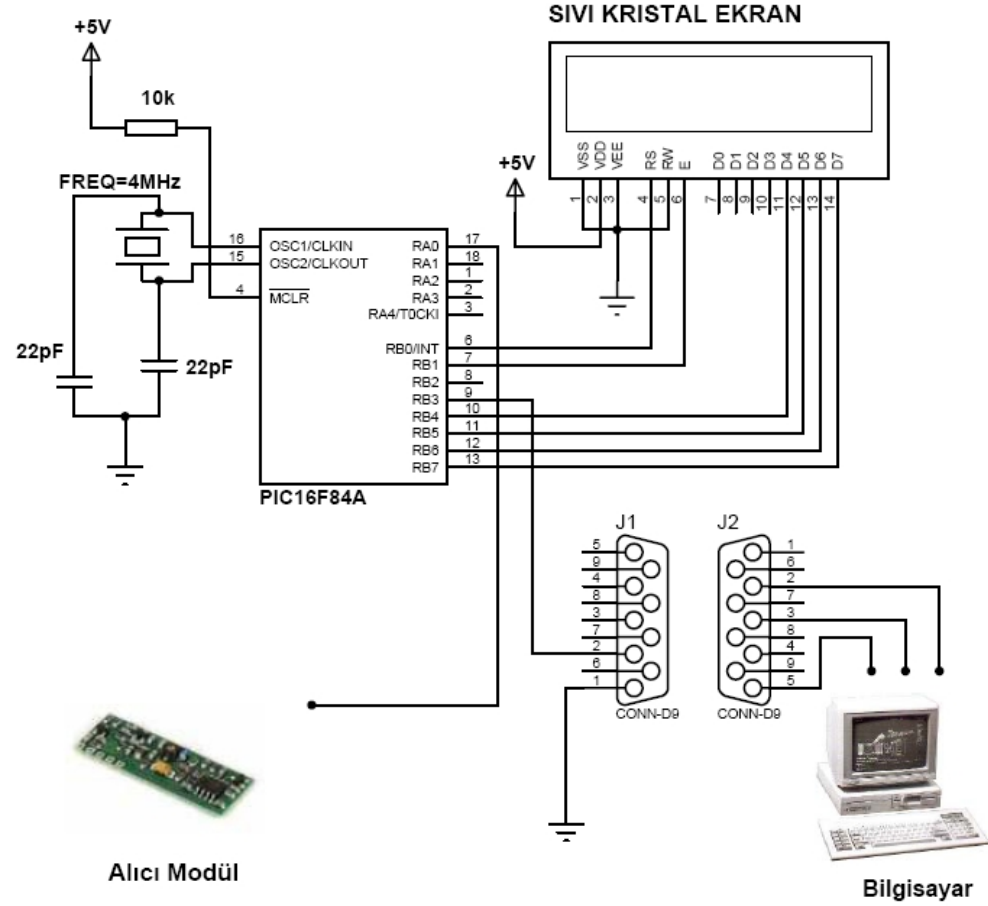
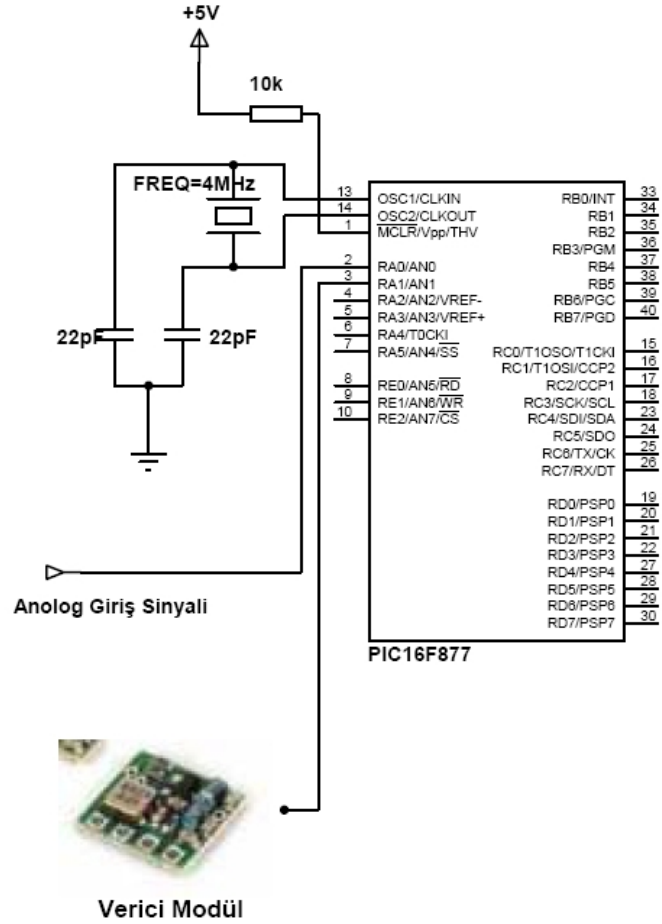
En basit haberleşme sistemlerinde bile mesajın başlangıcı için bir giriş bilgisi kullanılması zorunludur. Giriş verisi, ardışık 1 ve 0'lardan oluşan (010101...) bir bit dizinidir. Giriş bilgisi olarak herhangi bir karakter seçilebilmektedir. Gönderilen 1 ve 0 'ların süreleri eşit olmalıdır. Kısaca, giriş bilgisi donanımın senkronizasyonunu sağlamaktadır. Senkron bilgisi ise yazılımın senkronizasyonuna yardımcı olmaktadır. Bit senkronizasyonun sağlanması ve mesaj başlangıcının doğru tespit edilmesi için bu iki bilginin kullanılması gereklidir. Bu çalışmada giriş bilgisi ve senkron bilgisi için "M", "G", "S"...vb. şeklinde karakterler kullanılmıştır. Alıcı devre bu karakterleri alana kadar beklemekte, daha sonra bu karakterlerin arkasından gelen asıl veriyi mikroişlemci aracılığıyla bilgisayara göndermektedir.

Şekil 3.11 'de görüldüğü üzere, çalışmamızda algılanması istenen analog veri, öncelikle PIC16F877A entegresi aracılığıyla 10-bitlik dijital veriye dönüştürülmektedir. Daha sonra mikroişlemci bu 10-bitlik veriyi, mikroişlemcinin C ve D portlarına göndermektedir. Buradaki asıl amaç mikroişlemciye gelen 10-bitlik verinin her bir bitini ayrı ayrı mikroişlemcinin portlarına yazdırmaktır. Bu şekilde dijital verinin bütün bitleri toplanarak Serout2 komutu ile mikroişlemcinin A1 portundan verici modüle gönderilmiştir. ATX-34 verici modülü de Şekil 3.9 'da gösterilen standart data protokolü uygulanarak 10 bitlik dijital sinyalin ARX-34 alıcı modülüne gönderilmesi sağlanmıştır.

ARX-34 alıcı modülüne gelen 10 bitlik dijital veri, PIC16F84A mikroişlemcisi aracılığıyla bilgisayarın seri portu kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır. Aynı zamanda algılanan veri eş zamanlı olarak LCD ekrana yazdırılmıştır. Şekil 3.10 'da analog bir sinyalin kablosuz olarak bir bilgisayara aktarımı sırasında izlediği yolun blok diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 3.10 Analog sinyalin kablosuz olarak aktarılmasına ait blok diyagram



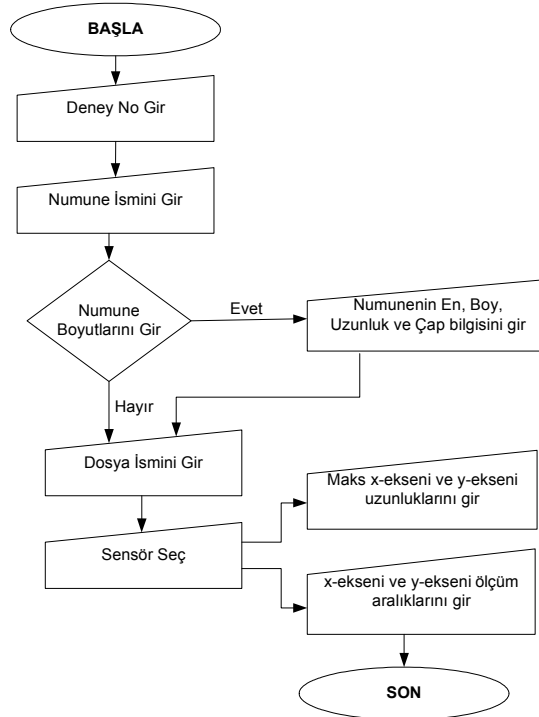
Şekil 3.11 Sensör Çıkış Geriliminin 10-bit Çözünürlükte Kablosuz Olarak Bilgisayar Ortamına Aktarılması

3.3 Sensör Bilgisinin Bilgisayara Alınmasında Kullanılan Yazılım

Ölçüm sisteminde işlenen sensör verilerinin paralel port üzerinden toplanması ile istenilen verinin bilgisayara girişinin kontrol edilmesini saylayan bilgisayar programının ara yüzü Şekil 3.12 'de gösterilmiştir. Geliştirilen programın “Başla” butonuna basıldığında sırasıyla kullanıcıdan deney numarası, test malzemesinin adı, malzeme boyutları ve kayıt yapılacak dosya isminin girilmesini istemektedir. Eğer malzeme boyutlarının girilmesi istenmiyorsa program son aşamayı atlayarak kullanıcıdan verilerin kaydedileceği dosya isminin girilmesini istemektedir. Daha sonra verilerin kaç numaralı sensör kullanılarak aktarılacağı belirtilip, tarama yapılacak alanın boyutları ve adım alma aralıkları girilmesi gerekmektedir. Bu şekilde program, sensör verilerini bilgisayara aktarabilecek duruma gelmiş olacaktır.

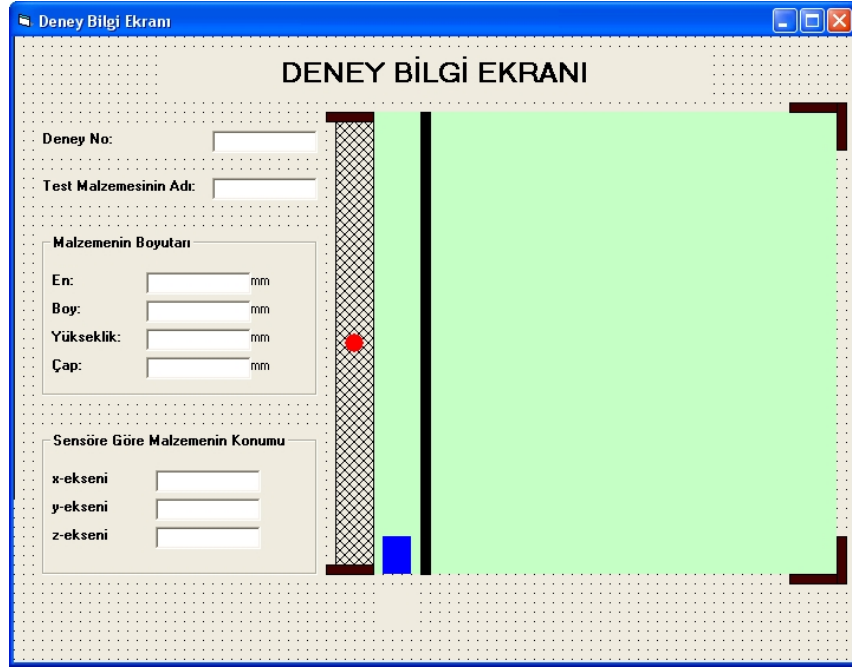
Şekil 3.12 Sensör verilerinin yazdırıldığı ve eşzamanlı olarak çizdirilebildiği program ara yüzü

Gerekli bilgiler girildikten sonra program, kullanıcının “*Veri Al*” komutunu beklemektedir. Bunun için ölçüm sisteminde bir buton kullanılmıştır. Her veri al komutunda program sensör verisini okumakta, program ara yüzüne yazmakta ve açılan dosyaya bu değerleri kaydetmektedir. Bununla birlikte programdaki “*FM Veri Al*” butonu kullanılarak verilerin kablosuz aktarımı sağlanabilmektedir. Eğer kullanıcı manüel olarak veri almak isterse “*Data Al*” butonunu kullanmalıdır. Sensör tarafından algılanan gerilim değerlerinin değişimleri “*Grafiği Göster*” butonu ile görülebilmektedir. Burada algılanan verilerin değişimi eş zamanlı olarak iki boyutta çizdirilmektedir. Herhangi bir sebepten dolayı veri alma işlemi ani olarak sonlandırılıp, sonradan ölçümün bırakıldığı yerden devam ettirilmek istenirse “*Ani Durdur*” butonu kullanılmalıdır. “*Bilgi Ekranı*” butonu ile test malzemesinin geometrik özelliklerine, görsel olarak sensör konumuna ve anlık veri bilgisine ulaşılabilir. “*Reset*” butonu ile ölçüm sisteminde kullanılan sensörün resetlenerek başlangıç okuma durumuna çekilmesi sağlanmaktadır. “*Çıkış*” butonu ile veri alma işlemi sonlandırılarak program kapatılmaktadır. Hazırlanan yazılımın açık kaynak kodları EK-C ’de verilmiştir. Şekil 3. 13 ’de programın işleyişinin özetlendiği bir akış şeması verilmiştir.



Şekil 3.13 Program akış şeması

Şekil 3.14 'de görülen ikinci program ara yüzünde ise, ölçüm sistemi iki boyutlu olarak modellenmiştir. Bu şekilde kullanıcının, sistemin hareketini, hangi noktada ölçüm aldığı, sensörün konumunu ve ölçüm sırasında kullanılan malzemesinin genel özellikleriyle ilgili bilgileri eş zamanlı olarak görebilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.14 Deney bilgilerinin görülebildiği ve ölçüm sisteminin hareketinin eş zamanlı olarak gözlenebildiği program ara yüzü

4. DENEYSEL ÖLÇÜM SONUÇLARI

Çalışmamızda “Manyetik karakteristikteki numunelerin dünyanın manyetik alanının yatay bileşeninde oluşturdukları manyetik anomalilerin KMZ51 AMR sensör ile belirlenerek geometrik özelliklerinin tespit edilebilirliğini” araştırmak için değişik geometride ve farklı kimyasal özelliklere sahip numuneler seçilmiştir. Bu numuneler prizmatik ve silindirik geometride olup özellikle endüstriyel uygulamalarda çok kullanılan ferromanyetik karakterdeki çeliklerdir. Numuneler Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü (AISI) ’nün belirlemiş olduğu kodlara göre isimlendirilmiştir. Çalışmamızda kimyasal bileşenlerine göre AISI kodu 1030, 1035, 1040, 1060, 4140 ve 8620 olan numuneler kullanılmıştır. Aynı kimyasal bileşene sahip fakat boyutları değişik olan numunelere ise numunenin AISI kodunun yanına AISI1030-A gibi harf eklemesi yapılmıştır.

x-y alanı içinde sensör çıkış gerilimlerinin değişimlerine bakarak numunenin üst yüzey şekline karar verebilmek amacıyla seçilen her numune için belirli bir sensör – numune yüksekliğinden alan taraması yapılmıştır. Daha sonra yine her numune için maksimum algılama mesafesini belirlemek amacıyla numune üzerinde, numune boyunca farklı sensör yüksekliklerinde tek eksen taraması yapılmıştır.

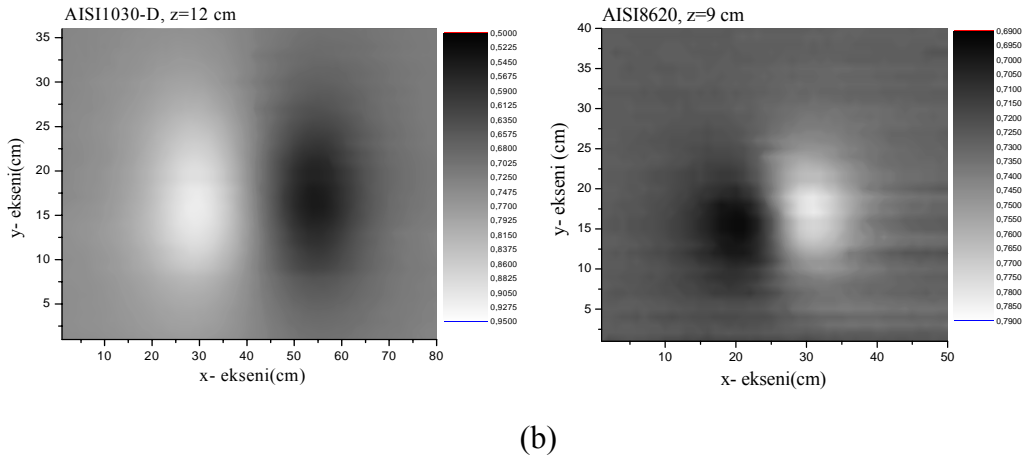
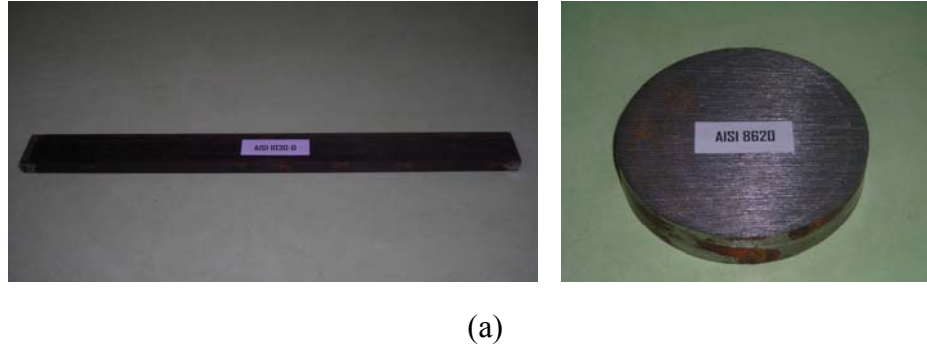
Bir sonraki aşamada, aynı ortamda bulunan iki numunenin tespit edilebilirliğini ve birbirinden ayırt edilebilme mesafesini belirlemek amacıyla, sensör tarama alanı içine iki numune yerleştirilmiş ve alan taraması yapılmıştır. Ayrıca numunenin x-y düzlemiyle ya da sensörün tarama düzlemiyle bir açı yapması durumunda numunenin alan tarama sonuçlarının değişip değişmeyeceği araştırılmıştır. Son olarak seçilen numunelere benzer kimyasal içeriğe sahip metal kılıflı gerçek mayınlar temin edilerek alan taramaları yapılmış ve sensör gerilimindeki değişimlerden yola çıkarak mayın çapına göre mayın tipi belirlenmeye çalışılmıştır.

Deneysel çalışmamızda son olarak her numunenin tam üzerindeyken tek eksenle yapılan taramalar sırasında elde edilen sensör gerilimlerinin karakteristik değişimleri belirlenmiş ve bu değişime uyan matematiksel denklemler tespit edilmiştir.

Elde edilen denklemlerdeki bazı değişkenlerin prizmatik numunelerin boyu ve silindirik numunelerin çapının belirlenmesinde nasıl kullanılacağı araştırılmıştır.

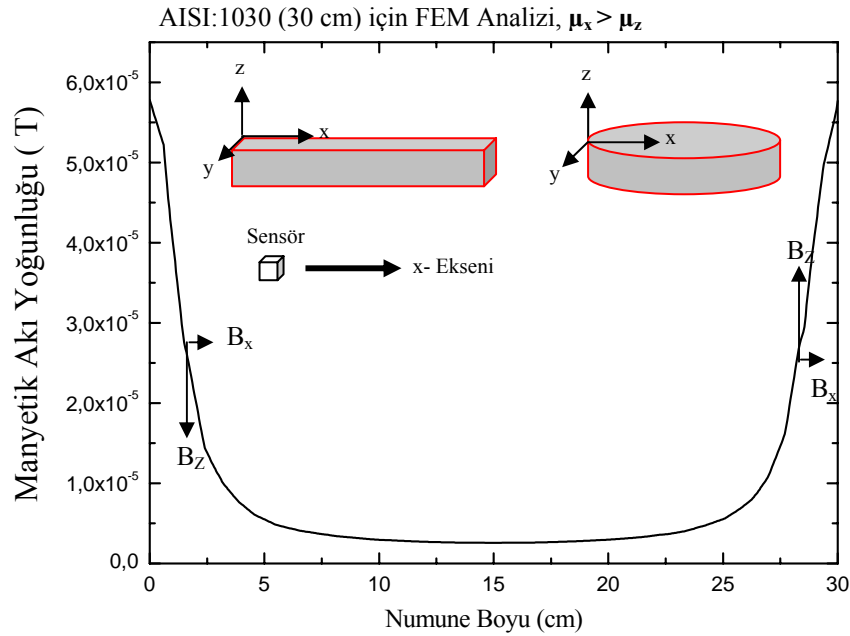
4.1 Numunelerin Üst Yüzey Geometrilerinin Belirlenmesi

Çalışmamızda prizmatik ve silindirik tüm numuneler sırasıyla Şekil 3.1 'de gösterilen manyetik ölçüm sisteminin tarama sınırları içine yerleştirilmiş ve belirli bir sensör- numune mesafesinde sensörün x-y düzleminde 1 cm aralıkla hareket ettirilmesi sonrasında sensör çıkış gerilimleri belirlenmiştir. Her numune için tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafikleri çizdirilmiştir. AISI1030-D ve AISI8620 numuneleri için elde edilen grafikler bu bölüm altında, diğerleri EKB 'de sunulmuştur. Şekil 4.1a 'da AISI1030-D ve AISI8620 numunelerinin resimleri, Şekil 4.1b 'de de tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.1 AISI1030-D ve AISI8620 numunelerinin, (a) resimleri (b) tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafikleri

Şekil 4.1b incelenirse AISI1030-D prizmatik numunesinin tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiğinde iki tane birbirinden ayrılmış iki farklı renkte elipsoit bölge mevcutken, çapı yüksekliğine göre daha büyük olan AISI8620 silindirik numunesi için çizilen benzer grafikte birbiri içine girmiş iki farklı bölge görülmektedir. Öncelikle iki farklı renklemenin sebebi olarak numuneye giren ve numuneden çıkan manyetik akının dikey bileşeni yönlerinin zıt olması gösterilebilir. Manyetik ölçüm sisteminde sensör manyetik akının z doğrultusu boyunca değişimlerini okuduğu için doğal olarak sensörün çıkış gerilimi, numunenin bir ucunda artan bir eğilim gösterirken diğer uca azalan bir değişim göstermektedir. Manyetik akının numune bölgesindeki bu davranışı FEM analiziyle de tespit edilmiştir (Şekil 4.2).

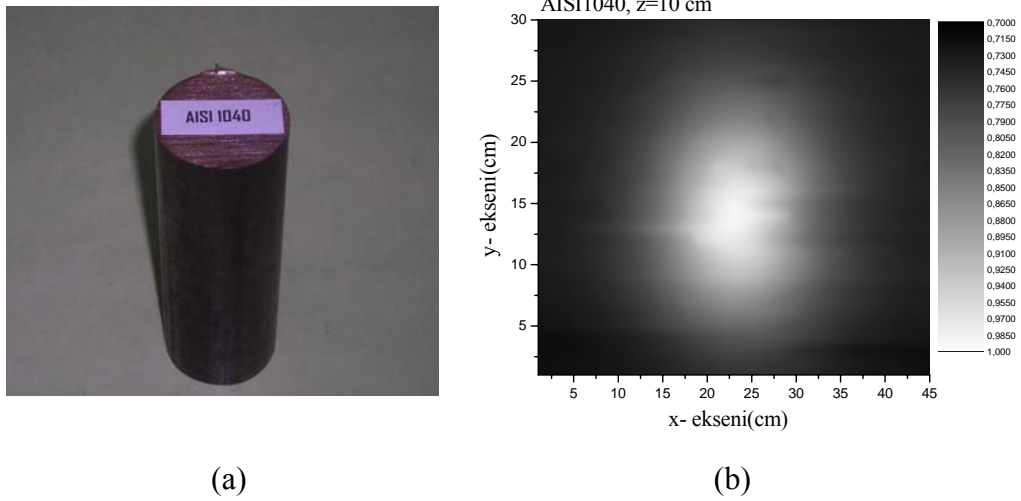


Şekil 4.2 Dünyanın manyetik akısının, boyu ve çapı, yüksekliğinden büyük prizmatik ve silindirik numunelerin bulunduğu bölgedeki davranışı

Diğer taraftan AISI1030-D gibi prizmatik numuneler için karakteristik olan elipsoit bölgelerin numunenin boyuna bağlı olarak birbirinden ayrılması, hem manyetik akının Şekil 4.2 'deki gibi davrandığının hem de numunenin iki ucunun olduğunun bir kanıtıdır. Bu durum bir çubuk mıknatısın iki ucundaki manyetik akı davranışına benzemektedir. Bu yüzden böyle bir değişim grafiği ancak çubuk mıknatıs gibi prizmatik yani köşeli bir üründen elde edilebileceğini söylemek mümkündür.

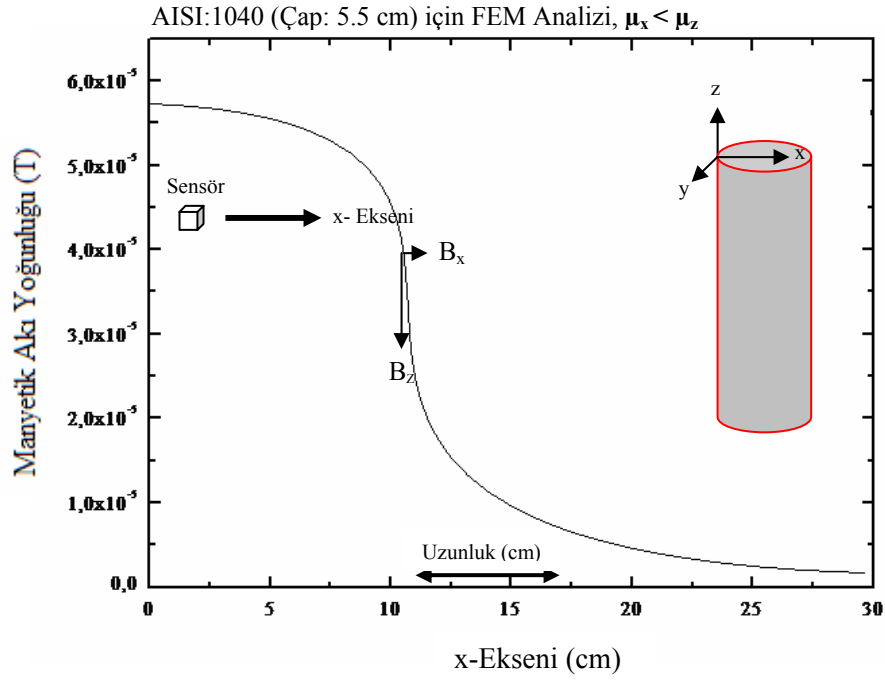
Bunun yanı sıra çapı yüksekliğine göre daha büyük olan AISI8620 gibi silindirik numuneler için karakteristik olan birbirini tamamlayan yarım daire şeklindeki iki bölgenin, numune çapı büyüse bile aynı şekilde kalması, bu tür numunelerin iki farklı ucunun olmadığını, dairesel yüzeyli olduğu göstermektedir. Ayrıca, çapı yüksekliğine göre daha büyük olan silindirik bir numuneyi, çap doğrultusunda küçük en uzunluğuna sahip prizmatik numunelerin bir araya gelmesinden oluştuğunu düşünürsek yarım daire şeklindeki iki bölgenin oluşmasını daha iyi anlayabiliriz.

Şekil 4.3a 'da AISI1040 numunesinin resmi, Şekil 4.3b 'de de bu numune için tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği verilmiştir.



Şekil 4.3 AISI1040 numunesinin, (a) resmi (b) tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği

Şekil 4.3b incelenirse AISI1040 silindirik numunesinin tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiğinde iki tane değil tek bir dairesel renklenme görülmektedir. Bunun sebebi olarak numuneye giren manyetik akının numunenin üst ucundan girip alt ucundan çıkması gösterilebilir. Bu durumda manyetik ölçüm sistemindeki sensörün, numunenin üst yüzeyinden giren manyetik akının z doğrultusu boyunca değişimlerini okuyabildiğini, fakat numuneden çıkan manyetik akının z doğrultusu boyunca değişimlerini aradaki mesafenin uzak olması sebebiyle okuyamadığını söylemek mümkündür. Manyetik akının numune bölgesindeki bu davranışı FEM analiziyle (EKA) de tespit edilmiştir(Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Dünyanın manyetik akısının, çapı, yüksekliğinden küçük silindirik malzemelerin bulunduğu bölgedeki davranışı

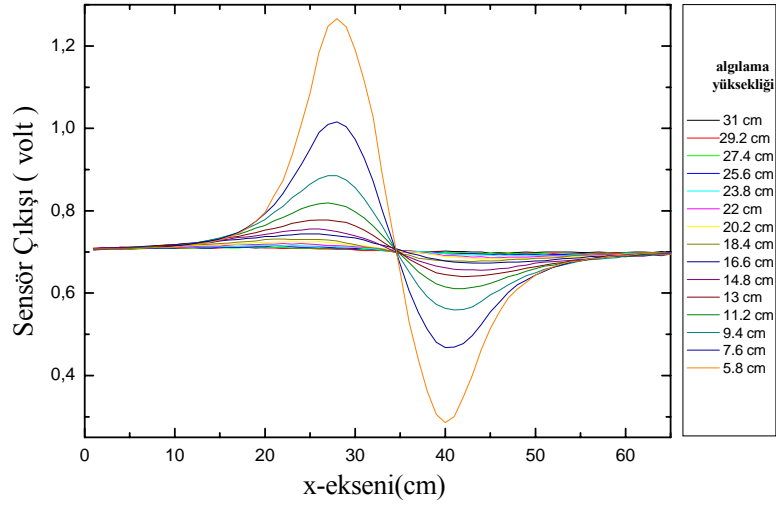
Sonuç olarak Şekil 4.3b 'deki gibi grafiklerden yararlanarak numunenin üst yüzey geometrisi hakkında bilgiye ve numunenin yüksekliğinin çapa oranla daha büyük olduğu bilgisine ulaşmak mümkündür.

Genel olarak manyetik ölçüm sisteminin tarama alanı içine giren bir numunenin belirli bir sensör – numune yüksekliğinden belirlenebileceğini ve alan taraması sonrasında sensör çıkış gerilimlerinin değişimlerinin değerlendirilmesiyle numunenin tarama düzlemine bakan yüzeyinin geometrisinin bulunabileceğini söylemek mümkündür.

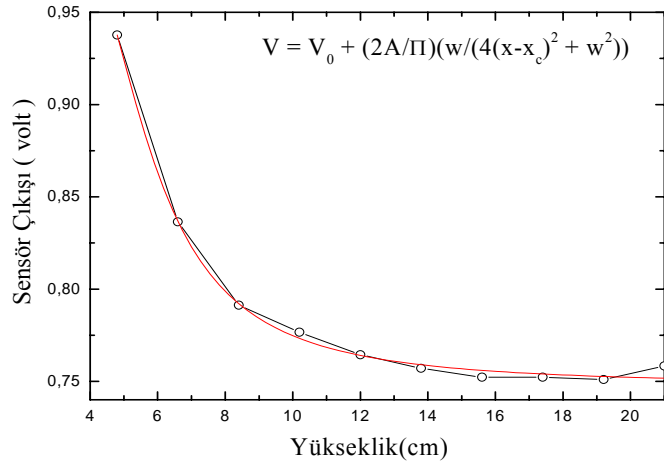
4.2 Numunelerin Belirlenebilir Yüksekliğinin Bulunması

Çalışmamızda, numunelerin maksimum belirlenebilir yüksekliklerinin bulunması amacıyla tüm numuneler için numune üzerinde, numune boyunca farklı sensör yüksekliklerinde tek eksen taraması yapılmıştır. Bu işlem sırasında sensör 1.8 cm aralıklarla kademeli olarak yükseltilmiştir.

Bu işlem sensörün numune üzerinde gezdirilmesi sırasında sensör çıkış geriliminin değişim göstermediği yüksekliğe kadar sürdürülmüştür (Şekil 4.5). Daha sonra her yükseklik için tek eksen taraması sırasında sensör çıkış geriliminin maksimum olduğu değerler belirlenerek bu değerlerin yükseklikle değişimine bakılmıştır. Şekil 4.6 'da AISI1030-A için elde edilen grafik gösterilmiştir. Diğer numunelerin benzer grafikleri EK B 'de verilmiştir.



Şekil 4.5 AISI1030-A numunesi için farklı yüksekliklerdeki tek eksen taraması sonrasında sensör çıkış gerilimi değişimleri



Şekil 4.6 AISI1030-A numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

Şekil 4.6 'ya bakıldığında AISI1030-A numunesi ile sensör arasında yaklaşık 22 cm mesafe olduğunda sensör çıkış gerilimlerinin değişmediği görülecektir.

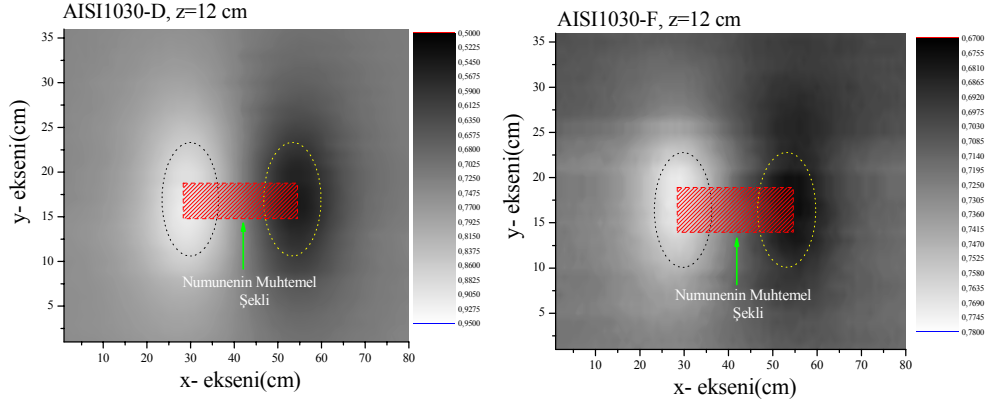
O halde bu numuneyi 22 cm yükseklikten geometrisini belirlemek için alan taramasıyla yapsak sensörün aynı değeri okuması sebebiyle çizilecek renklendirilmiş grafikte tek renk olacak ve numuneyi belirleyemediğimiz gibi üst yüzey geometrisine de ulaşamayacaktır. Çalışmamızda kullanılan numunelerin bazılarının maksimum belirlenebilme yükseklikleri Tablo 4.1 'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Bazı numunelerin maksimum belirlenebilme yüksekliği

AISI	1030	1035	1040	1060	4140	8620
Yükseklik (cm)	30	22	22	22	32	22

4.3 Prizmatik Numunelerin Eninin Belirlenmesi

Çalışmamız kapsamında her bir prizmatik numune için elde edilen tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiklerinin numunenin en bilgisini bulmada kullanılabileceği belirlenmiştir. Bu sebeple bilinmeyen numunenin en bilgisine ulaşmak için ilk önce numune üzerinde sensör belirli bir z yüksekliğinde iken alan taraması yapıp, sensör çıkış gerilim değerleri belirlenmelidir. Daha sonra sensör gerilim değerleri tarama alanına göre renklendirilmiş grafiği belirlenerek bu malzemenin prizmatik ya da silindirik olduğu bulunmalıdır (Şekil 4.7). Eğer malzeme prizmatikse (ki bu grafikte birbirinden ayrık iki elips yapının olmasından anlaşılabilir) Şekil 4.7 'de görüldüğü gibi grafikler elde edilecektir. Örnek olması açısından eni dışında tüm kimyasal ve fiziksel özellikleri AISI1030-D ile aynı olan AISI1030-F numunesinin ilgili grafiklerini karşılaştırdığımızda sadece grafiklerde oluşan elipslerin iki odağı arasındaki mesafenin arttığı belirlenmiştir. Bu artış oranının numunelerin en oranına eşit olduğu ve her iki grafikteki elipslerin iki odağı arasındaki mesafenin yaklaşık numunenin en bilgisini verdiği tespit edilmiştir. Bu durumun diğer prizmatik numuneler içinde aynı olduğu bulunmuştur.



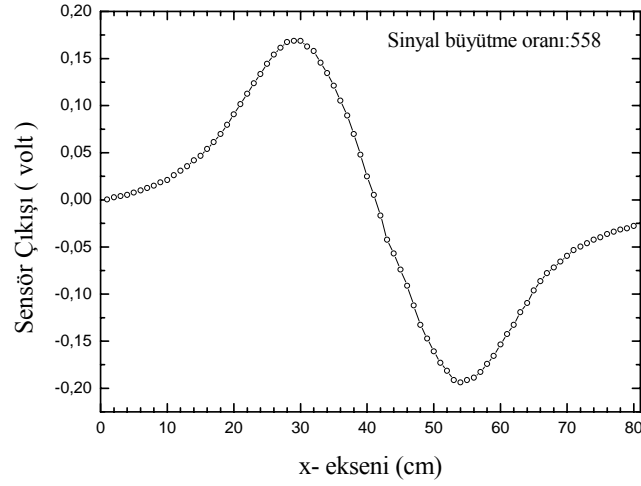
Şekil 4.7 AISI1030-D ve AISI1030-F numuneleri için tarama alanındaki renklendirilmiş sensör değişim grafikleri

4.4 Prizmatik Numunelerin Boyunun ve Çapı Yüksekliğine Göre Büyük Olan Silindirik Numunelerin Çapının Belirlenmesi

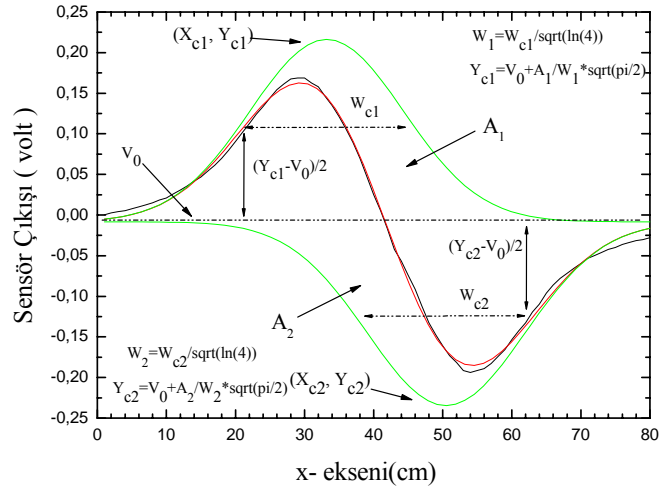
Çalışmamızda bir prizmatik numunenin boy bilgisine ve çapı yüksekliğinden büyük olan bir silindirik numunenin çap bilgisine ulaşmak için ilk olarak numunenin tam üzerinde sensörü belirli bir z yüksekliğinde iken x eksenini boyunca hareket ettirip, sensör çıkış gerilim değerleri belirlenmiştir. Daha sonra numune boyunca (x eksenini) belirlenen sensör değerleri kullanılarak Şekil 4.8 a 'deki gibi bir eğri elde edilmiştir. Bu karakteristik değişime uyan matematiksel eğri belirlenmiş ve bu eğrinin denklemi bulunmuştur (Denklem 4.1).

$$V_{output} = V_0 + \frac{A_1}{W_1 \sqrt{\frac{\pi}{2}}} e^{-2((x-x_{c1})/w_1)^2} + \frac{A_2}{W_2 \sqrt{\frac{\pi}{2}}} e^{-2((x-x_{c2})/w_2)^2} \quad (4.1)$$

Sensör çıkış geriliminin karakteristiği aynı olmasına rağmen numunenin değişmesiyle Denklem (4.1) 'deki V_0 , X_{c1} , W_1 , A_1 , X_{c2} , W_2 , A_2 değişkenlerinin değerlerinin değiştiği görülmüştür. Burada V_0 ; malzeme yokken sensörün okuduğu sabit değeri, X_{c1} ve X_{c2} ; iki gausyen eğrinin pik koordinatlarını, W_1 ve W_2 ; gausyen eğrilerin genişliğine bağlı değişkenleri, A_1 ve A_2 ; V_0 asimptotuyla gausyen eğriler arasında kalan alanları göstermektedir. Bu değişkenlerden X_{c1} ve X_{c2} 'nin numunenin boyuyla ya da çapıyla ilişkili olduğu tespit edilmiştir.



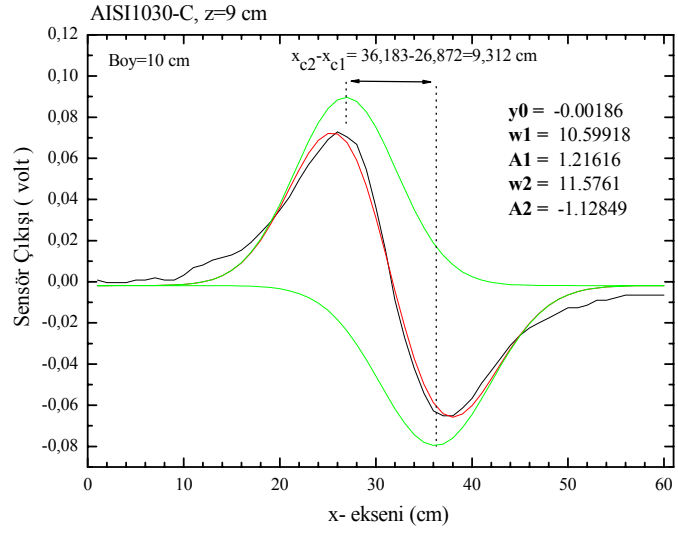
(a)



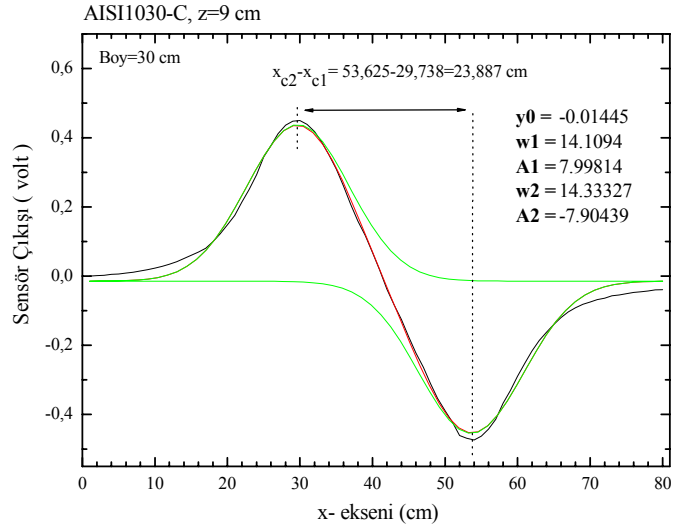
(b)

Şekil 4.8 (a) x eksenini boyunca sensörün çıkış gerilimi değişimi (b) değişimin matematiksel eğrisi

Şekil 4.9 'da boy dışında tüm özellikleri aynı, fakat boyları sırasıyla 10 cm ve 30 cm olan AISI1030D numunelerinin $z=9$ cm yükseklikten sensörün x eksenini boyunca hareketiyle elde edilen grafikleri gösterilmektedir. Numunenin boyunun ya da çapının belirlenmesi için Şekil 4.8b 'de gösterildiği gibi elde edilen değişim grafiğini belirleyen iki gausyen eğrinin değişken değerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Daha sonra Şekil 4.9 'da görüldüğü gibi farklı boylardaki tüm numuneler için $X_{c2}-X_{c1}$ farkı belirlenmelidir (Tablo 4.2). Son olarak, $X_{c2}-X_{c1}$ farkının numune boyuna göre değişimi bulunmalıdır (Şekil 4.10).



(a)

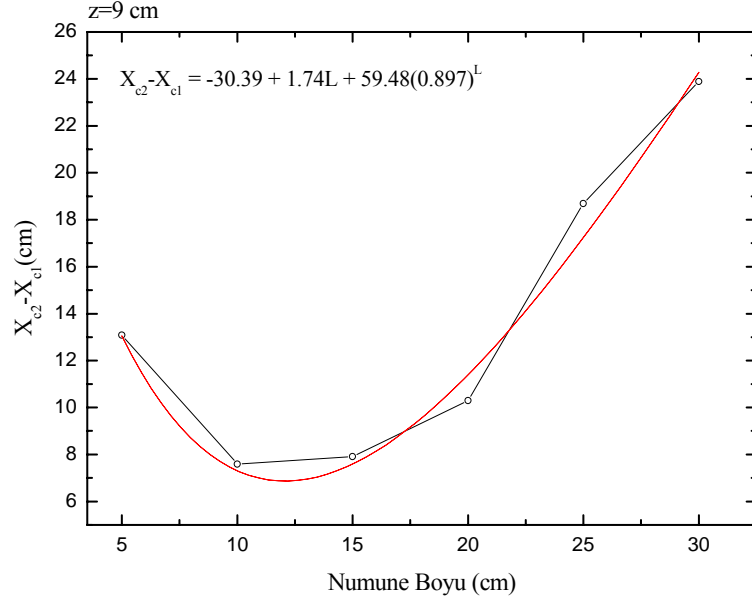


(b)

Şekil 4.9 (a) 10cm, (b)30 cm AISI1030 malzemesinin z=9 cm 'den x eksenine göre sensör çıkış geriliminin değişimi

Tablo 4.2 AISI1030 Malzemesinin Boyuna Göre $X_{c2}-X_{c1}$ Farkının Değişimi

	Boy					
AISI1030	5 cm	10cm	15 cm	20cm	25cm	30 cm
$X_{c2}-X_{c1}$	13.085	7.593	7.912	10.292	18.691	23.894

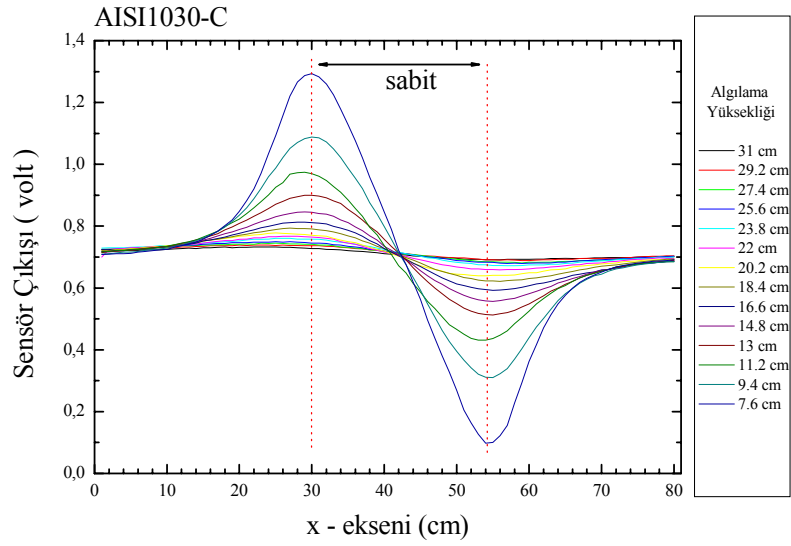


Şekil 4.10 AISI1030 malzemesi için boya göre $X_{c2}-X_{c1}$ farkının değişimi

Şekil 4.10 'a bakıldığında $X_{c2}-X_{c1}$ 'in malzeme boyuna göre değişiminin Denklem 4.2 'ye uyduğu anlaşılmaktadır.

$$X_{c2} - X_{c1} = -30.39 + 1.74L + 59.48(0.89L)^L \quad (4.2)$$

Endüstride kullanılan tüm malzemeler için benzer değişim grafikleri ve benzer denklemler belirlendikten sonra, kullanıcının tek yapması gereken $X_{c2}-X_{c1}$ farkını bulmaktır. Çalışmamızda testi yapılan tüm numuneler için benzer grafikler elde edilmiştir. Fakat örnek olması için burada bir tanesi sunulmuştur. Ayrıca çalışma kapsamında malzeme ne olursa olsun $X_{c2}-X_{c1}$ farkının sensör malzeme arasındaki mesafe olan z değerine bağlı olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.11).



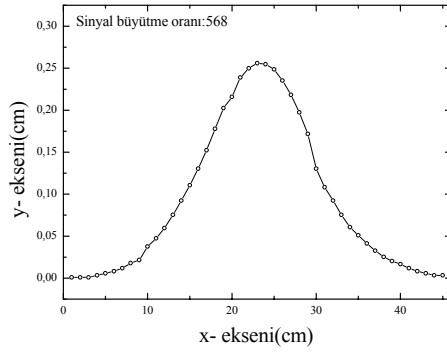
Şekil 4.11 Farklı yükseklikte, x-ekseni boyunca taramada sensör çıkış geriliminin değişimi.

4.5 Çapı Yüksekliğine Göre Küçük Olan Silindirik Numunelerin Çapının Belirlenmesi

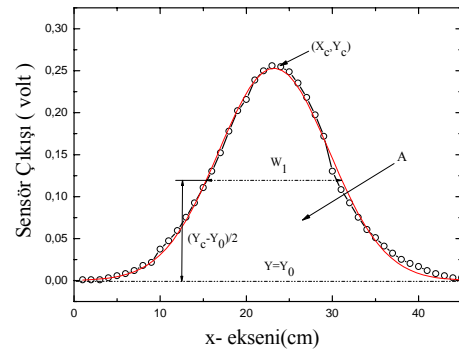
Çalışmamızda bir çapı yüksekliğinden küçük olan bir silindirik numunenin çap bilgisine ulaşmak için ilk olarak numunenin tam üzerinde sensörü belirli bir z yüksekliğinde iken x eksenini boyunca hareket ettirip, sensör çıkış gerilim değerleri belirlenmiştir. Daha sonra numune boyunca (x eksenini) belirlenen sensör değerleri kullanılarak Şekil 4.12a 'deki eğri elde edilmiştir. Bu karakteristik değişime uyan matematiksel eğri belirlenmiş ve bu eğrinin denklemi bulunmuştur (Şekil 4.12b).

$$V_{output} = V_0 + \frac{A}{W \sqrt{\frac{\pi}{2}}} e^{-2 \frac{(X-X_c)^2}{W^2}} \quad (4.3)$$

Burada V_0 ; malzeme yokken sensörün okuduğu sabit değeri, X_c ; gausyen eğrinin pik koordinatını, W_1 ; gausyen eğrinin yarı genişliğini, A ; gaus eğrisi altında kalan alanı göstermektedir. Silindirik numunelerle yapılan deneyler, $z=5$ cm olduğu durumda sensör gerilim değişimlerine göre çizilen fit eğrisinin W_1 yarı genişlik değeri, doğrudan çapın yaklaşık değerini verdiğini göstermiştir.



(a)



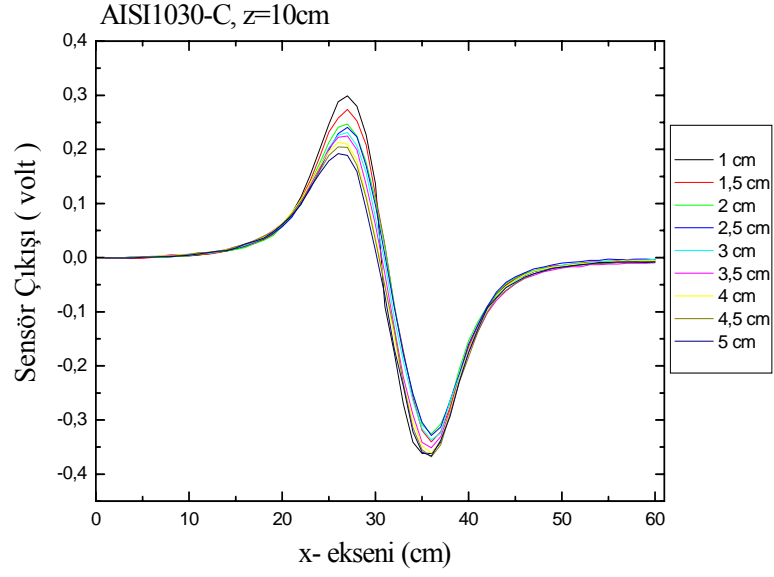
(b)

Şekil 4.12 AISI1060 numunesi için (a), x eksenini boyunca sensör çıkış gerilimi değişimi (b) matematiksel eğrisi

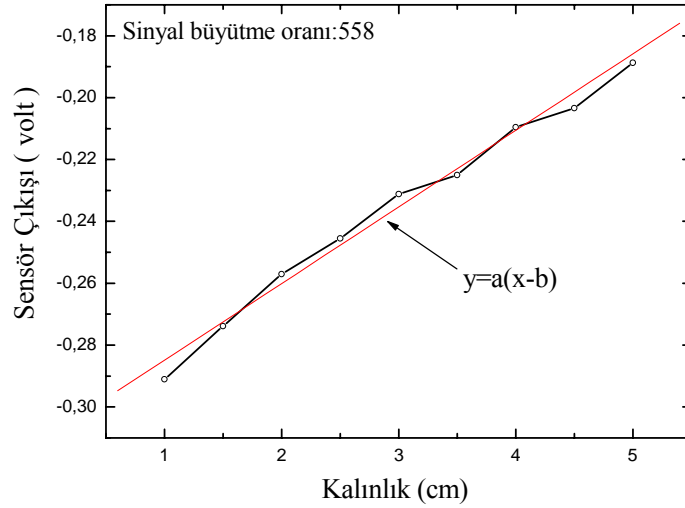
4.6 Numunenin Kalınlık Bilgisinin Tespit Edilmesi

Çalışmamızda numunenin kalınlık bilgisini belirlemek amacıyla boyu 10 cm, eni 3 cm, kalınlığı 0,5 cm olan AISI1030-C numunesi kullanılmıştır. Bu amaçla sadece numune kalınlığı, 1 cm 'den başlayarak 5 cm 'ye kadar 0,5 cm aralıklarla değiştirilmiştir. Kalınlıkları farklı, fakat tüm fiziksel özellikleri aynı olan 9 tane numune için tek eksen taraması yapılmıştır. Sensörün tam numunenin üzerinden geçecek şekilde x eksenini boyunca (numune boyunca) 1cm aralıkla hareket ettirilmesi sonrasında sensör çıkış gerilimleri okunarak Şekil 4.13 'deki gibi bir grafik elde edilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere, kalınlık arttıkça elde edilen her bir karakteristik eğrinin gerilim seviyesi bir öncekine göre yüksek bir değer almıştır. Her bir yükseklik için belirlenen değişim grafiklerinde sensör çıkış gerilimlerinin maksimum değerleri belirlenmiş ve kalınlığa bağlı olarak değişimleri tespit edilmiştir (Şekil 4.14).

Şekil 4.14 'den görüldüğü üzere, kalınlık arttıkça sensör çıkış sinyalinin büyüklüğü de doğru orantılı olarak artmaktadır. Elde edilen sonuçlardan açıkça görülüyor ki ölçüm sisteminde kullanılan sensör, 0,5 cm 'lik kalınlık değişimlerini algılayabilecek hassaslıktadır.



Şekil 4.13 Farklı kalınlıklardaki AISI1030-C numunesinin tek eksen taraması

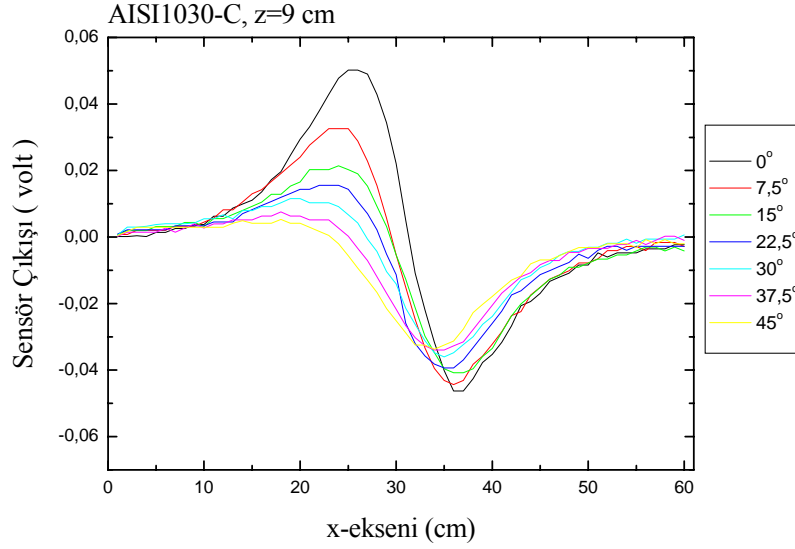


Şekil 4.14 AISI1030-C numunesi için kalınlığa bağlı sensör çıkış gerilim değişimi

4.7 Numunenin Düzlem İle Yaptığı Açının Belirlenmesi

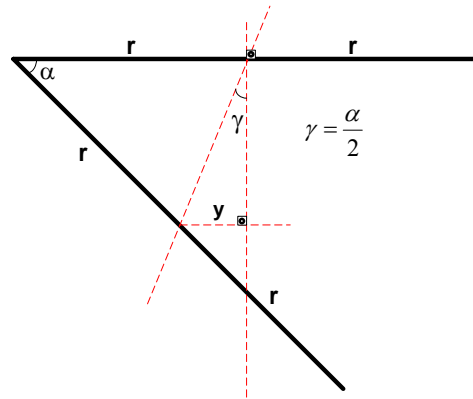
Prizmatik bir numunenin düzlem ile yaptığı açının belirlenmesine örnek olması için Şekil 4.15 'de yatay ile çeşitli açılarda bulunan AISI1030-C numunesi ile yapılan tek eksen taraması sonucu elde edilen grafik verilmiştir. Numunenin yatay ile yaptığı açı değeri arttıkça çıkış sinyalinin minimum pik değerlerinde dikkate değer bir değişim söz konusu değildir.

Maksimum pik değerlerinin ise numunenin yatay ile yaptığı açının artması ile numune ucunun sensörden uzaklaşması sebebiyle sinyal seviyesi düşmüştür.



Şekil 4.15 AISI1030-C numunesi ile yapılan tek eksen taraması sırasında sensör çıkış geriliminin x eksenine göre değişimi

Numunenin yaptığı açının artmasıyla numunenin merkezinin ilk duruma göre yeri değişmektedir. Bu durumda sensörün okuduğu minimum gerilim büyüklüğü her seferinde farklı bir x uzaklığında elde edilecektir (Şekil 4.15).

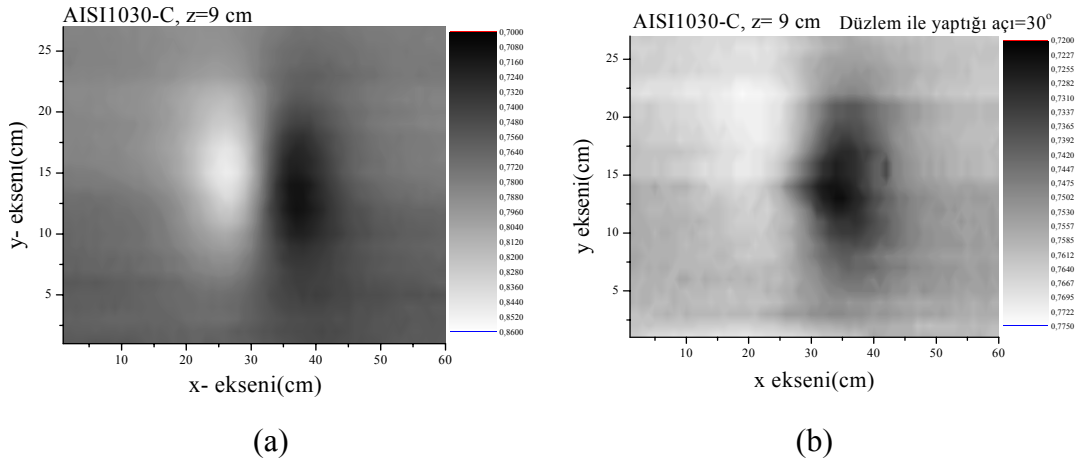


Şekil 4.16 Numunenin düzlem ile yaptığı açığa bağlı merkezinin yer değiştirmesi

Şekil 4.16 'da görüldüğü üzere düzlem ile α açısı yapan bir numunenin merkezinin yer değiştirme miktarı y 'nin değişimi denklem (4.4) 'deki gibidir.

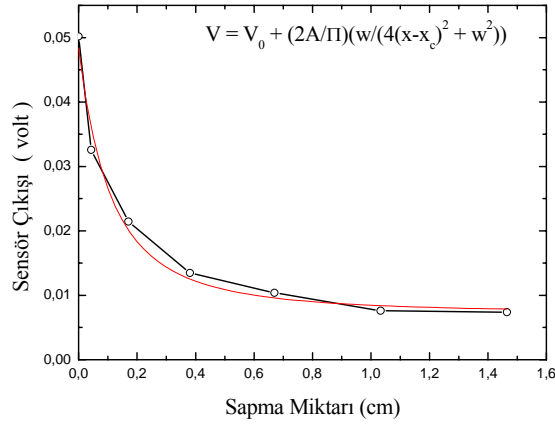
$$y = 2r \sin^2(\alpha/2) \quad (4.4)$$

Şekil 4.17 'de düzlem ile 0° ve 30° yapan AISI1030-C numunesinin her iki durumu için $z=9$ cm 'den x-y alan taraması sonuçları verilmiştir. Şekil 4.17a ve Şekil 4.17b grafikleri karşılaştırıldığında numune düzlemle 0° yaparken siyah-beyaz elips yapılar eşit büyüklükteyken, açı 30° olduğunda koyu renkli elips, açık renkli ilk elipse göre daha baskın duruma gelmiştir. Sonucun böyle çıkmasının sebebi, numunenin bir ucunun yatay ile yaptığı açıdan dolayı sensöre daha yakın olmasıdır.



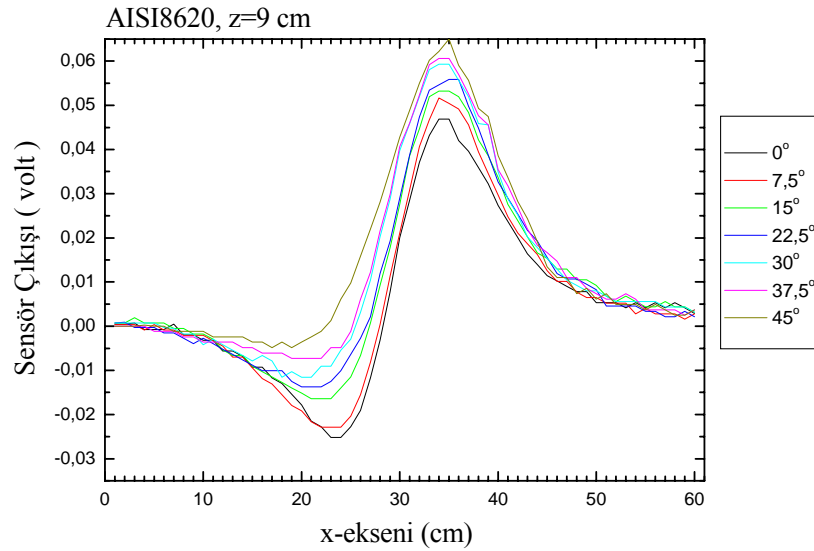
Şekil 4.17 (a)Düzlem ile 0° yapan (b) 30° yapan AISI1030-C numunesinin x-y alan taraması sonucu

Şekil 4.15 'de verilen grafikte maksimum sensör çıkış geriliminin numune merkezinin yer değiştirme miktarına bağlı değişimi Şekil 4.18 'de verilmiştir. Grafik oluşturulurken numunenin merkezinin yer değiştirme miktarları Denklem (4.4) 'den yola çıkarak hesaplanmıştır. Şekil 4.18 'e bakıldığında en iyi sensör çıkış geriliminin, numunenin yatay ile 0° yaptığı durumda elde edileceği ve açı değerinin artmasıyla düştüğü anlaşılmaktadır.



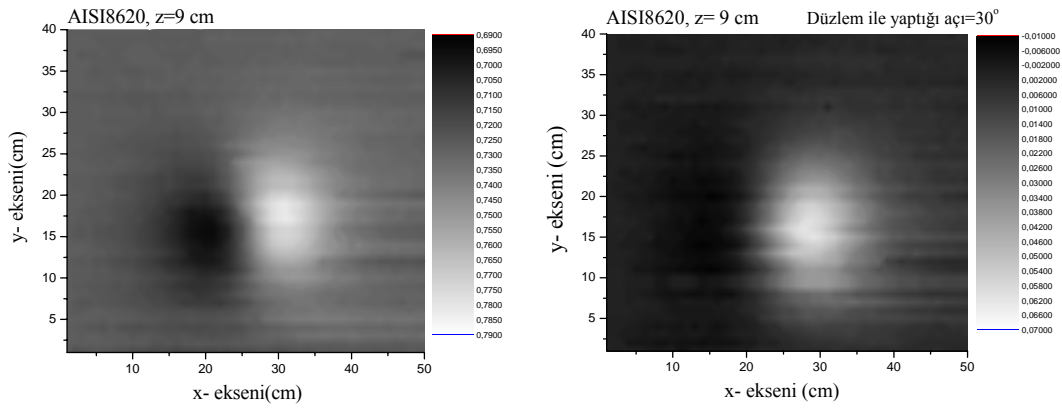
Şekil 4.18 AISI1030-C numunesi için merkezinin sapma miktarına bağlı sensör çıkışı değişimi

Silindirik bir numunenin düzlem ile yaptığı açının belirlenmesine örnek olması için Şekil 4.19 'da yatay ile çeşitli açılarda bulunan AISI8620 numunesi ile yapılan tek eksen tarama sonucu sensör çıkış gerilimlerinin değişimleri verilmiştir. Numunenin yatay ile yaptığı açı değeri arttıkça çıkış geriliminin maksimum pik değerlerinde dikkate değer bir değişim söz konusu değildir. Minimum pik değerlerinin ise numunenin yatay ile yaptığı açının artması ile numune ucunun sensörden uzaklaşması sebebiyle gerilim seviyesi düşmüştür.



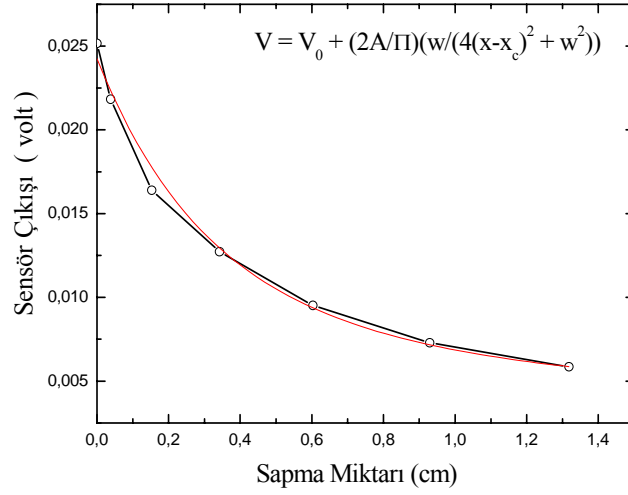
Şekil 4.19 AISI8620 numunesi ile yapılan tek eksen taraması sırasında sensör çıkış geriliminin x eksenine göre değişimi

Şekil 4.17 'de düzlem ile 0° ve 30° yapan AISI8620 numunesinin her iki durumu için $z=9$ cm 'den x-y alan taraması sonuçları verilmiştir. Şekil 4.20a ve Şekil 4.20b grafikleri karşılaştırıldığında numune düzlemle 0° yaparken siyah-beyaz elips yapılar eşit büyüklükteyken, açı 30° olduğunda açık renkli elips, koyu renkli ilk elipse göre daha baskın duruma gelmiştir. Sonucun böyle çıkmasının sebebi, numunenin bir ucunun yatay ile yaptığı açıdan dolayı sensöre daha yakın olması gösterilebilir.



Şekil 4.20 (a)Düzlem ile 0° yapan (b) 30° yapan AISI1030-C numunesinin x-y alan taraması sonucu

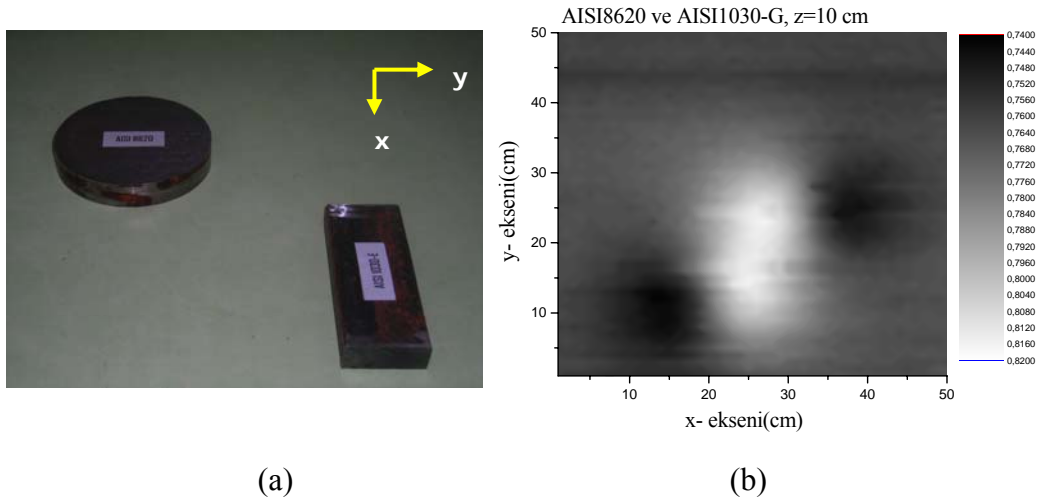
Şekil 4.19'da verilen grafikte minimum sensör çıkış geriliminin numune merkezinin yer değiştirme miktarına bağlı değişimi Şekil 4.21 'de verilmiştir. Grafik oluşturulurken numunenin merkezinin yer değiştirme miktarları yine denklem (4.4) 'den yola çıkarak hesaplanmıştır. Şekil 4.21 'e bakıldığında en iyi sensör çıkış geriliminin, numunenin yatay ile 0° yaptığı durumda elde edileceği ve açı değerinin artmasıyla düştüğü anlaşılmaktadır. O halde genel olarak numunenin türü ne olursa olsun yatayla yapılan açı, sensör çıkış gerilimini azaltıcı etki yapmakta ve numunenin üst yüzey geometrisinin algılanmasını da etkilemektedir.



Şekil 4.21 AISI8620 numunesi için merkezinin sapma miktarına bağlı sensör çıkışı değişimi

4.8 Ortamdaki İki Numunenin Ayırt Edilebilirliği

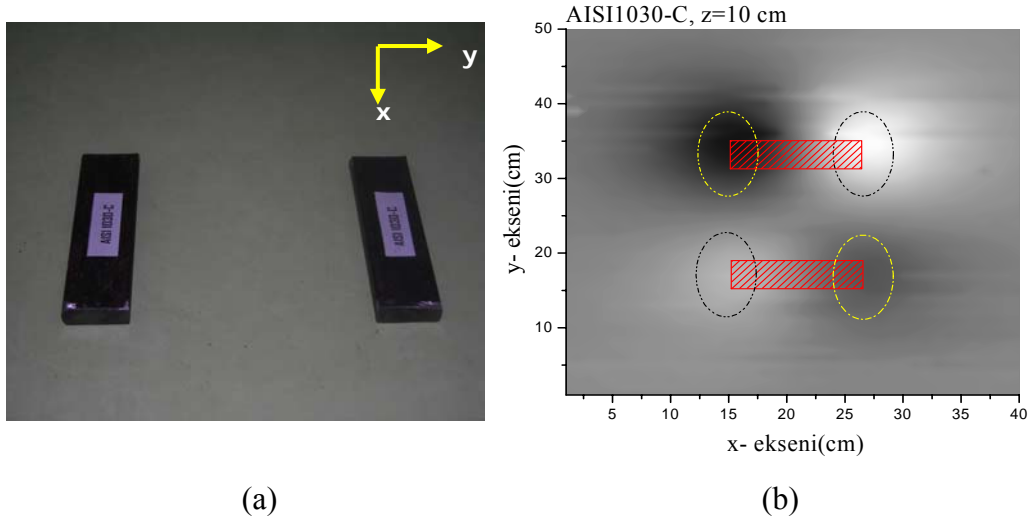
Çalışmamızda tarama alanı içindeki aynı ya da farklı iki numunenin x-y taraması sonrasında sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafikleri yardımıyla belirlenip belirlenemeyeceği, ayrıca birbirinden ayırt edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Önce prizmatik bir numune ile silindirik bir numune Şekil 4.22a 'deki gibi tarama alanına yerleştirilmiş ve z= 10 cm iken x-y alan taraması sonrasında elde edilen sensör çıkışları Şekil 4.22b 'deki gibidir.



Şekil 4.22 AISI1035-A ile AISI1030-G numunelerinin (a) resimleri, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi

Şekil 4.22b 'de görülen sensör çıkış gerilimi değişiminden, tarama alanı içinde biri prizmatik diğeri silindirik iki numunenin var olduğunu anlamak mümkündür. Her iki numunenin de birbirinden fark edilebilir şekilde ayrıldığı görülmektedir. Ancak silindirik numunenin bitişi ile prizmatik numunenin başlangıcı arasındaki mesafe yakın (2 cm) olduğundan bu bölgedeki manyetik akı çizgilerinin birbirlerini tamamlamaya çalıştığı söylenebilir. Bu yüzden Şekil 4.22 'de görülen açık renkli bölgeler iç içe geçmeye başlamıştır. O halde böyle bir numune düzeni için manyetik ölçüm sistemi tarafından numunelerin ayırt edilme sınırının 2 cm olduğu söylenebilir.

Çalışmamızda ikinci olarak iki prizmatik numune 14 cm aralıkla Şekil 4.23a 'deki gibi tarama alanına yerleştirilmiş ve $z=10$ cm iken x-y alan taraması sonrasında elde edilen sensör çıkışları Şekil 4.23b 'deki gibidir.

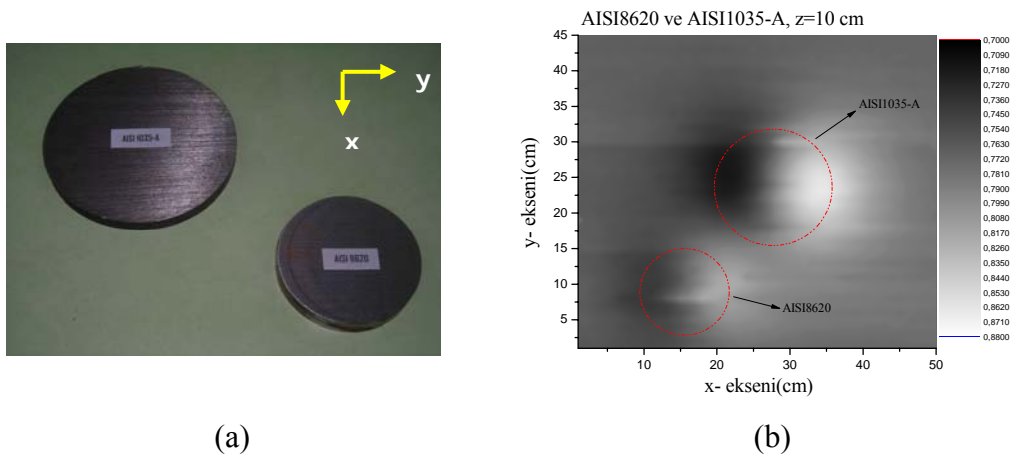


Şekil 4.23 İki tane AISI1030-C numunesinin (a)resimleri, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi

Şekil 4.23b incelendiğinde tarama alanında iki farklı numunenin varlığı ve bu numunelerin ikişer tane uçlarının olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca iki numuneden kaynaklanan sensör çıkış gerilim değişimleri birbirinden tam olarak ayrıldığı görülmektedir. Ancak burada iki numune için sensör çıkış gerilim seviyelerinin farklı olduğu görülmektedir.

Bunun sebebi numunelerin aynı kimyasal bileşene sahip olmalarına rağmen oranların her numune için küçük farklılar göstermesi verilebilir. Sonuç olarak böyle bir numune düzeni için manyetik ölçüm sistemi tarafından numunelerin ayırt edilme sınırının 14 cm olduğu söylenebilir.

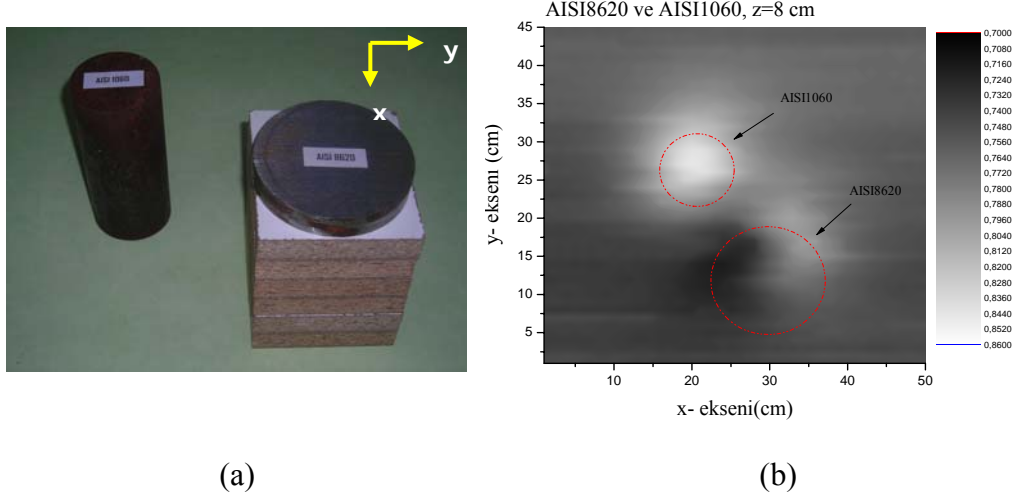
Çalışmamızda üçüncü olarak iki silindirik numune 4 cm aralıkla Şekil 4.24a 'daki gibi tarama alanına yerleştirilmiş ve $z=10$ cm iken x-y alan taraması sonrasında elde edilen sensör çıkışları Şekil 4.24b 'deki gibidir.



Şekil 4.24 AISI8620 ile AISI1035-A numunelerinin a)resimleri, b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi

Şekil 4.24b incelendiğinde tarama alanında iki farklı numunenin varlığı ve bu numunelerin tarama alanında silindirik numunelerdeki sensör çıkış gerilimi değişimine benzer gerilim değişimi sağladığı anlaşılmaktadır. Ayrıca iki numuneden kaynaklanan sensör çıkış gerilim değişimleri birbirinden tam olarak ayrıldığı görülmektedir. O halde böyle bir numune düzeni için manyetik ölçüm sistemi tarafından numunelerin ayırt edilme sınırının 3-4 cm olduğu söylenebilir.

Çalışmamızda numunelerin ayırt edilebilirliğini belirlemek amacıyla son olarak çapları ve yükseklikleri birbirinden farklı silindirik AISI8620 ve AISI1060 numunelerinin 6 cm aralıkla Şekil 4.25a'deki gibi tarama alanına yerleştirilmiş ve $z=10$ cm iken x-y alan taraması sonrasında elde edilen sensör çıkışları Şekil 4.25b'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.25 AISI8620 ile AISI1060 numunelerinin (a)resimleri, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi

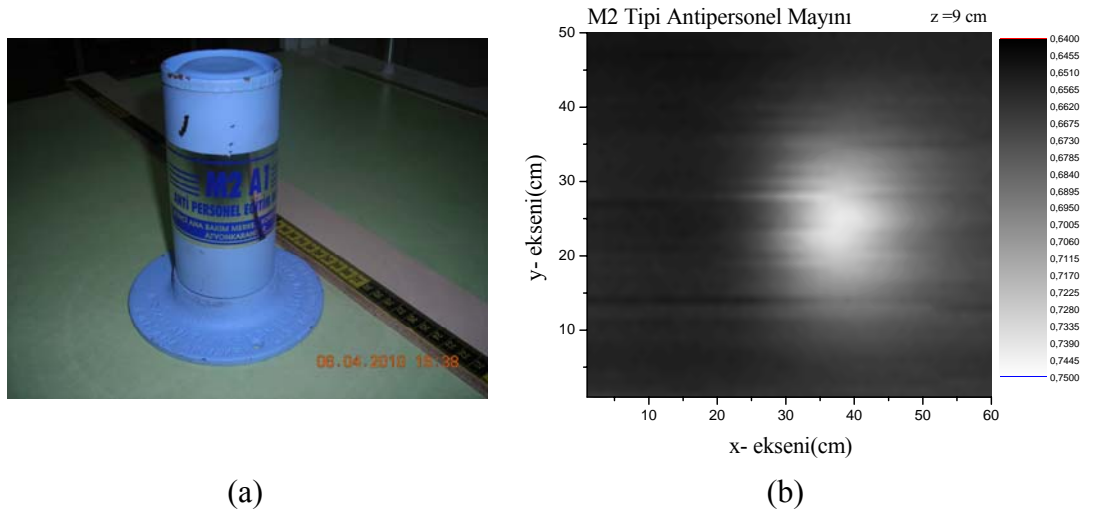
Şekil 4.25b incelendiğinde tarama alanında iki farklı numunenin varlığı ve bu numunelerin her ikisinin de tarama alanında silindirik numunelerdeki sensör çıkış gerilimi değişimine benzer gerilim değişimi sağladığı anlaşılmaktadır. Fakat sensör çıkış gerilim değişimlerine göre bu numunelerin bir tanesinin çapının yüksekliğinden küçük diğerinin ise çapının yüksekliğinden büyük olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca iki numuneden kaynaklanan sensör çıkış gerilim değişimleri birbirinden tam olarak ayrıldığı görülmektedir. O halde böyle bir numune düzeni için manyetik ölçüm sistemi tarafından numunelerin ayırt edilme sınırının 4-6 cm olduğu söylenebilir.

Görüldüğü gibi manyetik ölçüm sisteminin her numune düzeni için farklı ayırt edebilme sınırı mevcuttur. Fakat numuneler birbirine çok yakın değilse ölçüm sisteminin numuneleri ayrı ayrı belirleyebileceğini söylemek doğru olur.

4.9 Gerçek Mayınlarla Yapılan Deneysel Çalışmalar

4.9.1 M2 Tipi Anti Personel Kara Mayını

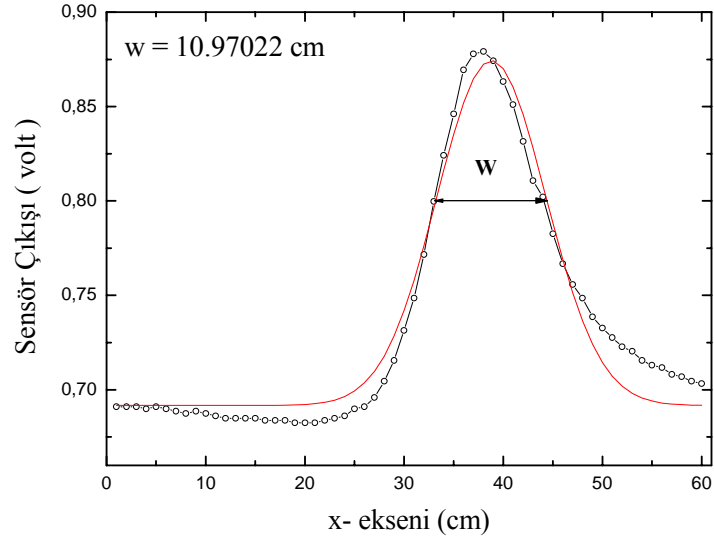
Gerçek mayınlarla yapılan deneysel çalışmamızda ilk olarak çapı 5,6 cm, yüksekliği 16 cm olan M2 tipi anti personel kara mayını, ölçüm sisteminin tarama alanına yerleştirilmiş, sensör-mayın yüksekliği 9 cm iken 1 cm aralıklarla x-y tarama alanının sensör çıkış gerilimleri belirlenmiştir. Daha sonra bu gerilim değerleri taranan alana göre renklendirilmiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 M2 tipi anti personel kara mayınının (a) resmi, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi

Şekil 4.26b incelendiğinde bu sensör çıkış gerilim değişiminin çapı yüksekliğinden küçük silindirik numunelerinkiyle aynı olduğu görülecektir. Bu durumda bu tip bir mayın için dünyanın manyetik akısının Şekil 4.4 'deki gibi davrandığını söylemek mümkündür. Fakat bilmediğimiz bir ortam mayın araması yaparken böyle bir değişimle karşılaştığımızda bu değişimin M2 tipi anti personel mayından kaynaklandığını söyleyebilmek için bu değişimi sağlayan silindirik numunenin çapını belirlemek gerekir. Çap doğru olarak belirlenirse ve bu çap değeri mayın standartlarına uyan bir değer ise o zaman ancak bunu mayın olarak değerlendirilmelidir.

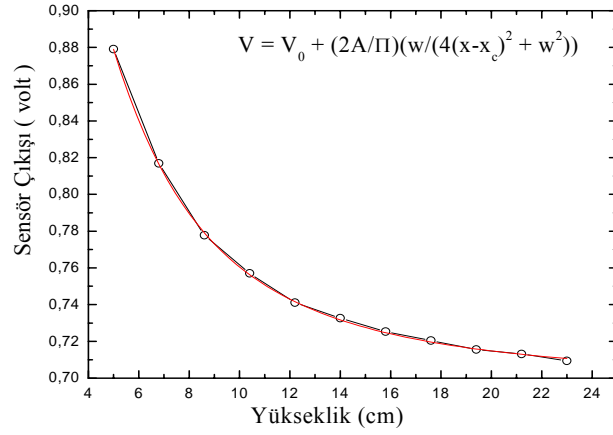
Çapı yüksekliğinden küçük olduğu belirlenen bu mayının çap bilgisine ulaşmak için ilk olarak mayının tam üzerinde, sensör-mayın arası $z=5$ cm iken x eksenini boyunca hareket ettirip, sensör çıkış gerilim değerlerini belirlenmiştir. Daha sonra numune boyunca (x eksenini) belirlenen sensör değerleri çizdirilmiştir. Bu karakteristik değişime uyan matematiksel eğri belirlenmiş ve bu eğri denkleminin Denklem 4.3 ile aynı olduğu bulunmuştur (Şekil 4.27).



Şekil 4.27 M2 anti personel mayın için x eksenini boyunca sensör çıkış gerilim değişimi ve matematiksel eğrisi

Şekil 4.27 incelendiğinde fit eğrisinin W yarı genişlik değeri, doğrudan çapın yaklaşık değerini verdiği görülecektir. Fakat tek eksen taramasında sensör – mayın mesafesi 5 cm 'in üzerine çıkarsa ya da altına inerse çap doğru değerde bulunamayacağı tespit edilmiştir. O halde sensör-mayın yüksekliği (5cm) bu tür bir mayının belirlenmesinde çok büyük önem taşımaktadır.

Çalışmamızda bu mayınla ilgili son olarak, bu tür bir mayının maksimum ne kadar mesafeden sensör tarafından algılanabileceği araştırılmıştır. Bu amaçla sensör-mayın arası yüksek değiştirilerek mayının tam üzerinde tek eksen taraması yapılmış ve her yükseklik için bulunan maksimum sensör gerilim değerleri belirlenmiştir. Daha sonra bu değerleri sensör –mayın yüksekliği ile nasıl değiştiği bulunmuştur (Şekil 4.28).



Şekil 4.28 M2 Tipi Anti-Personel mayının için mayın-sensör yüksekliğinin maksimum sensör çıkış gerilim değerlerine göre değişimi

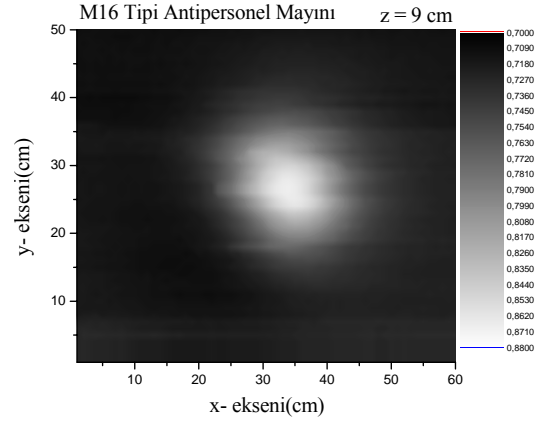
Şekil 4.28 incelendiğinde M2 anti personel mayınından 22cm yükseklikteki bir AMR sensörün mayının varlığını tespit edemeyeceği anlaşılacaktır. Fakat M2 anti personel mayının olduğunu sandığımız bir alanı tararken elde edilen sensör gerilim değerlerinin mayından kaynaklandığını söyleyebilmek için çap bilgisine ulaşmak şarttır ve yeryüzü ile sensör arası mesafenin de 5 cm 'i geçmemesi önemlidir.

4.9.2 M16 Tipi Anti Personel Kara Mayını

Çalışmamızda ikinci olarak çapı 11 cm, yüksekliği 12 cm olan M16 tipi anti personel kara mayını, ölçüm sisteminin tarama alanına yerleştirilmiş, sensör-mayın yüksekliği 9 cm iken 1 cm aralıklarla x-y tarama alanın sensör çıkış gerilimleri belirlenmiştir. Daha sonra bu gerilim değerleri taranan alana göre renklendirilmiştir (Şekil 4.29).



(a)

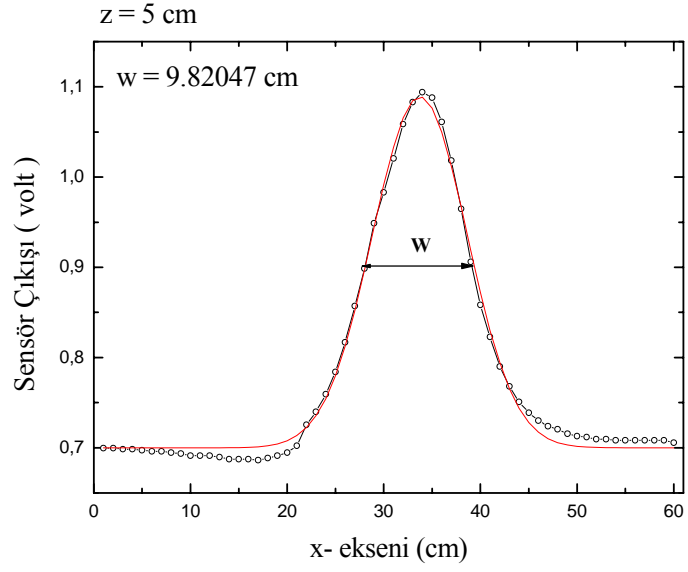


(b)

Şekil 4.29 M16 tipi anti personel kara mayınının (a)resmi, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi

Şekil 4.29b incelendiğinde bu sensör çıkış gerilim değişiminin bir önceki mayın örneğinde olduğu gibi çapı yüksekliğinden küçük silindirik numunelerinkiyle aynı olduğu görülecektir. Bu durumda bu tip bir mayın için dünyanın manyetik akısının Şekil 4.4 'deki gibi davrandığını söylemek mümkündür. Fakat bilmediğimiz bir ortam mayın araması yaparken böyle bir değişimle karşılaştığımızda bu değişimin M2 ya da M16 tipi anti personel mayından mı yoksa herhangi bir silindirik numuneden mi kaynaklandığını söyleyebilmek için bu değişimi sağlayan silindirik numunenin çapını belirlemek gerekir. Çap doğru olarak belirlenirse ve bu çap değeri mayın standartlarına uyan bir değer ise o durumda ancak bunu mayın olarak değerlendirmelidir.

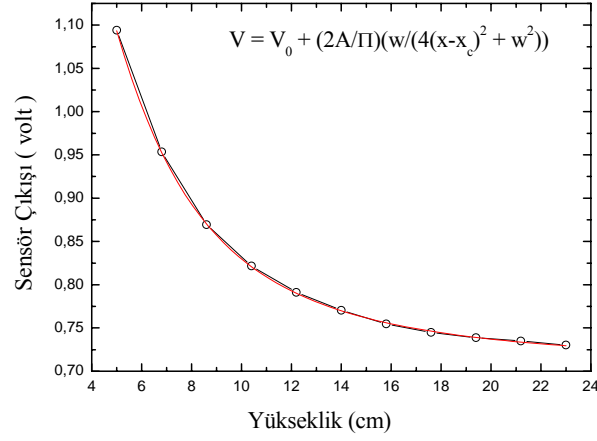
X-Y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimine göre çapı yüksekliğinden küçük olduğu belirlenen bu mayının çap bilgisine ulaşmak için mayının tam üzerinde, sensör-mayın arası $z=5$ cm iken x eksenı boyunca hareket ettirip, sensör çıkış gerilim değerleri belirlenmiştir. Daha sonra mayın boyunca (x eksenı) belirlenen sensör değerleri kullanılarak bir eğri elde edilmiştir. Bu karakteristik değişime uyan matematiksel eğri belirlenmiş ve bu eğri denkleminin bir önceki mayında olduğu gibi Denklem 4.3 ile aynı olduğu bulunmuştur (Şekil 4.30).



Şekil 4.30 M16 anti personel mayın için x eksenı boyunca sensör çıkış gerilim değışimini ve matematiksel eğrisi

Şekil 4.30 incelendiğinde fit eğrisinin W yarı genişlik değeri, doğrudan çapın yaklaşık değeri verdiği görülecektir. Fakat tek eksen taramasında sensör – mayın mesafesi bu mayın için 5 cm 'in üzerine çıkarsa ya da altına inerse çap doğru değerde bulunamayacağı tespit edilmiştir.

Çalışmamızda bu mayınla ilgili son olarak, bu tür bir mayının maksimum ne kadar yükseklikten sensör tarafından algılanabileceği araştırılmıştır. Bu amaçla sensör-mayın arası yükseklik değıştirilerek mayının tam üzerinde tek eksen taraması yapılmış ve her yükseklik için bulunan maksimum sensör gerilim değeri belirlenmiştir. Daha sonra bu sensör çıkış gerilim değeri sensör –mayın yüksekliği ile nasıl değıştiği bulunmuştur (Şekil 4.31).



Şekil 4.31 M16 Tipi Anti-Personel mayının için mayın-sensör yüksekliğinin maksimum sensör çıkış gerilim değerlerine göre değişimi

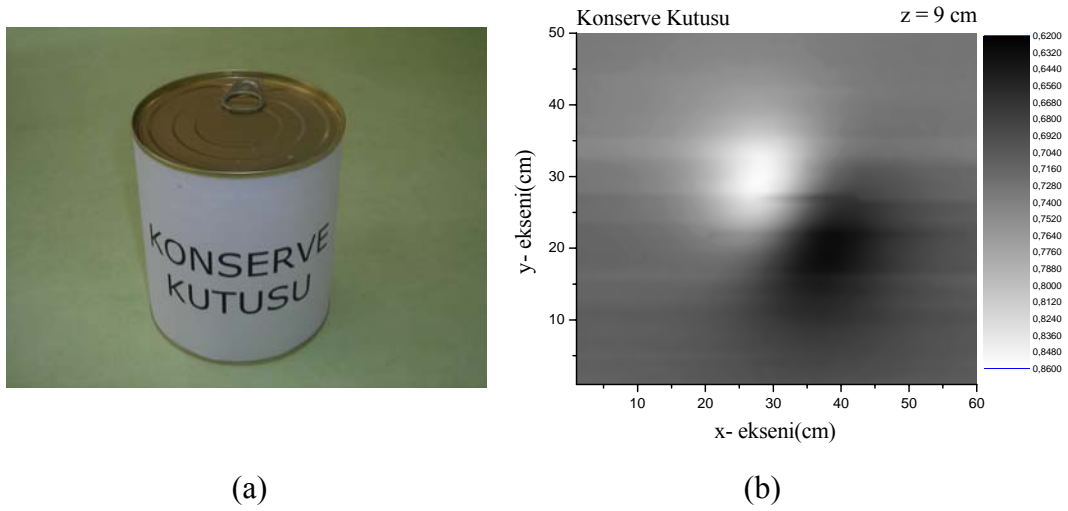
Şekil 4.31 incelendiğinde M16 anti personel mayınından 23cm yükseklikteki bir AMR sensörün mayının varlığını tespit edemeyeceği anlaşılacaktır. Fakat M16 anti personel mayının olduğunu sandığımız bir alanı tararken elde edilen sensör gerilim değerlerinin mayından kaynaklandığını söyleyebilmek için çap bilgisine ulaşmak şarttır ve yeryüzü ile sensör arası mesafenin bu mayın tipi için de 5 cm 'yi geçmemesi önemlidir.

M2 ve M16 tipi anti personel mayınların olduğunu bildiğimiz bir alanda bu iki mayını birbirinden ayırmak için çap değerleri karşılaştırılabilir. Ayrıca Şekil 4.28 ile Şekil 4.31 dikkatle incelenirse M16 tipi anti personel mayının sensör çıkış gerilim değerlerinin daha yüksek olduğu görülecektir. Bunun sebebi olarak, M16 tipi anti personel kara mayınının M2 tipi anti personel kara mayınına göre manyetik geçirgenliğinin daha yüksek olması gösterilebilir. Bu farklılık da bu iki mayının birbirinden ayırt edilmesinde kullanılabilir.

Her iki kara mayını için elde edilen sonuçların daha önce silindirik numunelerden elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Ancak toprak altındaki bu tip kara mayınları ile kara mayınlarıyla benzer geometrik özelliklere sahip herhangi bir silindirik numunenin birbirinden ayırt edilebilirliği burada büyük önem taşımaktadır. Örneğin M16 tipi anti personel mayınıyla aynı geometrideki bir konserve kutusunun birbirinden ayırt edilebilmesi yanlış alarmları önlemiş olacaktır.

4.10 M16 Tipi Anti Personel Kara Mayını İle Aynı Boyuttaki Konserve Kutusunun Birbirinden Ayırt Edilebilirliği

Çalışmamızda bu amaçla M16 Anti-Personel mayını ile boyutları aynı olan bir konserve kutusu ölçüm sisteminin tarama alanına yerleştirilmiş, sensör-mayın yüksekliği 9 cm iken 1 cm aralıklarla x-y tarama alanın sensör çıkış gerilimleri belirlenmiştir. Daha sonra bu gerilim değerleri taranan alana göre renklendirilmiştir (Şekil 4.32).

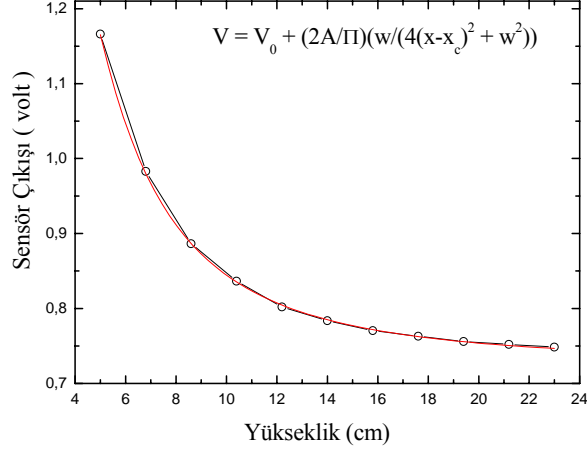


Şekil 4.32 Konserve kutusunun (a)resmi, (b) x-y alan taraması sırasında sensör çıkış geriliminin değişimi

Şekil 4.32b incelendiğinde bu sensör çıkış gerilim değişiminin M16 anti personel mayından farklı olarak çapı yüksekliğinden büyük silindirik numunelerinkiyle aynı olduğu görülecektir. Bu durumda konserve kutusunun bulunduğu bölgede dünyanın manyetik akısının Şekil 4.2 'deki gibi davrandığını söylemek mümkündür. Buna sebep olarak konserve kutusunun çap boyunca manyetik geçirgenliğinin yükseklik doğrultusundakine göre daha büyük olduğunu gösterilebilir. O halde M16 anti personel mayını ile konserve kutusunun alan taraması sonrasında sensör çıkış gerilim değişimleri karşılaştırarak ayırt edilebileceğini söylemek doğru olacaktır.

Çalışmamızda konserve kutusu ile ilgili son olarak, böyle bir kutunun maksimum ne kadar yükseklikten sensör tarafından algılanabileceği araştırılmıştır.

Bu amaçla sensör-kutu arası yüksek değiştirilerek kutunun tam üzerinde tek eksen taraması yapılmış ve her yükseklik için bulunan maksimum sensör gerilim değerleri belirlenmiştir. Daha sonra bu sensör çıkış gerilim değerlerinin sensör-kutu yüksekliği ile nasıl değiştiği bulunmuştur (Şekil 4.33).



Şekil 4.33 Kuru kutusu için sensör-kutu yüksekliğinin maksimum sensör çıkış gerilim değerlerine göre değişimi

Şekil 4.33 incelendiğinde kuru kutusunun da mayın örneklerinde olduğu gibi yaklaşık 23 cm yükseklikteki bir AMR sensörün mayının varlığını tespit edemeyeceği anlaşılacaktır. O halde mayın ve kuru kutusunun olduğu bir bölgede alan taraması yapılırsa her iki numune içinde sensörde değişim oluşacaktır. Fakat bu değişimler farklı karakterde olduğu için birbirinden rahatlıkla ayırt edilebileceklerdir.

5. SONUÇ

Çalışmamız kapsamında, manyetik akı değişiminin algılanmasında kullanılan sensörün üç boyutta hareketini sağlayacak mekanik bir sistem, sensörden gelen veriyi işleyerek bilgisayara gönderecek veri toplama modülü ve bilgisayara gelen verileri değerlendirip kaydedecek bilgisayar yazılımından oluşan bir manyetik ölçüm sistemi tasarlanmıştır.

Manyetik ölçüm sistemi yardımıyla manyetik, kimyasal ve geometrik özellikleri bilinen manyetik karakteristikteki endüstriyel malzemelerin dünyanın manyetik alanın dikey bileşeninde oluşturdukları anomaliler tespit edilmiş ve malzemelerin fiziksel özelliklerinin anomaliye etkisi araştırılmıştır.

Sonuç olarak geliştirilen manyetik ölçüm sistemi aracılığıyla;

- Numunenin alan taramasıyla üst yüzey görüntüsünün bulunabileceği ve buna sensörün algılama mesafesi ile numunenin düzlemle yaptığı açının etkili olduğu,
- Her numune için elde edilen yüzey görüntülerinden yola çıkarak numunenin tarama yüzeyine bakan kesitinin silindirik mi yoksa prizmatik mi olduğunun belirlenebileceği,
- Her numunenin belirli bir sensör-numune mesafesinden algılanabileceği ve bunda numune boyutlarının etkili olduğu,
- Numunenin kalınlığının sensör çıkış gerilimine olan etkisinden yararlanılarak kalınlık bilgisine ulaşılabilceği,
- Sensör çıkış gerilimine göre numunenin düzlemle yaptığı açının tespit edilebileceği,
- Her numune için belirlenecek sensör değişim karakteristik eğrileri yardımıyla numunenin boy ya da çap değerinin belirlenebileceği,

- Belirli sınırlar dahilinde karışık numunelerin de üst yüzey görüntülerinin bulunabileceği,
- Ortamda bulunan birden fazla aynı ya da farklı geometrideki numunelerin tarama yüzeyine bakan kesitlerinin geometrik yapılarının ayrı ayrı bulunabileceği,
- Ölçüm sisteminin askeri alanda mayın dedeksiyonu işleminde kullanılabileceği,
- Sensör geriliminin değişim karakteristiğinden bir mayın ile konserve kutusunun ayırt edilebileceği,

deneysel olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda kullanılan manyetik ölçüm sisteminin, literatürdeki benzer diğer çalışmalara göre sağladığı bazı avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Kullanılan manyetik ölçüm sisteminin, diğer benzerlerine göre bazı avantajları sırasıyla;

- Dış manyetik alan yerine dünyanın manyetik alanının kullanılması sebebiyle manyetik ölçüm sisteminde enerji tüketiminin minimum olması,
- Manyetik ölçüm sisteminde kullanılan anizotropik magnetoresistive sensörün hassasiyetinin yüksek olması,
- Manyetik ölçüm sistemindeki veri aktarımında hem kablolu hem de kablosuz iletişimin kullanılabilmesi,
- Manyetik ölçüm sistemindeki veri toplama modülü çıkışının deneye başlamadan önce istenilen değere ayarlanabilmesi,
- Sensördeki mikro düzeydeki gerilim değişimlerinin bilgisayara ortamına 12 bit çözünürlükle aktarılabilmesi,
- Manyetik ölçüm sisteminin dış elektromanyetik gürültülerden etkilenmemesi,

söylenbilir.

Çalışmamızda kullanılan manyetik ölçüm sisteminin diğer benzerlerine göre bazı dezavantajları ise sırasıyla;

- Manyetik ölçüm sisteminde kullanılan anizotropik magnetoresistive sensörün yeryüzüne daima dik olmasını sağlayacak bir mekanik sisteme ihtiyaç duyması,
- Alan taraması işlemi sırasında sensörün yeryüzü ile mesafesinin yaklaşık aynı olması gerekliliği,
- Manyetik ölçüm sistemi önceden bilinen numunelerden alınan verilere göre bilinmeyen bir numuneyi tanımladığından araştırılacak numunelere ait verilerin sistemin veri bankasında olması gerekliliği,
- Sistemde elde edilen veriler dünyanın manyetik alanının büyüklüğü ile doğru orantılı olduğu için, sistemin çalıştırılacağı her ülkede dünyanın manyetik alanının yatay bileşeni büyüklüğüne göre yeni bir veri bankasının oluşturulması gerekliliği,
- Manyetik ölçüm sisteminin çalıştırılacağı bölgede dünyanın manyetik alanını etkileyecek başka bir dış manyetik alanın olmaması gerekliliği,
- Manyetik ölçüm sisteminin her numune için belirli bir maksimum algılama sınırının olması,

gösterilebilir.

Çalışmamızda testi yapılan her numunenin maksimum algılanma yükseklikleri belirlenmiştir (Tablo 5.1).

Tablo 5.1 Çalışmada kullanılan numunelerin maksimum algılanma yükseklikleri

Numune adı	Maksimum Algılama Yüksekliği	Numune adı	Maksimum Algılama Yüksekliği
AISI1030-A	21 cm	AISI1035-A	22 cm
AISI1030-B	21 cm	AISI1035-B	22 cm
AISI1030-C	21 cm	AISI1040	22 cm
AISI1030-D	30 cm	AISI1060	22 cm
AISI1030-E	22 cm	AISI4140	31 cm
AISI1030-F	31 cm	AISI8620	22 cm
AISI1030-G	31 cm	M2 Kara Mayını	23 cm
AISI1060-A	35 cm	M16 Kara Mayını	23 cm
AISI1060-B	35 cm	Konserve Kutusu	23 cm
AISI1060-C	35 cm		

Belirlenen bu maksimum algılanma yükseklikleri deneylerin yapıldığı bölge için geçerli olup başka bir ülkede dünyanın manyetik alanı büyüklüğüne göre başka değerler alabilir. Ayrıca eğer alan kaynağı dünyanın manyetik alanı değil de büyüklüğü değiştirilebilen bir dış manyetik alan kullanılırsa yine maksimum algılanma yükseklikleri değişebilir. Örneğin, daha yüksekte numuneyi algılama olasılığı doğabilir.

Çalışmamızda her bir numunenin tarama alanına girmesiyle dünyanın manyetik alanında oluşturduğu değişimleri bilgisayara aktarabilmek için başlangıçta veri toplama modülör çıkışının 500 mV ile 800 mV değerleri arasında bir değere ayarlanmasının uygun olacağı bulunmuştur. Daha büyük bir manyetik alan için bu başlangıç değeri düşürülmelidir.

Manyetik ölçüm sistemi için tasarlanan elektronik arabirim sayesinde sensör verileri kablosuz olarak 50 m uzaklıktaki bir bilgisayara gönderilebilmektedir. Ancak sistemin güncel kullanımı sırasında bu erişim mesafesinin artırılması büyük kolaylık sağlayacaktır. Bunun için uzun erişimli FM alıcı verici kullanmalıdır.

Çalışmamızda testi yapılan M2 ve M16 anti personel mayınları metal kılıflara sahip mayınlardır ve ölçüm sisteminin bu tür mayınları belirleyebileceği bulunmuştur. Fakat askeri amaçlı kullanılan plastik kılıflı mayınlar da mevcuttur. Bu tür mayınların sadece patlayıcı pimi metal özelliğe sahiptir. Bu pimin boyutlarının küçük olması dünyanın manyetik alanında çok küçük bir anomali yaratmakta ve bu sensörde küçük bir gerilim değişimine sebep olmaktadır. Böyle bir kılıfa sahip mayının ölçüm sistemimizle belirlenebilmesi için sensör çıkış gerilimin en az 1000 kat yükseltilmesi gerektiği bulunmuştur.

Sistemdeki sensörde var olan değişimleri gerçek değere en yakın değerde bilgisayara aktarılabilmesi için dijital çözünürlüğün yüksek olması gereklidir. Bu yüzden kurulacak yeni bir benzer sistemde veri işleme sırasında 12 bit çözünürlük yerine 24 ya da 32 bit çözünürlük kullanılması uygun olacaktır.

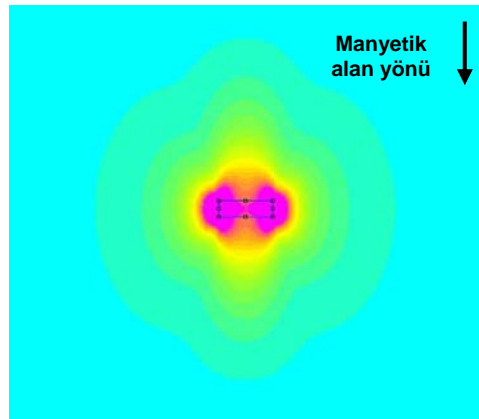
Çalışmamız, özellikle toprak altına gizlenmiş manyetik karakteristikteki mayın benzeri numunelerin geometrik özelliklerinin ve konumunun belirlenmesinde kullanılacak bir manyetik ölçüm sistemi sunması açısından önemlidir. Fakat geliştirilen bu ölçüm sistemi prototipinin hızlı veri alması, aldığı verileri işleyerek kolay ve en doğru şekilde numuneler hakkında bilgi vermesi için bir algoritma oluşturulmalıdır.

EK.A SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DENEYDE KULLANILAN BELİRLİ GEOMETRİLERDEKİ NUMUNELERİN ANALİZİ

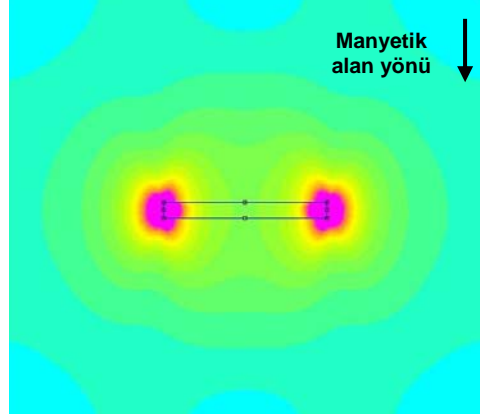
Ölçüm sistemi kullanılarak gerçek numuneler üzerinde yapılan çalışmaları desteklemek amacıyla sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak bilgisayar ortamında numuneler üzerindeki akı davranışları anlaşılmaya çalışılmıştır. Aşağıda prizmatik ve silindirik yapıdaki numuneler için Femm 4.2 yazılımı aracılığıyla yapılmış analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Modelleme sırasında dünyanın manyetik alanı $2,9 \cdot 10^{-5}$ T olarak alınmıştır.

EK.A.1 Prizmatik Numuneler

Şekil A.1 ve Şekil A.2 'de boyları 10 cm ve 30 cm olan prizmatik numunelerin belirli bir manyetik alan altında manyetik akı davranışlarını görmektedir.

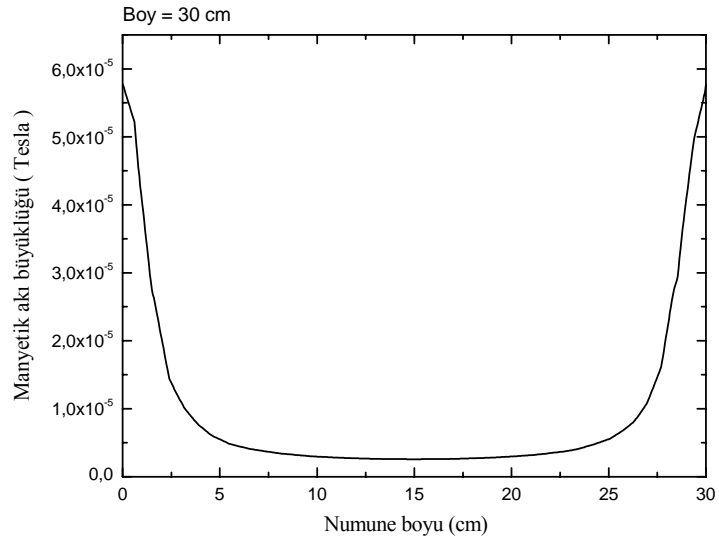


Şekil A.1 Boyu 10 cm olan prizmatik numunenin akı davranışının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi



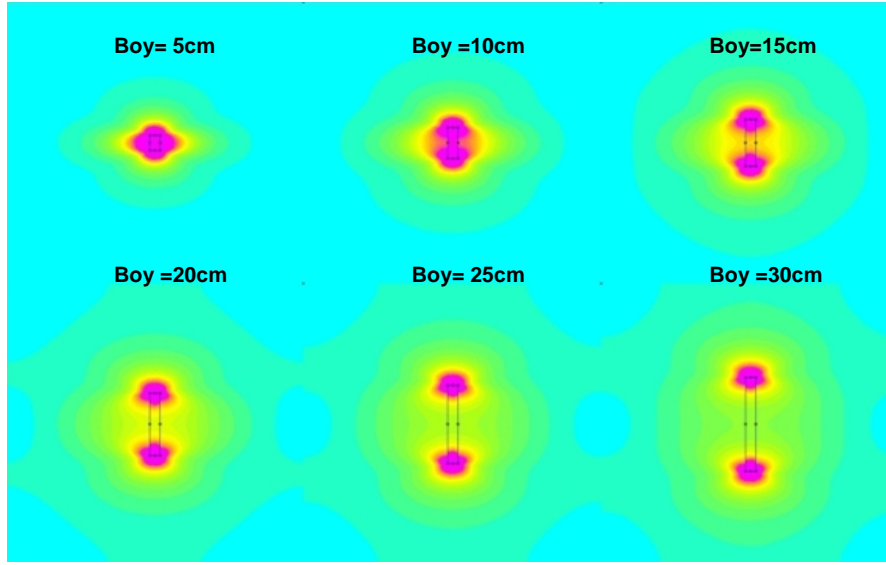
Şekil A.2 Boyu 30 cm olan prizmatik numunelerin akı davranışının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi

Şekil A.1 ve Şekil A.2 'den de görüldüğü üzere manyetik alan altında malzemenin uçlarında akı çizgileri yoğunlaşmaktadır. Bunun sebebi ise akı çizgilerinin malzemenin bir ucundan girip diğer ucundan çıkmasıdır. Büyüklük olarak bu değerlerin aynı olduğu açıkça görülmektedir. Kullanılan numunede akı çizgileri uç kısımlarda hemen hemen bir elips oluşturmaktadır. Bu elipsler arasındaki mesafe ise numunenin boyu uzadıkça artış göstermektedir.

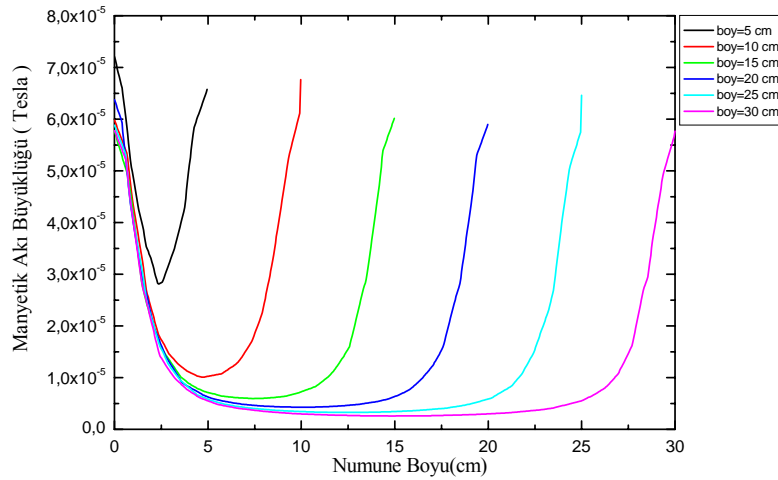


Şekil A.3 Boyu 30 cm olan prizmatik numunenin uzun eksenini boyunca manyetik akı büyüklüğü değişimi

Şekil A.3 'de örnek olması amacıyla 30 cm boyunda prizmatik numune için manyetik alan altında, numune uçları arasındaki akı yoğunluğunun değişimi verilmektedir. Farklı boylardaki prizmatik numuneler için de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Şekil A.4 'de numunenin boyuna bağlı olarak manyetik akı davranışındaki değişim gösterilmektedir. Şekil A.5 'de ise numunelerin uçları arasındaki manyetik akı değişimlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Şekil A.5 'de görüldüğü üzere maksimum akı değerleri değişmemekte, yalnızca maksimum değere ulaştığı noktaların (numunelerin uç kısımları) değerleri değişmektedir.



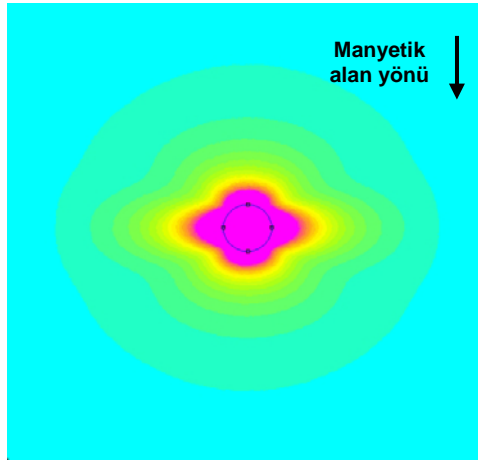
Şekil A.4 Farklı boylardaki prizmatik numunelerin manyetik alan altındaki akı davranışı



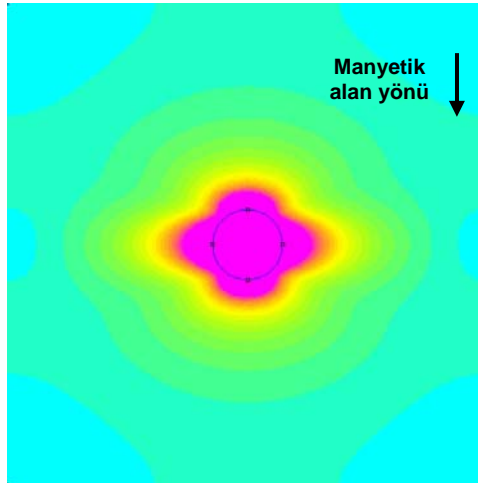
Şekil A.5 Prizmatik numunelerin boylarına karşılık manyetik akı büyüklük değişimi

EK.A.2 Silindirik Numuneler

Şekil A.6 (a) ve Şekil A.6 (b) 'de çapları 9 cm ve 13 cm olan silindirik numunelerin belirli bir manyetik alan altında manyetik akı davranışlarını görülmektedir.



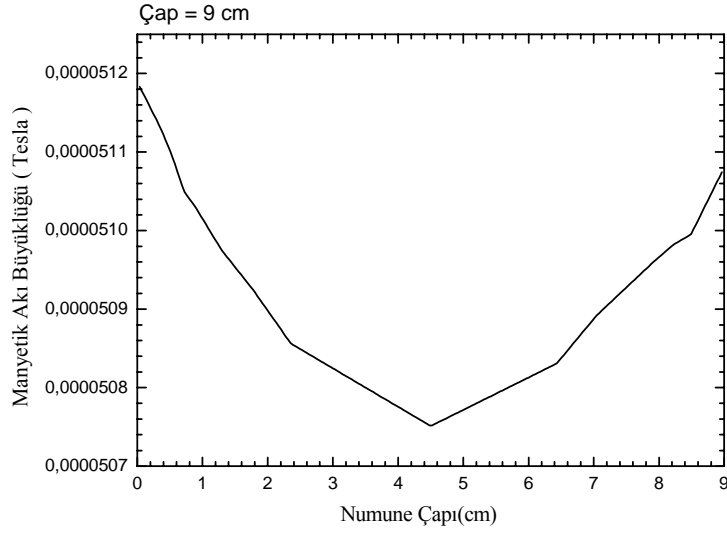
(a)



(b)

Şekil A.6 (a) Çapı 9 cm (b) Çapı 13 cm olan numunelerin akı davranışının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi

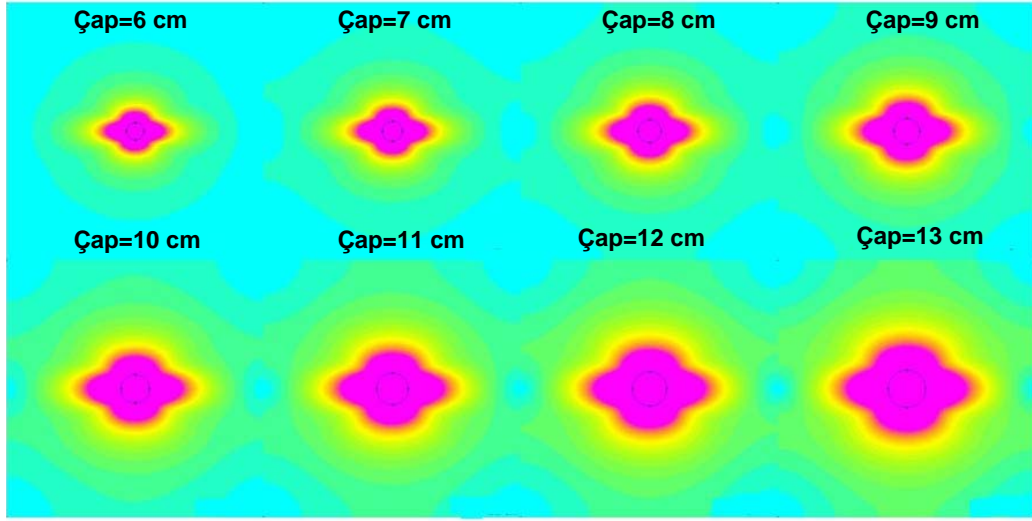
Şekil A.6 (a) ve Şekil A.6 (b) 'den de görüldüğü üzere manyetik alan altında malzemenin kuzey-güney ve doğu-batı doğrultularında akı çizgileri yoğunlaşmaktadır. Bu durumu anlayabilmek için silindirik numuneleri boyları farklı çubukların birleşimi şeklinde düşünmek faydalı olacaktır. Daha önce de belirtildiği gibi prizmatik numunelerde akı çizgileri numune uçlarında yoğunlaşmaktaydı. Uç kısımlarda oluşan elipsleri birleştirdiğimizde ise Şekil A.6 'da görülen durumun oluşması muhtemeldir.



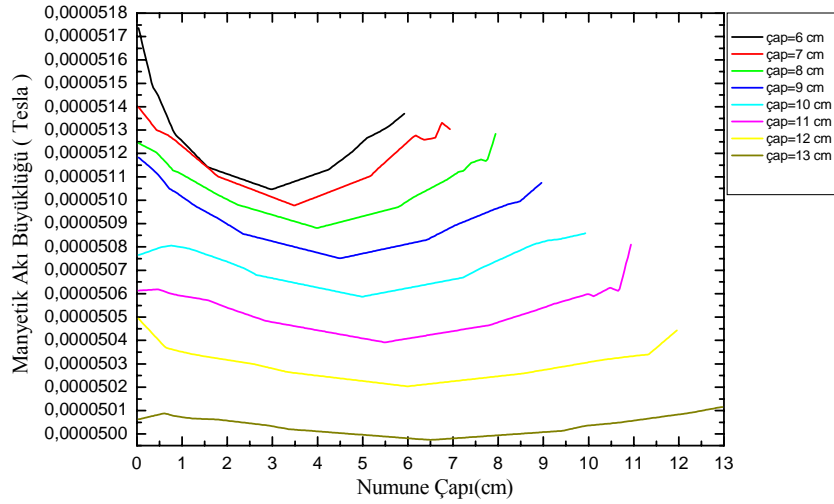
Şekil A.7 Çapı 9 cm olan silindirik numunenin çapı boyunca manyetik akı büyüklük değişimi

Şekil A.7 'de örnek olması amacıyla çapı 9 cm olan silindirik numune için manyetik alan altında, çap boyunca akı yoğunluğunun değişimi verilmektedir. Farklı boylardaki silindirik numuneler için de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil A.8 'de numunenin çapına bağlı olarak manyetik akı davranışındaki değişim gösterilmektedir. Şekil A.9 'da ise numunelerin çapları boyunca manyetik akı değişimlerinin karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil A.8 Farklı çaplardaki silindirik numunelerin manyetik alan altındaki akı davranışı

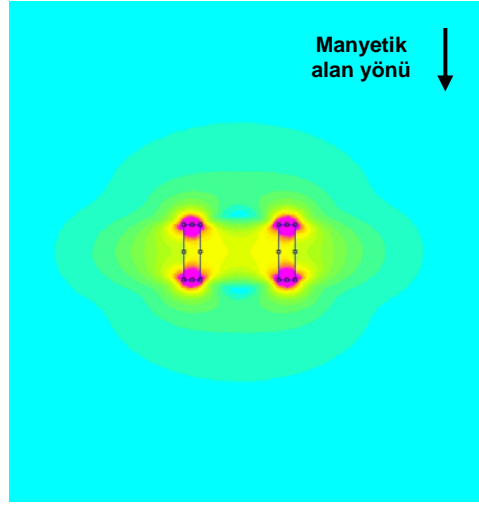


Şekil A.9 Silindirik numunelerin çaplarına karşılık manyetik akı büyüklük değişimi

Prizmatik numuneler için boy uzunluğu arttıkça numunelerin uç kısımları dışındaki bölgelerde manyetik akı büyüklüklerinin sıfıra yaklaştığı açıkça görülmüştür. Ayrıca silindirik numunelerin merkezlerinde manyetik akı büyüklüğü sıfıra yaklaştığı ve çap değerinin arttıkça manyetik akı büyüklüğünün düştüğü; ancak bu düşüşün çok az olduğu görülmüştür.

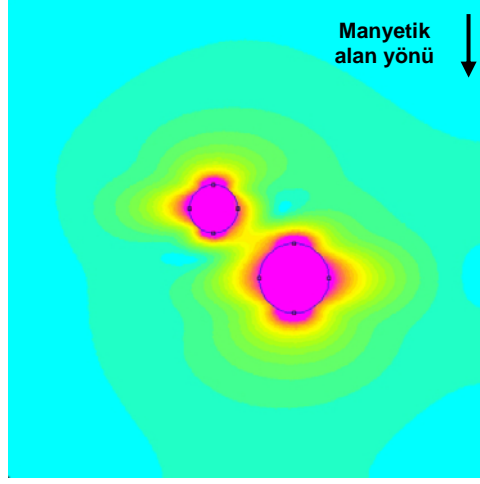
EK.A.3 Numunelerin Birbirlerinden Ayrılabilirliği

Şekil A.10 'da boyu 10 cm, eni= 3 cm olan iki adet prizmatik numunenin manyetik alan altındaki akı çizgilerinin davranışları gösterilmektedir. İki numune arasındaki mesafe 14 cm 'dir.

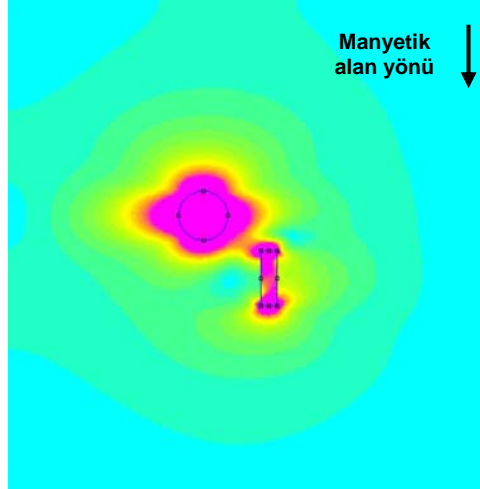


Şekil A.10 Boyu 10 cm, eni= 3 cm olan iki prizmatik numunenin manyetik alan altındaki akı çizgilerinin davranışı

Burada iki numune arasındaki akı çizgileri birbirlerini tamamlamaya çalışmaktadır. Ancak aralarındaki mesafe arttıkça akı çizgilerinin birbirinden ayrılarak numunelerin birbirinden bağımsız iki farklı numune gibi davranacağı açıkça görülebilmektedir. Çalışma kapsamında yapılan alan taraması sonucunda (Şekil 4.23) elde edilen yüzey görüntüsü ile uyumlu bir sonuç elde edilmiştir. Benzer şekilde çapı 9 cm ve 13 cm olan iki silindirik numune için ve ayrıca çapı 9cm silindirik numune ile boyu 10 cm eni 3 cm olan prizmatik numuneler için yapılan analiz sonuçları Şekil A.11 ve Şekil A.12 'de verilmiştir. Elde edilen sonuçları gerçek numuneler ile yapılan analiz sonuçları (Şekil 4.24 ve Şekil 4.22) ile karşılaştırıldığında benzer yüzey görüntüleri elde edildiği görülecektir.



Şekil A.11 Çapları 9 cm ve 13 cm olan iki silindirik numunenin manyetik alan altındaki akı çizgilerinin davranışı



Şekil A.12 Çapı 9 cm ve eni 3 cm, boyu 10 cm olan prizmatik ve silindirik numunenin manyetik alan altındaki akı çizgilerinin davranışı

Sonuç olarak; ölçüm sistemi ile yapılan alan taramalarından elde edilen görüntülerin sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analiz sonucunda elde edilen sonuçlar ile uyum içinde olduğunu söylemek mümkündür.

EK.B TEST EDİLEN NUMUNELERİN DENEYSEL SONUÇ GRAFİKLERİ

Çalışmamızda test edilen numunelerin resimleri, kimyasal bileşimleri ve tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafikleri aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

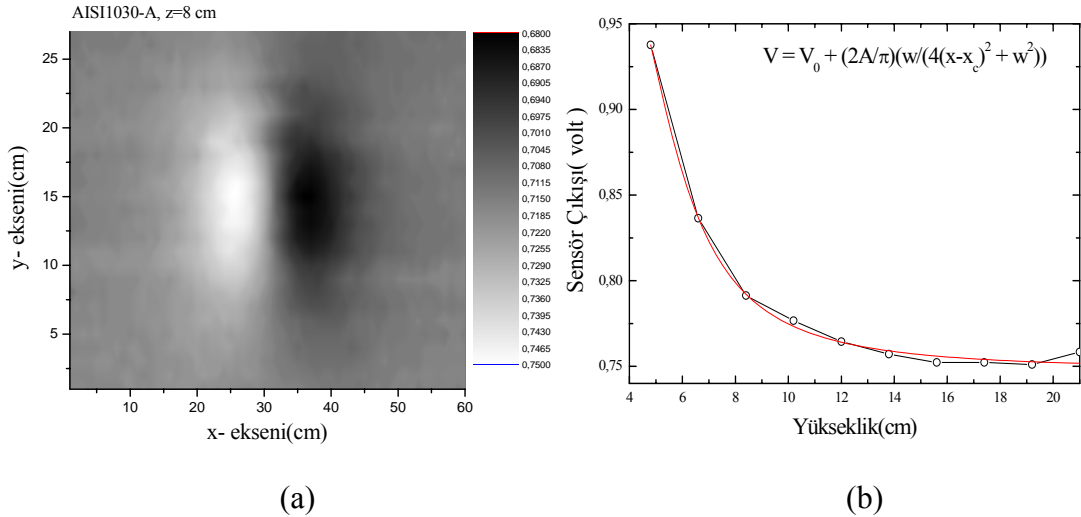
EK.B.1 AISI1030-A Numunesi



Şekil B.1 AISI1030-A Numunesi

Tablo B.1 AISI1030-A Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1030-A	0.28 0.34	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



Şekil B.2 (a) AISI1030-A numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-A numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

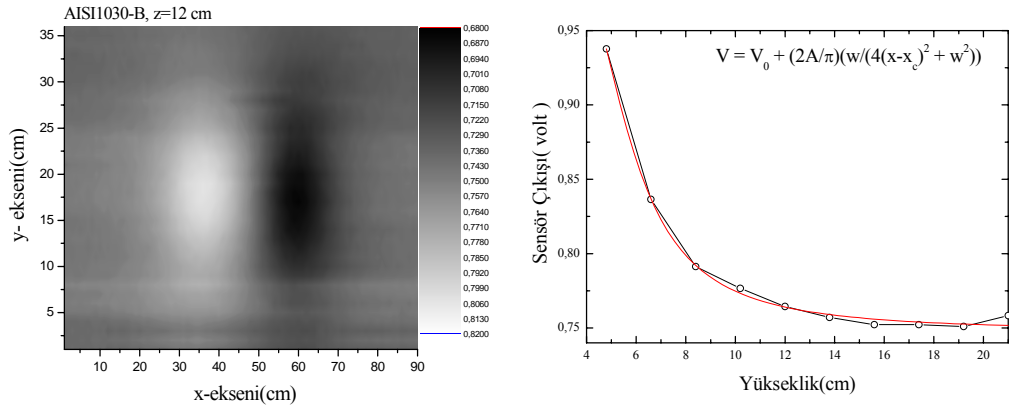
EK.B.2 AISI1030-B Numunesi



Şekil B.3 AISI1030-B Numunesi

Tablo B.2 AISI1030-B Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1030-B	0.28	0.15	0.60	0.040	0.050	-	-
	0.34	0.35	0.90				



Şekil B.4 (a) AISI1030-B numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-B numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış gerilimlerinin yüksekliğe göre değişimi

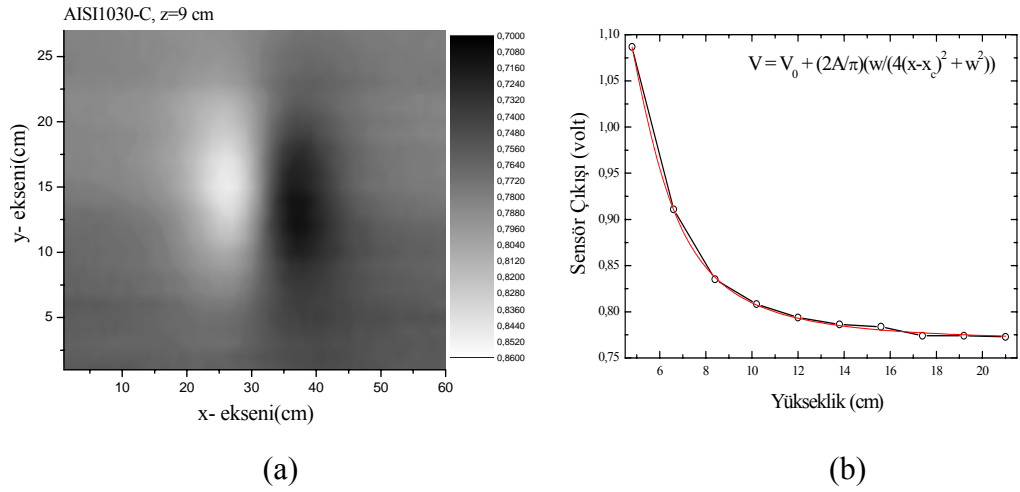
EK.B.3 AISI1030-C Numunesi



Şekil B.5 AISI1030-C Numunesi

Tablo B.3 AISI1030-C Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1030-C	0.28	0.15	0.60	0.040	0.050	-	-
	0.34	0.35	0.90				



Şekil B.6 (a) AISI1030-C numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-C numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

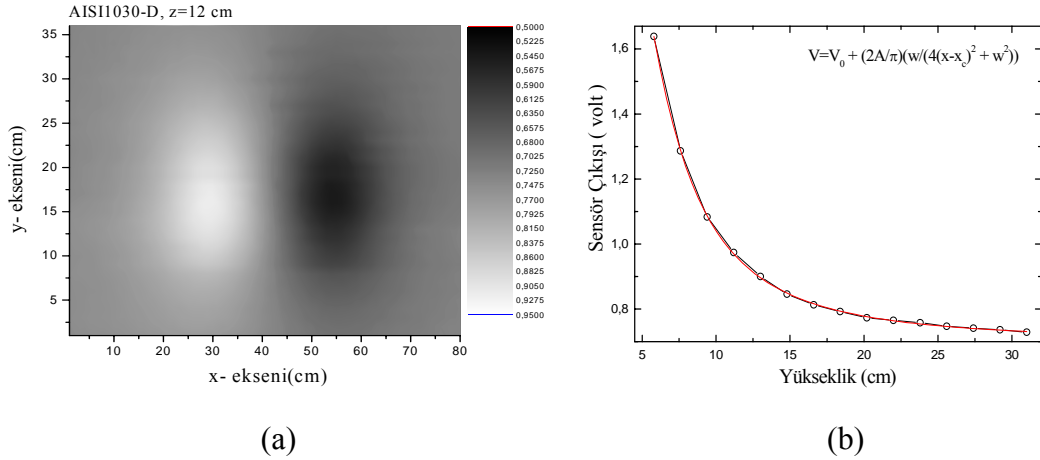
EK.B.4 AISI1030-D Numunesi



Şekil B.7 AISI1030-D Numunesi

Tablo B.4 AISI1030-D Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1030-D	0.28	0.15	0.60	0.040	0.050	-	-
	0.34	0.35	0.90				



Şekil B.8 (a) AISI1030-D numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-D numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yükseklığe göre değişimi

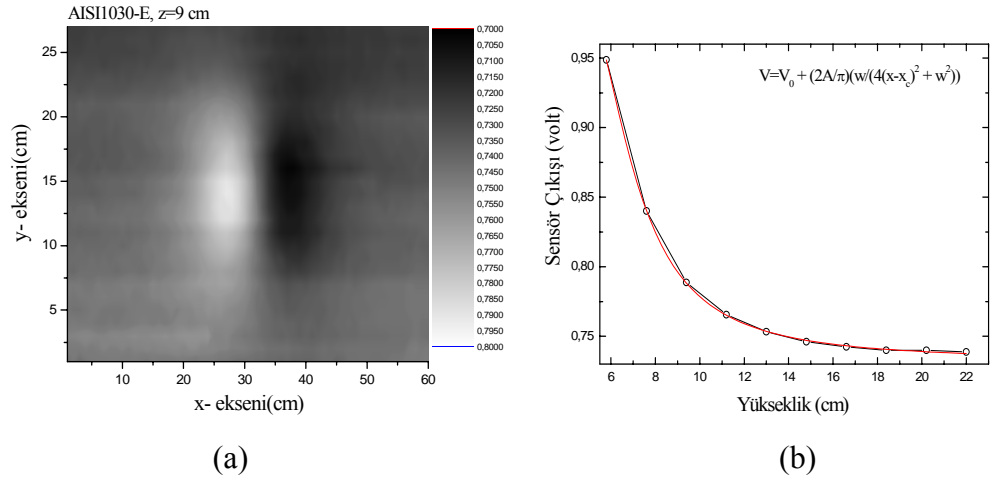
EK.B.5 AISI1030-E Numunesi



Şekil B.9 AISI1030-E Numunesi

Tablo B.5 AISI1030-E Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1030-E	0.28 0.34	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



Şekil B.10 (a) AISI1030-E numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-E numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

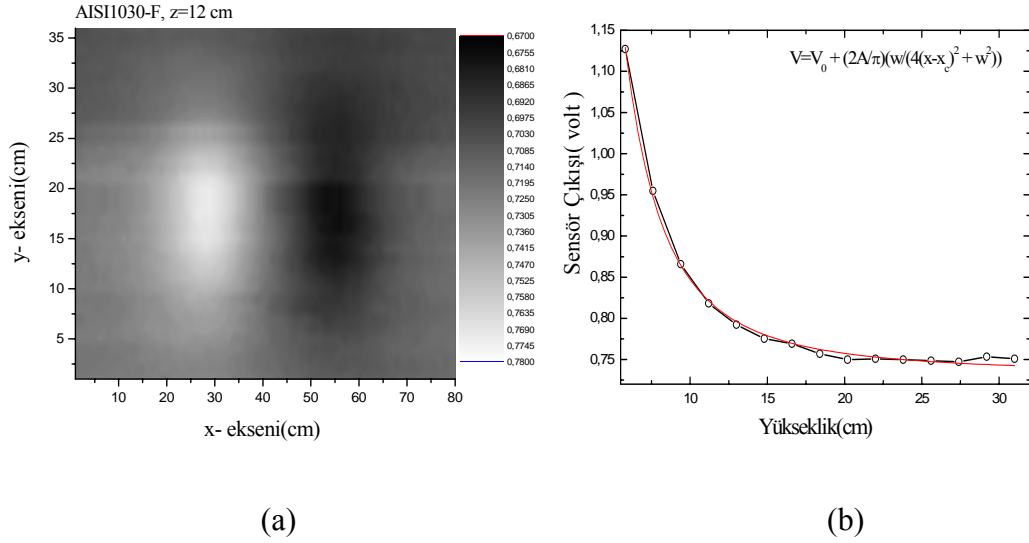
EK.B.6 AISI1030-F Numunesi



Şekil B.11 AISI1030-F Numunesi

Tablo B.6 AISI1030-F Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1030-F	0.28 0.34	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



Şekil B.12 (a) AISI1030-F numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-F numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yükseklığe göre değişimi

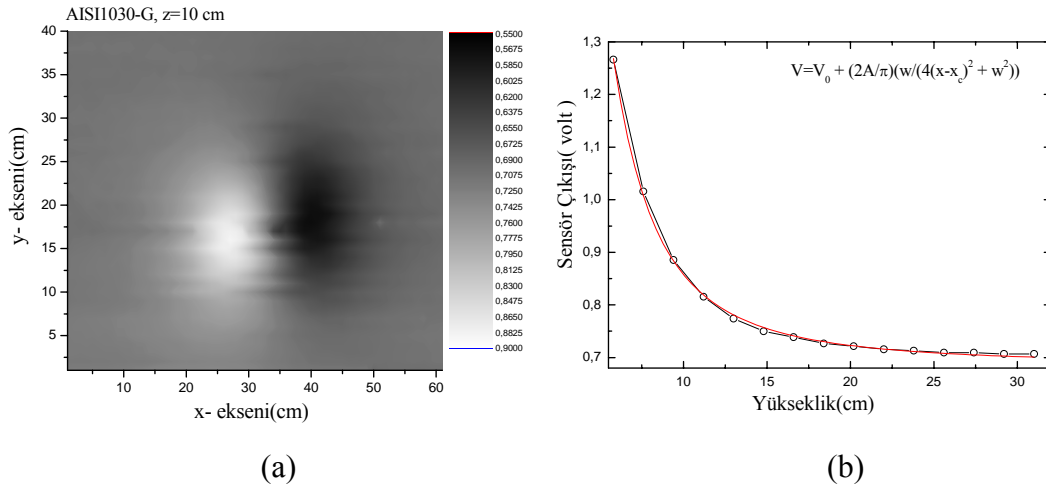
EK.B.7 AISI1030-G Numunesi



Şekil B.13 AISI1030-G Numunesi

Tablo B.7 AISI1030-G Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1030-G	0.28 0.34	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



Şekil B.14 (a) AISI1030-G numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1030-G numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

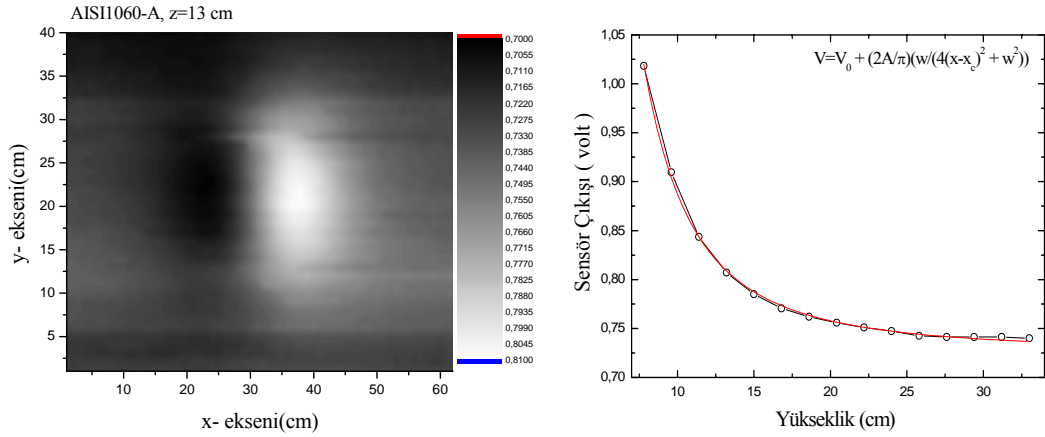
EK.B.8 AISI1060-A Numunesi



Şekil B.15 AISI1060-A Numunesi

Tablo B.8 AISI1060-A Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1060-A	0.55 0.65	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



(a)

(b)

Şekil B.16 (a) AISI1060-A numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1060-A numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

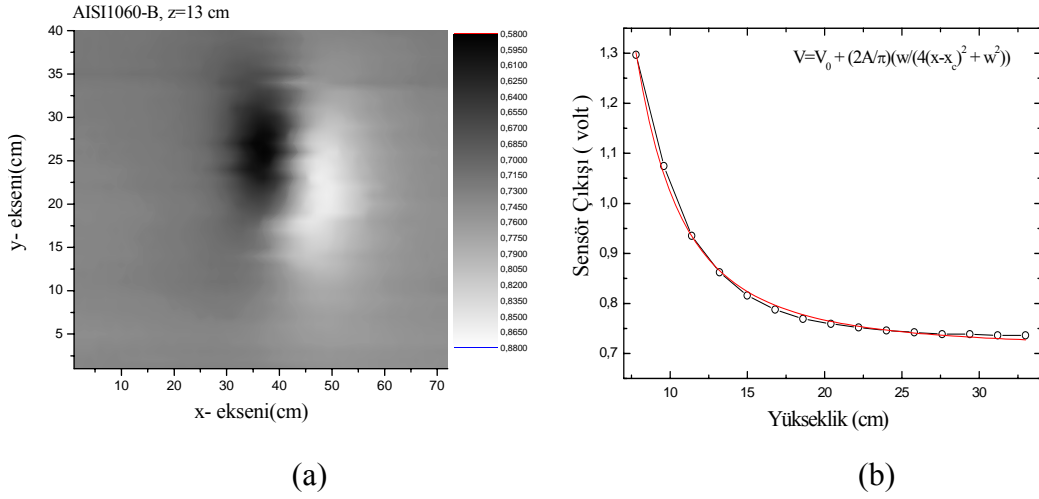
EK.B.9 AISI1060-B Numunesi



Şekil B.17 AISI1060-B Numunesi

Tablo B.9 AISI1060-B Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1060-B	0.55 0.65	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



Şekil B.18 (a) AISI1060-B numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1060-B numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

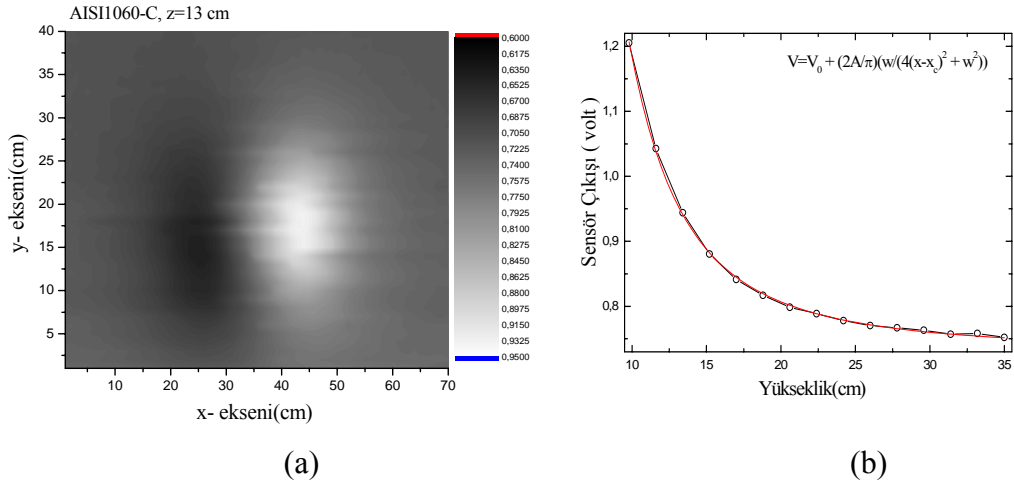
EK.B.10 AISI1060-C Numunesi



Şekil B.19 AISI1060-C Numunesi

Tablo B.10 AISI1060-C Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1060-C	0.55 0.65	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



Şekil B.20 (a) AISI1060-C numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1060-C numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

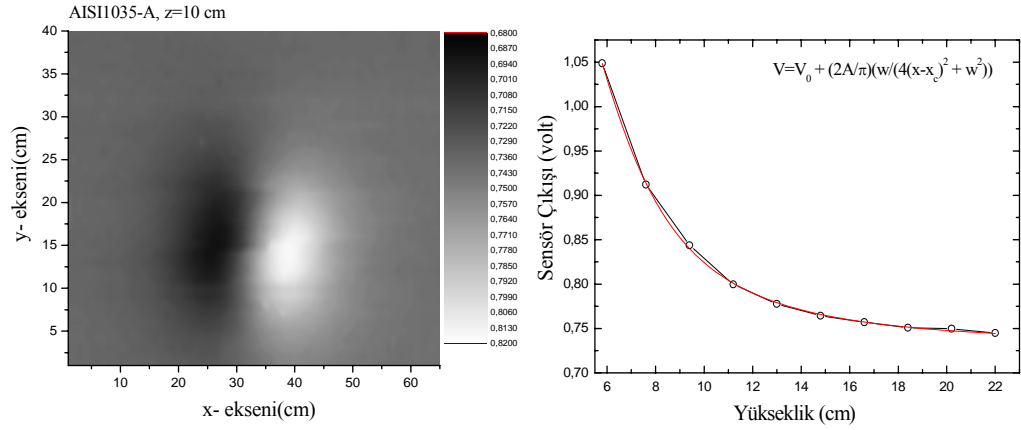
EK.B.11 AISI1035-A Numunesi



Şekil B.21 AISI1035-A Numunesi

Tablo B.11 AISI1035-A Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1035-A	0.32 0.38	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



(a)

(b)

Şekil B.22 (a) AISI1035-A numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1035-A numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

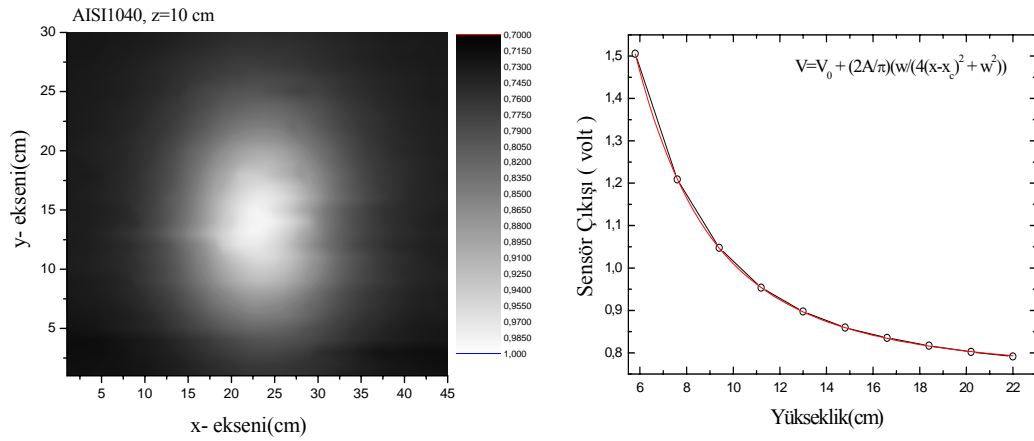
EK.B.12 AISI1040 Numunesi



Şekil B.23 AISI1040 Numunesi

Tablo B.12 AISI1040 Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1040	0.37 0.44	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



Şekil B.24 (a) AISI1040 numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1040 numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

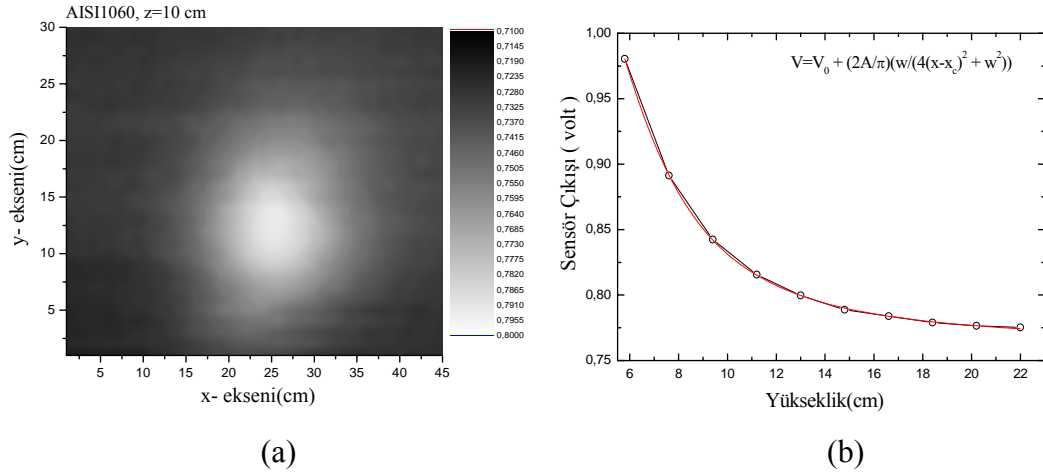
EK.B.13 Silindirik AISI1060 Numunesi



Şekil B.25 AISI1060 Numunesi

Tablo B.13 AISI1060 Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
1060	0.55 0.65	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.050	-	-



Şekil B.26 (a) AISI1060 numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI1060 numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yükseklığe göre değişimi

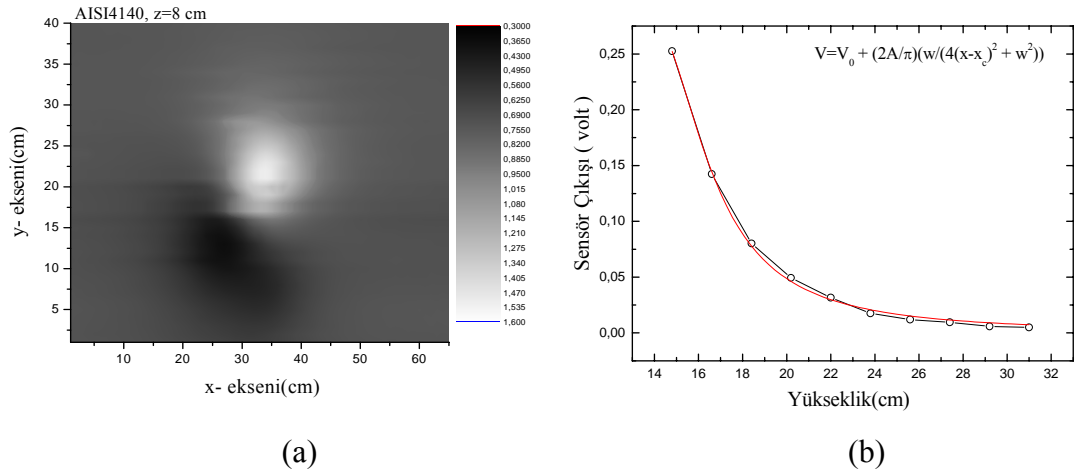
EK.B.14 AISI4140 Numunesi



Şekil B.27 AISI4140 Numunesi

Tablo B.14 AISI4140 Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
4140	0.38 0.45	0.15 0.40	0.50 0.80	0.035	0.035	0.90 1.20	0.15 0.30



Şekil B.28 (a) AISI4140 numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI4140 numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

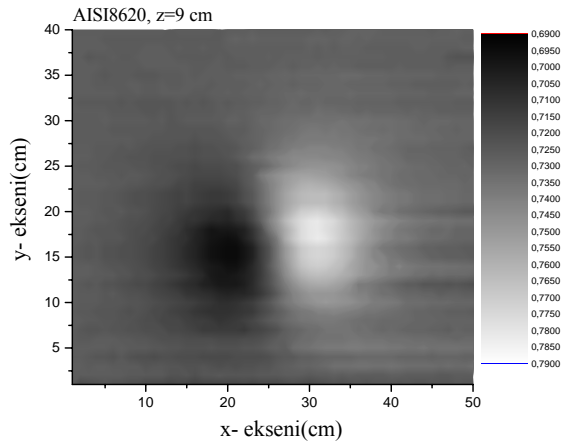
EK.B.15 AISI8620 Numunesi



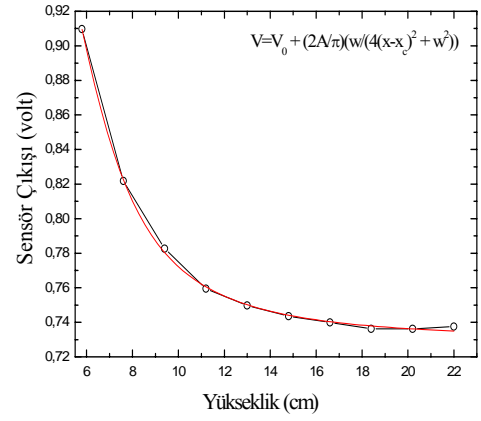
Şekil B.29 AISI8620 Numunesi

Tablo B.15 AISI8620 Numunesi kimyasal bileşeni

AISI Kodu	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Mo
8620	0.18 0.23	0.15 0.35	0.60 0.90	0.040	0.040	0.40 0.60	0.15 0.25



(a)



(b)

Şekil BF.30 (a) AISI8620 numunesinin, tarama alanına göre sensör çıkış gerilimlerinin renklendirilmiş grafiği (b) AISI8620 numunesinde her yükseklik için maksimum çıkış geriliminin yüksekliğe göre değişimi

EK.C VERİLERİN BİLGİSAYARA ALINMASINDA KULLANILAN PROGRAM KODLARI

```
'programda kullanılan değişkenlerin tanımlamaları...

Dim isim, mlza As String
Dim i, xmd, xaa, ymd, yaa, xs, ys, a, b, sn, g1, g2, dn As Integer
'a=x-ekseni adım no
'b=y-ekseni adım no
'y=(+)okunan değer
'z=(-)okunan değer, ancak negatiflik (-z) şeklinde yazdırılıyor
'xs=x-eksenindeki toplam adım sayısı
'ys=y-eksenindeki toplam adım sayısı
'xmd=x-eksenindeki max. uzaklık
'xaa=x-eksenindeki adım aralıkları
'ymd=y-eksenindeki max. uzaklık
'yaa=y-eksenindeki adım aralıkları
'sn=ölçüm yapılan sensör no
'dn=deneysel no
'mlza=test malzemesinin adı
Dim ani, ölçüm As Boolean
Dim pveri(200, 200), nveri(200, 200)

'Program başlatılıyor...

Private Sub Command1_Click()
    ani = True
    m = MsgBox("Kaldığınız yerden mi başlayacaksınız?", 35, "UYARI")
    If m = 6 Then GoTo 100 'evet butonuna basılınca
    If m = 7 Then GoTo 200 'hayır butonuna basılınca
    If m = 2 Then 'iptal butonuna basılınca
    MsgBox "İptal İşlemini Seçtiniz, Programdan Çıkılıyor!!!", 64, "Bilgi"
    GoTo 555
End If

100 MsgBox "Kaldığınız Yerden Başlayacaksınız", 64, "Bilgi"
Label2.Caption = "Son olarak kalınan koordinat verileri yazdırılıyor."
Open "C:\Tez Ölçüm\Son Ölçüm Koordinatları.txt" For Input As #2
Input #2, a, b
Text11.Text = a 'son x-adım bilgisini text kutusuna yazdı
Text12.Text = b 'son y-adım bilgisini text kutusuna yazdı
Close #2

Open "C:\Tez Ölçüm\Son Ölçüm Koordinat Değerleri.txt" For Input As #3
Input #3, xmd, xaa, ymd, yaa, xs, ys, sn, isim
Text2.Text = xmd 'son xmd bilgisini text kutusuna yazdı
Text9.Text = xaa 'son xaa bilgisini text kutusuna yazdı
Text5.Text = ymd 'son ymd bilgisini text kutusuna yazdı
Text10.Text = yaa 'son yaa bilgisini text kutusuna yazdı
Text13.Text = xs 'son xs bilgisini text kutusuna yazdı
Text14.Text = ys 'son ys bilgisini text kutusuna yazdı
Text15.Text = sn 'son sensör no bilgisini text kutusuna yazdı
Text3.Text = isim 'son kaydedilen dosya ismini text kutusuna yazdı

'sensör seçimi yapılıyor...

If sn = 1 Then
Option1.Value = True
Text1.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Frame2.Enabled = True
Label3.Enabled = True
Label10.Enabled = True
Form2.MSChart1.Enabled = True
Form2.Label11.Enabled = True
Form2.Label12.Caption = "2.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label13.Caption = "3.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label14.Caption = "4.Sensör Aktif Değil!!!"
GoTo 500
End If
```

```

If sn = 2 Then
Option2.Value = True
Text6.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Frame5.Enabled = True
Label8.Enabled = True
Label12.Enabled = True
Form2.MSChart2.Enabled = True
Form2.Label2.Enabled = True
Form2.Label11.Caption = "1.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label3.Caption = "3.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label4.Caption = "4.Sensör Aktif Değil!!!"
GoTo 500
End If

```

```

If sn = 3 Then
Option3.Value = True
Text7.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Frame6.Enabled = True
Label7.Enabled = True
Label11.Enabled = True
Form2.MSChart3.Enabled = True
Form2.Label3.Enabled = True
Form2.Label11.Caption = "1.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label2.Caption = "2.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label4.Caption = "4.Sensör Aktif Değil!!!"
GoTo 500
End If

```

```

If sn = 4 Then
Option4.Value = True
Text8.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Frame7.Enabled = True
Label9.Enabled = True
Label13.Enabled = True
Form2.MSChart4.Enabled = True
Form2.Label4.Enabled = True
Form2.Label11.Caption = "1.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label2.Caption = "2.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label3.Caption = "3.Sensör Aktif Değil!!!"
GoTo 500
End If
Close #3

```

'deney bilgileri giriliyor...

```

200 dn = InputBox("Deney No:")
Form3.Text1.Text = dn
mlza = InputBox("Test Malzemesinin Adı:")
Form3.Text2.Text = mlza

```

```

902 boyut = MsgBox("Test malzemesinin boyutlarını girecekmisiniz?", 35, "UYARI")
If boyut = 6 Then GoTo 900 'evet butonuna basılınca
If boyut = 7 Then GoTo 901 'hayır butonuna basılınca
If boyut = 2 Then GoTo 902 'iptal butonuna basılınca
MsgBox "İptal İşlemini Seçtiniz, Bir Daha Düşünün!!!", 64, "Bilgi"

```

```

900 en = InputBox("Test Malzemesinin eni:")
Form3.Text3.Text = en

```

```

boy = InputBox("Test Malzemesinin boyu:")
Form3.Text4.Text = boy

```

```

yük = InputBox("Test Malzemesinin yüksekliği:")
Form3.Text5.Text = yük

```

```

çap = InputBox("Test Malzemesinin çap:")
Form3.Text6.Text = çap

```

```

901 MsgBox "Dosya İsmi Giriniz", 38, "Uyarı"
isim = InputBox(".txt Uzantılı Dosya İsmi Gir:")
Text3.Text = isim

```

```

60 sn = InputBox("Sensör Seçiniz:")

'birinci sensör seçildiğinde yapılan işlemler..

If sn = 1 Then
Option1.Value = True
Text15.Text = sn

'x-eksenindeki maksimum uzaklık değeri giriliyor..

1 xmd = InputBox("x-eksenindeki Max. Uzaklık Değeri:")
If xmd = 0 Then GoTo 1
If xmd < 0 Then GoTo 1
If xmd > 0 Then Text2.Text = xmd
2 xaa = InputBox("x-eksenindeki Adım Aralıkları:")
If xaa = 0 Then GoTo 2
If xaa < 0 Then GoTo 2
If xaa > 0 Then Text9.Text = xaa
xs = Int(xmd / xaa) 'oran değerine en yakın küçük tamsayı değeri yapar
Text13.Text = xs

'girilen sayıların doğruluğu karşılaştırılıyor..

If xs = 0 Then
MsgBox "Oran sıfır olduğundan ölçüm değerlerini tekrar giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 1
End If

If xs < 0 Then
MsgBox "Lütfen max.uzaklık değeri ile adım aralıklarının oranı birden büyük tam sayı
olacak şekilde değerler giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 1
End If

'y-eksenindeki maksimum uzaklık değeri giriliyor..

15 ymd = InputBox("y-eksenindeki Max. Uzaklık Değeri:")
If ymd = 0 Then GoTo 15
If ymd < 0 Then GoTo 15
If ymd > 0 Then Text5.Text = ymd
16 yaa = InputBox("y-Eksenindeki Adım Aralıkları:")
If yaa = 0 Then GoTo 16
If yaa < 0 Then GoTo 16
If yaa > 0 Then Text10.Text = yaa
ys = Int(ymd / yaa) 'oran değerine en yakın küçük tamsayı değeri yapar

'girilen sayıların doğruluğu karşılaştırılıyor..

If ys = 0 Then
MsgBox "Oran sıfır olduğundan ölçüm değerlerini tekrar giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 15
End If

If ys < 0 Then
MsgBox "Lütfen max.uzaklık değeri ile adım aralıklarının oranı birden büyük tam sayı
olacak şekilde değerler giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 15
End If

Text14.Text = ys
Text1.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Frame2.Enabled = True
Label3.Enabled = True
Label10.Enabled = True
Form2.MSChart1.Enabled = True
Form2.Label1.Enabled = True
Form2.Label2.Caption = "2.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label3.Caption = "3.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label4.Caption = "4.Sensör Aktif Değil!!!"

ProgressBar1.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar1.Min = 0
ProgressBar1.Value = Val(Text12.Text)

```



```

GoTo 45
End If

'ikinci sensör seçildiğinde yapılan işlemler...

If sn = 2 Then
Option2.Value = True
Text15.Text = sn

'x-eksenindeki maksimum uzaklık değeri giriliyor...

6 xmd = InputBox("x-eksenindeki Max. Uzaklık Değeri:")
If xmd = 0 Then GoTo 6
If xmd < 0 Then GoTo 6
If xmd > 0 Then Text2.Text = xmd
7 xaa = InputBox("x-eksenindeki Adım Aralıkları:")
If xaa = 0 Then GoTo 7
If xaa < 0 Then GoTo 7
If xaa > 0 Then Text9.Text = xaa
xs = xmd / xaa
Text13.Text = xs

If xs = 0 Then
MsgBox "Oran sıfır olduğundan ölçüm değerlerini tekrar giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 6
End If

If xs < 0 Then
MsgBox "Lütfen max.uzaklık değeri ile adım aralıklarının oranı birden büyük tam sayı
olacak şekilde değerler giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 6
End If

'y-eksenindeki maksimum uzaklık değeri giriliyor...

17 ymd = InputBox("y-eksenindeki Max. Uzaklık Değeri:")
If ymd = 0 Then GoTo 17
If ymd < 0 Then GoTo 17
If ymd > 0 Then Text5.Text = ymd
18 yaa = InputBox("y-eksenindeki Adım Aralıkları:")
If yaa = 0 Then GoTo 18
If yaa < 0 Then GoTo 18
If yaa > 0 Then Text10.Text = yaa
ys = ymd / yaa
Text14.Text = ys

'girilen sayıların doğruluğu karşılaştırılıyor...

If ys = 0 Then
MsgBox "Oran sıfır olduğundan ölçüm değerlerini tekrar giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 17
End If

If ys < 0 Then
MsgBox "Lütfen max.uzaklık değeri ile adım aralıklarının oranı birden büyük tam sayı
olacak şekilde değerler giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 17
End If

Text6.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Frame5.Enabled = True
Label8.Enabled = True
Label12.Enabled = True
Form2.MSChart2.Enabled = True
Form2.Label2.Enabled = True
Form2.Label1.Caption = "1.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label3.Caption = "3.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label4.Caption = "4.Sensör Aktif Değil!!!"

ProgressBar2.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar2.Min = 0
ProgressBar2.Value = Val(Text12.Text)

GoTo 45

```

```

End If

'üçüncü sensör seçildiğinde yapılan işlemler...

If sn = 3 Then
Option3.Value = True
Text15.Text = sn

'x-eksenindeki maksimum uzaklık değeri giriliyor...

9 xmd = InputBox("x-eksenindeki Max. Uzaklık Değeri:")
If xmd = 0 Then GoTo 9
If xmd < 0 Then GoTo 9
If xmd > 0 Then Text2.Text = xmd
10 xaa = InputBox("x-Eksenindeki Adım Aralıkları:")
If xaa = 0 Then GoTo 10
If xaa < 0 Then GoTo 10
If xaa > 0 Then Text9.Text = xaa
xs = xmd / xaa
Text13.Text = xs

'girilen sayıların doğruluğu karşılaştırılıyor...

If xs = 0 Then
MsgBox "Oran sıfır olduğundan ölçüm değerlerini tekrar giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 9
End If

If xs < 0 Then
MsgBox "Lütfen max.uzaklık değeri ile adım aralıklarının oranı birden büyük tam sayı
olacak şekilde değerler giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 9
End If

'y-eksenindeki maksimum uzaklık değeri giriliyor...

19 ymd = InputBox("y-eksenindeki Max. Uzaklık Değeri:")
If ymd = 0 Then GoTo 19
If ymd < 0 Then GoTo 19
If ymd > 0 Then Text5.Text = ymd
20 yaa = InputBox("y-eksenindeki Adım Aralıkları:")
If yaa = 0 Then GoTo 20
If yaa < 0 Then GoTo 20
If yaa > 0 Then Text10.Text = yaa
ys = ymd / yaa
Text14.Text = ys

'girilen sayıların doğruluğu karşılaştırılıyor...

If ys = 0 Then
MsgBox "Oran sıfır olduğundan ölçüm değerlerini tekrar giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 19
End If

If ys < 0 Then
MsgBox "Lütfen max.uzaklık değeri ile adım aralıklarının oranı birden büyük tam sayı
olacak şekilde değerler giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 19
End If

Text7.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Frame6.Enabled = True
Label7.Enabled = True
Label11.Enabled = True
Form2.MSChart3.Enabled = True
Form2.Label3.Enabled = True
Form2.Label11.Caption = "1.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label12.Caption = "2.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label14.Caption = "4.Sensör Aktif Değil!!!"

ProgressBar3.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar3.Min = 0
ProgressBar3.Value = Val(Text12.Text)

```

```

GoTo 45
End If

'dördüncü sensör seçildiğinde yapılan işlemler..

If sn = 4 Then
Option4.Value = True
Text15.Text = sn

'x-eksenindeki maksimum uzaklık değeri giriliyor..

12 xmd = InputBox("x-eksenindeki Max. Uzaklık Değeri:")
If xmd = 0 Then GoTo 12
If xmd < 0 Then GoTo 12
If xmd > 0 Then Text2.Text = xmd
13 xaa = InputBox("x-eksenindeki Adım Aralıkları:")
If xaa = 0 Then GoTo 13
If xaa < 0 Then GoTo 13
If xaa > 0 Then Text9.Text = xaa
xs = xmd / xaa
Text13.Text = xs

'girilen sayıların doğruluğu karşılaştırılıyor..

If xs = 0 Then
MsgBox "Oran sıfır olduğundan ölçüm değerlerini tekrar giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 12
End If

If xs < 0 Then
MsgBox "Lütfen max.uzaklık değeri ile adım aralıklarının oranı birden büyük tam sayı
olacak şekilde değerler giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 12
End If

'y-eksenindeki maksimum uzaklık değeri giriliyor..

21 ymd = InputBox("y-eksenindeki Max. Uzaklık Değeri:")
If ymd = 0 Then GoTo 21
If ymd < 0 Then GoTo 21
If ymd > 0 Then Text5.Text = ymd
22 yaa = InputBox("y-eksenindeki Adım Aralıkları:")
If yaa = 0 Then GoTo 22
If yaa < 0 Then GoTo 22
If yaa > 0 Then Text10.Text = yaa
ys = ymd / yaa
Text14.Text = ys

'girilen sayıların doğruluğu karşılaştırılıyor..

If ys = 0 Then
MsgBox "Oran sıfır olduğundan ölçüm değerlerini tekrar giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 21
End If

If ys < 0 Then
MsgBox "Lütfen max.uzaklık değeri ile adım aralıklarının oranı birden büyük tam sayı
olacak şekilde değerler giriniz", 64, "Uyarı"
GoTo 21
End If

Text8.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Frame7.Enabled = True
Label9.Enabled = True
Label13.Enabled = True
Form2.MSChart4.Enabled = True
Form2.Label4.Enabled = True
Form2.Label11.Caption = "1.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label12.Caption = "2.Sensör Aktif Değil!!!"
Form2.Label13.Caption = "3.Sensör Aktif Değil!!!"

ProgressBar4.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar4.Min = 0

```

```

ProgressBar4.Value = Val(Text12.Text)

GoTo 45
End If

'girilen sayıların doğruluğu karşılaştırılıyor...

If sn > 4 Then
MsgBox "1 ile 4 arasında bir sayı seçiniz", 64, "Dikkat"
GoTo 60
End If

If sn < 1 Then
MsgBox "1 ile 4 arasında bir sayı seçiniz", 64, "Dikkat"
GoTo 60
End If

'kayıt yapılacak dosya açılıyor...

45 Open "C:\Tez Ölçüm\" + isim For Append As #5

Text14.Text = ys
For b = 1 To ys
Text11.Text = b
Form3.Text8.Text = b
Text13.Text = xs
For a = 1 To xs

If sn = 1 Then
ProgressBar1.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar1.Min = 0
ProgressBar1.Value = a
End If

If sn = 2 Then
ProgressBar2.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar2.Min = 0
ProgressBar2.Value = a
End If

If sn = 3 Then
ProgressBar3.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar3.Min = 0
ProgressBar3.Value = a
End If

If sn = 4 Then
ProgressBar4.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar4.Min = 0
ProgressBar4.Value = a
End If

Text12.Text = a - 1 'alınan datayı göstermesi için 1 azaltıldı
Form3.Text7.Text = a - 1
If s = 1 Then GoTo 111 Else GoTo 110
111 For f = 0 To 10000000: Next
110 DoEvents

'ani sonlandırma moduna geçiliyor...

If ani = False Then GoTo sonlandır

'okuma moduna geçiliyor...

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 64 Then GoTo 120 Else GoTo 110

'Paralel Port (H378) kalibrasyonu

'DoEvents
120 s = 0
s = s + 1
DlPortWritePortUchar (&H37A), 11
DlPortWritePortUchar (&H378), 3
Label2.Caption = "Paralel Port (H378) kalibrasyonu yapıldı."
'If DlPortReadPortUchar(&H379) And 64 Then 'ölçüm için tetikleme (S6)10 bacağı

```

Label2.Caption = "12-bit veri aktarımı başladı."

'MCP3201 entegresi

'Entegrenin 1-8 bacakları 5 V ta,3-4 bacakları toprakta, Vin 2 bacağı, CLK 7 bacağı(D0),CS 5 bacağı (D1), Dout 6 bacağı(S4)

ölçüm = False

sayaç = 0

X = 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 3

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

'1. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 2048

'2. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 1024

'3. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 512

'4. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 256

'5. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 128

'6. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 64

'7. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 32

'8. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 16

'9. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 8

'10. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 4

'11. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 2

'12. tetikleme

DlPortWritePortUchar (&H378), 0

DlPortWritePortUchar (&H378), 1

If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 1

DlPortWritePortUchar (&H378), 3

Y = X * 5 / 4095

If Text1.Enabled = True Then Text1.Text = Y

If Text6.Enabled = True Then Text6.Text = Y

If Text7.Enabled = True Then Text7.Text = Y

If Text8.Enabled = True Then Text8.Text = Y

Print #5, a, b, Y

'grafikler çizdiriliyor...(her okuma döngüsünde bir data grafiğe ekleniyor.)

'bilgi ekranındaki sistem hareketinin simule edilmesi için(x-ekseni için) değerler atanıyor...

```

If Text1.Enabled = True Then
pveri(a, b) = Text1.Text
Form2.MSChart1.ChartData = pveri
sayaç = sayaç + 76
For n = 1 To 500000: Next
Form3.Shapel0.Top = Form3.Shapel0.Top - sayaç
For n = 1 To 500000: Next
End If

If Text6.Enabled = True Then
pveri(a, b) = Text6.Text
Form2.MSChart2.ChartData = pveri
sayaç = sayaç + 76
For n = 1 To 500000: Next
Form3.Shapel0.Top = Form3.Shapel0.Top - sayaç
For n = 1 To 500000: Next
End If

If Text7.Enabled = True Then
pveri(a, b) = Text7.Text
Form2.MSChart3.ChartData = pveri
sayaç = sayaç + 76
For n = 1 To 500000: Next
Form3.Shapel0.Top = Form3.Shapel0.Top - sayaç
For n = 1 To 500000: Next
End If

If Text8.Enabled = True Then
pveri(a, b) = Text8.Text
Form2.MSChart4.ChartData = pveri
sayaç = sayaç + 76
For n = 1 To 500000: Next
Form3.Shapel0.Top = Form3.Shapel0.Top - sayaç
For n = 1 To 500000: Next
End If

If Y > 0 Then GoTo 3
If Y = 0 Then GoTo 90

'Negatif voltaj okuma
'Entegrenin 1-8 bacakları 5 V ta,3-4 bacakları toprakta, Vin 2 bacağı, CLK 7
bacağı(D0),CS 5 bacağı (D1), Dout 6 bacağı(S5)

90 X = 0
sayaç = 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 3
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
'1. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 2048
'2. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 1024
'3. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 512
'4. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 256
'5. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 128
'6. tetikleme

```

```

DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 64
'7. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 32
'8. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 16
'9. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 8
'10. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 4
'11. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 2
'12. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 1
DlPortWritePortUchar (&H378), 3
Z = X * 5 / 4095
If Text1.Enabled = True Then Text1.Text = -Z
If Text6.Enabled = True Then Text6.Text = -Z
If Text7.Enabled = True Then Text7.Text = -Z
If Text8.Enabled = True Then Text8.Text = -Z
Print #5, a, b, -Z

```

'grafikler çizdiriliyor...(her okuma döngüsünde bir data grafiğe ekleniyor.)
'bilgi ekranındaki sistem hareketinin simule edilmesi için (y-ekseni için) değerler atanıyor...

```

If Text1.Enabled = True Then
nveri(a, b) = Text1.Text
Form2.MSChart1.ChartData = nveri
sayaç = sayaç + 76
For n = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For n = 1 To 500000: Next
End If

```

```

If Text6.Enabled = True Then
nveri(a, b) = Text6.Text
Form2.MSChart2.ChartData = nveri
sayaç = sayaç + 76
For n = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For n = 1 To 500000: Next
End If

```

```

If Text7.Enabled = True Then
nveri(a, b) = Text7.Text
Form2.MSChart3.ChartData = nveri
sayaç = sayaç + 76
For n = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For n = 1 To 500000: Next
End If

```

```

If Text8.Enabled = True Then
nveri(a, b) = Text8.Text
Form2.MSChart4.ChartData = nveri
sayaç = sayaç + 77
For n = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For n = 1 To 500000: Next
End If

```

```

3 Label2.Caption = "Sensör verisi alınmaya devam ediyor."

'For f = 0 To 250000000: Next

Next a 'sıradaki data için döngü başa dönüyor

'döngü tamamlandıktan sonra grafiğin sıradaki datayı çizdirebilmesi için değerler
sıfırlanıyor..
For g1 = 1 To Text11.Text
For g2 = 1 To Text12.Text + 1
pveri(g2, g1) = 0
nveri(g6, g5) = 0
Next g2
Next g1
For g5 = 1 To Text11.Text
For g6 = 1 To Text12.Text + 1
nveri(g6, g5) = 0
Next g6
Next g5

'bilgi ekranında sistemin bir sonraki y değerine geçtiğini göstermek için değerler
atanıyor...

Form3.Shape10.Left = Form3.Shape10.Left + 600
Form3.Label15.Left = Form3.Label15.Left + 600
Form3.Label16.Left = Form3.Label16.Left + 600
Form3.Shape11.Left = Form3.Shape11.Left + 650
Form3.Label15.Caption = Text11.Text + 1
Form3.Label16.Caption = "Y"
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top + Text12.Text * sayaç

If sn = 1 Then
ProgressBar1.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar1.Min = 0
ProgressBar1.Value = 0
End If

If sn = 2 Then
ProgressBar2.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar2.Min = 0
ProgressBar2.Value = 0
End If

If sn = 3 Then
ProgressBar3.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar3.Min = 0
ProgressBar3.Value = 0
End If

If sn = 4 Then
ProgressBar4.Max = Val(Text2.Text)
ProgressBar4.Min = 0
ProgressBar4.Value = 0
End If

Next b 'y-ekenindeki okumayı tamamlayıp, sıradaki okumaya geçiliyor.

Text4.Text = xmd * (b - 1) 'toplam alınan ölçüm sayısı

'ölçüm bittiğinden, kullanıcıya veri alınmasına deva edilip edilmeyeceği soruluyor..

81 çork = MsgBox("Ölçüme devam edecekmisiniz?", 35, "UYARI")

'eğer ölçüme devam edilecekse, programdaki değerler sıfırlanarak yeni ölçüme
hazırlanıyor..

If çork = 6 Then
Option1.Value = False
Option2.Value = False
Option3.Value = False
Option4.Value = False
Text15.Text = ""
Text4.Text = ""
Text13.Text = ""
Text14.Text = ""

```



```

Text2.Text = ""
Text5.Text = ""
Text9.Text = ""
Text10.Text = ""
Text11.Text = ""
Text12.Text = ""
Text1.Text = ""
Text6.Text = ""
Text7.Text = ""
Text8.Text = ""
Frame2.Enabled = False
Frame5.Enabled = False
Frame6.Enabled = False
Frame7.Enabled = False
Text3.Text = ""
GoTo 200 'evet butonuna basılınca
End If
If çork = 7 Then GoTo 555 'hayır butonuna basılınca
If çork = 2 Then 'iptal butonuna basılınca
MsgBox "İptal İşlemini Seçtiniz, son isteğiniz bekleniyor!!!", 64, "Bilgi"
GoTo 81
End If

GoTo 50

'kaldığımız yerden devam edileceğinde data almak için uygulanan prosedür...

'Entegrenin 1-8 bacakları 5 V ta,3-4 bacakları toprakta, Vin 2 bacağı, CLK 7
bacağı(D0),CS 5 bacağı (D1), Dout 6 bacağı(S4)

500 Label2.Caption = "Kaldığımız yerden başlıyoruz"
Text3.Text = isim
Open "C:\Tez Ölçüm\" + isim For Append As #6

Text14.Text = ys

For k = b To ys 'kaldığı b değerinden başlar

Text11.Text = k
Form3.Text8.Text = k
Text13.Text = xs
DoEvents
If ani = False Then GoTo sonlandır

For n = a To xs 'kaldığı a değerinden başlar
Text12.Text = n
Form3.Text7.Text = n
131 DoEvents
If ölçüm = True Then GoTo 121
If ölçüm = False Then GoTo 131
121 DlPortWritePortUchar (&H37A), 11
DlPortWritePortUchar (&H378), 3
Label2.Caption = "Paralel Port (H378) kalibrasyonu yapıldı."

'If DlPortReadPortUchar(&H379) And 64 Then 'ölçüm için tetikleme (S6)10 bacağı
Label2.Caption = "12-bit veri aktarımı başladı."

'MCP3201 entegresi
'Entegrenin 1-8 bacakları 5 V ta,3-4 bacakları toprakta, Vin 2 bacağı, CLK 7
bacağı(D0),CS 5 bacağı (D1), Dout 6 bacağı

ölçüm = False
X = 0
sayaç = 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 3
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
'1. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 2048

```

```

'2. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 1024
'3. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 512
'4. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 256
'5. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 128
'6. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 64
'7. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 32
'8. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 16
'9. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 8
'10. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 4
'11. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 2
'12. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 16 Then X = X + 1
DlPortWritePortUchar (&H378), 3
Y = X * 5 / 4095
If Text1.Enabled = True Then Text1.Text = Y
If Text6.Enabled = True Then Text6.Text = Y
If Text7.Enabled = True Then Text7.Text = Y
If Text8.Enabled = True Then Text8.Text = Y
Print #6, n, k, Y
Close #6

If Text1.Enabled = True Then
pveri(n, k) = Text1.Text
Form2.MSChart1.ChartData = pveri
sayaç = sayaç + 76
For r = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For r = 1 To 500000: Next
End If

If Text6.Enabled = True Then
pveri(n, k) = Text6.Text
Form2.MSChart2.ChartData = pveri
sayaç = sayaç + 76
For r = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For r = 1 To 500000: Next
End If

If Text7.Enabled = True Then
pveri(n, k) = Text7.Text
Form2.MSChart3.ChartData = pveri
sayaç = sayaç + 76

```

```

For r = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For r = 1 To 500000: Next
End If

If Text8.Enabled = True Then
pveri(n, k) = Text8.Text
Form2.MSChart4.ChartData = pveri
sayaç = sayaç + 76
For r = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For r = 1 To 500000: Next
End If
If Y > 0 Then GoTo 30
If Y = 0 Then GoTo 91

'Negatif voltaaj okuma
'Entegrenin 1-8 bacakları 5 V ta,3-4 bacakları toprakta, Vin 2 bacağı, CLK 7
bacağı(D0),CS 5 bacağı (D1), Dout 6 bacağı(S5)

91 X = 0
sayaç = 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 3
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
'1. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 2048
'2. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 1024
'3. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 512
'4. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 256
'5. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 128
'6. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 64
'7. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 32
'8. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 16
'9. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 8
'10. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 4
'11. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0
DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 2
'12. tetikleme
DlPortWritePortUchar (&H378), 0

```

```

DlPortWritePortUchar (&H378), 1
If DlPortReadPortUchar(&H379) And 32 Then X = X + 1
DlPortWritePortUchar (&H378), 3
Z = X * 5 / 4095
If Text1.Enabled = True Then Text1.Text = -Z
If Text6.Enabled = True Then Text6.Text = -Z
If Text7.Enabled = True Then Text7.Text = -Z
If Text8.Enabled = True Then Text8.Text = -Z
Print #6, n, k, -Z
Close #6

If Text1.Enabled = True Then
nveri(n, k) = Text1.Text
Form2.MSChart1.ChartData = nveri
sayaç = sayaç + 77
For r = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For r = 1 To 500000: Next
End If

If Text6.Enabled = True Then
nveri(n, k) = Text6.Text
Form2.MSChart2.ChartData = nveri
sayaç = sayaç + 76
For r = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For r = 1 To 500000: Next
End If

If Text7.Enabled = True Then
nveri(n, k) = Text7.Text
Form2.MSChart3.ChartData = nveri
sayaç = sayaç + 76
For r = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For r = 1 To 500000: Next
End If

If Text8.Enabled = True Then
nveri(n, k) = Text8.Text
Form2.MSChart4.ChartData = nveri
sayaç = sayaç + 76
For r = 1 To 500000: Next
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top - sayaç
For r = 1 To 500000: Next
End If

30 Label2.Caption = "Sensör verisi alınmaya devam ediyor."
If n = a Then a = 1
If k = b Then b = 1
Next n
For g3 = 1 To Text11.Text
For g4 = 1 To Text12.Text + 1
pveri(g4, g3) = 0
Next g4
Next g3
For g7 = 1 To Text11.Text
For g8 = 1 To Text12.Text + 1
nveri(g8, g7) = 0 'denenmedi
Next g8
Next g7

Form3.Shape10.Left = Form3.Shape10.Left + 600
Form3.Label15.Left = Form3.Label15.Left + 600
Form3.Label16.Left = Form3.Label16.Left + 600
Form3.Shape11.Left = Form3.Shape11.Left + 650

Form3.Label15.Caption = Text11.Text + 1
Form3.Label16.Caption = "Y"
Form3.Shape10.Top = Form3.Shape10.Top + Text12.Text * sayaç
Next k

Text4.Text = xmd * (k - 1) 'toplam alınan ölçüm sayısı
82 çork = MsgBox("Ölçüme devam edecek misiniz?", 35, "UYARI")
If çork = 6 Then

```

```

Option1.Value = False
Option2.Value = False
Option3.Value = False
Option4.Value = False
Text15.Text = ""
Text4.Text = ""
Text13.Text = ""
Text14.Text = ""
Text2.Text = ""
Text5.Text = ""
Text9.Text = ""
Text10.Text = ""
Text11.Text = ""
Text12.Text = ""
Text1.Text = ""
Frame2.Enabled = False
Frame5.Enabled = False
Frame6.Enabled = False
Frame7.Enabled = False
Text3.Text = ""
GoTo 200 'evet butonuna basılınca
End If
If çork = 7 Then GoTo 555 'hayır butonuna basılınca
If çork = 2 Then 'iptal butonuna basılınca
MsgBox "İptal İşlemini Seçtiniz, son isteğiniz bekleniyor!!!", 64, "Bilgi"
GoTo 82
End If

GoTo 50

'ani olarak sonlandırıldığında son alınan dataların ve konum bilgilerinin
kaydedildiği dosyalar açılıyor...

sonlandır:

Open "C:\Tez Ölçüm\Son Ölçüm Koordinatları.txt" For Output As #2
Print #2, a - 1, b
Close #2
Open "C:\Tez Ölçüm\Son Ölçüm Koordinat Değerleri.txt" For Output As #3
Print #3, xmd, xaa, ymd, yaa, xs, ys, sn, isim
Close #3
GoTo 555

555 End
50 Close #5
End Sub

Private Sub Command2_Click()
End 'çıkış
End Sub

Private Sub Command3_Click()
ani = False 'ani durdur
End Sub

Private Sub Command4_Click()
ölçüm = True
End Sub

Private Sub Command5_Click()
Form2.Show 'grafik ekranı
End Sub

Private Sub Command6_Click()
Form3.Show ' bilgi ekranı
End Sub

Private Sub Command7_Click()
Form4.Show 'kablosuz veri alma ekranı
End Sub

Private Sub Command8_Click()
DllPortWritePortUchar (&H378), 4
End Sub

```

```
Private Sub Form_Load()  
DlPortWritePortUchar (&H378), 0  
Option1.Value = False  
Option2.Value = False  
Option3.Value = False  
Option4.Value = False  
Form1.Show  
ölçüm = False  
  
'program açıldığındaki uyarı mesajları...  
  
MsgBox "Eğer FM veri alacaksınız negatif gerilim değerleri okunamayacaktır!!!", 64,  
"Dikkat"  
MsgBox "Eğer bilgisayar üzerinden button kullanmadan data alacaksınız -Data al-  
komutunu kullanınız!!!", 64, "Dikkat"  
  
End Sub
```

6. KAYNAKÇA

- [1] O.M. Johannessen, H. Sagen, T. Hamre, H.Hob k, K. Hasselmann, E. Maier-Reimer, U. Mikolajewicz, P. Wadhams, A. Kaletsky, L. Bobylev, E. Evert, V. Troyan, K.A. Naugolnykh and I. Esipov, “Acoustic monitoring of ocean climate in the arctic (AMOC)”, *Operational Oceanography - Implementation At The European And Regional Scales*, Volume: 66, (2002), 371.
- [2] K. Jemielniak, O. Otman, “Tool failure detection based on analysis of acoustic emission signals”, *Journal Of Materials Processing Technology*, Volume: 76, Issue: 1-3,(1998),192.
- [3] Vladimir Zaitseva, Veniamin Nazarova, Vitaly Gusevb, Bernard Castagnedeb, “Novel nonlinear-modulation acoustic technique for crack detection”, *Ndt & E International*, Volume: 39, Issue: 3, (2006), 184.
- [4] Francesco Simeone, “Beam-forming and matched filter techniques for the underwater acoustic detection of UHE neutrino”, *Nuclear Instruments & Methods In Physics Research Section A-Accelerators Spectrometers Detectors And Associated Equipment*, Volume: 604, Issue: 1-2, (2009),196.
- [5] Robert Lahmann, “Status and first results of the acoustic detection test system AMADEUS”, *Nuclear Instruments & Methods In Physics Research Section A-Accelerators Spectrometers Detectors And Associated Equipment*, Volume: 604, Issue: 1-2, (2009),158.
- [6] Ilgaz Akseli, Girindra N. Mani, Cetin Cetinkaya, “Non-destructive acoustic defect detection in drug tablets”, *International Journal Of Pharmaceutics*, Volume: 360, Issue: 1-2, (2008), 65.
- [7] L.P. Dickinson, N.H. Fletcher, “Acoustic detection of invisible damage in aircraft composite panels”, *Applied Acoustics*, Volume: 70, Issue: 1,(2009),110.
- [8] Yeun-Ho Yu, Jin-Ho Choi, Jin-Hwe Kweon, Dong-Hyun Kim., “A study on the failure detection of composite materials using an acoustic emission”, *Composite Structures*, Volume: 75, Issue: 1-4, (2006),163.
- [9] Jessica C. Burtenshaw, Erin M. Oleson, John A. Hildebrand, Mark A. McDonald, Rex K. Andrew, Bruce M. Howe, James A. Mercer., “Acoustic and satellite remote sensing of blue whale seasonality and habitat in the Northeast Pacific”, *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies In Oceanography*, Volume: 51, Issue: 10-11, (2004),967.

- [10] Peter J. Mumby, William Skirving, Alan E. Strong, John T. Hardy, Ellsworth F. LeDrew, Eric J. Hochberg, Rick P. Stumpf, Laura T. David, "Remote sensing of coral reefs and their physical environment", *Marine Pollution Bulletin*, Volume: 48, Issue: 3-4, (2004), 219.
- [11] P.G. Bentley, D.G. Dawson and D.W. Prine, "An evaluation of acoustic emission for the detection of defects produced during fusion welding of mild and stainless steels", *NDT International*, Volume: 15, Issue: 5,(1982), 243.
- [12] A. Choudhury, N. Tandon, "Application of acoustic emission technique for the detection of defects in rolling element bearings", *Tribology International*, Volume: 33, Issue: 1, (2000), 39.
- [13] Min-Soo Kim, Sang-Kwon Lee, "Detection of leak acoustic signal in buried gas pipe based on the time-frequency analysis", *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, Volume: 22, Issue: 6, (2009), 990.
- [14] Merv FINGAS, Carl BROWN, "A review of the status of advanced technologies for the detection of oil in and with ice", *Spill Science & Technology Bulletin*, Volume: 6, Issue: 5-6,(2000), 295.
- [15] A. Behboodian, W.R.Scott, Jr. And J.H. McClellan, "Signal Processing Of Elastic Surface Waves For Localizing Buried Land Mines", *Signals, Systems and Computers*, IEEE Conf, Vol: 2,(1999), 827.
- [16] C. T. Schröder, W. R. Scott, "Three-Dimension FDTD Model To Study The Elastic-Wave Interaction With Buried Land", *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, IEEE Conf, Vol: 1,(2000), 26.
- [17] Y.Q. Zeng, "Acoustic Detection Of Buried Object In 3-D Fluid Saturated Porous Media: Numerical Modeling", *IEEE Transaction On Geoscience And Remote Sensing*, Vol.39, No.6, (2001),1165.
- [18] X.Zhu, L.Carin, "Application Of The Biorthogonal Multiresolution Time-Domain Method To The Analysis Of Elastic -Wave Interactions With Buried Targets", *IEEE Transaction On Geoscience And Remote Sensing*, Vol.42, No.7, (2004), 1502.
- [19] P.C.Chu, M.Cornelius,M.Wegstaff, "Effect Of Suspended Sediment On Acoustic Dedection Using The Navy's CASS-GRAB Model", *IEEE*, (2005), 1.
- [20] J.W.Brooks, M.W. Maier, "Application Of System Idendification And Neural Networks To lassification Of Land Mines", "Detection of abandoned land mines" *Conference Publication IEEE*, No.431, (1996), 46.

- [21] Kimberly Belli, Carey Rappaport, and Sara Wadia-Fascetti, "Forward Time Domain Ground Penetrating Radar Modeling of Scattering from Anomalies in the Presence of Steel Reinforcements", *Research In Nondestructive Evaluation*, Volume: 20, Issue: 4, (2009), 193.
- [22] By J. R. Butnor, M. L. Pruyn, D. C. Shaw, M. E. Harmon, A. N. Mucciardi and M. G. Ryan, "Detecting defects in conifers with ground penetrating radar: applications and challenges", *Forest Pathology*, Volume: 39, Issue: 5, (2009), 309.
- [23] L. Verdonck, D. Simpson, W. M. Cornelis, A. Plyson, J. Bourgeois, R. Docterandm. Vanmeirvenne, "Ground-penetrating Radar Survey over Bronze Age Circular Monuments on a Sandy Soil, Complemented with Electromagnetic Induction and Fluzgate Gradiometer Data", *Archaeological Prospection*, Volume: 16, Issue: 3, (2009), 193.
- [24] Luckyanov SP, Stukach OV, "Archeological researches of the ancient fortress by GPR", *SIBCON-2009: International Siberian Conference On Control And Communications*, (2009), 324.
- [25] Selma I. Rodrigues, Jorge L. Porsani, Vinicius R.N. Santos, Paulo A.D. DeBlasis, Paulo C.F. Giannini, "GPR and inductive electromagnetic surveys applied in three coastal sambaqui (shell mounds) archaeological sites in Santa Catarina state, South Brazil", *Journal Of Archaeological Science*, Volume: 36, Issue: 10, (2009), 2081.
- [26] Yang XH., Henderson G., Mao LX., Evans A., "Application of Ground penetrating radar in detecting the hazards and risks of termites and ants in soil levees", *Environmental Entomology*, Volume: 38, Issue: 4, (2009), 1241.
- [27] Maksim Bano, Olivier Loeffler, Jean-François Girard, "Ground penetrating radar imaging and time-domain modelling of the infiltration of diesel fuel in a sandbox experiment", *Comptes Rendus Geoscience*, Volume: 341, Issue: 10-11, (2009), 846.
- [28] Francesco Soldovieri, Giancarlo Prisco, Svein-Erik Hamran, "A preparatory study on subsurface exploration on Mars using GPR and microwave tomography", *Planetary And Space Science*, Volume: 57, Issue: 8-9, (2009), 1076.
- [29] Che Way Chang *, Chen Hua Lin, Hung Sheng Lien, "Measurement radius of reinforcing steel bar in concrete using digital image GPR", *Construction And Building Materials*, Volume: 23, Issue: 2, (2009), 1057.
- [30] Kimberly Belli, He Zhan, Sara Wadia-Fascetti, "Effectiveness of 2-D and 2.5-D FDTD Ground-Penetrating Radar Modeling for Bridge-Deck Deterioration Evaluated by 3-D FDTD", *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, Volume: 47, Issue: 11, (2009), 3656.

- [31] He XQ, Zhu ZQ, Liu QY, Lu GY, "Review of GPR rebar detection", PIERS 2009 BEIJING: Progress In Electromagnetics Research Symposium, Proceedings I And II, (2009), 804.
- [32] W.L. Lai, S.C. Kou, W.F. Tsang, C.S. Poon, "Characterization of concrete properties from dielectric properties using ground penetrating radar", Cement And Concrete Research, Volume: 39, Issue: 8,(2009), 687.
- [33] Luciana Orlando, Evert Slob, "Using multicomponent GPR to monitor cracks in a historical building", Journal Of Applied Geophysics, Volume: 67, Issue: 4,(2009), 327.
- [34] Udaya B. Halabea, Sachin Agrawal and Bhaskaran Gopalakrishnan, "Nondestructive evaluation of wooden logs using ground penetrating Radar", Nondestructive Testing And Evaluation, Volume: 24, Issue: 4,(2009),329.
- [35] Esienburger D., Lenz H., Jenett M., "Helicopter- borne GPR system: A way from ice thickness measurements to geological applications", 2008 IEEE International Conference On Ultra-Wideband, Volume: 3, (2008),161.
- [36] David J Daniels, Paul Curtis, Oliver Lockwood, "Classification of landmines using GPR", 2008 IEEE Radar Conference, VOLS. 1-4, (2008), 2235.
- [37] Hichem Frigui, Paul Gader, "Detection and Discrimination of Land Mines in Ground-Penetrating Radar Based on Edge Histogram Descriptors and a Possibilistic *K*-Nearest Neighbor Classifier", IEEE Transactions On Fuzzy Systems, Volume: 17, Issue: 1, (2009),185.
- [38] L.C.Chan, Jr.Leon Peters, D.L.Moffatt, "Improved Performance Of a Subsurface Radar Target Identification System Through Antenna Desing" IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. AP-29, No.2,(1981),307.
- [39] J.L. Volakis, Jr.Leon Peters,"Improved Identification Of Underground Targets Using Video Pulse Radars By Elimination Of Undesired Natural Rezonans", IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. AP-31, No.2, (1983),334.
- [40] K.Langer, "A Guide To Sensor Design For Land Mine Detection", "Detection of abandoned land mines" Conference Publication IEEE, No.431,(1996),30.
- [41] M.Millot, A.Berges, "Ground Based S.A.R. Imaging Tool For The Desing Of Buried Mine Detector", "Detection of abandoned land mines" Conference Publication IEEE, No.431, (1996),157.

- [42] I.J.Chant,A.R.Rye, “Overview Of Current Radar Land Mine Detection Research At The Defence Science And Technology Organisation, Salisbury, South Australia”, “Detection of abandoned land mines” Conference Publication IEEE, No.431,(1996),138.
- [43] W.Murray,C.J.Williams,J.T.A. Pollock, “A High Resolution Differential Radar For Mine Detection”, “Detection of abandoned land mines” Conference Publication IEEE, No.431,(1996),143.
- [44] R. Cioni,S.Sensani, G.Bettini, M. Miniati, M. Moschini, “A New General Purpose 1300 MHz Radar Sensor Suitable For Detection Of Mines”, “Detection of abandoned land mines” Conference Publication IEEE, No.458, (1998),55.
- [45] K.A. Struckman, “Mikrowave Imaging Excavator”, “Detection of abandoned land mines” Conference Publication IEEE, No.458, (1998), 73.
- [46] T.E. Ffrench, D.J. Gunton, P.D.F.Tait, “AP Land Mine Dedection Using An Ultra High Range Resolution Radar Technique”, “Detection of abandoned land mines” Conference Publication IEEE, No.458,(1998),105.
- [47] L.Carin, R.Kapoor,C.E.Baum, “Polarimetric S.A.R. Imaging Of Buried Landmines”, IEEE Transaction On Geoscience And Remote Sensing, Vol.36, No.6, (1998),1985.
- [48] J.M.Bourgeois, G.S.Smith, “A complete Electromagnetic Simulation Of The Detecting Buried Land Mines”, IEEE Transaction On Antennas And Propagation, Vol.46, No.10,(1998),1419.
- [49] T.P.Montoya, G.S.Smith, “Land Mine Detection Using A Ground-Penetrating Radar Based On Resistively Loaded Vee Dipoles”, Transaction On Antennas And Propagation, Vol.47, No.12,(1999),1795.
- [50] S.H.Zainud-Deen, M.E.Badr, K.H.Awadalla,H.A.Sharshar, “Microstrip Antenna For Detecting Buried Land Mines”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, no. 5,(2006), 2609.
- [51] C.C.Chen, S. Nag, W.D. Bunside,J.I.Halman, K.A.Shubert L.Peters, “A Standoff, Focused-Beam Land Mine Radar”, IEEE Transaction On Geoscience And Remote Sensing, Vol.38, No.1, (2000),507.
- [52] C. Rappaport, M. El-Shenawee, “Modelling GPR Signal Degradation From Random Rough Ground Surface”, Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE Conf, Vol: 7, 24-28, (2000), 3108.

- [53] P.D. Gader, "Recognition Technology For The Detection Of Buried Land Mines", IEEE Transaction On Fuzzy systems, Vol.9, No.1, (2001),31.
- [54] R.Guillerey, M. Le Goff, F.Gallais, J. Andrieu, B. Beillard, B. Jecko, "Ultra Wide Band Synthetic Aperture Radar For The Detection Of Mined Area", Radar 2002, IEEE Conf., Page: 526-530, 2002.
- [55] P.W.Johnson, "Stand Off Detection Of Buried Anti-Personnel Landmines", Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE Conf, Vol: 1,(2002),325.
- [56] C.Chen, M.B. Higgins, K. O'Neill, "Advanced Classification Of Buried UXO Using A Broadband, Fully Polarimetric Ground Penetrating Radar", IEEE Conf, Vol: 3,(2002),1569.
- [57] N.H.Ismail, H.N. Khairallah, M.A. Metwally, "Mapping Of Land Mine Using Air Borne Radar", Nineteenth National Radio Science Conference, Alexandria, (2002),592.
- [58] D.Lloyd, I.D.Longstaff, "UWB Multi Static SAR With Image Stacking For Land Mine Detection", Radar 2000, IEEE Conf.,(2002), 200.
- [59] J.M.Stiles, A.V.Apte, B.Beh, "A Group-Theoretic Analysis Of Symmetric Target Scattering With Application To Landmine Detection", IEEE Transaction On Geoscience And Remote Sensing, Vol.40, No.8, (2002),1802.
- [60] M.P.Kolba, I.I. Jouny, "Buried Land Mine Detection Using Complex Natural Resonances On GPR Data", Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE Conf, Vol: 2,(2003),761.
- [61] M.Sato, "Bistatic GPR System For Landmine Detection Using Optical Electric Field", Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE Conf, Vol: 1, , (2003),207.
- [62] M.P.Kolba, I.I.Jouny, "Clutter Suppression And Feature Extraction For Land Mine Detection Using Ground Penetrating Radar", Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE Conf, Vol: 2,(2003),203.
- [63] H.Frigui,K.Satyanarayana, P.Gader, "Detection Of Land Mines Using Fuzzy And Possibilistic Membership Functions", The IEEE International Conference On Fuzzy Systems, (2003),834.

- [64] Z.Chun-Cheng, K. Ling-Jiang, Z.Zeheng-ou, “Research On Fast Synthetic Aperture Imaging Method For Ground Penetrating Radar In Subsurface Object Detection”, Communications, Circuits and Systems, IEEE Conf., Vol.2,Page: 777-779, 2004.
- [65] R.Tanaka, M.Sato, “A GPR System Using A Broadband Passive Optical Sensor For Land Mine Detection”, Tenth International Conference On Ground Penetrating Radar,(2004),171.
- [66] A.J.Dumanian, C.M.Rappaport, “Enhanced Detection And Classification Of Buried Mines With An UWB Multistatic GPR”, Antennas and Propagation Society Int. Symp., IEEE Conf., Vol: 3B,(2005),88.
- [67] S.J.Cho, R. Tanaka, M. Sato, “Bistatic GPR By Using An Optical electric Field Sensor”, Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium,(2005), 348.
- [68] W.Clark, B. Burns, K.Sherbondy, J.Ralston, C.Rappaport, “Surface Effects On Ground Penetrating Radar Imagery”, IEEE Trans Antenna. and Propagat., Vol. 52, (2005), 404.
- [69] A.Merwe, I.J.Gupta, “A Novel Signal Processing Technique For Clutter Reduction In GPR Measurements Of Small, Shallow Land Mines”, IEEE Transaction On Geoscience And Remote Sensing, Vol.38, No.6,(2000),2627.
- [70] S.Perin, A. Bibaut, A. Duflos, P. Vanheeghe, “Use Of Wavelets For Ground – Penetrating Radar Signal Analysis And Multisensor Fusion In The Frame Of Landmines Detection”, Systems, Man and Cybernetics, IEEE Conf., Vol: 4, (2000),2940.
- [71] K.C.Ho, P.D.Gader, “A Linear Prediction Land Mine Detection Algorithm For Hand Held Ground Penetrating Radar”, IEEE Transaction On Geoscience And Remote Sensing, Vol.40, No.6, (2002),1374.
- [72] J.B.Rhebergen, R. Van Wijk, “Model Based Detection And Identification Of Land –Mine Signatures In GPR Data”, Tenth International Conference On Ground Penetrating Radar, (2004),677.
- [73] Stroh JC, Archer S, Doolittle JA, Wilding L, “Detection of edaphic discontinuities with ground-penetrating radar and electromagnetic induction”, Landscape Ecology, Volume: 16, Issue: 5,(2001), 377.
- [74] S.H.H. Sadeghi, B. Tossi, R. Moini, “On the suitability of induction coils for crack detection and sizing in metals by the surface magnetic field measurement technique, Ndt & E International, Volume: 34, Issue: 7,(2001), 493.

- [75] Kim H, Shoji T, “The detection of defects in paramagnetic materials using locally focused electromagnetic field technique”, *Advances In Nondestructive Evaluation*, PT 1-3, Volume: 270-273, Part: Part 1-3, (2004), 625.
- [76] Hashizume H, Shibata T, Yuki K, “Crack detection method using electromagnetic waves”, *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, Volume: 20, Issue: 3-4, (2004), 171.
- [77] Takuya Shibata, Hidetoshi Hashizume, Sumio Kitajima, Kazumasa Ogura, “Experimental study on NDT method using electromagnetic waves”, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol: 161, (2005), 348.
- [78] Plotnikov YA, Bantz WJ, “Subsurface defect detection in metals with pulsed eddy current”, *Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation*, Vols 24A and 24B, Volume: 760, (2005), 447.
- [79] Sun YS, Ouyang TH, Yang XL, Zhu HO, “Magnetic carpet probe for large area instant crack/corrosion detection and health monitoring”, *Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation*, Vols 26A and 26B, Volume: 894, (2007), 926.
- [80] Obeid S, Tranjan FM, Dogaru T, “Eddy current testing for detecting small defects in thin films”, *Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation*, Vols 26A and 26B, Volume: 894, (2007), 340.
- [81] Manuchehr, S., “Improving the Temporal Resolution of Magnetic Induction Tomography for Molten Metal Flow Visualization”, *IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement*, Vol. 59, No. 3, (2010).
- [82] L. Robledo, M. Carrasco, D. Mery, “A survey of land mine detection technology”, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 30, No. 9, (2009), 2399.
- [83] *Leslie Collins, Ping Gao, and Stacy Tantum*, “Model-based Statistical Signal Processing Using Electromagnetic Induction Data for Landmine Detection and Classification”, *2001 IEEE Workshop On Statistical Signal Processing Proceedings*, (2001), 162.
- [84] Ping Gao, Leslie Collins, Philip M. Garber, Norbert Geng, Lawrence Carin, “Classification of Landmine-Like Metal Targets Using Wideband Electromagnetic Induction”, *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, VOL. 38, NO. 3, (2000).
- [85] Keiswetter D, Won IJ, Barrow B, Bell T, “Object identification using multifrequency EMI data”, *Proceedings Of The Symposium On The Application Of Geophysics To Engineering And Environmental Problems*, (1999), 743.

- [86] Lloyd S. Riggs, Jon E. Mooney, Daniel E. Lawrence, "Identification of Metallic Mine-Like Objects Using Low Frequency Magnetic Fields", IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, VOL. 39, NO. 1, (2001).
- [87] Gary D. Sower, Steven P. Cave, "Detection and identification of mines from natural magnetic and electromagnetic resonances", Detection Technologies For Mines And Minelike Targets, Volume: 2496,(1995),1015.
- [88] Scott, W.R., "Broadband electromagnetic induction sensor for detecting buried landmines", IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Spain,Vols 1-12, (2007), 22.
- [89] Nelson CV, Huynh TB, Writer T, Lacko PR, "Horizontal electromagnetic field sensor for detection and classification of metal targets", Detection and remediation technologies for mines and Minelike targets VI, pts 1 and 2, Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation engineers, Volume: 4394, (2001), 65.
- [90]Deans, J.,Gerhard, J.,Carter, L.J.,"Analysis of a thermal imaging method for landmine detection, using infrared heating of the sand surface", Infrared Physics & Technology, Volume: 48, Issue: 3, (2006), 202.
- [91] Mian, A.,Han, X.Y.,Islam, S.,et al., "Fatigue damage detection in graphite/epoxy composites using sonic infrared imaging technique", Composites Science And Technology, Volume: 64, Issue: 5, (2004), 657.
- [92] N.P. Avdelidis, A. Moropoulou, P. Theoulakis, "Detection of water deposits and movement in porous materials by infrared imaging", Infrared Physics & Technology, Volume: 44, Issue: 3, (2003),183.
- [93] Ahsan Miana, Xiaoyan Hanb, Sarwar Islamb, Golam Newaz, "Fatigue damage detection in graphite/epoxy composites using sonic infrared imaging technique", Composites Science And Technology, Volume: 64, Issue: 5,(2004), 657.
- [94] Jeong-Seb Han, Jin-Hwan Park, "Detection of corrosion steel under an organic coating by infrared photography", Corrosion Science, Volume: 46, Issue: 4, (2004), 787.
- [95] A.W. van Herwaarden, F.G. van Herwaarden, S.A. Molenaar, E.J.G. Goudena, M. Laros, P.M. Sarro, C.A. Schot, W. van der Vlist, L. Blarre, J.P. Krebs, "Design and fabrication of infrared detector arrays for satellite attitude Control", Sensors And Actuators A-Physical, Volume: 83, Issue: 1-3, (2000),101.

- [96] Stephan D. Price and Michael P. Egan, “Spaced based infrared detection and characterization of near earth objects”, *Near-Earth Objects, Impact Hazards, And The Mars International Program*, Volume: 28, Issue: 8,(2001),1117.
- [97] R. Brodbeck, F.A. Pepe, C. Tognina, D. Bhend, E. Zimmermann, F.K. Kneubühl, “Balloon-borne far-infrared Fabry–Perot spectrometer for astrophysical observations”, *Infrared Physics & Technology*, Vol:39, 393–414, (1998).
- [98] D.J.L. Brett, P. Aguiar, R. Clague, A.J. Marquis, S. Schöttl, R. Simpson, N.P. Brandon, “Application of infrared thermal imaging to the study of pellet solid oxide fuel cells”, *Journal Of Power Sources*, Volume: 166, Issue: 1, (2007),112.
- [99] Carosena Meola, “A new approach for estimation of defects detection with infrared thermography”, *Materials Letters*, Volume: 61, Issue: 3,(2007),747.
- [100] Akbar Darabi, Xavier Maldogue, “Neural network based defect detection and depth estimation in TNDE, *Ndt & E International*, Volume: 35, Issue: 3,(2002),165.
- [101] J. Deans, J. Gerhard, L.J. Carter, “Analysis of a thermal imaging method for landmine detection, using infrared heating of the sand surface”, *Infrared Physics & Technology*, Volume: 48, Issue: 3, (2006),202.
- [102] C. Rennie, B. Arendse, M.R. Inggs, A. Langman, “Practical Measurements Of Land Mine Simulants Using A SFCW Radar, A Pulse Induction Metal Detector And An Infrared Camera”, “Detection of abandoned land mines” *Conference Publication IEEE*, No.458,(1998), 182.
- [103] X.Miao, M.R. Azimi-Sadjadi, B.Tian, A.C.Dubey, N.H.Witherspoon, “Detection Of Mines And Minelike Targets Using Principal Component And Neural-Network Methods” *IEEE Transaction On Neural Network*, Vol.9, No.3,(1998), 454.
- [104] M. Lundberg, “Reduction Of Surface Clutter In Infrared Image With Visual-Wavelength Measurements”, *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE Conf*, Vol: 5, (2000), 2377.
- [105] L.Svensson, M. Lundberg, “Dual-Band Land Mine Detection Using A Bayesian Approach”, *Acoustic, Speech and Signal Processing, IEEE Conf.*, Vol: 2, (2002),1297.
- [106] P.Lopez, D.L.Vilarino, D.Cabello, H.Sahli, M.Balsi, “CNN Based 3D Thermal Modeling Of The Soil For Antipersonnel Mine Detection”, *7th IEEE International Workshop conf.*,(2002),307.

[107] R.Frost, R.Appleby,S.Price,F.Nivelle, “The Detection Of Mines Using RF/Millimetric Radiometry”, “Detection of abandoned land mines” Conference Publication IEEE, No.431,(1996),92.

[108] A.Muscio, M.A. Corticelli, “Land Mine Detection By Infrared Thermography Reduction Of Size And Duration Of The Experiments”, IEEE Transaction On Geoscience And Remote Sensing, Vol.42, No.9,(2004),1955.

[109] A. Jakobsson, M. Mossberg, M. D. Rowe, J.A.S.Smith, “Exploiting Temperature Dependency In The Detection Of NQR Signal”,Int.Conf. Acoustics, Speech Signal Processing (ICASSP), Philadelphia, (2005), 653.

[110] A. Jakobsson, M. Mossberg, M. D. Rowe, J.A.S.Smith, “Exploiting Temperature Dependency In The Detection Of NQR Signal”, IEEE Transactions On Signal Processing, Vol.54, No.5,(2006),1610.

[111] N. E. Ainbinder , A. S. Azheganov, A. V. Danilov and N. K. Shestakova, “Application of the NQR method for studying polymer Materials”, Journal Of Molecular Structure, Volume: 345,(1995),105.

[112] H. Tou , Y. Kitaoka, T. Kamatsuka, K. Asayama, C. Geibel, F. Steglich, S. Siillow, J.A. Mydosh, “NMR/NQR studies of U-123 type heavy fermion compounds”, Physica B, Volume: 230, (1997), 360.

[113] Y. Kohori, T. Kohara, N. Sato, T. Kinokiri, “Sb NQR study of superconducting YbSb₂”, Physica C-Superconductivity And Its Applications, Volume: 388, (2003),579.

[114] D. Brinkmann, “NMR/NQR in the antiferromagnetic parent compounds of high-temperature superconductors” Journal Of Alloys And Compounds, Volume: 326, Issue: 1-2, (2001), 7.

[115] B. Gr~vin a, Y. Berthier, F. Pourtier, J.C. Vill6gier, U. Schmatz, “NQR:A non-destructive method for studying oxygen content and defects in YBa₂Cu₃O_{6+x} superconducting thin films”, Physica C, Volume: 275, Issue: 3-4,(1997),238.

[116] P.J. Bray, J.F. Emerson, Donghoon Lee, S.A. Feller, D.L. Bain and D.A. Feil, “NMR and NQR studies of glass structure”, Journal Of Non-Crystalline Solids, Volume: 129, Issue: 1-3, (1991),240.

[117] Trista'n M. Osa'n., Lucas M.C. Cerioni, Jose' Forguez, Juan M. Olle', Daniel J. Pusiol., “NQR: From imaging to explosives and drugs detection”, Physica B-Condensed Matter, Volume: 389, Issue: 1, (2007),45.

- [118] Alan Gregorovic, Tomaz Apih, “TNT detection with ^{14}N NQR: Multipulse sequences and matched filter”, *Journal of Magnetic Resonance*, Vol: 198,(2009),215.
- [119] M. Ostafin, B. Nogaj, “ ^{14}N -NQR based device for detection of explosives in landmines”, *Measurement*, Volume: 40, Issue: 1,(2007),43.
- [120] Bamberger, J.A., Craig, R.A., Colgan, T.Y., Peurrung, A.J., Schmitt, B.E., Stromswold, D.C., “Timed-Neutron Detection For Land Mines”, *Nuclear Science Symposium*, Vol: 2, (2003),1336.
- [121] H. Miri-Hakimabad, A.Vejdani-Noghreiyani, H. Panjeh, “The safety of a landmine detection system using graphite and polyethylene moderator”, *Iran. J. Radiat. Res.* Vol. 5, No. 3, (2007).
- [122] John E. McFee, Anthony A. Faust, H. Robert Andrews, Vitaly Kovaltchouk, Edward T. Clifford, and Harry Ing, “A Comparison of Fast Inorganic Scintillators for Thermal Neutron Analysis Landmine Detection”, *IEEE Transactions On Nuclear Science*, Vol. 56, No. 3, (2009).
- [123] McFee JE, Faust AA, “Defence R&D Canada research on nuclear methods of landmine detection”, *Detection And Remediation Technologies For Mines And Minelike Targets VIII, PTS 1 And 2*, Volume: 5089, Part: Part 1&2, (2003),1.
- [124] Sood DD, Rosengard U, Trkov A, “Development of nuclear technique for the detection of landmines”, *Detection And Remediation Technologies For Mines And Minelike Targets VIII, PTS 1 And 2*, Volume: 5089, Part: Part 1&2, (2003),13.
- [125] Vourvopoulos G, Womble PC, Paschal J, “PELAN: A pulsed neutron portable probe for UXO and landmine identification”, *Penetrating Radiation Systems And Applications II*, Volume: 4142, (2000),142.
- [126] Hashem MIRI-HAKIMABAD, Hamed PANJEH, Alireza VEJDANINOGHREIYAN, “Experimental optimization of a landmine detection facility using PGNA method”, *Nuclear Science and Techniques*, Volume 19, Issue 2,(2008),109.
- [127] E.T.H. Clifford, J.E. McFee, H. Ing, H.R. Andrews, D. Tennant, E. Harper, A.A. Faust, “A militarily fielded thermal neutron activation sensor for landmine detection”, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, (2007), 418.
- [128] Hee-Jung Im, Hyun-Je Cho, Byoung Chul Song, Yong Joon Park, Yong-Sam Chung, Won-Ho Kim, “Analytical capability of an explosives detection by a prompt gamma-ray neutron activation analysis”, *Nuclear Instruments and Methods in Physics*, (2006),442.

- [129] J. Csikai, R. D! oczi, B. Kir!aly, "Investigations on landmine detection by neutron-based techniques", *Applied Radiation and Isotopes*, (2004),11.
- [130] B. Kiraly, T. Sanami, R. D_oczi, J. Csikai, "Detection of explosives and illicit drugs using neutrons", *Nuclear Instruments and Methods in Physics*, (2004),452.
- [131] Nayak P.K., Wierczinski B. Lahiri S., "Rare-earth elemental analysis of banded iron-formations by instrumental neutron activation analysis", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume: 278 Issue: 1, (2008), 179.
- [132] Choudhury, R. Paul, Kumar, A., Reddy, A. V. R, Garg, A. N., "Thermal neutron activation analysis of essential and trace elements and organic constituents in Trikatu: An Ayurvedic formulation", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume: 274 Issue: 2, (2007),411.
- [133] Bugassa, I. O., Bashir, A. T., Doubali, K., Etwir, R. H., Abu-Enawel, M., Abugassa, S. O., "Characterization of trace elements in medicinal herbs by instrumental neutron activation analysis", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume: 278 Issue: 3, (2008),559.
- [134] C.I. Yamashita, M. Saiki, M.B.A. Vasconcellos, J.A.A. Sertie', "Characterization of trace elements in Casearia medicinal plant by neutron activation analysis", *Applied Radiation and Isotopes*, (2005), 841.
- [135] Okada, Yukiko, Hirai, Shoji, "Determination of trace elements in certified iron and steel standard materials by instrumental neutron activation analysis", *Tetsu to Hagane-Journal of The Iron and Steel Institute of Japan*, Volume: 93 Issue: 2, (2007),111.
- [136] Mukhamedshina NM, Mirsagatova AA, Zinov'ev VG, "Determination of impurities in technical cobalt by instrumental neutron activation analysis", *Czechoslovak Journal Of Physics*, Volume: 53 Pages: A217-A223 Part: Part 1 Suppl. A Supplement: Part 1 Suppl. A, (2003).
- [137] Vieira, B. J., Landsberger, S., Freitas, M. C., "Evaluation of atmospheric airborne particles in Lisbon, Portugal using neutron activation analysis", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume: 270 Issue: 1, (2006), 47.
- [138] Zamboni, C. B., Oliveira, L. C., Dalaqua, L., Jr., Mesa, J., "Application of neutron activation analysis to bone samples", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume: 269 Issue: 2, (2006),331.

- [139] Ramos AA, Ohde S, Hossain MMM, Ozaki H, Sirirattanachai S, Apurado JL, “Determination of fluorine in coral skeletons by instrumental neutron activation analysis”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume: 266 Issue: 1, (2005),19.
- [140] Michael D Glascock, and Hector Neff, “Neutron activation analysis and provenance research in Archaeology”, *Measurement Science and Thechnology*, Vol:14, Pages: 1516-1526, Issue 9,(2003).
- [141] Vanier PE, Forman L, Hunter SJ, Harris EJ, Smith GC, “Thermal neutron backscatter imaging”, 2004 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, Vol:1-7, (2004),201.
- [142] Norpaiza Mohamad Hasan, Rasif Mohd Zain, Mohd Fitri Abdul Rahman, IsmailMustapha, “The use of a neutron back scatter technique for in-situ water measurement in paper-recycling industry”, *Applied RadiationandIsotopes*, Vol:67, (2009),1239.
- [143] P. Haušild, V. Davydov, J. Drahokoupil, M. Landa, P. Pilvin, “Characterization of strain-induced martensitic transformation in a metastable austenitic stainless steel”, *Materials and Design*, Vol:31,(2010),1821.
- [144] C.-G. Oertel, R. Tamm¹, W. Skrotzki, and H.-G. Brokmeier, “Anomalous creep behaviour of aluminium high current joint Materials”, *Crystal Research and Technology*, Vol:40, No. 1/2, (2005),83.
- [145] Pekarskii GS, “Quality-Control Of Single-Layer Materials And Products By The Method Of Neutron Backscatter”, *Soviet Journal Of Nondestructive Testing-Ussr*, Volume: 22 Issue: 9, (1986), 624.
- [146] Dan Benson, Tracerco,” The Development of Novel Radioisotope Inspection Techniques to allow Determination of Liquid Levels within Submerged Tankers and the Integrity of Subsea Structures”,*Oceans 2007 Europe International Conference*, VOLS 1-3,(2007), 83.
- [147] A. Hogenbirk, F. A. Hartog, “Locating liquid and gas interfaces behind a steel hull: a neutron backscatter tool in action”, *European Conference on Individual Monitoring of Ionizin*, Volume 116, Issue 1-4, (2010),363.
- [148] Bom VR, Datema CP, van Eijk CWE, “DUNBLAD, the Delft University Neutron Backscatter Land-mine Detector”, *Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets VII*, pts 1 and 2, Volume: 5089,Part: Part 1&2, (2003),25.

- [149] V.R. Bom, C.P. Datema, C.W.E. van Eijk, "The status of the Delft University Neutron Backscatter Landmine Detector (DUNBLAD)", *Applied Radiation and Isotopes*, Vol:61,(2004),21.
- [150] Bom VR, Datema CP, van Eijk CWE, "DUNBLAD, the Delft University Neutron Backscatter LAnd-mine Detector, a status report", *Application of Accelerators In Research and Industry*, Volume: 680, (2003), 935.
- [151] Bom, V., Ali, M.A., vanEijk, C.W.E., "Land Mine Detection With Neutron Back Scattering Imaging Using A Neutron Generator", *IEEE Transactions On Nuclear Science*, Vol.53, No.1, (2006),356.
- [152] Sood DD, Rosengard U, Trkov A, "Development of nuclear technique for the detection of Landmines", *Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets VII*, pts 1 and 2, Volume: 5089, Part: Part 1&2, (2003),13.
- [153] S. Biroasca, J.Y. Buffiere, F.A. Garcia-Pastor, M. Karadge, L. Babout, M. Preuss, "Three-dimensional characterization of fatigue cracks in Ti-6246 using X-ray tomography and electron backscatter diffraction", *Acta Materialia*, Vol: 57, (2009),5834.
- [154] M.J. Santofimia, L. Zhao, R. Petrov, J. Sietsma, "Characterization of the microstructure obtained by the quenching and partitioning process in a low-carbon steel", *Materials Characterization*, Vol: 59, (2008),1758.
- [155] Maskooki, A., Gunawan, E., Soh, C. B., Low, K. S., "Frequency Domain Skin Artifact Removal Method For Ultra-Wideband Breast Cancer Detection", *Progress In Electromagnetics Research-Pier*, Volume: 98, (2009), 299.
- [156] Landis, E. N., Corr, D. J., "Three dimensional analysis of air void systems in concrete", *Measuring, Monitoring and Modeling Concrete Properties*, (2006), 517.
- [157] Meng T, Qian XQ, Zhan SL, "Research on mechanism of concrete corrosion subjected to underground acid liquid", *Environmental ecology and technology of Concrete*, *Key Engineering Materials* Volume: 302- 303, (2006),91.
- [158] Cnudde, V., Cwirzen, A., Masschaele, B., Jacobs PJS, "Porosity and microstructure characterization of building stones and concretes", *Engineering Geology*, Volume: 103, Issue: 3-4 Special Issue: Sp. Iss. SI, (2009),76.
- [159] Anthony A. Faust, Richard E. Rothschild, Philippe Leblanc, and John Elton McFee, "Development of a Coded Aperture X-Ray Backscatter Imager for Explosive Device Detection", *IEEE Transactions On Nuclear Science*, VOL. 56, NO. 1, (2009).

- [160] Sunwoo Yuk, Kwang Hyun Kim, Yun Yi, "Detection of buried landmine with X-ray backscatter technique", Nuclear Instruments and Methods in Physics, Vol:568, (2006), 388.
- [161] Faust AA, "Detection of explosive devices using X-ray backscatter radiation", Penetrating Radiation Systems And Applications IV, Proceedings Of The Society Of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), Volume: 4786,(2002), 17.
- [162] Keshavmurthy SP, Dugan ET, Wehlburg JC, Jacobs AM, "Analytical studies of a backscatter x-ray imaging landmine detection system", Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets, Proceedings Of The Society Of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), Volume: 2765,(1996), 512.
- [163] Lockwood G., Shope S., Bishop L., Selph M., Jojola J., "Mine detection using backscattered X-ray imaging of antitank and antipersonnel mines", Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets II, Proceedings Of The Society Of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), Volume: 3079,(1997), 408.
- [164] Shope S., Lockwood G., Bishop L., Selph M., Jojola J., Wavrik R., Turman B., Wehlburg J., "Mobile, scanning x-ray source for mine detection using backscattered x-rays", Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets II, Proceedings Of The Society Of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), Volume: 3079,(1997), 400.
- [165] Lockwood GJ, Shope SL, Wehlburg JC, Selph MM, Jojola JM, Turman BN, Jacobs JA, "Field tests of x-ray backscatter mine detection", Second International Conference on The Detection of Abandoned Land Mines, Issue: 458,(1998), 160.
- [166] Wehlburg J, Shope S, Lockwood G, Selph M, Jojola J, Jacobs J, Turman B, "Field trials of mobile x-ray source for mine detection using backscattered x-rays", Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets II, Volume: 3392,(1998),888.
- [167] Wehlburg JC, Jacobs J, Shope SL, Lockwood GJ, Selph MM, "Landmine detection using backscattered x-ray Radiography", Penetrating Radiation Systems And Applications, Volume: 3769,(1999), 149.
- [168] Jacobs, A.M., Dugan, E.T., Su, Z., Wells, C.J., "Detection/Identification Of Land Mines By Lateral Migration Radiography", Detection of abandoned land mines, Conference Publication IEEE, No: 458,(1998),152.
- [169] Woloszyn, M., "Detection of ferromagnetic objects in local anomaly of the Baltic Sea", Polish Maritime Research, Volume: 15, Issue: 2, (2008), 77.

- [170] Vishal Chauhan, O.P. Singh, Vinod Kushwah, Vikram Singh, Birbal Singh, "Ultra-low-frequency (ULF) and total electron content (TEC) anomalies observed at Agra and their association with regional earthquakes", *Journal of Geodynamics*, Vol:48, (2009),68.
- [171] Vinod Kushwah, Vikram Singh, Birbal Singh, "Ultra low frequency (ULF) amplitude anomalies observed at Agra (India) and their association with regional earthquakes", *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol:32, (2009), 367.
- [172] Clem, T.R., "Sensor Technologies For Hunting Buried Sea Mines", *Oceans 02 MTS/IEEE Conf.*, Vol: 1,(2002), 452.
- [173] El Tobelyl, T., Salem, A., "Position detection of unexploded ordnance from airborne magnetic anomaly data using 3-D self organized feature map", *5th IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology*, Greece, Vols 1 and 2, (2005),322.
- [174] A. Sheinker, N. Salomonski, B. Ginzburg, L. Frumkis, B. Z. Kaplan, "Aeromagnetic Search Using Genetic Algorithm", *Progress In Electromagnetics Research Symposium 2005 Hangzhou, China*, (2005),492.
- [175] Takahiro Nagano, Yusuke Ohno, Naoto Uesugi, Hitoshi Ikeda, Atsushi Ishiyama, Naoko Kasai, "Multi-Source Localization by Genetic Algorithm using MEG", *IEEE Transactions On Magnetics*, VOL 34, NO 5,(1998),2976.
- [176] Galanzha, E., Shashkov, E.V., Kelly, T., et al., "In vivo magnetic enrichment and multiplex photoacoustic detection of circulating tumour cells", *Nature Nanotechnology*, Volume: 4, Issue: 12, (2009), 855.
- [177] Jeremy A. Baldoni, Benjamin B. Yellen, "Magnetic Tracking System: Monitoring Heart Valve Prostheses", *Transactions On Magnetics*, VOL. 43, NO. 6, (2007),2430.
- [178] Kang, M.H., Choi, B.W., Koh, K.C., et al., "Experimental study of a vehicle detector with an AMR sensor", *Sensors And Actuators A-Physical*, Volume: 118, Issue: 2, (2005), 278.
- [179] Gao, H., Heuer, Th., Dimitropoulos, K., Grammalidis, N., Weinmann, M., Huhnold, M., Astheimer, Th., Kirrane, P., Stockhammer, C., Kurz, A., Pfister, J., Hartmann, U., "Safe airport operation based on innovative magnetic detector system", *IET Intelligent Transport Systems*, Volume: 3 Issue: 2, (2009), 236.
- [180] Wen Yu, Pan Ni, "Vehicle Detection Based on Magnetic Declination", *Proceedings Of The 27th Chinese Control Conference*, VOL 6, (2008), 586.

- [181] Klein LA, Kelley MR, Mills MK, "Evaluation of overhead and in-ground vehicle detector technologies for traffic flow measurement", Journal Of Testing And Evaluation, Volume: 25 Issue: 2, (1997), 205.
- [182] H.Hauser, G.Stangl, W.Fallmann, R.Chabicovsky, K.Riedling, "Magnetoresistive Sensors", Institut für Industrielle Elektronik und Materialwissenschaften TU Wien, Preparation, Properties and Applications of Thin Ferromagnetic Films, June, (2000).
- [183] Junyi Zhai, Zengping Xing, Shuxiang Dong, Jiefang Li, and D. Viehland, Detection of pico-Tesla magnetic fields using magneto-electric sensors at room temperature, APPLIED PHYSICS LETTERS 88, 9 February, (2006).
- [184] C.Kittel, "Kırtal Fiziğine Giriş", Çevirisi: Bekir Karaoğlu, İstanbul, (1996), 113.
- [185] Matej Debenc, Magnetoresistivity, Seminar, University Ljubljana Faculty of mathematics and physics, Ljubljana, February, (2007).
- [186] Set/Reset Function for Magnetic Sensors, Application Note AN213, Honeywell, (2002).
- [187] B.D.Cullity, "Introduction to Magnetic Materials", Univerity of Notre Dame, Addison Wesley Publishing Company, (1972), 213.
- [188] Stefan Hübschmann, Matthias Schneider, "Magnetoresistive Sensors, Principles of Operation and Applications", Application Note 20, Zetex, (1996).
- [189] Peter Moselund, Dirch Hjorth Petersen, "Magnetoresistive sensor fabrication and characterization", 33470 Experimental semiconductor technology, (2003).
- [190] "General Magnetoresistive Sensors for Magnetic Field Measurement", Philips Semiconductors, (2000).
- [191] KMZ51 Magnetic Field Sensor, Data Sheet, Philips Semiconductors, (2000).
- [192] Electronic Compass Design using KMZ51 and KMZ52, Application Note AN00022, Philips Semiconductors, (2000).

[193] R.M.Bozorth, “Magnetic Properties of Metals And Alloys”, A Seminar on Magnetic Properties of Metals and Alloys Presented to Members of Asm during the National Metal Congress and Exposition Cleveland, October 25 to 26, 1958, The American Society for Metals, Cleveland, Ohio,(1959).

[194] D.Jiles, “Introduction to Magnetism and Magnetic Materials”, Chapman & Hall, London, (1991).

[195] Mathias Getzlaff, “Fundamentals of Magnetism”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2008).