

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞEBEKE FREKANSLI MAGNETİK ALAN
EKSPANLAMASI**

Elektrik Mühendisi Korhan DERMAN

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Tesisleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nurettin UMURKAN (YTÜ)

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Elektromagnetik Alanların Etkileri	2
1.1.1 Biyolojik/Epidemiyolojik Araştırmalar	2
1.1.2 Mühendislik Araştırmaları	2
1.2 Önerilen Mühendislik Çözümleri	3
2. ELEKTROMAGNETİK UYUMLULUK VE GİRİŞİM KAYNAKLARI	6
2.1 Elektromagnetik Uyumluluk Problemleri	7
2.1.1 Askeri Sistemler	9
2.1.2 Elektrostatik Boşalmalar	9
2.1.3 Besleme İşaretleri	9
2.1.4 Besleme Kaynağının Bozunumu	9
2.1.5 Spektrumun Yararlı Bir Şekilde Kullanımı	10
2.1.6 Tutuşma ve Patlama Tehlikeleri	10
2.1.7 Elektrik Sistemlerinin Arızası	10
2.1.8 Veri Güvenliği	10
2.2 Elektromagnetik Uyumluluğun Biçimsel Tanımı	10
2.3 Girişim Problemlerinin çözümünde Genel Yöntemler	11
2.4 Elektromagnetik Girişim Kaynakları	12
2.4.1 Elektromagnetik Girişim Kaynaklarının Sınıflandırılması	13
2.4.2 Doğal Elektromagnetik Girişim Kaynakları	13
2.4.2.1 Alçak Frekanslı Elektrik ve Magnetik Alanlar	14
2.4.2.2 Yıldırım	14
2.4.2.3 Yüksek Frekanslı Elektromagnetik Dalgalar	15
2.4.3 İnsan Yapımı Elektromagnetik Girişim Kaynakları	15
3. EKLANLAMA VE EKLANLAMA FAKTÖRÜNÜN HESAPLANMASI	20
3.1 Magnetik Ekranlama	21
3.1.1 Yüksek Magnetik Geçirgenlikli Metaller İle Ekranlama	21
3.1.2 Yüksek İletkenlikli Metallerle Ekranlama	23
3.2 Elektromagnetik Ekranlama Değerlendirilmesi	24
3.3 Ekranlama Faktörü Hesaplama Yöntemi	25
3.3.1 Ekranlama Faktörü Hesaplanmasında Yapılan Kabuller Ve Sabitler	27
3.4 Ekranlama Faktörünün Bağlı Olduğu Değişkenlere Göre Değişimi	29
4. EKLANLAMA DENEYLERİ	37
4.1 Magnetik Alan Ölçümleri	40

4.1.1	Ekransız Enerjili Magnetik Alan Ölçümleri	40
4.1.2	Alüminyum Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	41
4.1.3	Bakır Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	42
4.1.4	DKP Sacı Ekranlama Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	43
4.1.5	İki Kat DKP Sacı Ekran Malzemeli Alan Ölçümü.....	44
4.1.6	Üç Kat DKP Sacı Ekran Malzemeli Alan Ölçümü.....	45
4.1.7	Dört Kat DKP Sacı Ekran Malzemeli Alan Ölçümü	46
4.1.8	Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü.....	47
4.1.9	İki Kat Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	48
4.1.10	Üç Kat Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü.....	49
4.1.11	Dört Kat Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	50
4.1.12	Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	51
4.1.13	İki Katlı Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	52
4.1.14	Üç Katlı Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	53
4.1.15	Dört Katlı Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	54
4.1.16	Alüminyum-Trafo Sacı Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	55
4.1.17	Trafo Sacı-Alüminyum Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	56
4.1.18	Bakır-Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	57
4.1.19	Trafo Sacı-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	58
4.1.20	Alüminyum-Trafo Sacı-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	59
4.1.21	Bakır-Trafo Sacı-Alüminyum Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	60
4.1.22	Trafo Sacı-Alüminyum-DKP Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü.....	61
4.1.23	Trafo Sacı-Alüminyum-Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	62
4.1.24	Trafo Sacı-Alüminyum-Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü.....	63
4.1.25	Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	64
4.1.26	Trafo Sacı-Bakır-DKP Sacı Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü.....	65
4.1.27	Alüminyum-Trafo Sacı-Galvanizli Sac Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	66
4.1.28	Alüminyum-Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	67
4.1.29	Alüminyum Trafo Sacı-Galvanizli Sac-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	68
4.1.30	Bakır-Trafo Sacı-Alüminyum-Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	69
4.1.31	Trafo Sacı-Alüminyum-DKP Sacı-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	70
4.1.32	Trafo Sacı-Alüminyum-Galvanizli Sac-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	71
4.1.33	Trafo Sacı-Alüminyum-Trafo Sacı-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	72
4.1.34	Trafo Sacı-Bakır-DKP Sacı-Galvanizli Sac Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	73
4.1.35	Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac-Alüminyum Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	74
4.1.36	Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac-DKP Sacı Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü	75
5.	TARTIŞMALAR VE SONUÇLAR	111
5.1	Tek Katlı Yapı	111
5.2	İki Katlı Yapı.....	112
5.3	Üç Katlı Yapı.....	112
5.4	Dört Katlı Yapı.....	114

KAYNAKLAR.....	117
ÖZGEÇMİŞ.....	119

SİMGE LİSTESİ

σ	Elektriksel İletkenlik
σ_{Al}	Alüminyumun Elektriksel İletkenliği
μ	Magnetik Geçirgenlik
μ_0	Boşluğun Magnetik Geçirgenliği
μ_r	Bağıl Magnetik Geçirgenlik
f	Frekans
δ	Deri Kalınlığı
t	Kalınlık
r	Ekran Kaynak Uzaklığı

KISALTMA LİSTESİ

A	Alüminyum
AA	Alternatif Akım
A/m	Amper/Metre
B	Bakır
D	DKP
dB	Decibel
EMU	Elektromagnetik uyumluluk
f	Frekans
G	Galvaniz
Hz	Hertz
T	Trafo Sacı
NEMP	Nükleer Elektromagnetik Darbe
V/m	Volt/metre

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Dört temel EMU problemi (a) Işıma emisyonu, (b) Işıma duyarlılığı, (c) İletim emisyonları, (d) İletim duyarlılığı (Çabuk, 2005).....	7
Şekil 3.1	Gürültü kaynağını ya da alingan (hassas) cihazı ortamdan yalıtılması.....	20
Şekil 3.2	İç bölgenin dış alanlardan magnetik korunması (Frix, 1996).....	22
Şekil 3.3	Ekranlanmamış güç kablusunun etrafındaki magnetik akı çizgileri	22
Şekil 3.4	Ekranlı güç kablusunun etrafındaki magnetik akı çizgileri	23
Şekil 3.5	t kalınlıklı bir ekranda gelen, yansıyan, yutulan ve geçen dalga	24
Şekil 3.6	Silindirik ekranlama problemlerinin basit modeli	25
Şekil 3.7	S'in σ 'ya göre değişiminin grafiği.....	29
Şekil 3.8	Deri kalınlığının değişken, diğer bileşenlerin (μ_r , f, yarıçap) sabit olduğu durumda, S'in deri kalınlığına bağlı değişimi.	30
Şekil 3.9	Bağıl magnetik geçirgenlik (μ_r)'nin değişken, diğer bileşenlerin (σ , f, yarıçap) sabit olduğu koşulda μ_r 'nin S üzerindeki etkisi	30
Şekil 3.10	Diğer bileşenlerin (σ , f, yarıçap) sabit olduğu durumda δ 'nın μ_r 'ye bağlı değişim grafiği	31
Şekil 3.11	δ 'nın σ 'ya bağlı değişim grafiği.....	31
Şekil 3.12	S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi alüminyum)	32
Şekil 3.13	S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi bakır)	32
Şekil 3.14	S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi DKP sacı)	33
Şekil 3.15	S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi galvanizli sac).....	33
Şekil 3.16	S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi trafo sacı).....	34
Şekil 3.17	Ekran malzemesi alüminyum olduğu durumda S'nin t'ye bağlı değişimi	34
Şekil 3.18	Ekran malzemesi bakır olduğu durumda S'nin t'ye bağlı değişimi.....	35
Şekil 3.19	Ekran malzemesi DKP sacı olduğu durumda S'nin t'ye bağlı değişimi.....	35
Şekil 3.20	Ekran malzemesi galvanizli sac olduğu durumda S'nin t'ye bağlı değişimi....	36
Şekil 3.21	Ekran malzemesi trafo sacı olduğu durumda S'nin t'ye bağlı değişimi	36
Şekil 4.1	Y.T.Ü. Yüksek Akım Laboratuvarı	37
Şekil 4.2	Magnetik alan kaynağı olarak kullanılan deney düzeneği	38
Şekil 4.3	Magnetik alan ölçüm cihazı.....	38
Şekil 4.4	Magnetik alan ölçüm cihazı ile yapılan ölçümler.....	39
Şekil 4.5	Ekransız ve enerjili durumda magnetik alan dağılımı.....	40
Şekil 4.6	Alüminyum ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	41
Şekil 4.7	Bakır ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	42
Şekil 4.8	DKP sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	43
Şekil 4.9	İki kat DKP sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	44
Şekil 4.10	Üç kat DKP sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	45
Şekil 4.11	Dört kat DKP sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	46
Şekil 4.12	Galvanizli sac ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	47
Şekil 4.13	İki kat galvanizli sac ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	48
Şekil 4.14	Üç kat galvanizli sac ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	49
Şekil 4.15	Dört kat galvanizli sac ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	50
Şekil 4.16	Trafo sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	51
Şekil 4.17	İki kat trafo sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	52
Şekil 4.18	Üç kat trafo sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	53
Şekil 4.19	Dört kat trafo sacı ekranlı magnetik alan dağılımı.....	54
Şekil 4.20	A-T ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	55
Şekil 4.21	T-A ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	56
Şekil 4.22	B-T ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	57
Şekil 4.23	T-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	58
Şekil 4.24	A-T-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	59

Şekil 4.25	B-T-A ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	60
Şekil 4.26	T-A-D ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	61
Şekil 4.27	T-A-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	62
Şekil 4.28	T-A-T ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	63
Şekil 4.29	T-B-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	64
Şekil 4.30	T-B-D ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	65
Şekil 4.31	A-T-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	66
Şekil 4.32	A-T-B-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	67
Şekil 4.33	A-T-G-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	68
Şekil 4.34	B-T-A-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	69
Şekil 4.35	T-A-D-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	70
Şekil 4.36	T-A-G-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	71
Şekil 4.37	T-A-T-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı	72
Şekil 4.38	T-B-D-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	73
Şekil 4.39	T-B-G-A ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	74
Şekil 4.40	T-B-G-D ekranlı durumda magnetik alan dağılımı.....	75
Şekil 4.41	A ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	76
Şekil 4.42	B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	77
Şekil 4.43	Tek kat DKP sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	78
Şekil 4.44	İki kat DKP sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	79
Şekil 4.45	Üç kat DKP sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	80
Şekil 4.46	Dört kat DKP sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	81
Şekil 4.47	Tek kat galvanizli sac ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	82
Şekil 4.48	İki kat galvanizli sac ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	83
Şekil 4.49	Üç kat galvanizli sac ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	84
Şekil 4.50	Dört kat galvanizli sac ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	85
Şekil 4.51	Tek kat trafo sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	86
Şekil 4.52	İki kat trafo sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	87
Şekil 4.53	Üç kat trafo sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	88
Şekil 4.54	Dört kat trafo sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	89
Şekil 4.55	A-T ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	90
Şekil 4.56	T-A ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	91
Şekil 4.57	B-T ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	92
Şekil 4.58	T-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	

	boyutlu dağılım	93
Şekil 4.59	A-T-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	94
Şekil 4.60	B-T-A ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	95
Şekil 4.61	T-A-D ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	96
Şekil 4.62	T-A-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	97
Şekil 4.63	T-A-T ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	98
Şekil 4.64	T-B-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	99
Şekil 4.65	T-B-D ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	100
Şekil 4.66	A-T-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	101
Şekil 4.67	A-T-B-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	102
Şekil 4.68	A-T-G-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	103
Şekil 4.69	B-T-A-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	104
Şekil 4.70	T-A-D-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	105
Şekil 4.71	T-A-G-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	106
Şekil 4.72	T-A-T-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	107
Şekil 4.73	T-B-D-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	108
Şekil 4.74	T-B-G-A ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	109
Şekil 4.75	T-B-G-D ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım	110

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1	Ekranlama faktörünün tablosal gösterimi.....	26
Çizelge 3.2	Deney malzemelerinin özellikleri	26
Çizelge 3.3	Alüminyum için deri kalınlığı değerleri.....	28
Çizelge 4.1	Magnetik alan ölçüm cihazının genel özellikleri	39
Çizelge 4.2	Ekransız ve enerjili durumda magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	40
Çizelge 4.3	Alüminyum ekran malzemesi için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG].....	41
Çizelge 4.4	Bakır ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	42
Çizelge 4.5	DKP sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	43
Çizelge 4.6	İki kat DKP sacı ekran için magnetik alan dağılımı[mG]	44
Çizelge 4.7	Üç kat DKP sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG].....	45
Çizelge 4.8	Dört kat DKP sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	46
Çizelge 4.9	Galvanizli sac ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG].....	47
Çizelge 4.1	0 İki kat galvanizli sac ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	48
Çizelge 4.1	1 Üç kat galvanizli sac ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	49
Çizelge 4.12	Dört kat galvanizli sac ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	50
Çizelge 4.13	Trafo sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	51
Çizelge 4.14	İki kat trafo sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG].....	52
Çizelge 4.15	Üç kat trafo sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	53
Çizelge 4.16	Dört kat trafo sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG].....	54
Çizelge 4.17	A-T ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	55
Çizelge 4.18	T-A ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	56
Çizelge 4.19	B-T ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG].....	57
Çizelge 4.20	T-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG].....	58
Çizelge 4.21	A-T-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	59
Çizelge 4.22	B-T-A ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	60
Çizelge 4.23	T-A-D ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	61
Çizelge 4.24	T-A-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	62
Çizelge 4.25	T-A-T ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG].....	63
Çizelge 4.26	T-B-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	64
Çizelge 4.27	T-B-D ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	65
Çizelge 4.28	A-T-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	66
Çizelge 4.29	A-T-B-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	67
Çizelge 4.30	A-T-G-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	68
Çizelge 4.31	B-T-A-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	69
Çizelge 4.32	T-A-D-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	70
Çizelge 4.33	T-A-G-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	71
Çizelge 4.34	T-A-T-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG].....	72
Çizelge 4.35	T-B-D-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	73
Çizelge 4.36	T-B-G-A ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	74
Çizelge 4.37	T-B-G-D ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]	75

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında bilgi ve desteği ile beni yönlendiren engin bilgisi ve yapmış olduğu değerlendirmeleri ile çalışmamın her yönde önünü açan, laboratuvar olanaklarını kullanabilme fırsatını bizlere sağlayan ve rehberlik eden Sayın Danışmanım Doç. Dr. Nurettin UMURKAN'a

Bu tezin hazırlanmasında benden öğretisini ve yardımını esirgemeyen Araştırma Görevlisi Selim Köroğlu'na

Tüm hayatım boyunca hep yanımda olan, benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan sevgili annem, babam ve ablam'a,

Bu tezin bütününe oluşmasında benden yardımlarını esirgemeyen Araştırma Görevlisi Serap ACAR'a

Bana ve bu teze emeği geçmiş herkese teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 2006

Korhan DERMAN

ÖZET

Bu tezde elektromagnetik uyumluluk çalışma alanının konularından olan elektromagnetik alanların ekranlanması konusu üzerine çalışılmıştır.

Bu çalışmada; başlıca elektromagnetik alan kaynakları, elektromagnetik girişim kaynakları, elektromagnetik alanların etkileri hakkında bilgiler verilmiştir. Elektromagnetik alanların ekranlanması konusundaki çözüm tekniklerinden bahsedilmiştir. Değişik elektriksel iletkenlik ve magnetik geçirgenlik özelliklerine sahip malzemeler ile çeşitli yapılarda yüksek akım laboratuvarında magnetik alan ölçümü yapıldı. Bu ölçümler neticesinde tablo ve grafikler oluşturularak değişik malzemelerin elektromagnetik alanların ekranlanması konusundaki etkileri değerlendirildi.

Yapılan çalışmalar neticesinde çeşitli malzemelerin ekranlama faktörü, ölçümlerle tespit edilmiştir. Daha ilerideki çalışmalarda bu ölçüm sonuçlarıyla tezde belirtilen yöntemlerle elde edecek hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması yapılabilir.

Anahtar Kelimler: Elektromagnetik dalgalar, elektromagnetik uyumluluk, çok katlı ekranlama, magnetik geçirgenlik, elektromagnetik girişim.

ABSTRACT

This thesis is a study on the shielding of electromagnetic fields which is one of the subjects of electromagnetic compatibility.

The study elaborates on the main sources of electromagnetic field, sources of electromagnetic interference and on the influences of electromagnetic fields. It further dwells on the solution techniques for electromagnetic shielding, and on related discussions. Magnetic field measurements were made with various configurations in a high current laboratory on materials on the shielding of electromagnetic fields were evaluated.

As a result of the work, shielding factor of different materials were determined with measurements. Further studies in this subject could compare these measurement results with the results of calculations to be made with the methods shown in this study. Programs could be developed which could determine, according to the magnitude of the magnetic field, the type and amount of the material to be used.

Key words: Electromagnetic fields, electromagnetic compatibility, multi layer shielding, magnetic permeability, electromagnetic interference

1. GİRİŞ

Elektromagnetik uyumluluk (EMU), fizik prensiplerinin, kompleks elektrik ve elektronik sistemlerinin birlikte ve uyum içinde çalışmalarını sağlamak amacıyla uygulandığı çalışma alanıdır. Elektrik ve elektronik sistemlerin tatmin edici bir şekilde çalışabilmeleri için EMU'nun sağlanması gerekir. Gelişen teknolojilerle birlikte günlük yaşamda kullanılan elektrikli cihazların sayısı artmakta ve buna bağlı olarak da şebekeden çekilen gücün miktarı sürekli olarak artış göstermektedir. Şebekeden çekilen gücün ve dolayısıyla akımın artması, bu gücü taşıyan kablo ve baraların etrafında meydana gelen magnetik alan seviyelerinin de büyümesine neden olmaktadır. Dolayısıyla önümüzdeki yıllarda elektromagnetik uyumluluk çalışmalarına artan bir ivmeyle gereksinim duyulacaktır.

Başlıca magnetik alan kaynakları olarak, enerji iletim ve dağıtım hatları, şalt sahaları, bölgesel trafo merkezleri, sanayi, ofis ve hastane binalarındaki elektrikli araç ve tesisatlar, trafo merkezleri sayılabilir. Alçak gerilimde yüksek akımı taşıyan kablo ve baralar, binaların transformatör merkezleri ile ana dağıtım panoları, tali panolar ve yüksek güç tüketen cihazları arasında bulunurlar. Bu kablo ve baralar, geçtikleri bölgelerde yüksek magnetik alan meydana getirirler. Yüksek magnetik alanlar başta insan sağlığı olmak üzere, hassas elektronik cihazlarda bozucu etkiye neden olmaktadır. Ölçme cihazları hatalı değerler gösterebilmekte, hassas üretim cihazları ve tezgâhların çalışmaları etkilenmekte ve üretilen ürünlerde kalite sorunu oluşabilmektedir. Özellikle hastanelerin ameliyathane ve yoğun bakım ünitelerinin bulunduğu ortamda bu durum büyük önem taşımaktadır. Ayrıca veri iletimi, veri saklanması ve video görüntüleme sistemlerinde problemler ortaya çıkabilmektedir.

Endüstrileşme ve elektrifikasyon gelişimi sonucunda, tüm frekanslarda yüksek değerdeki elektromagnetik alanlara insanların, hayvanların ve çevrenin maruz kalması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu elektriksel çevre değişimine en önemli katkıda bulunan öğelerden biri elektrik güç üretimi ve iletim sistemlerinin büyümesi ile ilgili teknolojik gelişmelerdir (Çabuk vd., 2005).

Elektromagnetik uyumluluk gereksiniminden dolayı EMU çalışmalarını kapsayan EMU düzenlemeleri ve standartları ortaya çıkmıştır. Amerika'daki Federal İletişim Komisyonu (FCC), İngiltere'deki İngiliz Standartları Enstitüsü (BSI) ve Almanya'daki Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) gibi kuruluşlarında bulunduğu organizasyonlar birtakım EMU standartları benimsemişlerdir. Fakat elektromagnetik uyumluluk gereksinimleri her geçen gün arttığı düşünülürse bu EMC düzenlemelerinin kapsamının da genişletilmesi zorunluluğu vardır.

Elektromagnetik uyumluluk çalışmalarının ana alt başlıklarından biri olan elektromagnetik ekranlama çalışmaları bu tezin ana konusunu oluşturacaktır. Bu çalışmada 50 Hz magnetik alanların ekranlanması için ferromagnetik olmayan malzemelerden değişik yapılarda farklı malzemeler kullanılarak ekranlama etkinlikleri laboratuvar ortamında incelenecek ve bunlara ait bilgiler tablo ve grafik olarak sunulacaktır.

1.1 Elektromagnetik Alanların Etkileri

Endüstrileşme ve elektrifikasyon gelişimi sonucunda, tüm frekanslarda yüksek değerdeki elektromagnetik alanlara insanların, hayvanların ve çevrenin maruz kalması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu elektriksel çevre değişimine en önemli katkıda bulunan öğelerden biri elektrik güç üretimi ve iletim sistemlerinin büyümesi ile ilgili teknolojik gelişmelerdir.

1.1.1 Biyolojik/Epidemiyolojik Araştırmalar

Enerji iletim hatlarının, ev içi tesisatların ve diğer kaynakların ortaya çıkardığı magnetik alanlar insan sağlığını olumsuz etkileme kaygılarını doğurmaktadır. A.B.D’de büyük elektrik şirketi yöneticilerinin katıldığı bir ankette, 15 yöneticinin 6’sı elektromagnetik alan etkilerinin mevcut ve gelecekteki kaygılarını oluşturduğunu belirtti. Ayrıca elektrik şirketlerinin kaygıları konulu 1990 tarihindeki Denver DOE şirketi çalışmasında elektromagnetik alanlar konusunu en öncelikli araştırma alanı olarak belirledi. Bu endişeler aile dergilerinin ve A.B.D’ler kongresinin dikkatini çekecek kadar artmıştı (Frix, 1996).

Araştırmalar, 1970’lerdeki ve 1980’li yılların başında düşük frekanslı magnetik alanların çocuklarda kanser gelişimi ile bağlantılı bir dizi raporla başladı (Frix, 1996). Bu raporlar birçok araştırmacı tarafından taraf tutmalar, sorgulanabilir varsayımlar ve verilerdeki tutarsızlıklar dahil olmak üzere çeşitli kusurlar bulunarak eleştirildi. Daha sonra, daha ayrıntılı yapılan araştırmalarda kanser ile düşük frekanslı magnetik alanlar arasında bir ilişki bulunmamakla beraber, sonraki diğer epidemiyolojik araştırmalar bulguları doğruladı (Myers vd., 1985). Tam aksine, bazı araştırmacılar (15 mT’yi veya 150 G’yi aşan) yüksek yoğunluktaki şebeke frekanslı magnetik alanların, yapay olarak ortaya çıkarılan göğüs kanserlerini hafiflettiğini deneysel olarak ortaya çıkardılar (Frix, 1996). Özet olarak, bilimsel toplum bu konuda bölünmüş durumdadır.

1.1.2 Mühendislik Araştırmaları

1100 kV enerji iletim hatlarının orta kısmından dolaysız olarak yapılan magnetik alan ölçümlerinde 35 μ T (350 mG)’den düşük değerler bulunmuştur, diğer yandan yüksek gerilim

hatlarının yakınında bulunan evlerdeki şebeke frekansı magnetik alanları nadiren $3.5 \mu\text{T}$ (35 mG)'den büyüktür. A.B.D.'deki Elektrik Enerjisi Araştırma Kurumu rastgele seçilmiş evlerde ölçülen meskun mahal magnetik alanlarının %10'dan az süre içinde $0.25 \mu\text{T}$ (2.5 mG)'yi ve % 0.5'ten az süre içinde $0.50 \mu\text{T}$ (5.0 mG)'yi geçtiğini bulmuştur. Bunlar $0.5 \mu\text{T}$ (5.0 mG) civarında değerlerde gözlenen doğal olarak meydana gelen düşük frekanslı magnetik alanlarla karşılaştırılmalıdır. Diğer yandan, toprağın doğal magnetik alanı $25 \mu\text{T}$ (250 mG) ile $70 \mu\text{T}$ (700 mG) arasında değişmektedir. Diğer yaygın düşük frekanslı magnetik alan kaynaklarının magnetik alanı enerji iletim hatlarının ürettiği magnetik alanla kıyaslanabilir veya bundan daha büyüktür. Örneğin, havaalanlarında kullanılan magnetik tespit sistemleri tipik olarak yaklaşık 100 Hz'de $130 \mu\text{T}$ (1.3 G)'ye yakın pik magnetik alanlar üretirken, kütüphanelerde ve alışveriş merkezlerinde kullanılan magnetik tespit sistemleri ise daha büyük magnetik alanlar üretir. Kullanıcıların evlerinde saatlerce yakın temasta bulunduğu elektrikli battaniyelerde 1 ile $10 \mu\text{T}$ (10 ile 100 mG) arasında ortalama magnetik akı yoğunluğu değerleri ölçülmüşken, tipik ev aletleri $1 \mu\text{T}$ (10 G)'ye kadar akım yoğunluğu üretmektedir. Düşük frekanslı magnetik alanların olası kanserojen özelliklerine ilişkin bu kaygılar, ölçülen magnetik akı yoğunlukları $100 \mu\text{T}$ (1.0 G)'yi aşan elektrikli aletler yaygınlaştıkça daha da artacaktır (Gillette vd., 1954; Stewart vd., 1993).

Kısaca, farklı kaynakların ürettiği düşük frekanslı magnetik alan ölçümleri, açıkça göstermiştir ki enerji iletim hatlarının magnetik alanları insanların daha yaygın bir şekilde maruz kaldığı kaynakların ürettiği magnetik alanlardan çok daha azdır. Bununla birlikte, kamuoyunun kaygıları enerji iletim hatlarının bu belirgin tehdidi üzerinde ısrarcıdır. Bu nedenle, her ne kadar 60 Hz'lik magnetik alan çalışmaları ve bunların insan sağlığı üzerine etkileri karışık sonuçlar ortaya koysa da, idareler kamuoyu kaygılarını azaltmak için adımlar atmak üzere sistemlerinin ürettiği magnetik alanları azaltmaya çalışmaktadır.

1.2 Önerilen Mühendislik Çözümleri

Alan yönetimi için araştırılan sistemler (1) elektrik trafo merkezleri (2) havai enerji hatları ve (3) yeraltı enerji kablolarıdır. Her ne kadar kamuoyu trafo merkezlerinden pek etkilenmese de, bunlar iki nedenden ötürü idare yöneticileri için bir kaygı oluşturur: (1) özellikle büyük şehirlerde kamuoyunun bunları bir risk olarak görmesi (2) buralardaki çalışanlara gelebilecek riskler. İlk kaygı istasyon içinde, elektrik teçhizatı ile istasyon çevresi arasında bir tampon bölge oluşturarak giderilmektedir. istasyon içindeki kaynaklar genellikle birbirine yakın yerleştirildiği için (tevzi çubukları ve transformatörler), Biot-Savart bir magnetik noktasal

kaynak kanuna göre alanlar doğal olarak $1/p^2$ azalmaktadır. Ayrı bir prosedür de istasyona daha az sanayi görüntüsü vermek üzere estetik bir tasarım kullanmaktır. Çalışan güvenliği için, uygulanacak prosedür ise bakım için istasyonun akımını keserek maruz kalmayı asgariye indirmek veya yakın yerlerde geçirilen süreyi kısıtlamaktır. Bir diğer teknik de, mümkün olduğunca çok teçhizatı (genellikle transformatörler) ekranlamaktır.

Havai enerji hatları elektrik enerjisini bir yerden bir başka yere nakletmek üzere kullanılan en ucuz yöntemdir. Çünkü sistem göreceli olarak basittir: kuleler arasında asılı duran bir kablo seti. Ekonomik ve fiziksel nedenler havai enerji iletim hatlarındaki magnetik alanları azaltmayı zor kılmaktadır.

Halkın havai hatların magnetik alanlarına maruz kalışını azaltmak üzere sadece dört teknik bulunmuştur: (1) hat güzergâh genişliklerinin artırılması, (2) hat yoğunlaştırma, (3) faz çaprazlama ve (4) yüksek-faz düzenli sistemler. Hat güzergâh genişliği, elektrik-alan yalıtımı, hatların emniyeti ve bakımının kolayca yapılması için enerji hattının her iki yanında bulunan arazidir. Bir iletim hattının magnetik alanı hatta olan uzaklıkla ters orantılı olarak azaldığından ($1/p$), hat güzergâhını arttırmak, alanın azalması için fazladan imkân sağlar. Hat yoğunlaştırma, yani farklı hatlar arasındaki mesafenin azaltılması, elektriksel atlama sınırına kadar kullanılmaktadır. Mesafenin azaltılmasıyla bir faz hattının magnetik alanı, komşularının magnetik alanının bir bölümünü iptal edebilir. Bununla birlikte hat yoğunlaştırma, mevcut direkleri değiştirme masrafları nedeniyle mevcut sistemleri yeniden tesis etme konusunda pek pratik bir yol değildir. Yoğunlaştırmaya benzer şekilde, enerji hatlarının fazlarının yeniden ayarlanmasının da deneysel ve analitik olarak toplam magnetik alanı azalttığı görülmüştür. Benzer şekilde, faz ayarlaması da enerji hattı düzeneğinin tümünden yeniden inşa edilmesini gerektirdiğinden yeniden tesis etmelerde pratik bir yol değildir. Çok fazlı enerji iletimi (6 ve 12 fazlı) ile yapılan araştırmalar bunların mevcut trifaze sistemlerle karşılaştırıldığında daha düşük magnetik alan ortaya koyduğunu göstermiştir (Stewart vd., 1983). Bu hatlar sadece enerji hatlarının değil tüm enerji sisteminin yeniden dizayn edilmesini gerektirecektir. Yüksek gerilimli DC hatları gibi diğer teknikler düşük frekanslı magnetik alanları ortadan kaldırdığı gibi yüksek DC magnetik alanlarına neden olacaktır. Ayrıca mevcut elektrik sistemi tümünden değiştirmek gerekeceğinden bu sistemler elektrik dağıtım sistemleri için kullanışlı değildir.

Özet olarak, havai iletim ve dağıtım hatlarının magnetik alanlarını azaltmak üzere hat yoğunlaştırması ve hatların faz ayarlamasında oynama yapmak hariç olmak üzere, pek bir şey yapılamamaktadır. Bu teknikler mevcut sistemleri değiştirmek için kullanılacak ancak çok pahalı olan yeni tasarımlara daha çok uymaktadır.

Yüksek gerilim yeraltı kabloları ilk olarak 1927’de kullanılırken, kabloların etrafında çelik boru ilk defa 1932’de kullanıldı. Havai hatlar için mevcut olan tüm tekniklere ek olarak yeraltı kablolarının magnetik alanını azaltmak üzere magnetik ekranlama kullanılabilir (Gillette vd., 1954).

Magnetik ekranlamanın avantajı, mevcut enerji kablolarının magnetik alanlarını azaltmak üzere görece ucuz bir yöntem olmasıdır. Ekranlama teorisi, özellikle düşük frekanslı magnetik ekranlama bilimsel literatürde zengince temsil edilmemiştir. 1951’den günümüze doğru yapılan elektrik mühendisliği ve 1910’dan günümüze doğru yapılan fizik literatür taramasında çalışmaların büyük çoğunluğu analizlerini 1 kHz üzerindeki frekanslarla sınırladığından uygun değildir. Mevcut teknikler ya (1) iletim hattı teorisine dayanmakta ya (2) ekran ebatlarını sonsuz varsaymakta ya (3) integral denklemler kullanmakta veya (4) Sonlu Elemanlar Yöntemi veya Sınır Elemanları Yöntemi gibi numerik teknikler kullanmaktadır. Bu tekniklerin her biri düşük frekanslı magnetik ekranlamada kullanım için ya yetersizdir ya da kullanımı çok zordur. Ayrıca birçok magnetik ekranlama tekniği ya DC magnetik alanlarını kabul etmekte ve böylece indüksiyon akımlarını ihmal etmektedir veya magnetik olmayan bir ekranı kabul edip, geçirgenlik etkilerini ihmal etmektedir. Keyfi iki boyutlu yapıların düşük frekanslı magnetik ekranlamasını belirlemek üzere elektromagnetik teoride uzman olmayanların da kullanabileceği pratik bir tekniğe ihtiyaç vardır.

2. ELEKTROMAGNETİK UYUMLULUK VE GİRİŞİM KAYNAKLARI

Elektromagnetik uyumluluk (EMU), fizik prensiplerinin, kompleks elektrik ve elektronik sistemlerinin birlikte ve uyum içinde çalışmalarını sağlamak amacıyla uygulandığı çalışma alanıdır. Diğer bir deyişle elektromagnetik uyumluluk, aygıtların iletim, ışınlam ya da indüklemeye ile meydana gelen elektromagnetik girişimden kaynaklanan bozulmalardan korunmasıdır. Elektrik ve elektronik sistemlerin tatmin edici bir şekilde çalışabilmeleri için EMU'nun sağlanması gerekir. Konuyu daha iyi kavrayabilmek için tarihi gelişimine kısa bir göz atmakta yarar vardır.

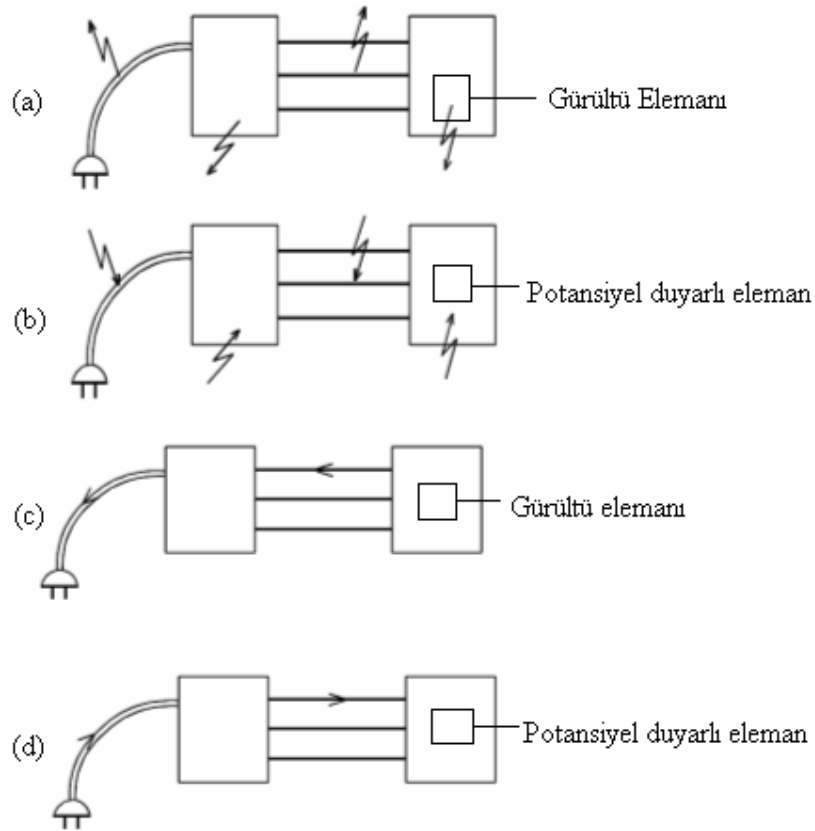
Bir elektronik sistemin bir alt elemanının, diğer bir alt elemanı ile veya diğer sistemlerle olan elektromagnetik girişim problemi, elektriksel sistemlerle çalışmaya başlanmasından beri bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuya özellikle, II. Dünya savaşındaki sonra ilgi artmıştır. Elektromagnetik uyumluluk çalışmalarının çoğu 1980'li yıllara kadar askeri donanım güvenliği üzerine yoğunlaşmıştır. Daha sonradan elektromagnetik uyumluluk çalışmaları günlük hayatta kullandığımız elektronik aygıtlarla, endüstriyel uygulamaları da içine alacak şekilde genişlemiştir. Günümüzde elektronik aygıtların yaygın bir şekilde kullanılması ve gelecekte elektronik aygıt kullanımının artacağı düşünüldüğünde elektromagnetik uyumluluk kavramının önümüzdeki yıllarda daha da önem kazanacağı açıktır.

EMU, bütün bir elektronik kontrol sistemi veya bütün bir kent gibi, inter-sistem, intra-sistem ve sistemler için düşünülmelidir. Alıcı olarak çalışan herhangi bir sistem, özel elektromagnetik bozulmaya maruz kaldığında uygun bir şekilde çalışabilmelidir. Sistem aynı zamanda bazı belirlenmiş düzeylerin üzerindeki elektromagnetik girişimlerin kaynağı olmamalıdır. Alıcı noktadaki bu düzeyler yasalarla belirlenmiştir.

Bir alt sistemin tasarımcısı kendi EMU sınırlarını bağımsız olarak belirleyemez. Tasarımcıların, bazıları öneri niteliğinde, bazıları ise yasal gereksinimlerden kaynaklanan sınırlamaları göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Bunun yanında sistemin normal çevre içerisinde ve belli bir tolerans çerçevesinde güvenli çalışabileceği koşullarda daha önceden belirlenmiş hiçbir sınırlama olmayabilir. Ürün tasarımının söz konusu olmadığı durumlarda bile, EMU kontrol teknikleri herhangi bir elektriksel sistem ve deneydeki elektriksel gürültü problemlerinin çözümünde kullanılabilirler.

2.1 Elektromagnetik Uyumluluk Problemleri

Elektromagnetik uyumluluk çalışmaları incelenirken bu konuda dört temel problem vardır. Bunlar; ısıma emisyonları, ısıma duyarlılığı, iletim emisyonları, iletim duyarlılığı problemleridir. Bilindiği gibi herhangi bir elektronik sistemde, bir veya daha çok alt sistem, kablolar aracılığı ile iletişim halindedir. Kablolar ayrıca, dalgaın geçmesi ve alt sistemlere bağlanması içinde kullanılır. Girişim işaretleri bu kablolar aracılığı ile alt sistemlere geçerler. Eğer alt sistemler metal bir muhafaza içinde iseler, iç ve dış işaretler tarafından akım endüklenmesi oluşturulur. Bu akımlarla, kabinin içine ve dışına doğru ısıma yaparlar. Genellikle maliyeti ucuz olduğu için plastik muhafaza kullanmak yaygınlaşmıştır. Bu tip kabinlerde muhafaza edilen elektronik sistemler, elektromagnetik emisyonlara, direk ısıma ve emisyonlara maruz kalırlar (Çabuk, 2005). Bu anlamda aşağıda isimleri belirtilen dört adet elektromagnetik uyumluluk (EMU) problemi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.1 Dört temel EMU problemi (a) Işıma emisyonu, (b) Işıma duyalılığı, (c) İletim emisyonları, (d) İletim duyarlılığı (Çabuk, 2005)

Elektromagnetik emisyonlar, alternatif akım güç bağlantılarındaki alt sistemi çevreleyen metal kabinlerde, alt sistem bağlantılarında veya metal olmayan kabin içerisindeki elektronik kabinlerde oluşur (Şekil 2.1.a). AA enerji kablolarında sadece 50 Hz’lik işaret mevcut olmayıp, daha yüksek frekanslı işaretlerde olabilir. 1 metre veya daha uzun AA kablolarında yüksek frekanslı akımlar oluşabilir ve bu durumdaki kablo, tıpkı anten gibi, etkin bir şekilde ışıma yapabilir, veya yakınındaki elektronik sistemden ışıma alabilir (Şekil 2.1.b). Bu kablolarda endüklenen işaretler, bağlantıların olduğu alt sistemlere geçebilir ve bu yüzden, devrelerde girişim oluşabilir. Şekil 2.1.c ve şekil 2.1.d’de görüldüğü gibi, elektromagnetik enerji sadece havadan yayılmayıp, doğrudan iletkenlerde de oluşabilir. Bu bağlanma yolu genellikle havaya göre daha etkindir. Elektronik sistem tasarımcıları, bu istenmeyen enerji geçişine karşı filtre kullanırlar.

Şekil 2.1’de gösterilen durumların dışında da girişim problemleri vardır. Örneğin AA enerji kablolarından dışarı doğru iletilen akımların, enerji dağıtım şebekesi üzerinden akması durumunda, birbirine bağlı iletkenlerden oluşan iletim şebekesi bu işaretleri yoğun bir şekilde ışıyabilir. Buna iletilen emisyonun ışıma emisyonu iletilmesi denir. İletim emisyonlarına bir örnek; DA motoru ile çalışan bir blender veya benzeri bir ev içi aletin çalışması esnasında televizyonda ortaya çıkan girişim gösterilebilir. DA motorunun fırçalarındaki arklardan oluşan gürültü, blenderin AA kablosundan geçerek, evin enerji sistemine gelir ve ışıma yapar. Bu ışıma da televizyon tarafından girişim olarak alınır. AA kabloları üzerine getirilen sınırlandırmalar ile enerji dağıtım sistemlerinin ışıma emisyonlarının azaltılması amaçlanır.

Bazı durumlarda elektromagnetik girişim düzeyi, girişimden etkilenen aletin, elektromagnetik girişim kaynağından belli uzaklıkta ve aletin minimum ısıtım alacak şekilde yerleştirilmesiyle başarılabılır. Fakat bu durum sadece iletim yoluyla girişim için geçerlidir. Havada yayılan girişim için bunun yararı olmaz.

Pratikte karşılaşılan EMU problemlerinin çeşitleri hakkında bir fikir verebilmek için, yakın geçmişte ortaya çıkan önemli birkaç olayı açıklamak gerekir.

Uluslararası bir jetonlu telefon üreticisi, dünyanın bir bölgesinde başarıyla telefon üretip satmaktayken, yeni bir pazar plan Amerika’ya girildiğinde aynı başarıyı sağlayamamıştır. Bunun nedeni, bazı noktalara yerleştirilen telefonların (örneğin gökdelenlerin tepesine) yakın çevredeki iletişim sistemlerinin mikrodalga yayımlarından etkilenerek bozulmaya uğramalarıdır. Bu olayda telefonlar beklenildiği gibi çalışmamıştır. Çünkü aygıtlar daha önceden denenmedikleri elektromagnetik bir ortamın içine konulmuşlardır.

Bir kaç yıl önce yeni geliştirilmiş ve çelik işlerinde kullanılan radyo kontrollü bir vinç, beklenmedik bir anda, bir kepçe dolusu erimiş çeliği işçilerin üzerine dökmüş ve birini öldürüp diğerlerini yaralamıştır. Soruşturma sonucunda ortaya, yeni, radyo linkinin bazı durumlarda orijinal açma - kapama düğmesinin kontrolü ile karıştığı ve kazaya bu durumun yol açtığı çıkmıştır. Bu durumlar geçici olarak kurulan bir inşaat iskelesinin bazı noktalarda radyo işaretleri üzerine yaptığı bozucu etkinin sonucudur. Bu, kompleks sistemlerin kısmen değiştiği ve elektromagnetik çevrenin parazitlere maruz kaldığı durumlara bir örnektir.

Üçüncü bir örneğe otomotiv elektroniği alanındadır. Modern gösterge sistemleri, yüksek frekans lojisi Fourier analizi (göz önüne alınan periyodik dalgalarda kabul edilebilir genlikte 10. harmonikten daha büyük bileşenlerin bulunduğunu göstermiştir) kullanırlar. Bu tür sistemler, arabaların radyo ve iletişim sistemleriyle parazit yapabilmektedirler. Anten konumu, arabanın iç dış elektromagnetik tasarımı ve göstergelerin parazit çıkışlarının saptanması problem doğuracağından, izin verilen yayılımın dikkatli bir şekilde sınıflandırılması zordur. Genelde yayılım özellikleri minimuma indirgenmemiş değişik arabalar için, tek bir gösterge üretmek zordur, incelemelere devam edilirse, bir çok alanda EMU problemleri ile karşılaşmak mümkündür. Bu nedenle, problemlerin boyutları hakkında bir fikir vermek üzere, aşağıdaki başlıklar günümüzde önem kazanmışlardır.

2.1.1 Askeri Sistemler

Buradaki problem EM-koruma için karşı önlemler içerir. Amaçlanan gelişme, mikrodalga silahlar ve ekranlama teknolojileri kullanımına geçilmesidir. Savaş koşullarında radar ve iletişim sistemleri de ayrıca önemlidir.

2.1.2 Elektrostatik Boşalmalar

Mikroçiplerin satış ve işletme sırasındaki tahribatları söz konusudur. Bunun yanında uçaklardaki ve otomobillerdeki elektrostatik boşalmalar ayrıca incelenmesi gereken Önemli bir konudur.

2.1.3 Besleme İşaretleri

Radyo frekanslı işaretlerin vericileri için kullanılan besleme kaynakları, parazit problemlerinde artışa neden olmuştur (3-8.5 kHz ve 40-150 kHz aralığındaki işaretlerdir).

2.1.4 Besleme Kaynağının Bozunumu

Bu, bir çok nedenden kaynaklanabilir.

2.1.5 Spektrumun Yararlı Bir Şekilde Kullanımı

Yasal ve yasal olmayan radyo frekansı kullanıcılarının, sınırlı olan RF spektrumunun kullanımında yol açtığı artışlar, birçok radyo frekans paraziti problemini de beraberinde getirmektedir.

2.1.6 Tutuşma ve Patlama Tehlikeleri

Radyo istasyonlarındaki yayılım yanıcı buharların bulunduğu petro-kimyasal ve benzer endüstriyel tesislerdeki (örneğin uçak yakıt ikmali) potansiyel tehlikeyi arttırmaktadır. Gelecekteki olası tehlike; halk bandı telsizlerinin özelliklerinin, yasal olarak izin verilen maksimum verici gücünü aştığı durumlarda, patlama operasyonlarında elektrikli patlatıcıların petrol istasyonları ve kuyular çevresinde kullanımınıdır.

2.1.7 Elektrik Sistemlerinin Arızası

Elektrik ve elektronik sistemlerinin çeşitli nedenlerden Ötürü oluşan elektromagnetik parazitler sonucu ortaya çıkan hatalı çalışmalarıdır.

2.1.8 Veri Güvenliği

Modern bilgisayar sistemleri, EM dalga yayan ve yerleştirildikleri noktadan bir miktar uzakla anlaşılabilen yüksek frekans harmonikli hızlı lojikle de çalışırlar. Bu yayılım, güvenli kabul edilen sistemler için de bir tehdit oluşturur. Örnek olarak, özellikle korunmamış olan video devrelerinin, video uzaktan kumanda aygıtı ile üretilen dalgayı toplayıp, bunu, neyin gösterildiğini görmek için başka bir terminale bağlamak zor değildir (Pancar, 1999).

2.2 Elektromagnetik Uyumluluğun Biçimsel Tanımı

Elektromagnetik uyumluluk problemini tartışmak için, bazı terim kısaltmalarının bilinmesinde fayda vardır. Girişim sözcüğü sistemde zayıflamaya neden olan ses, istenmeyen işaret gibi olayları tanımlamak için kullanılır. Bu olay; aygıt, alet ya da sistemin performansında, elektromagnetik bozukluk sonucu azalma oluşturabilir. Bu alanda kullanılan bazı temel kavramlar şunlardır.

Elektromagnetik uyumluluk; bir aygıtın, bir malzemenin veya sistemin elektromagnetik ortam içerisinde herhangi bir elektromagnetik bozunuma meydan vermeden, fonksiyonlarını tatmin edici bir şekilde yerine getirebilme yeteneği olarak tanımlanır.

Elektromagnetik bozulma; bir aygıt, alet ya da sistemin performansını azaltan elektromagnetik bir olaydır. Bir elektromagnetik bozukluk, elektromagnetik gürültü, istenmeyen işaret veya ortamda yayılmasındaki bir değişiklikten kaynaklanır.

Elektromagnetik ışıma ise; enerjinin, asıl kaynak kapatılsa bile, elektromagnetik dalga olarak uzayda yayılmasıdır.

Elektromagnetik duyarlılık; bir aygıt, bir malzeme veya sistemin elektromagnetik bozucu etkiler karşısında hatasız çalışmasıdır.

Elektromagnetik uyumluluk düzeyi ise; belirli durumlar altında çalışan bir aygıt veya sistemin çalışmasını etkileyecek maksimum elektromagnetik bozulma düzeyidir.

Elektromagnetik uyumluluk sınırı, bir aygıt veya sistemin bağışıklık düzeyinin, referans bozulma düzeyine oranıdır. Dikkat edilmesi gereken nokta, sözü edilen olasılığın belirlenmesinin zor bir kavram olduğudur. Bu olasılık, verilen bir sistem için, temel prensiplerden yararlanarak, örneğin devre diyagramlarından başlayarak, gerçekçi bir şekilde hesaplanamamasıdır. Bunun yerine, sistemin örneklerinin istatistiksel davranışları ve ölçümlerden elde edilen bozulma emisyon ve bağışıklık düzeylerinin incelenmesiyle hesaplanır.

2.3 Girişim Problemlerinin çözümünde Genel Yöntemler

Elektromagnetik uyumluluk (EMU) teknikleri, iki genel şekilde kullanılabilir. Birincisi, elektriksel bozunumlardan kaynaklanan problemlerin çözümü esnasında kullanım veya daha verimli bir şekilde tasarım aşamasında yaygın görülen gürültü kaynaklarının bilinmesidir.

En basit düzeyde, bir sistemin diğer bir sistem üzerindeki elektriksel girişimini etkisiz bırakabilmek için, beş ana yöntem vardır (Şeker, Çerezci, 1994).

1. Duyarlı devreyi ve alıcıyı kaynaktan olabildiğince uzağa yerleştirmek. Bu yöntem, kuplaj, eğer elektromagnetik dalgalarla yapılıyorsa, yararlı olur. Ama kuplaj yolu iletkense hiçbir yarar sağlamaz.
2. Bazı kuplaj alanları polarize olmuşlardır. Bu yüzden alıcının kaynağa göre uygun uyarlamaları ile bu etki minimuma indirilir. Bu tür teknikler sadece sabit alıcı ve vericiler için kullanılabilir.
3. Alıcı ve/veya çevresine engel ve ya ekran koymak. Bu teknik kullanıldığı zaman, ekranı delip geçen herhangi bir iletkenin düzeltilmesi birinci dereceden önem kazanır.
4. Uygun bir tasarım ile kaynağın daha az gürültülü hale getirilmesi.
5. Uygun bir tasarım ile alıcının elektriksel girişimlere karşı daha az duyarlı hale getirilmesi.

2.4 Elektromagnetik Girişim Kaynakları

Herhangi bir elektronik cihazın imalatı sırasında, bu birimi oluşturan devrelerin ve elemanların civardaki elektrik ve magnetik alanlara karşı korunmasını sağlamak için çeşitli önlemler almak gerekmektedir. Daimi mıknatıslar, transformatörler, telefon hatları, filtreler elektromagnetik alanların kaynağı olabilirler. Bu durumlarda imal edilen aygıtın, girişim etkisinden yalıtılarak ekranlanması gerekir. Aksi taktirde, örneğin magnetik şerit üzerindeki bilgiler, kuvvetli elektromagnetik alanların etkisi sonucu hasar görebilir ya da tamamen yok olabilir.

Bobin ve transformatörler, güçlü mıknatısların yanına monte edildiklerinde performansları bozulabilir. Örneğin, rezonans devresinin frekansı kayabilir. Özellikle vakum tüpleri, elektron yolu uzun olduğundan, girişim etkisine karşı çok duyarlıdırlar. Benzer problemler, mikrodalga aygıtlarında ve devrelerinde de vardır. Ölçme yapan herhangi bir kimsenin, elde ettiği ölçünün kesin olarak doğru olduğundan emin olması imkânsızdır. Bu nedenle, mikrodalga ölçümlerinde, mikrodalga ekranlarının tasarımı edilmesi gereklidir. Böyle bir ekranlama, ekran içindeki elektromagnetik enerjinin dışarı kaçmasını engellediği gibi aynı zamanda dışardan içeriye enerji girişini de engeller. Bir aygıtın tasarımında, ideal olarak, istenilmeyen enerjiyi yayınlamaması ve arzu edilmeyen herhangi bir enerjiye karşı da, duyarlı olmaması istenir. Bunun başarılması aygıtın ekranlanması ile sağlanabilir ki böylelikle, ister dışarıdan içeriye, isterse de içeriden dışarıya yönelmiş olan elektromagnetik enerjinin efektif olarak zayıflaması sağlanır.

Diğer girişim kaynakları arasında dünyanın magnetik alanı da gösterilebilir. Yapılarda kullanılan çelikler ve ferromagnetik özellikli malzemeler, istenmeyen magnetik özellikli ortamın oluşmasına katkıda bulunurlar. Modem yapı tekniğinde, tavanların alçak tutulması ve binanın dayanıklı olması için çelik çubukların kullanılması magnetik problemlerin artmasına neden olmuştur.

Diğer taraftan, aydınlatma ve enerji iletim hatları, yeraltı iletim kabloları, kiloamperler mertebesinde akıma ve megavoltlar mertebesinde gerilime sahiptirler. Eğer bir elektronik devre alternatif akım gücüyle çalışmak durumundaysa, uzun yeraltı veya hava hatları ile birbirine bağlanmalıdır. Kablolar ile küçük işaret elektronik aygıtları arasına konacak ekranın, geçiş darbelerini 100 dB'den daha fazla azaltacak özellikte olması gerekir.

2.4.1 Elektromagnetik Girişim Kaynaklarının Sınıflandırılması

Çok sayıda elektromagnetik girişim kaynağı çevreyi kirletmektedir. Uygulamalarda bu elektromagnetik kaynakların küçük bir bölümü ön plana çıkmasına rağmen tüm elektromagnetik girişim kaynaklarının gözden geçirilmesi, bir elektromagnetik tehdit altında doğru soruların sorulmasına imkan verecektir. Elektromagnetik girişim kaynaklarının teşhis edilmesinde bir takım güçlüklerle karşılaşılacaktır. Çünkü her uygulama kendine has özellikler içermektedir. Çoğu uygulama için benzer elektromagnetik tehditler söz konusu olmasına rağmen baskın tasarım ve işlemsel faktörler her uygulamada farklılıklar gösterir. Elektromagnetik girişim kaynaklarının geniş başlıklar altında toplanması elektromagnetik girişim incelemelerinde bize kolaylıklar sağlayacaktır. Elbette ki sınıflandırmada kullanılan kriterler sonucu etkileyecektir.

Elektromagnetik girişim kaynakları kaynağın sürekli ya da geçici olup olmamasına göre sınıflandırılabilirler. Girişim kaynağı olarak geçici girişim kaynağının kabul edildiği bazı uygulamalarda sürekli girişim de uygulama için tehlikeli olabilmektedir.

Ayrıca kaynaklar doğada istenilerek veya istenilmeden meydana gelmeleri şeklinde de sınıflandırılabilir. İstenilerek meydana getirilen kaynağa, radyo yayım yapan radyo verici si örnek gösterilebilirken; bilgisayardan bilgisayara sayısal işaret hattından yayılan girişim, istenilmeden meydana gelen girişim kaynağı olarak gösterilebilir.

Girişim, diğer taraftan band genişliğine bağlı olarak geniş band girişim, dar band girişim olarak da sınıflandırılabilir.

Girişim kaynağı dâhili ya da harici olabilir. Enerji sistemlerinde açma-kapama işlemi ile meydana gelen girişim dâhili girişim kaynağı olmasına karşın yıldırım, sistemi dışarıdan etkileyen harici bir kaynaktır.

Elektromagnetik girişim kaynaklarının sınıflandırılmasında, daha birçok ölçütten yararlanılabilir. Fakat biz burada girişimi iki genel başlık altında toplayacağız. Birincisi, doğal olaylardan kaynaklanan girişim, ikincisi de insan etkinliklerinden kaynaklanan girişimdir (Christopolus, 1995).

2.4.2 Doğal Elektromagnetik Girişim Kaynakları

Doğal kaynaklar; alçak frekanslı, yıldırım ve yüksek frekanslı elektromagnetik girişim kaynakları olmak üzere üç grupta sınıflandırılmaktadır.

2.4.2.1 Alçak Frekanslı Elektrik ve Magnetik Alanlar

İlk bakışta alçak frekanslı elektromagnetik alanların elektromagnetik uyumluluk çalışmalarında önemli bir yer kaplamadığı görüşü ortaya çıkabilir. Şüphesiz ki, bu tip alanlar ile ilgili çalışmalar bazı özel tip aygıtların dışında oldukça azdır. Bununla birlikte alçak frekanslı alanların önemli etkilerinin olabileceği durumlar vardır. Yer mıknatıslanma alanının magnetik alan şiddeti yaklaşık olarak 30 A/m şiddetindedir. Güneş hareketleri ile ilişkili olduğuna inanılan bu alanın saat periyotları bazında değişimleri magnetik fırtına olarak tanımlanır. Magnetik fırtına olarak tanımlanan bu alandaki değişimler, bu alanla ilişkili elektrik alanı üretirler. Alanların mühendislik açısından ihmal edilebilecek düzeyde olmalarına karşın bu alanlar büyük ağ sistemlerinde istenmeyen önemli etkiler meydana getirebilirler. Magnetik alanların değişimi, dünya yüzeyinde potansiyel farklılıkların (10 kV/km) endüklenmesine neden olabilir ki; bu topraklanmış transformatörlerin nötüründe akım (100 A mertebesinde) akmasına sebebiyet verir. Bu akım, akım transformatörlerinin doymasına neden olabilir. Böylece koruma sistemi düzenlemelerinde birçok sorunlar meydana gelir (Kappeenman, 1990).

2.4.2.2 Yıldırım

Yıldırım tüm elektromagnetik olaylar içerisinde en güçlü olanıdır. Yıldırım boşalması esnasında yer ve yıldırım bulutları arasındaki potansiyel farkı 100 MV'lar, yük değişimi 20 C'lar mertebesinde. Elektrik fırtınaları esnasında, 10^{10} joule mertebesindeki enerjiler söz konusudur. Yıldırımın basit fiziksel açıklaması şu şekilde yapılabilir. Karmaşık işlemler sonucu, yıldırım bulutlarında yük ayrımı meydana gelir. Böylece büyük miktarda negatif elektriksel yük bulutun alt tarafında yoğunlaşır. Alan yükselmesi ve iyonizasyon, bir kanal oluşumuna yol açar ve basamaklar halinde yere doğru ilerler. Bu kanal yere doğru yaklaşırken yerden buluta doğru pozitif bir boşalmanın başlamasına neden olur. Buluttan ve yerden ilerleyen kanallar birleştiğinde içinden oldukça yüksek bir akım geçiren yüksek iletkenli iyonize olmuş bir kanal oluşur (ana boşalma). Ana boşalma akımları oldukça yüksek olabilir. Tüm yıldırımların yaklaşık % 10'nunda 40 kA'den büyük, % 1'inde 100 kA'den büyük boşalma akımı gözlenir. Akım darbeleri 1 μ s yükselme, 50 μ s sönme süresine sahiptir.

Yıldırım etkilerini iki gruba ayırmak mümkündür. Birincisi, yıldırımın bina ya da uçak gibi yapılara doğrudan teması ile oluşan doğrudan etkilerdir. Bu etki, yapıda mekanik hasarlara, yangınlara ya da patlamalara yol açabilir. İkincisi, yıldırımın olayı esnasında hızlı akım değişimlerinden indüklenmiş girişim işaretlerinin, yakındaki devre ve yapılarda oluşturduğu etkilerdir. Bu etkiler, dolaylı etkiler olarak bilinir. İkincisi yani dolaylı etki olarak

tanımladığımız etkiler elektromagnetik uyumluluk çalışmaları içerisine girmektedir. Uçan sistemlere yıldırım etkisi özel bir çalışma alanıdır. Yapılmış ölçümler, uçaklar üzerinde 600 A/m, 50 kV/m civarında alan şiddetlerinin ve 150 kA/μs mertebesinde akım yükselme oranının meydana geldiğini göstermektedir (Uman, 1992).

2.4.2.3 Yüksek Frekanslı Elektromagnetik Dalgalar

Ortalama 30 MHz'in altındaki yüksek frekans alanları genel olarak statik veya sferik alanlar olarak ifade edilir. Geniş mevsimsel ve bölgesel değişimler söz konusudur. Genellikle, gece ve ekvatora yakın yerlerde yüksek olmakla birlikte frekansın artmasıyla bu alan şiddeti düşme eğilimi gösterir. 30 MHz'den yüksek frekanslar kozmik kökenlidir. Dünyanın magnetosfer, iyonosfer ve atmosfer yapısı, dünya dışından kaynaklanan Elektromagnetik alanları kısmi olarak ekranla maktadır. Dışarıdan yer yüzeyine elektromagnetik alan girişi sadece optik frekanslarda (kızıl ötesi frekanslarda) ve 10 MHz ila 37 GHz arasındaki radyo frekanslarında mümkün olmaktadır. Elektromagnetik uyumluluk çalışma alanına giren radyo frekans geçiş bandı, iyonosfer ekranlama özellikleri ve gelen alanın su molekülleriyle zayıflatılmasıyla belirlenir. Kozmik radyasyon kaynağı güneş ve galaksilerdir. Her galaksi büyük termal parçacıklarla 10 MHz ila 10 GHz arasında yaklaşık 10^{35} W gücünde ve aynı zamanda bazı özel frekanslarda (hidrojen 1.428 GHz frekansta) yayını yapar.

2.4.3 İnsan Yapımı Elektromagnetik Girişim Kaynakları

İnsan yapımı mühendislik aygıtları, elektromagnetik çevre açısından önemli bir yer tutmaktadırlar. Belki de bu, elektromagnetik kirlilik şekli olarak da düşünülebilir. Elektromagnetik girişim kontrolüne ve elektromagnetik girişimin azaltılması çalışmalarına çok büyük ilginin gösterilmesine ihtiyaç vardır.

Radyo vericileri; insan yapımı ışınlım şeklidir. Bu mobil ve sabit vericiler, radarlar, bilgisayardan bilgisayara iletişim, sayı, güç ve bölgesel dağılım bakımından devamlı olarak artmaktadır. Uluslararası düzenleme komiteleri, farklı tipteki uygulamalar için sabit frekans kanalları tahsis etmektedir. Şehir çevresindeki yayın vericilerinden kaynaklanan elektrik alan şiddeti 200 mV'un üzerine nadir olarak çıkar. Bununla birlikte, güçlü verici yakınında alan şiddetinin 10 V/m'lar mertebesinde olduğu görülebilmektedir. 250 kW gücündeki vericiler ile 100 m uzaklıkta, 4 MHz'de, 8 V/m'luk alan şiddetleri; 26 MHz'de, 272 V/m şiddetinde alanlar oluşur. Bu yayınımaların darband'da olmalarına rağmen taşıyıcı frekans harmoniklerinde girişim gözlenir. Aynı zamanda vericideki çeşitli aşamalardan kaynaklanan genişband gürültü kirliliği meydana gelebilir. Bir vericinin iyi tasarlanmış bir verici statüsünü elde edebilmesi için harmoniklerinin ve gürültüsünün, temel frekans gücünün (70 dB) oldukça

altında olması gerekmektedir.

Elektrikle Isı Elde Etme Uygulamaları; oldukça yüksek iletkenliğe sahip numunelerde, ısıtma, endükleme akımından meydana gelir (endüklemeyele ısıtma). Oysa, yalıtkan malzemelerde ısınma dielektrik kayıplardan kaynaklanmaktadır (dielektrik ısıtma). Endüksiyonla ısıtma için kullanılan frekanslar 1-100 kHz ve 1 MHz'dir. Bunun yanında, dielektrik ısıtma için çalışma frekansları 13,560 MHz; 27,12 MHz, 40,68 MHz, 433 MHz, 915 MHz, 2,45 MHz ve 5.8 GHz'dir. Böyle ısıtıcılardan 30 m uzaklıkta yapılan ölçümlerde, elektrik alan değeri normalde 100 dB μ V/m değerindedir. Ev içi mikrodalga fırınlarının çalışma frekanslarındaki harmonikleri uydu yayın frekanslarında girişim meydana getirirler.

Sayısal işaret işleme ve iletim yöntemleri, bilgileri iletmek için hızlı darbelerden yararlanırlar. İşaret işleme, depolama, giriş, ve çıkış.; sürekli olarak elektronik bir saat ile senkronize bir şekilde meydana gelir. Daha yüksek işleme hızları ve daha hızlı - ilgi iletimi için daha yüksek saat hızı ve bundan dolayı daha kısa geçiş zamanı düşüş ve yükselme zamanları) gerektirir. Hızlı geçiş zamanları, çalışma açısından bakıldığında istenildiği halde hızlı geçiş zamanları elektromagnetik uyumluluk açısından bakıldığında istenmeyen bir durumdur. Çünkü hızlı geçiş zamanları yüksek dereceli harmoniklere katkıda bulunurlar. Temel frekansın 20 katı ya da daha yüksek frekanslarda önemli miktarda güç bulunmaktadır.

Enerji üretimi ve iletimi; elektromagnetik girişim kaynağı olduğu gibi aynı zamanda elektromagnetik girişimden de etkilenmektedir. Yüksek kaliteli kaynaklar kullanılmasına rağmen, yine de tüm işaret aralıkları ve parazitleri, geniş veya kısmi olarak şebekelerde yer almaktadır. Şebekelerde enerji kalitesi, elektromagnetik uyumluluk çalışmaları içerisinde.

Gerilim dalgalanmaları; yüklerin devreye girmesi ve devreden çıkması sonucunda oluşan gerilimdeki küçük değişimler, dalgalanma ya da fliker (titreşme) olarak ifade edilir. Bu dalgalanmalar akkor telli lambalarda kendini parlaklığın azalıp artmasıyla gösterir. Gerilim dalgalanmalarının belli düzeyleri geçmemesi gerekmektedir. Örneğin, dakikada bir kereden fazla olmamak kaydıyla gerilim dalgalanması % 27 olabilir. Bunun yanında, dakikada 10 kez meydana gelen dalgalanmalarda bu oran % 1.3'den fazla olmamalıdır.

Gerilim düşümleri; besleme gerilimindeki ani azalmaların (% 10'dan fazla) 300 ms gibi bir sürede tekrar yerine oturtulması şebeke ağlarında sıkça rastlanılan bir olaydır. Araştırmalar bu gerilim düşümlerinin ve ara sıra oluşan kesilmelerin nedenlerinin yüksek ve orta gerilim şebekelerinde meydana geldiğini göstermiştir. Şehir çevresinde ikamet eden tüketicilerde ayda anma geriliminin % 10'dan fazla yaklaşık olarak dört tane gerilim düşümünün meydana

geldiği tahmin edilir. Gerilim düşümleri, büyük yüklerin açıp kapatılması ve endüksiyon motorunun kullanımındaki yanlışlıklardan meydana gelmektedir. Gerilim düşümleri ve kesilmeler veri işleme aygıtlarında problemlere sebebiyet vermekle birlikte motorların ve otomasyon işlemlerinin doğru zamanlanması ve tekrar başlatılması gereksinimini ortaya çıkarmaktadır.

Dengesizlik; büyük tek-faz yüklerin varlığı ve her fazın eşit olmayan şekilde yüklenmesi gerilimde ve fazda dengesizliğe neden olmaktadır. Bazı motorlar, dengesiz bir kaynaktan beslendiği zaman ısınabilir. Pratikte bu dengesizlik % 2'nin altında tutulmalıdır.

Enerji şebekesinin öncelikli görevi gücün tüketiciye iletilmesini sağlamaktır. Bununla birlikte kontrol (kamuya ait yerlerin aydınlatılması), yük yönetimi ve tarife tespitinde güç şebekesinin kullanılması mümkündür. Güç şebekelerinde işaret iletimi, yüksek frekanslarda meydana gelir. Fakat elektrik şebekesi, işaret iletimi için tasarım edilmemiştir. Bu yüzden, gelecekte muhtemelen elektrik şebekelerinde işaret iletimi artacağından elektromagnetik uyumluluk gereksinimi olacaktır.

Alçak frekanslı yayınan girişimlerde; elektrik hatları ve ev aygıtlarının kullanımından dolayı meydana gelen başboş elektrik ve magnetik alanlar çeşitli ülkelerde çeşitli sınırlamalara maruzdur. Şebeke frekansında, endüstriyel çevrede ve güç hatlarına yakın yerlerde 30 kV/m'den büyük olmayan, yine aynı şekilde ev aygıtlarının kullanıldığı mekânların yakınında 0,3 kV/m'lik elektrik alan olması beklenilebilir. Magnetik alanlar, nadiren endüstriyel çevrelerde 1mT'den büyük, ev aygıtları yakınında ve kablolarda 100 µT civarındadır.

Yüksek frekanslı iletilen girişimlerde; alçak gerilim şebekelerinde ani gerilim yükselmeleri, hatların çeşitliliği, açma-kapama işlemleri, elektrik şebekesine yıldırım düşmesi sonucunda ev tüketicisi düzeyinde günde 10 kez 200V'u aşan ani gerilim yükselmeleri meydana gelmektedir. Bu ani gerilim yükselmelerinin genlikleri ve meydana geliş sıklıkları üzerine birçok çalışmalar yapılmıştır.

Yüksek frekanslı iletilen girişimlerde; yüksek gerilim tesislerinde yürüyen dalgalar, yüksek gerilim tesisleri güçlü elektromagnetik çevrenin olduğu yerlerdir. Elektromagnetik uyumluluk açısından bakıldığında çoğu problem açma-kapama işlemi esnasında ortaya çıkmaktadır. SF₆'nın gaz yalıtım ortamı olarak kullanıldığı gaz yalıtımlı istasyonlarda, daha hızlı anahtarlama, 10 ila 20ns mertebesindeki yükselme zamanı ve 40 MV/µs yükselme hızı üretilmesi ile sonuçlanan dik cepheli geçici gerilimler ile elde edilebilir. Bu dalgalar yalıtım problemlerinin yanında istenmeyen elektromagnetik girişime de neden olabilir. Yüksek

frekansla yayınan girişimlerde; açma-kapama işlemi esnasında istasyonlar yakınında önemli büyüklükte yayılım alanları ölçülmektedir. Örneğin, bu istasyonlar civarında 200 MHz'den yüksek frekans bileşenli 70 kV/m büyüklüğünde elektrik alanları gözlenmektedir.

Birçok girişim, devrelerin sabit durumunda çalışmasından kaynaklandığı halde çoğu ciddi elektromagnetik girişim durumları; dışarıdan sisteme girmeye çalışan elektromagnetik alanlardan ya da sistemin normal çalışma fonksiyonlarından kaynaklanan ya da anormal durumlara karşı cevap şeklinde ortaya çıkan geçici olaylardan kaynaklanmaktadır.

Şimdi daha detaylı olarak: pratikte kullanılan bir elektromekanik anahtarın akım kesilmesinden sonra nasıl davranacağını inceleyelim. Kontakların ayrılmasını takiben anahtar üzerindeki akım iki kısımdan oluşur. Birincisi, güç kaynağından kaynaklanan I_1 bileşenidir. Bu devrenin normal çalışma sırasındaki akım bileşenidir. İkincisi, yüksek frekans bileşeni I_2 'dir. Bu akım enerji depolama elemanında tutulan enerjinin tekrar dağıtılmasından kaynaklanır ve doğada salınır. Kaynak frekansı ile karşılaştırıldığında bu bileşen oldukça yüksektir.

Büyük yapılar büyük oranda elektriksel bakımdan yüksüzdür. Bununla birlikte yük ayrımı ve yükleme; en azından tekinin yalıtkan olduğu iki yapının birbiriyle temasta olup daha sonra ayrılmasıyla meydana gelmektedir. Bu "tribo" etki olarak bilinir ve en eski bilinen elektriklenme olayıdır. Kontak sırasında bazı malzemeler elektron alma eğilimi gösterirken bazı malzemelerde elektron verme eğilimi gösterirler. Elektron almaya meyilli olanlar negatif olarak yüklenmeye, elektron verme eğiliminde olanlar pozitif yüklenmeye meyillidir. Yükleme endüklemeyle olabilir ki bununla, yüklenmiş yapı A, nötr yapı B'de yük ayrımına neden olur. B'nin geçici olarak topraklanması yükünün bir kısmının kaçmasına neden olur. Böylece arta kalan B yüklüdür. En çok rastlanan problem, düşük elektrik iletkenli yüzey (halı) üzerinde insanların yüklenmesine neden olduğu problemdir. İnsan vücudunun 10 kV'lar mertebesinde potansiyele yüklenebileceği bilinmektedir. Triboelektrik etkiden dolayı ayaklar negatif yük kaybederler. Endükleme ile vücut içerisinde yük ayrımı olur. Vücudun alt kısımları pozitif, üst kısımları negatif olarak yüklenir. Diğer bir cisme yaklaşırken, belki de ESD (elektrostatik boşalma) ile sonuçlanabilecek bir elektrik alan oluşur. Alçak: gerilim ve daha hızlı yaklaşımlarla boşalmanın daha kısa yükselme zamanına sahip olduğu bilinmektedir.

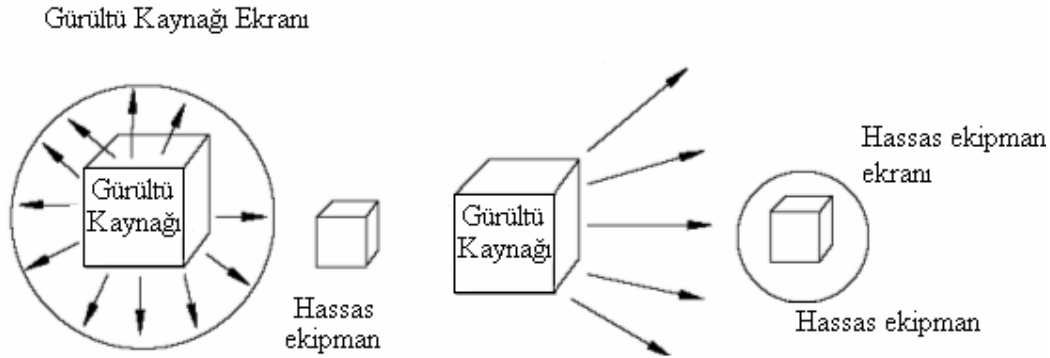
Yüksek güçlü elektromagnetik darbe (NEMP) nükleer patlamanın ardından ortaya çıkar. Nükleer patlamanın ardından çok sayıda foton üretilir ve bu fotonlar uzay boyunca yayılırlar. Bu fotonlar, çevresindeki malzemelerle karşılıklı etkileşerek yüksek enerji elektronları

üretirler (Compton Etkisi). Kompton elektronları yüksek hızda hareket ederler ve bunlar yoğun elektromagnetik alanları üreten kaynak akımlarıdır. Bu elektronlar daha fazla elektron üreterek ortamın iletkenliğini artırırlar. NEMP'in zaman ve uzaya ait açılımı bu yüzden oldukça karışıktır ve yüksek enerjili parçacıkların malzemelerle karşılıklı etkileşimini gerektirir. Diğer etkiler, örneğin, nötronların karşılıklı etkileşimi ve yüklenmiş parçacıkların yörüngelerinin yerin magnetik alanından kaynaklanan bozulmaları zaten var olan karışıklığa ek karışıklık olarak: katılmaktadır. NEMP üç kısma ayrılabilir. Birincisi, yüksek irtifadaki patlamalar (>100 km) ki bu patlamalar yüksek irtifa EMP olarak bilinir. İkincisi, yere yakın patlamalardır ve üçüncüsü de sistem - üretimli EMP olarak adlandırılır. Yüzey EMP yere yakın patlamaları ifade etmektedir ve elektromagnetikle ilgili etkileri çok daha sınırlı bir bölgeyi kapsar.

3. EKLANLAMA VE EKLANLAMA FAKTÖRÜNÜN HESAPLANMASI

Gelişen teknolojilerle birlikte günlük yaşantıda kullanılan elektrikli cihazların sayısı artmakta ve buna bağlı olarak da şebekeden çekilen gücün miktarı sürekli olarak artış göstermektedir. Şebekeden çekilen gücün artması, bu gücü taşıyan kablo ve baraların etrafında meydana gelen magnetik alan seviyelerinin de büyümesine neden olmaktadır. Alan seviyesinin genellikle 5-10 mG'u geçmesi durumunda monitörlerde parazit ve titreme gibi etkiler meydana gelmektedir (Moreno, 1997). Alçak frekanslarda elektrik ve magnetik alanlara maruz kalanların, olası sağlık sorunları yaşayabilecekleri ile ilgili görüşler bulunmaktadır. Elektron mikroskobu gibi hassas cihazların kullanımında da problemler oluşabilmektedir. Özellikle hastanelerin ameliyathane ve yoğun bakım ünitelerinin bulunduğu ortamda bu durum büyük önem taşımaktadır (Hasselgren, 1994).

Ekranlama, ya gürültü kaynağını ya da alınan (hassas) cihazı ortamdan yalıtımak olarak tariflenebilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Gürültü kaynağını ya da alınan (hassas) cihazı ortamdan yalıtılması.

Başlıca magnetik alan kaynakları olarak, enerji iletim ve dağıtım hatları, şalt sahaları, bölgesel trafo merkezleri, sanayi, ofis ve hastane binaları trafo merkezleri, vb. sayılabilir. Alçak gerilimde yüksek akımı taşıyan kablo ve baralar, binaların transformatör merkezleri ile ana dağıtım panoları, tali panolar ve yüksek güç tüketen cihazları arasında bulunurlar. Bu kablo ve baralar, geçtikleri bölgelerde yüksek magnetik alan meydana getirir (Umurkan, 2004).

Magnetik ekranlama katod ışın tüpü ve ışın çoğaltan tüplerin basit ekranlamasından fizikteki duyarlılık deneylerine, biyolojik örnekleme tarafından üretilen magnetik alanları araştırmak için geniş hacimli oda ölçekli tesislerin kullanımına kadar bir çok geniş alanda kullanılmaktadır (T.J SUMMER, 1987).

3.1 Magnetik Ekranlama

İçerisinden akım geçen iletkenler etrafında magnetik alan meydana gelir. Magnetik ekranlama, kaynak tarafından oluşturulan alanın dış ortamlara yayılmasının engellenmesi veya azaltılmasını hedef alan bir uygulamadır. Bunun için çeşitli biçim ve yapılarda (silindirik, düz tabaka) ekran malzemeleri kullanılmaktadır. Ekran tabakasının kaynakla ölçüm noktası arasına yerleştirilmesi dış ortamdaki alanda bir azalmaya yol açacaktır. Alanın yeni şekli ekran malzemesinin parametrelerine bağlı olacaktır. Bu amaç için genel olarak yüksek iletkenlikli malzeme veya magnetik geçirgenliği yüksek ferromagnetik malzemeler kullanılmaktadır.

Magnetik alan, yüksek iletkenlikli ferromagnetik olmayan malzeme üzerinde indüksiyon akımları oluşturur (Epstein, 1965). Bu akımlar kendini oluşturan alana zıt yönde olduklarından magnetik alan metal tarafından reddedilir. Metalin içinde düşük akı yoğunluğu oluşacak şekilde alan ekranın yüzeyine paralel şekillenmeye zorlanır. Yüksek magnetik geçirgenliğe sahip ferromagnetik malzemelerde ise metalin içine doğru alana dik olarak ve çoğunlukla ekrandan geçmeden ekran boyunca şekillenir.

Çalışmanın bu bölümünde iki magnetik ekranlama yöntemi ile ilgili genel bilgi verilecektir.

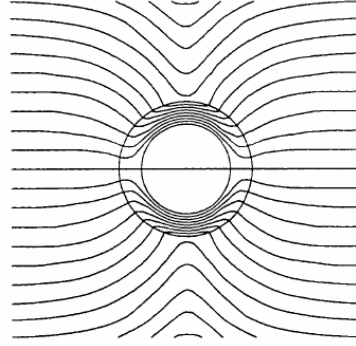
3.1.1 Yüksek Magnetik Geçirgenlikli Metaller İle Ekranlama

Magnetik metaller magnetik kuvvet hatlarının iletkeni olarak düşünülebilir. Bu akış hatlarının ne başlangıcı ne de sonu vardır (Hasselgren, 1995). Ancak kendileri üzerinde tekrar birleşirler. Böyle olduğundan başlangıç noktalarından geriye akarken hatlar en düşük empedanslı yolu ararlar. Bir magnetik akış hattının gördüğü empedans, ki buna magnetik devre direnci de denir, malzemenin geçirgenliği ile ters orantılıdır ve bu durum bir elektronun bir bölgenin öz direnci içinden geçerken maruz kaldığı empedansa benzer.

Akım taşıyan bir iletkenin yarattığı magnetik alanı ele alalım. Amper Kanununa göre bir iletkenin etrafında üretilen akı hatlarının sayısı iletkenin içindeki akımla doğru orantılıdır. Zamanda verilen belli bir anda, bir akı hattının küçücük bir elemanı onun başlangıç noktası sayılabilir. İletkenin neden olduğu magnetik güç, elemanı başlangıç noktasından bir varış noktasına doğru çeker. Amper Kanununa göre, eleman akıma göre magnetik bir eş potansiyeli koruyacak şekilde hareket edecektir, böylece daha önceden belirlenen yolda başlangıç noktasına doğru hareket eder. Eğer geçişi boyunca magnetik akı elemanı devresini tamamlayabilecek iki yola rastlarsa, direnci daha düşük olan yolu izler, böylece yolunu kısaltır ve yolculuğunu tamamlamak için gerekli enerji miktarını azaltır.

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi küçük bir bölgeyi dış alanlardan korumak üzere üretildiği

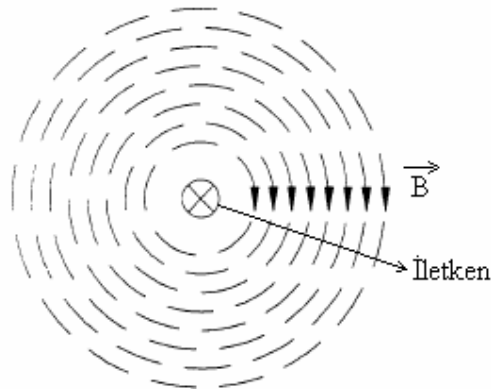
görülmüştür. Yapılan araştırmalarda "alçak frekanslı magnetik ekranlamanın akı bileşenin veya ekranlanan örneğin etrafından geçmesi için çok düşük-dirençli bir yol sağladığını" belirtilmiştir.



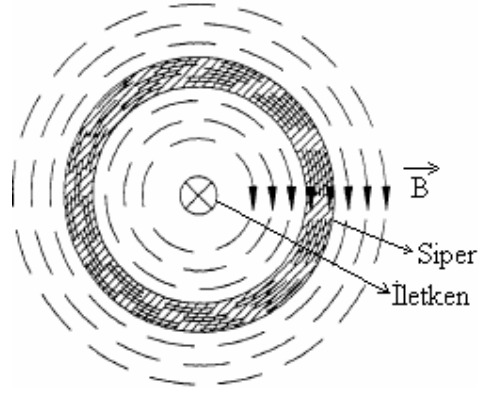
Şekil 3.2 İç bölgenin dış alanlardan magnetik korunması (Frix, 1996)

Yüksek magnetik geçirgen malzeme, akı çizgisini ekranı normal bir açıyla kesecek şekilde doğal yolundan (bu örnekte yatay) "çekme" eğilimindedir. Bir ekran tek bir iletkenin etrafını çevrelediğinde olduğu gibi başlangıçtaki akı çizgisine paralelse, (Şekil 3.3 ve 3.4), koruma gerçekleşmez. Burada akı çizgisine her iki yöndeki alanlarda bir azalma olmaksızın (ekranı kayıpsız varsayarak) geçirgen malzemenin içinde sıkışır.

Yüksek geçirgenlikli malzemelerle magnetik ekranlamanın fiziksel ilkesi budur. Amaç magnetik akının izleyeceği düşük dirençli alternatif bir yol sağlamaktır. Yüksek geçirgenliğin sağladığı magnetik ekranlamanın işe yaraması için, ala çizgilerinin normal yoldan alternatif yola sapması gerekir. Basitçe söylersek, bu da akının yolu üzerindeki belirli bir noktada ekran sınırını kesmesini gerektirir, tüm yüzeyleri bir alanın magnetik eş potansiyel çizgilerine paralel olan bir ekran etkisizdir.



Şekil 3.3 Ekranlanmamış güç kablosunun etrafındaki magnetik akı çizgileri



Şekil 3.4 Ekranlı güç kablosunun etrafındaki magnetik akı çizgileri

Bu nedenlerle Stimmer (1989) görüşünde, çevre elektrik alanlarından korunabildiği halde, magnetik alanları ekranlama yolu olmadığını belirtmiştir. Elektrik alanları yüksek potansiyelli kaynaklardan doğar ve düşük potansiyelli noktalarda sonlanır. Bu alanları ekranlamak nispeten kolaydır alanları kısa devre yaptırmak için araya iletken bir ekran konur. Magnetik alanlar yüksek magnetik potansiyelli fiziksel kaynaklardan akmadığı için, fiziksel magnetik akım söz konusu değildir. Bu nedenle, elektrik ekranlarıyla karşılaştırılacak magnetik ekranda yoktur.

3.1.2 Yüksek İletkenlikli Metallerle Ekranlama

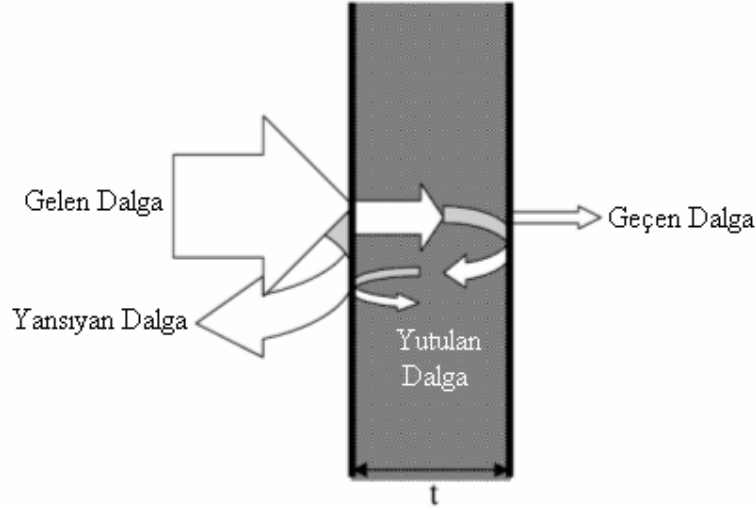
Korumanın sadece düşük dirençli alternatif yollar sağlayan ferromagnetik ekranlarla ortaya konabileceği görüşü alüminyum gibi ferromagnetik olmayan malzemelerle ekranlama yapma ihtimalini göz ardı eder. Eğer düşük dirençli magnetik ekranlama sadece geçirgenliğe bağlı olsaydı, bağıl geçirgenliği kabaca havanın geçirgenliğine eşit olan alüminyum gibi malzemeleri kullanmak mümkün olmazdı. Ohio State Üniversitesi'nde yapılan deneysel çalışmalar alüminyumun kalınlık ve frekansla doğru orantılı olarak artan ekranlama sağladığını göstermiştir (Frix, 1996).

Tüm iletken metallerin (ferromagnetik olan ve olmayan, aynı zamanda yarı-iletken malzemeler) sağladığı bir koruma şekli de ekranlarda indüklenen indüksiyon akımlarına bağlı korumadır. Bu ekranlamayı destekleyen teori basittir, Ampère Kanunu fiziksel bir çevirge etrafında hesaplanmış magnetik alan yoğunluğunun bu çevirge içinde normal olarak akan akımla doğru orantılı olduğunu belirtir. Akımın azaltılması alanı küçültür. Ya da, çevirge içinde akan negatif akımın miktarım arttırmak çevirgenin etrafındaki alanı küçültecektir. Bu negatif akım ya (aktif ekranlama düzeneklerinde) kasıtlı olarak sağlanır ya da tesadüf en indüklenir, bu şekilde tesadüfen indüklenen akımlara indüksiyon akımı denir.

İndüksiyon akımları Faraday'ın İndüksiyon Kanunu'nun bir sonucudur. Bir iletkende zaman değiştiren bir magnetik alan indüksiyon akımına neden olur. Bir akım (bundan sonra faz akımı olarak anılacaktır) bir başka iletkene (ekran) yakın bulunan bir iletken içinde akarken ekranda faz akımının ters yönüne doğru akan indüksiyon akımları indüklenir. İndüklenen bu indüksiyon akımları kendi magnetik alanlarını oluşturur ki bunlar da, indüklenen akımlar indükleyen akımlara ters aktığından, indükleyen alanlara terstir. Aşağı doğru gelen alanın indüklenen alanla azaltılması indüksiyon akımlarına bağlı magnetik ekranlamaya neden olur.

3.2 Elektromagnetik Ekranlama Değerlendirilmesi

Elektromagnetik uyumluluk, elektromagnetik ekranlamayı değerlendirmek için Schelkunoff'un iletim hattı teorisini kullanır (Frix, 1996). Bu teoride, gezici bir elektromagnetik dalganın iletken bir düzleme geldiğinde düzlemin dalganın bir kısmını yansıttığı ve bir kısmını da düzlem içine iletmediği varsayılır. Bu durum Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Dalganın iletilen kısmı ekran içinde hareket ederken yutularak zayıflatılır. Dalga ekranın diğer kenarına ulaştığında bir kısmı ekrana geri yansıtılır ve bir kısmı iletilir.

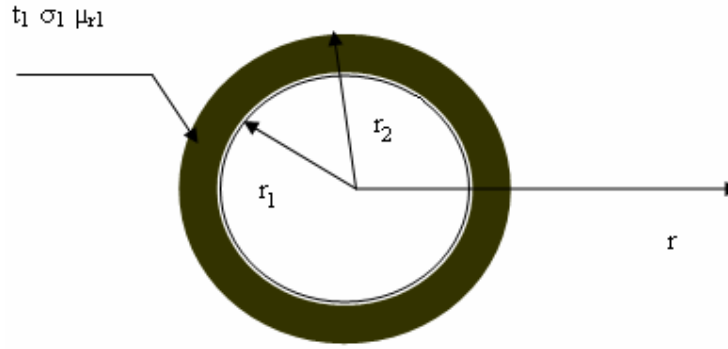


Şekil 3.5 t kalınlıklı bir ekranda gelen, yansıyan, yutulan ve geçen dalga

3.3 Ekranlama Faktörü Hesaplama Yöntemi

Silindirik ekranın magnetik alan ekranlaması üzerine uzun süreler çalışıldı ve analitik çözüm güç frekansında türetildi. Bu çalışmada güç frekansında lineer silindirik ekranın ekranlama prensipleri üzerine bir analiz yapılacaktır. Ekranlama prensipleri tek kabuk ve kaynak içi konfigürasyonu altında basitleştirilmiş ekranlama formülünden geliştirilmiştir.

Silindirik yapıların uygulamaları güç endüstrisinde yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Güç kablolar için metalik borular ve kanallar sadece iki örnektir (Yaping, 1996).



Şekil 3.6 Silindirik ekranlama problemlerinin basit modeli

Silindirik ekranlama problemlerinin basit modeli Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Bu iki boyutlu yapıda, kaynak iletkenler ekran tarafından kuşatılmıştır ve silindirik olarak modellenmiştir. Ekranlama malzemesi lineer olarak dikkate alınmıştır. Analitik ifadelerle, magnetik alan verilen ekran parametreleri tarafından kolaylıkla ölçümlenebilir. Bununla birlikte, magnetik alan ekranlamasının tasarımında, ekran parametreleri verilen, istenen ekranlama, ekranlama faktörü (ekranlama faktörü ekranlı magnetik alanın ekransız magnetik alana oranıdır) tarafından seçilmesi gerekmektedir (Yaping,1996).

S ekranlama faktörü,

$$S = \frac{B_{Ekranlı}}{B_{Ekransız}} \quad (3.1)$$

bağıntısıyla yazılır.

Çizelge 3.1 Ekranlama faktörünün tablosal gösterimi

S	% AZALMA	ORAN B_0/B_1
0,00001	99,99999	1:100000
0,01	99	1:100
0,1	90	1:10
0,2	80	1:5
0,3	70	1:3,33333
0,4	60	1:2,5
0,5	50	1:2
0,6	40	1:1,66666
0,7	30	1:1,42857
0,8	20	1:1,25
0,9	10	1:1,11111
1	0	1:1

Çizelge 3.2 Deney malzemelerinin özellikleri

EKRAN MALZEMESİ	İLETKENLİK σ (S/m)	BAĞIL MAGNETİK GEÇİRGENLİK (μ)	DERİ KALINLIĞI δ (m)
TRAFO SACI	2.1739×10^6	4000	0.000763
GALVANİZLİ SAC	7.8229×10^5	500	0.0036
DKP SACI	7.1429×10^5	700	0.0010
BAKIR	5.8824×10^7	1	0.0093
ALÜMİNYUM	3.5714×10^7	1	0.0119

3.3.1 Ekranlama Faktörü Hesaplanmasında Yapılan Kabuller Ve Sabitler

Ekranlama malzemesi magnetik alan kaynağının çevresine silindirik olarak yerleştirilmiştir.

Tüm malzeme türleri için ekran kalınlığı 0.5 mm, ekran yarıçapı 15 cm, ekran boyu 2 m'dir.

Tek kabuklu alan dışındaki magnetik alan, uzaklık oranının güç serisi ile ifade edilir. Bu oran radyal iletkenlik uzaklığının (b) radyal gözlem uzaklığına (r) bölümü olarak tanımlanır. Birçok uygulamada r, b'den çok daha büyük olduğu için yüksek mertebeli terimler ihmal edilir.

Bu kabullerin ışığında ekranlama formülümüz;

$$S \approx \frac{\sqrt{2}\mu_{r1}\delta_1 / r_2 (r_2 / r_1)^{3/2}}{\left| \left(1 - j \frac{\delta^2}{2r_1 r_2} \right) \sinh(1 + j) \frac{t_1}{\delta} + (1 - j)\mu_{r1}\delta / 2 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \cosh(1 + j) \frac{t_1}{\delta} \right|} \quad (3.2)$$

Bu formülde ;

$$\mu_1 = \mu_0 \mu_{r1} \quad (3.3)$$

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu_1 \sigma}} \quad (3.4)$$

$$R_1 = \frac{t_1}{\delta} \quad (3.5)$$

$$R_2 = \frac{\mu_{r1}\delta}{r_2} \quad (3.6)$$

Değerleri yerine konursa basitleştirilmiş formül

$$S \approx \frac{\sqrt{2}R_2}{\left| (1 - j0.5R_2^2) \sinh(R_1 + jR_1) + (1 - j)R_2 \cosh(R_1 + jR_1) \right|} \quad (3.7)$$

olur.

Burada deri kalınlığı olarak ‘ δ ’;

Gelen elektromagnetik dalga çoğunlukla yüzey üzerinden yansıyacaktır. Malzeme içerisinde ilerleyen magnetik dalga zayıflar, genliğinin $1/e$ ’ye düştüğü derinliğe deri kalınlığı denir.

$1/e$ yaklaşık olarak 0,36’dır. Bunun anlamı kullandığımız deney alanında ve deney şartlarında yaklaşık olarak % 64 azalmanın meydana geldiği kalınlık olarak da tarif edilebilir.

Deri kalınlığı,

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu_1 \sigma}} \quad (3.4)$$

formülü ile hesaplanır.

Formülden de anlaşılacağı gibi deri kalınlığı frekans, bağlı geçirgenlik ve iletkenliğe bağlıdır.

Ekranlama malzemesi olarak alüminyum kullanıldığı varsayılırsa,

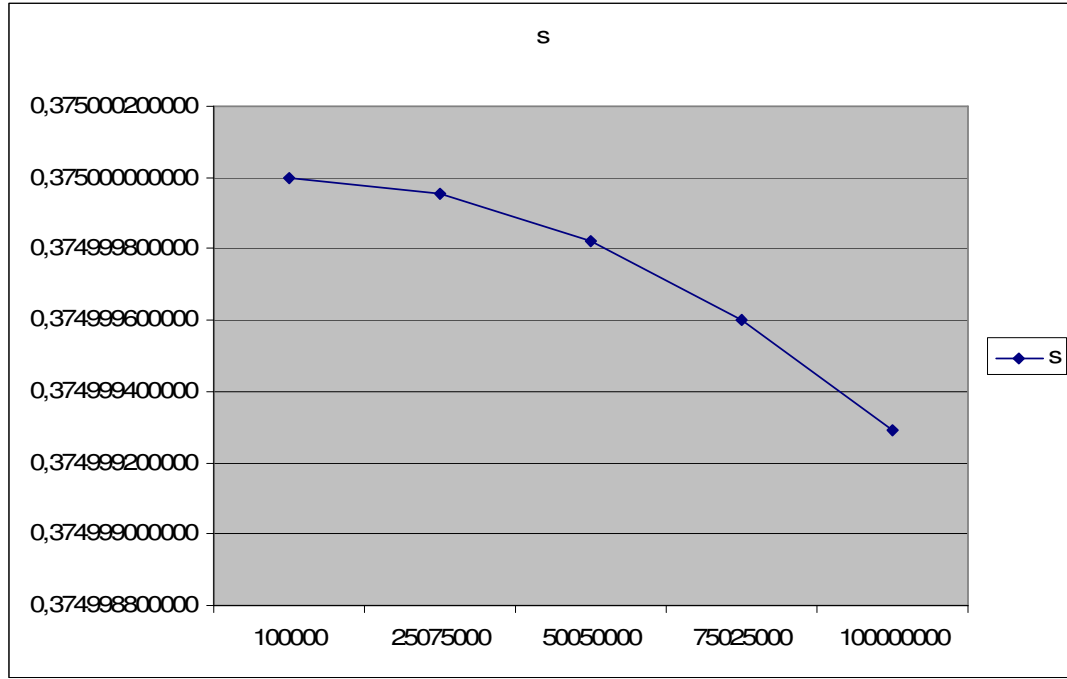
Çizelge 3.3 Alüminyum için deri kalınlığı değerleri

FREKANS (f)	DERİ KALINLIĞI (δ)
50 Hz	0.0377 m
10 kHz	0.0027 m
10 MHz	8.4217×10^{-5} m

3.4 Ekranlama Faktörünün Bağlı Olduğu Değişkenlere Göre Değişimi

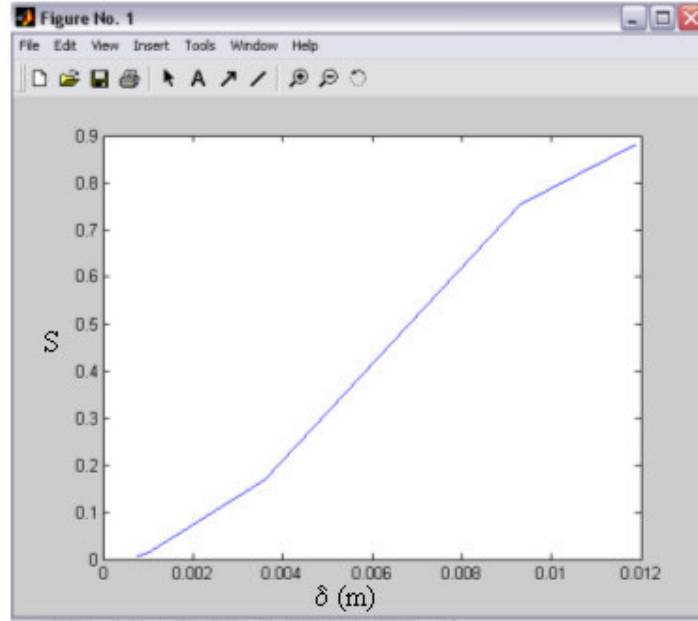
Bu bölümde iletkenlik, magnetik geçirgenlik, yarıçap, kalınlık ve deri kalınlığının ekranlama faktörünün değişimine etkisini incelemek için çeşitli grafikler çizilmiştir. Burada değişkenlerin bir tanesi sabit tutulmak kaydı ile farklı grafikler elde edilmiştir.

İletkenlik (σ) değişken diğer büyüklükler (μ_r , f , yarıçap) sabit olduğu durumda S 'nin σ 'ya göre değişiminin grafiği, Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



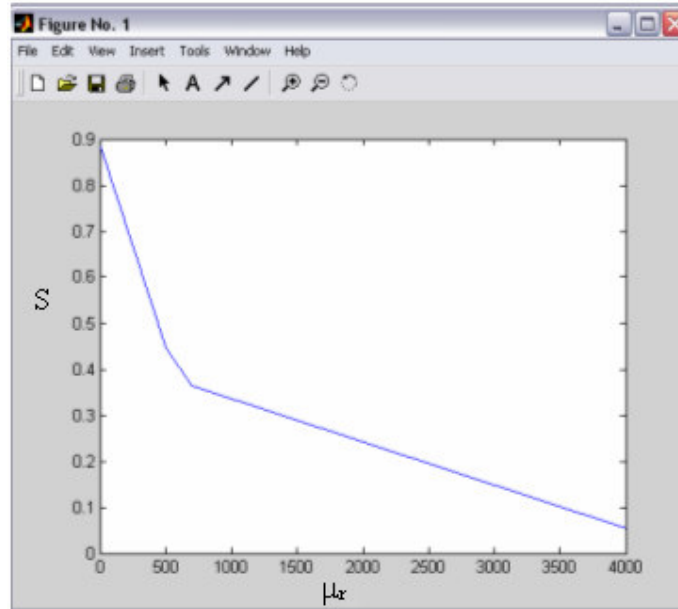
Şekil 3.7 S 'in σ 'ya göre değişiminin grafiği

Şekil 3.7'den anlaşılabileceği gibi iletkenliğin S üzerinde büyük bir etkisi bulunmamaktadır.



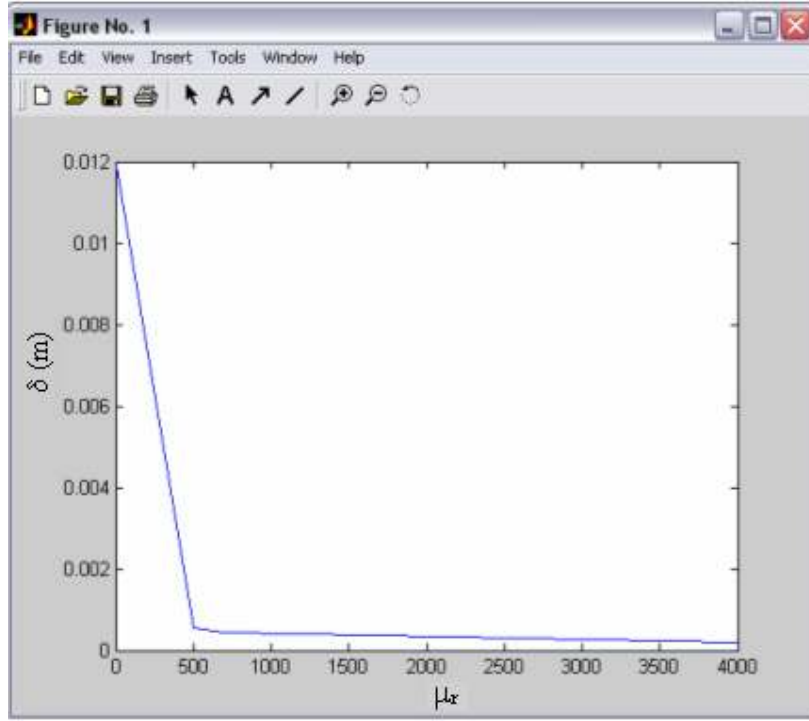
Şekil 3.8 Deri kalınlığının değişken, diğer bileşenlerin (μ_r , f, yarıçap) sabit olduğu durumda, S'in deri kalınlığına bağlı değişimi.

Şekil 3.8'de görüldüğü gibi deri kalınlığı arttıkça S değeri artmakta sonuç olarak azalma olumsuz yönde olmaktadır.



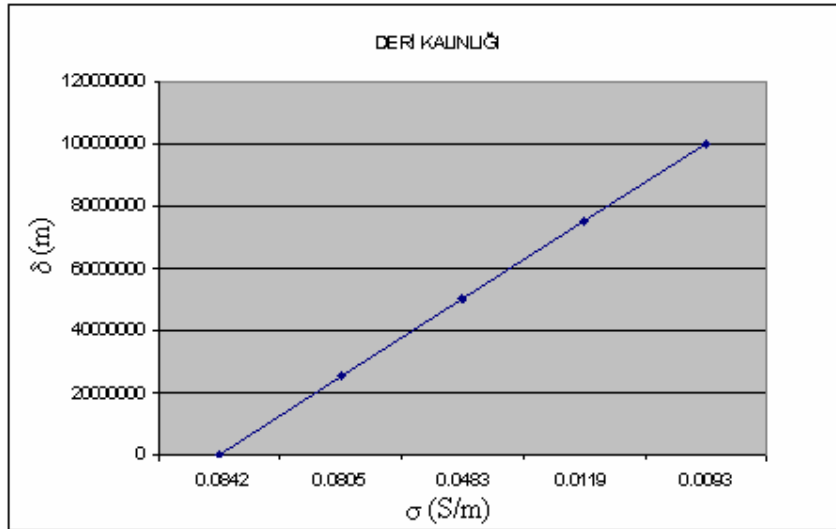
Şekil 3.9 Bağıl magnetik geçirgenlik (μ_r)'nin değişken, diğer bileşenlerin (σ , f, yarıçap) sabit olduğu koşulda μ_r 'nin S üzerindeki etkisi

Şekil 3.9'dan anlaşılabacağı gibi μ_r arttıkça S azalmakta, yani azalma olumlu yönde değişmektedir.



Şekil 3.10 Diğer bileşenlerin (σ , f , yarıçap) sabit olduğu durumda δ 'nın μ_r 'ye bağlı değişim grafiği

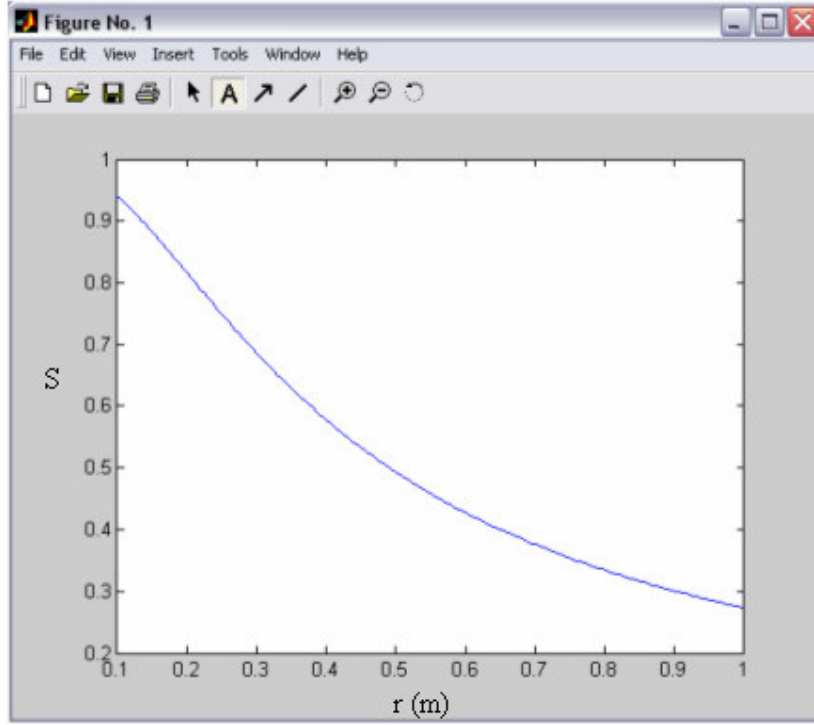
Şekil 3.10'da görüldüğü gibi μ_r değeri büyüdükçe deri kalınlığı azalmaktadır.



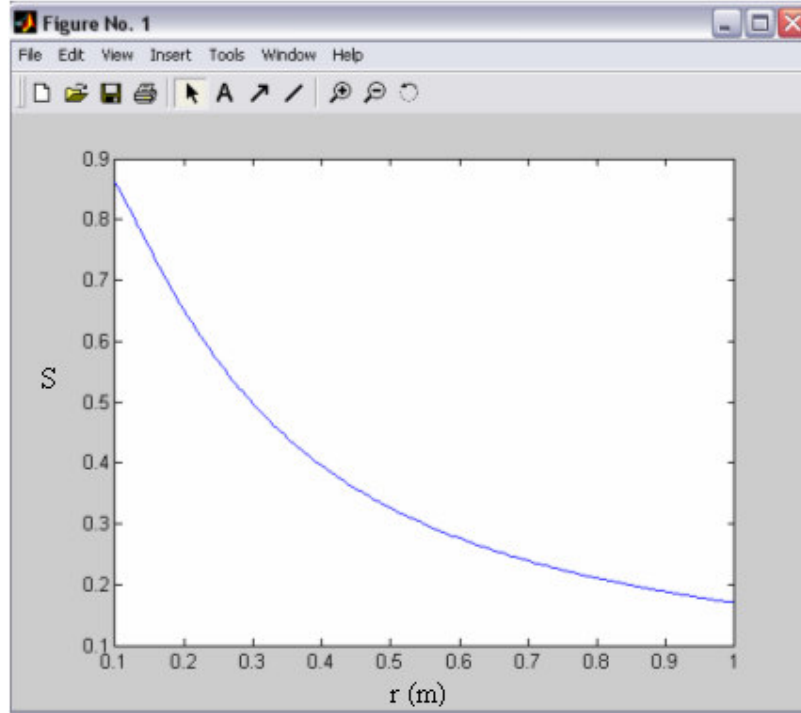
Şekil 3.11 δ 'nın σ 'ya bağlı değişim grafiği

Diğer bileşenlerin (μ_r , f , yarıçap) sabit olduğu durumda Şekil 3.11'de görüldüğü gibi σ arttıkça deri kalınlığı azalmaktadır.

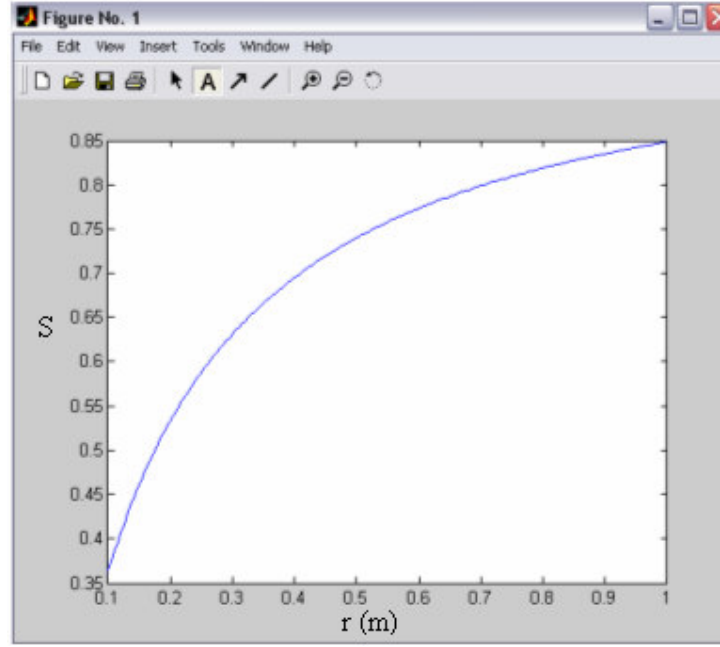
S'nin yarıçapa göre değişimi her malzeme için ayrı ayrı çizilmiş ve Şekil 3.12'den Şekil 3.16'ya kadar olan şekillerde gösterilmiştir.



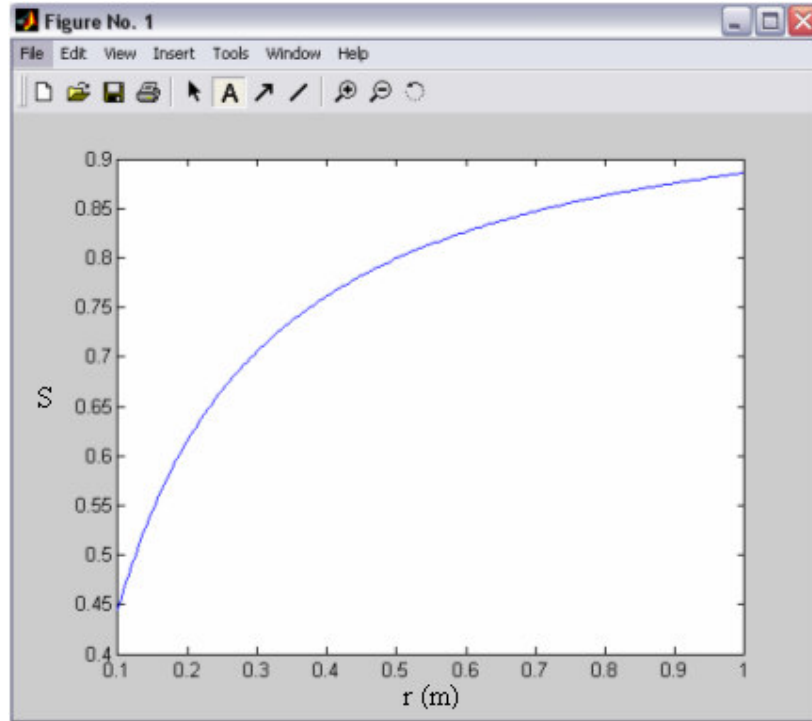
Şekil 3.12 S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi alüminyum)



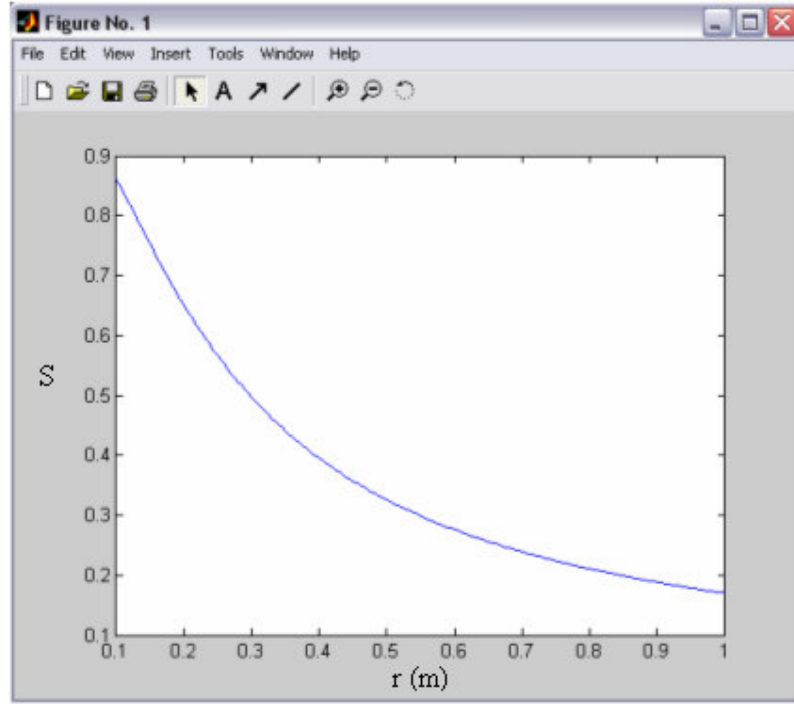
Şekil 3.13 S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi bakır)



Şekil 3.14 S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi DKP sacı)

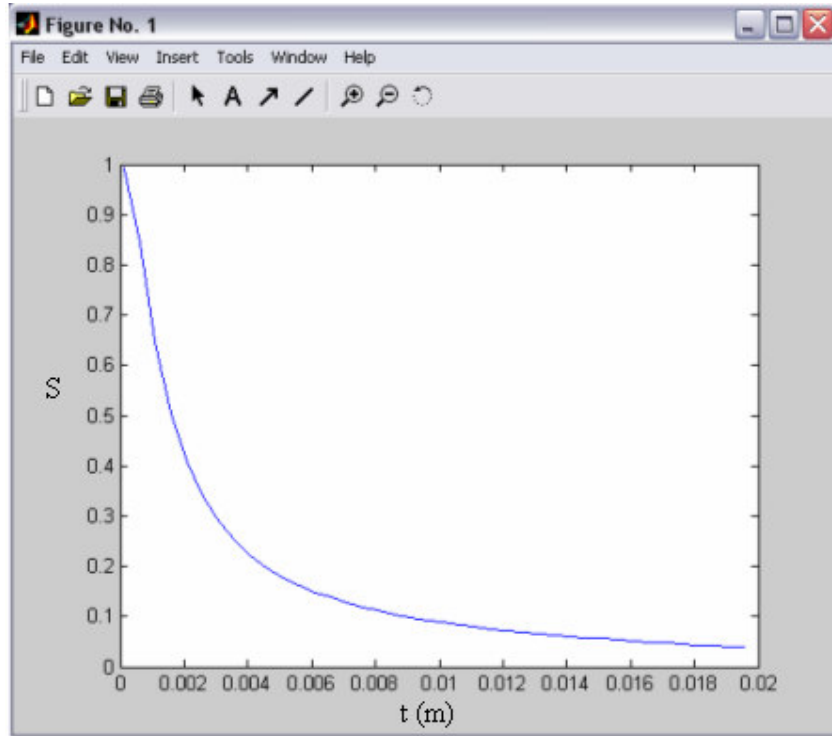


Şekil 3.15 S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi galvanizli sac)

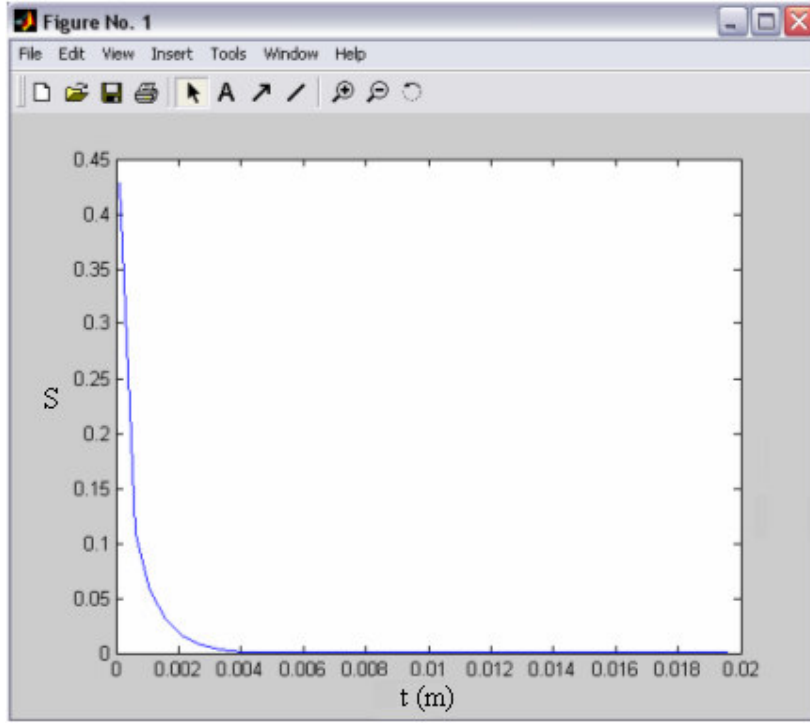


Şekil 3.16 S'nin yarıçapa göre değişimi (ekran malzemesi trafo sacı)

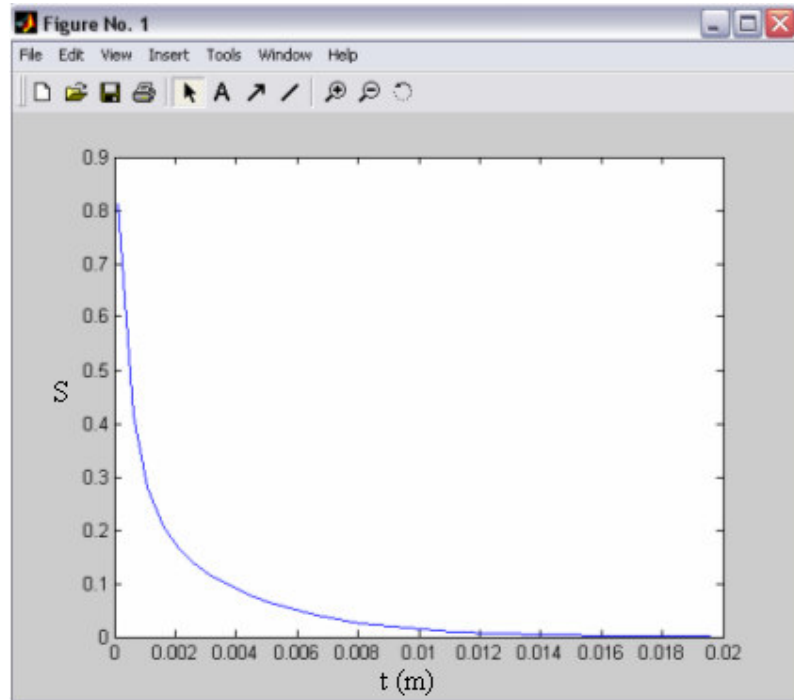
Her malzeme için S'nin t'ye bağlı değişimleri Şekil 3.17'den Şekil 3.21'e kadar olan şekillerde gösterilmiştir.



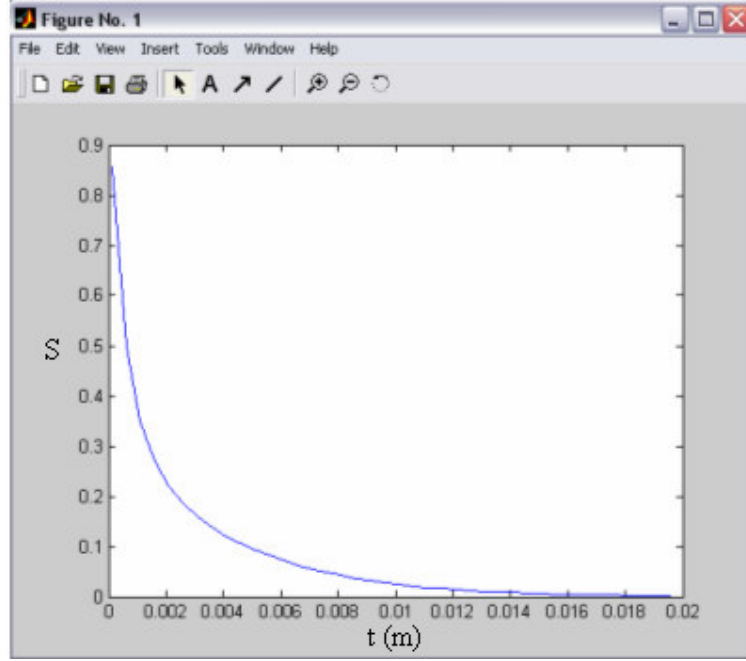
Şekil 3.17 Ekran malzemesi alüminyum olduğu durumda S'nin t'ye bağlı değişimi



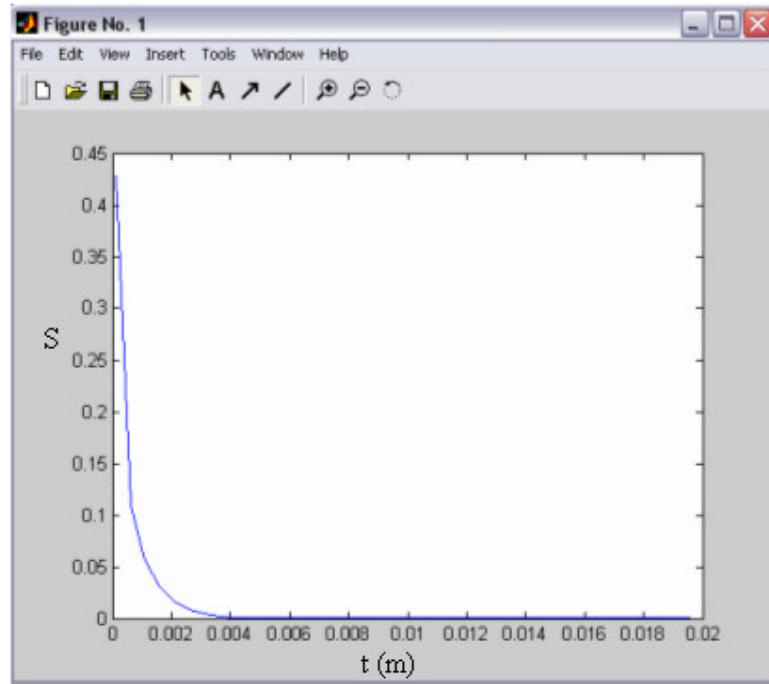
Şekil 3.18 Ekran malzemesi bakır olduğu durumda S 'nin t 'ye bağlı değişimi



Şekil 3.19 Ekran malzemesi DKP sacı olduğu durumda S 'nin t 'ye bağlı değişimi



Şekil 3.20 Ekran malzemesi galvanizli sac olduğu durumda S 'nin t 'ye bağlı değişimi



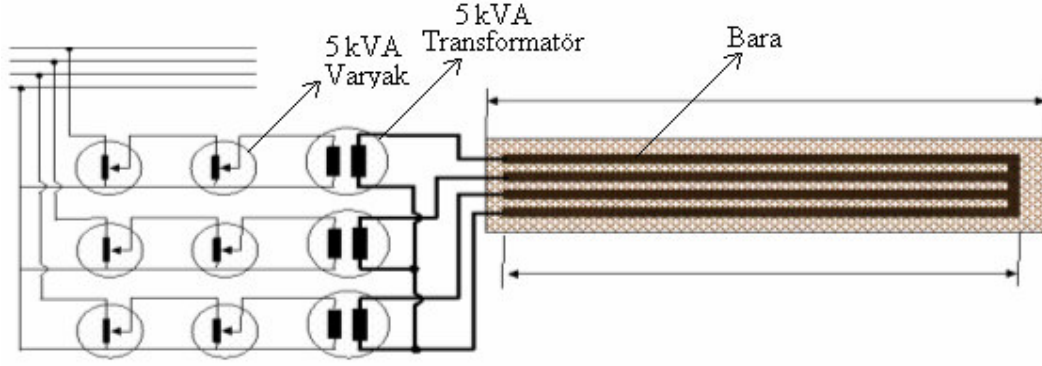
Şekil 3.21 Ekran malzemesi trafo sacı olduğu durumda S 'nin t 'ye bağlı değişimi

4.EKRANLAMA DENEYLERİ

Ekranlama deneyleri YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Yüksek Akım Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1). Magnetik alan kaynağı olarak kullanılan deney düzeneği Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Y.T.Ü. Yüksek Akım Laboratuvarı



Şekil 4.2 Magnetik alan kaynağı olarak kullanılan deney düzeneği

Magnetik alan kaynağı olarak kullanılan düzende; üç adet tek fazlı 5 kVA gücünde transformatör, altı adet 5 kVA varyak ve dört adet 2 metre uzunluğunda 40x10 mm bara, bara ile trafo arasındaki bağlantıyı sağlayan 2x120 mm² kablo bulunmaktadır. Yüksek akım eldesi transformatörlerin kısa devre çalışmasına dayanmaktadır. Varyaklar ile baradan geçen akım miktarı istenilen seviyeye gelene kadar, transformatöre uygulanan kısa devre gerilimi ayarlanır. Her fazdaki iki varyağın paralel bağlanması ayarların daha hassas yapılmasını sağlamaktadır. Bu deney düzeneği ile her fazdan 0-1000 A aralığında akım geçirilebilmektedir. Deneyler her bir fazdan 500 A geçirilerek gerçekleştirilmiştir. Magnetik alan değerleri Datalogging marka üç eksenli dijital göstergeli bir ölçü cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3). Şekil 4.4'te magnetik alan ölçüm cihazı ile ölçümlerin yapılışı gösterilmiştir. Ekranlama malzemeleri kaynağa silindir şeklinde sarılmıştır. Bu çalışmada ekran malzemeleri 1x 2 metre boyutlarında ve 0,5 mm kalınlığındadır.



Şekil 4.3 Magnetik alan ölçüm cihazı

Çizelge 4.1 Magnetik alan ölçüm cihazının genel özellikleri

GÖSTERGE	3½ DİJİT
ÖLÇÜM KADEMELERİ	20/200/2000 mG 2/20/200 mT
ÖLÇÜM ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ	0,01/0.1/1 mG 0,001/0,01/0,1 mT
EKSEN	3 EKSEN
DOĞRULUK	+ - % 3 50/60 Hz + - % 5 40/200 Hz
DATALOGGER BELLEK BOYUTU	2000 ÖLÇÜM
PİL ÖMRÜ	100 saat
AĞIRLIK	165 gr
BOYUTLAR (mm x mm x mm)	154(Y)x72(E)x35(D)
DAHİLİ AKSESUAR	Kullanma klavuzu, yazılım, RS232 kablosu



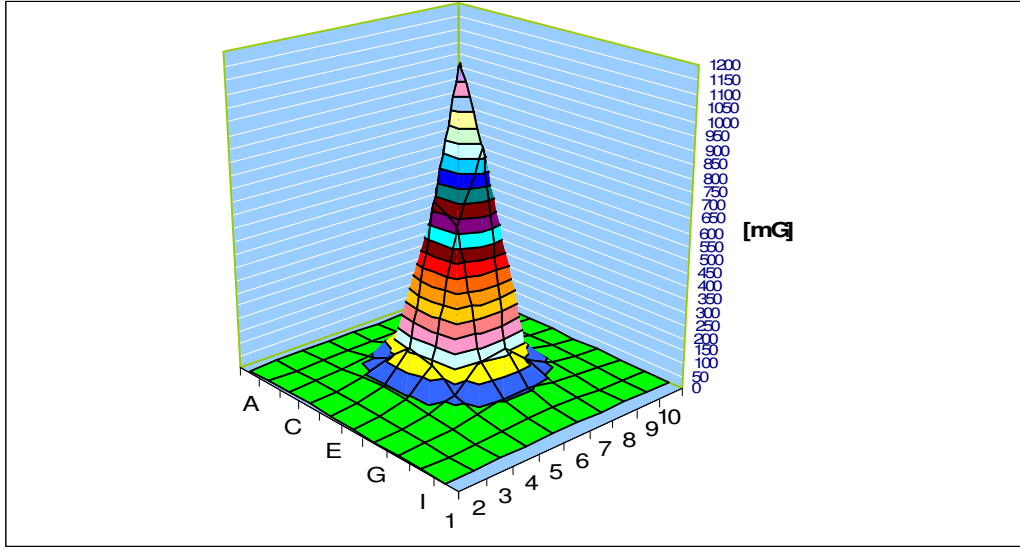
Şekil 4.4 Magnetik alan ölçüm cihazı ile yapılan ölçümler

4.1 Magnetik Alan Ölçümleri

Enerjili bir kaynak çevresinde ekransız ve farklı malzemelerle ekranlanması durumunda magnetik alan ölçümlerinin sonuçları bu bölümde verilmiştir.

4.1.1 Ekransız Enerjili Magnetik Alan Ölçümleri

Ekran malzemesi olmadan ve enerjili olarak deney alanı üzerinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.5’te verilmiştir.



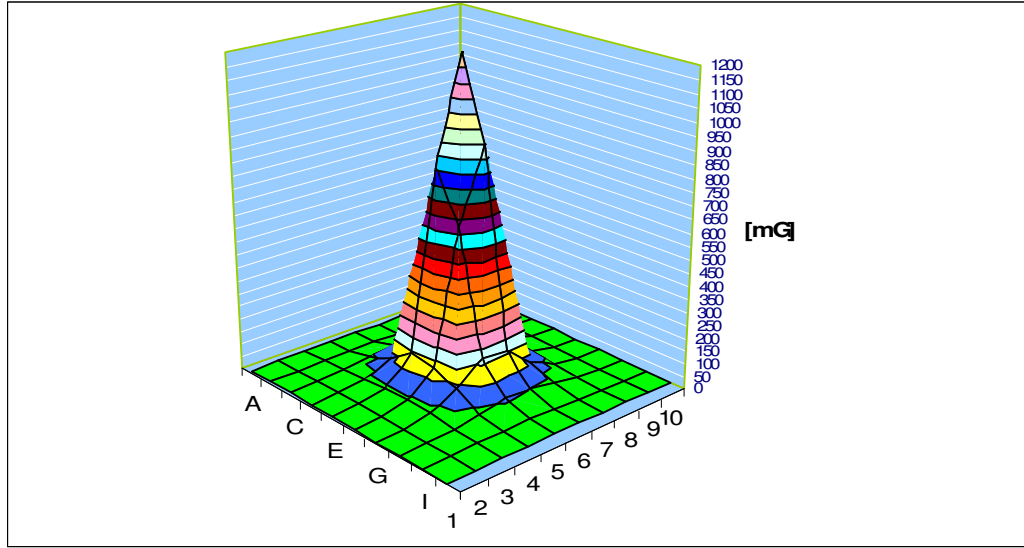
Şekil 4.5 Ekransız ve enerjili durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.2 Ekransız ve enerjili durumda magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	12,09	15,73	19,62	20,91	20,71	19,3	20,55	23,9	23,6	19,35
B	12,93	17,45	21,95	23,3	23,86	25,4	24,49	23,2	19,2	15,06
C	13,97	19,78	28,8	37,8	54,6	60,5	48,8	30,5	20	13,82
D	14	22,33	40	75,8	194,8	191	100,3	40,5	21,5	12,83
E	13,23	22,63	45,3	158,3	681	1164	168,9	45,5	20,9	12,13
F	11,17	14,74	39,2	135	626	884	161,8	45,8	20,3	10,93
G	8,99	14,43	29,2	62,1	154,6	166,3	80,7	33,8	16,74	9,67
H	7,05	10,65	20,7	35	53,3	54	36,4	21,8	12,61	7,99
I	5,35	7,45	12,63	17,37	22,4	24,4	18,1	12,41	9,51	6,43
J	4,55	5,58	7,72	10,02	11,12	11,63	9,85	8,05	7,4	6,19

4.1.2 Alüminyum Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak alüminyum kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.6’da verilmiştir.



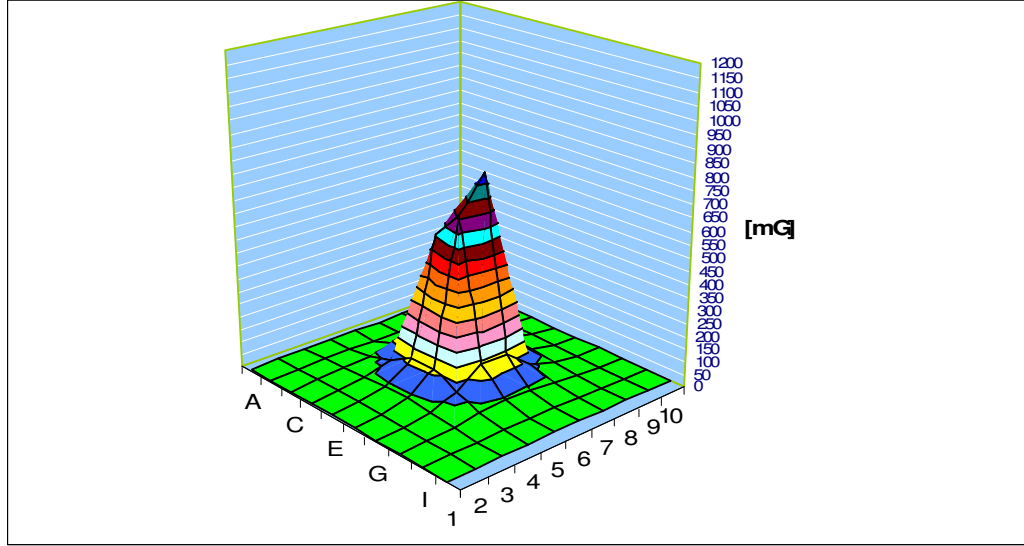
Şekil 4.6 Alüminyum ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.3 Alüminyum ekran malzemesi için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	12,2	16,4	20	19,8	17,4	16,1	20,3	24,3	24,7	20
B	12,5	16,5	20,4	22,7	21,7	18,6	20,4	21,4	21,1	16
C	13,1	18,2	26,5	37	50,2	56	46,3	29,5	16,9	13,3
D	13	20,1	34,6	73,8	153,4	184,7	82,4	43,2	22,6	14,3
E	13,2	22,7	43,1	137,6	810	1209	142,7	51	24,4	13,4
F	11,7	15,18	40	124,9	623	897	132,6	40,8	17,5	11,2
G	10	16,5	33,5	85,5	167,3	158,7	71,5	29,5	14,8	9,7
H	8,3	12,8	21,3	36,4	55,9	49,4	33,2	20,1	11,4	8,2
I	6,6	8,6	13,1	17,6	23,3	20,6	16,3	12,2	9,6	7,2
J	5,2	6,2	7,9	9,9	12,1	11,5	10,5	8,7	7,9	7

4.1.3 Bakır Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak bakır kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.7’de verilmiştir.



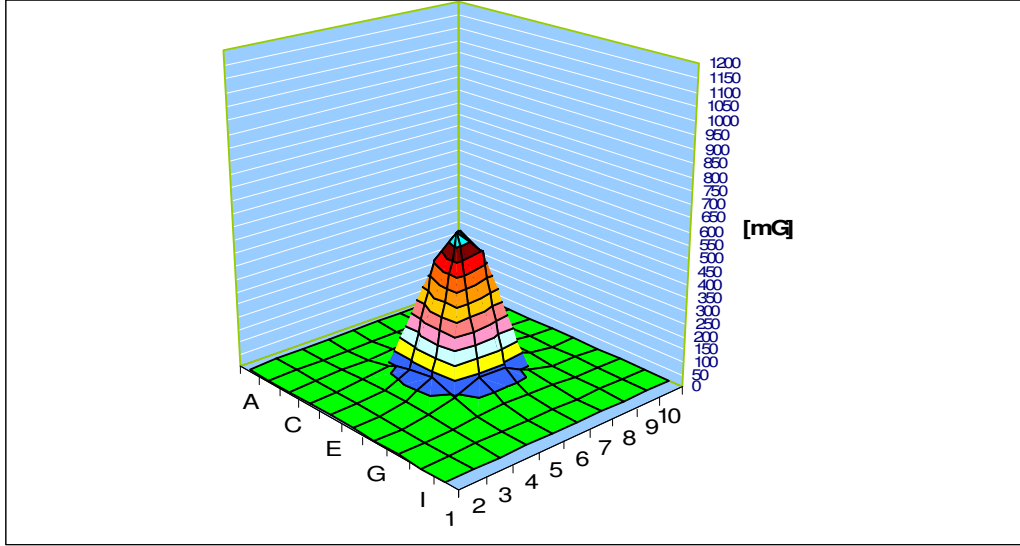
Şekil 4.7 Bakır ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.4 Bakır ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	11,3	15,5	18,6	19	16,9	14,9	18,4	24,6	25	19,7
B	10,9	15,5	19,6	21	18,3	16,9	20,7	21,2	19	14,4
C	11,7	16,9	23,7	33,6	46	51,1	49,6	28,8	18,4	11,9
D	11,4	17,8	31,1	61,39	166,3	80,6	39,1	36	21,5	12,1
E	12,3	19	39,1	114	557	520	137,8	46,1	20,1	11,2
F	10,9	17,8	38,3	113,5	657	793	115	35	17,4	10,6
G	9,6	15,8	29,9	69,7	139	132,9	57,6	23,8	13,3	8,4
H	7,9	11,9	19	30,2	45,9	41	28,7	17,6	11,1	8,1
I	6,6	8,3	11,6	15	19,2	18	14,6	10,9	8,6	7,2
J	5,4	6,2	7,5	8,4	10,1	10,6	9,6	9,4	8,3	7,3

4.1.4 DKP Sacı Ekranlama Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak DKP sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.8’de verilmiştir.



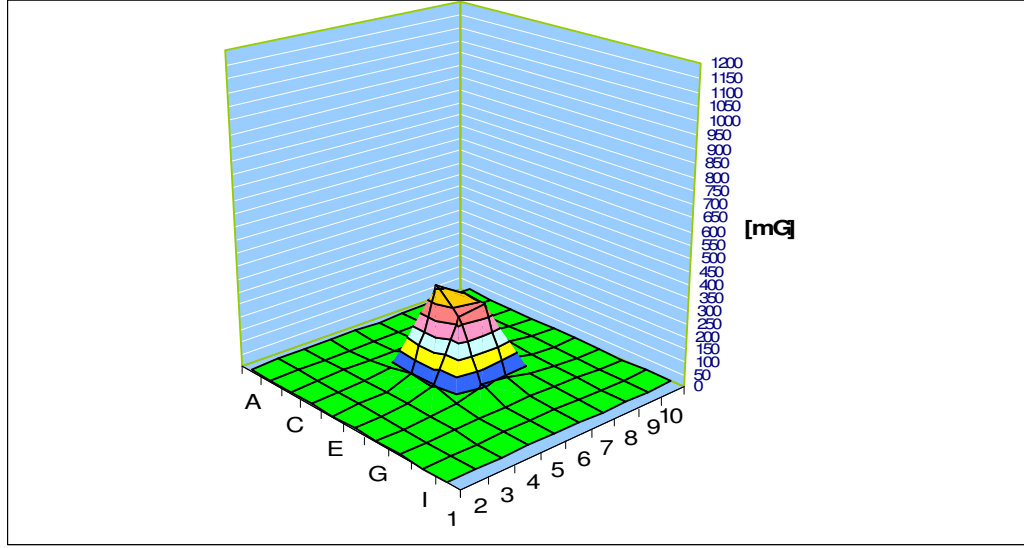
Şekil 4.8 DKP sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.5 DKP sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,7	13,4	17	18,6	19,6	20,5	21	23,4	21,3	18,7
B	9,8	13,1	16	17,1	15,4	15,5	17,7	18,7	16,4	12,8
C	9,5	12,8	17	20,8	22,1	24,3	22,8	19,1	14,8	11,1
D	9,7	14,4	22,5	38,9	70	73,4	39,5	23,2	15	9,7
E	8,8	13,2	25	70,1	458	536	69	27,9	14,1	8,4
F	8,5	12,6	24,2	83,4	601	494	65,6	21,1	11,2	6,6
G	6,6	9,7	19	43	84	79,5	36,7	14,6	8,5	5,7
H	5,1	6,9	11,6	19,5	25,2	24,7	16,4	10	6,9	4,7
I	3,7	4,7	6,5	9,1	11,2	10,7	8,8	6,3	5	3,7
J	3,1	3,6	4,2	5,3	5,7	5,5	4,8	4,4	3,9	3,6

4.1.5 İki Kat DKP Sacı Ekran Malzemeli Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak iki kat DKP sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.9’da verilmiştir.



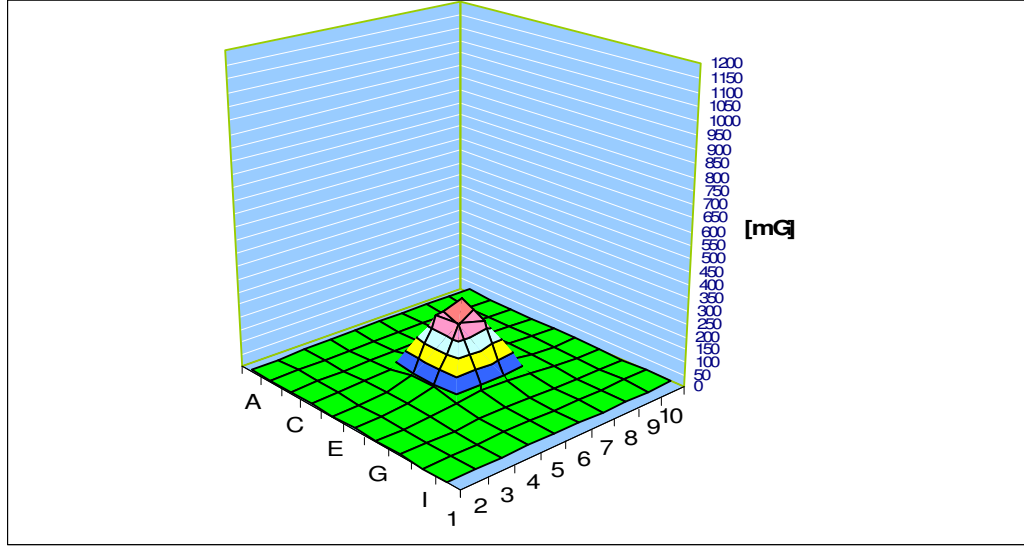
Şekil 4.9 İki kat DKP sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.6 İki kat DKP sacı ekran için magnetik alan dağılımı[mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,5	13,1	16,1	18,4	19,1	19,4	20,4	23	22,7	17,5
B	9,1	12,2	15,5	16,4	14,5	13,8	16,5	17,1	15,7	13,2
C	8,9	11,9	15,5	18,9	18,5	18,6	21	18,5	14,7	10,1
D	8,4	12,7	19,6	32,1	54,7	61,8	38,1	21,1	13,8	9,8
E	7,9	11,1	20,2	50,3	360	301	65	25,2	12,4	7,9
F	6,4	10,2	19,1	53,5	279	293	40,2	17	9,3	6,1
G	5,4	7,6	12,1	26,6	53,5	46,5	24,1	11,9	6,5	4,5
H	4,1	5,5	8,4	13,2	16,8	16,2	10,2	6,5	4,4	3,1
I	3,1	3,6	5,3	7,2	8,3	7,7	5,7	4,1	3,1	2,8
J	2,1	2,5	3,7	4,3	4,4	4,1	3,4	2,7	2,2	2,1

4.1.6 Üç Kat DKP Sacı Ekran Malzemeli Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak üç kat DKP sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.10’da verilmiştir.



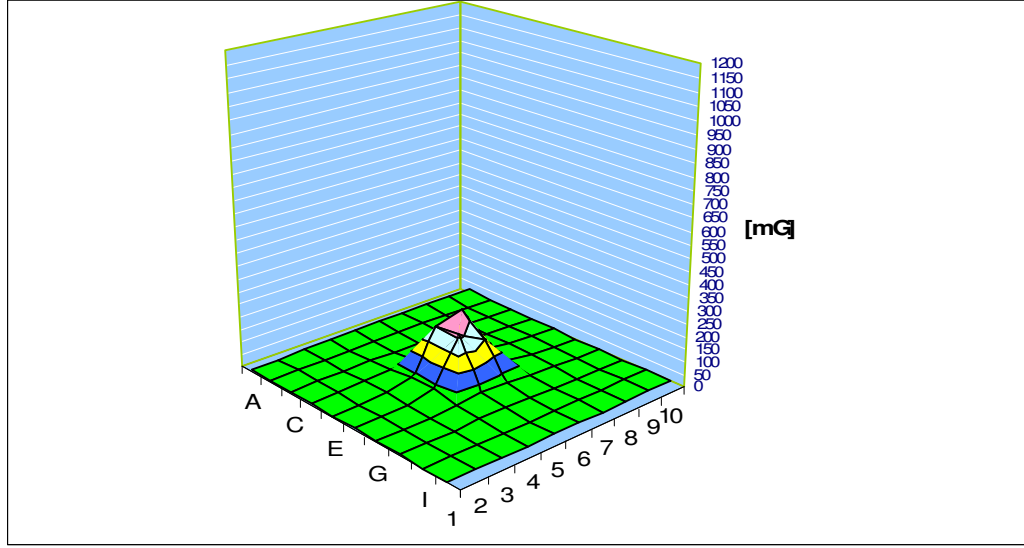
Şekil 4.10 Üç kat DKP sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.7 Üç kat DKP sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,5	12,4	16,1	18,5	19,8	19,5	21,3	21,9	21,2	17,1
B	9,1	11,7	14,3	16	13,8	13,2	15,7	16,4	15,1	11,8
C	8,2	11,1	13,9	16,5	15,4	14,9	17,2	16,9	13,5	9,9
D	7,8	11,6	17,3	26,1	40,8	43,1	28,8	18,2	12,3	9,2
E	6,8	10	17,2	40,5	241	274	47,6	19,3	11,2	7,1
F	6,1	8,8	15,9	46,4	251,4	227,5	32,8	13,6	7,7	5,7
G	4,9	6,8	10,9	21,3	36,5	33,2	17,6	8,7	5,4	3,7
H	3,5	4,9	7,1	11,1	13,8	12,3	7,6	5,2	3,8	3,3
I	2,7	3,5	4,3	5,5	6,1	5,5	4,7	3,9	3,2	2,7
J	2,3	2,5	3	3,6	3,4	3,5	3,1	3,2	2,7	2,4

4.1.7 Dört Kat DKP Sacı Ekran Malzemeli Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak dört kat DKP sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.11’de verilmiştir.



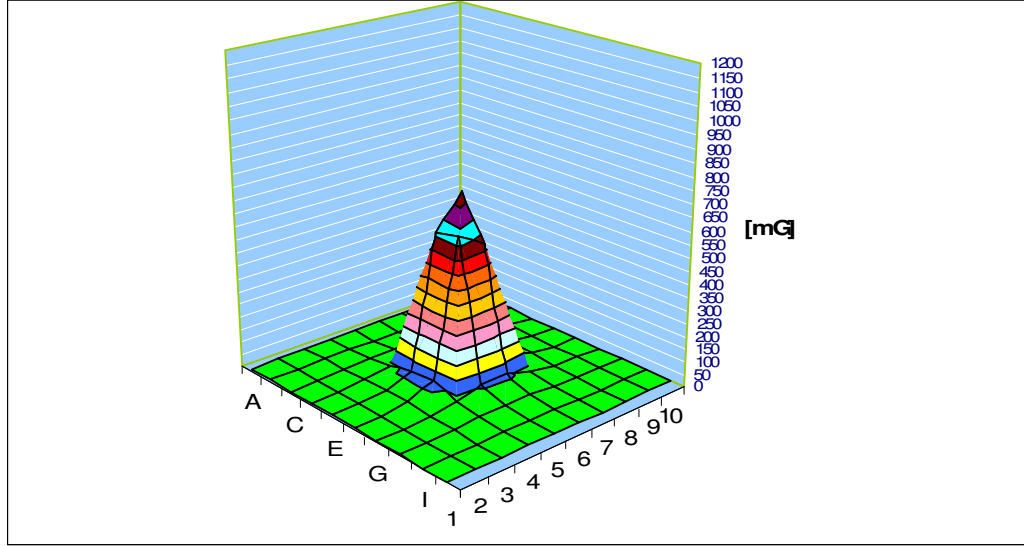
Şekil 4.11 Dört kat DKP sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.8 Dört kat DKP sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,8	12,4	15,7	18,3	20,3	20,1	21,5	21,7	21,9	17,1
B	8,7	11,9	14,2	16	14,9	14	15,8	16,3	14,7	11,6
C	8	10,8	13,8	15,6	13,5	13,9	15,8	14,2	11,7	8,9
D	7,7	10,9	15,2	21,1	18,8	34,7	23,9	15,6	10,6	7,4
E	6,7	9,4	14,1	33,6	200,4	228,8	34,1	16,4	9,3	6,2
F	5,8	8	13,3	33,7	209,8	154,7	27,9	12,1	7,3	5
G	4,7	6,3	9	15,5	27,6	25,2	14,4	8,4	5,4	4
H	4,2	4,8	6,3	8,4	10,9	9,2	6,6	5,3	4,4	3,5
I	3,3	3,5	3,8	4,4	4,9	4,8	4,4	4,1	3,8	3,2
J	3,1	2,9	3,2	3,5	3,4	3,6	3,7	3,6	3,6	3,2

4.1.8 Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak galvanizli sac kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.12’de verilmiştir.



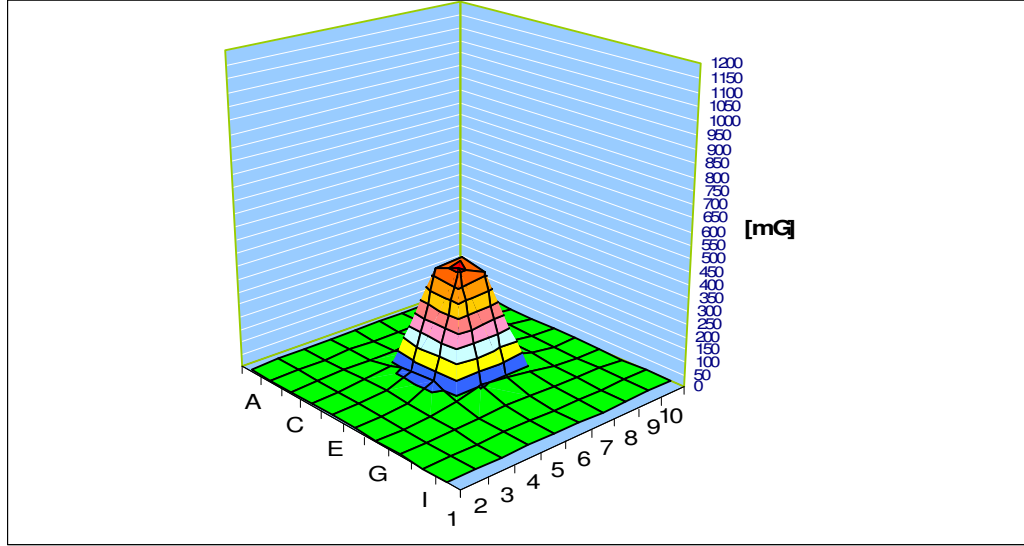
Şekil 4.12 Galvanizli sac ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.9 Galvanizli sac ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	11	14,6	18,1	20,1	20,1	20,2	22	23,7	22,8	17,9
B	13,4	16,8	19,9	18,5	15,6	16,4	18,5	17,4	13,7	11,2
C	10,4	14,8	19,1	23	23,6	25,7	24,9	22,4	16,5	12,1
D	10,8	15	24,2	38,3	63,8	82	42,5	26,1	15,8	11
E	9,5	13,5	24	62,4	564	686	77,3	26,6	15,1	9,8
F	8,4	11,8	24,4	67,3	583	521	55,4	22,2	11,6	7,9
G	6,5	9,1	15,6	32,1	55	57,4	27,1	14,7	8,5	6
H	5,3	6,9	10,7	15,9	22,7	21,7	12,5	8,6	6	4,6
I	3,9	4,5	5,5	6,7	8,2	8	6,3	5,2	4,3	3,3
J	3,1	3	3,5	4,2	4,1	4,2	3,8	3,6	3,4	3,1

4.1.9 İki Kat Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak iki kat galvanizli sac kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.13'de verilmiştir.



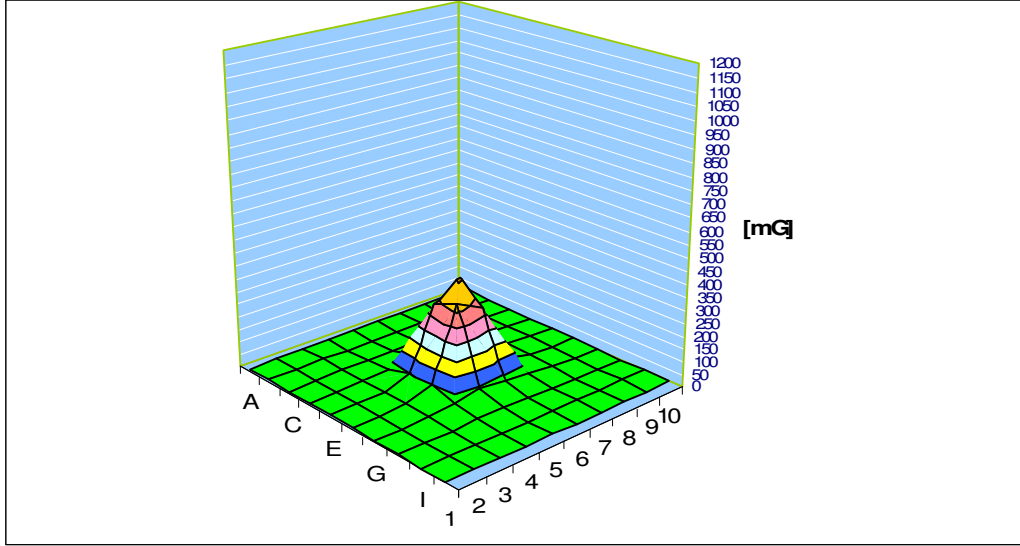
Şekil 4.13 İki kat galvanizli sac ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.10 İki kat galvanizli sac ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	10,8	14,5	17,8	20,2	20,7	20,4	21,6	23,5	22,3	18,8
B	10,6	13,5	16,6	17,9	15,4	14,6	17,7	19,2	17,3	13,5
C	9,8	13,6	17,8	21,2	18,6	22,9	21,6	21,1	15,5	11,3
D	9,8	14,8	21,4	36,9	57,9	69,2	40,5	26,7	15,7	10,3
E	9,3	14	25,2	62,8	430	440	69,4	24,9	14,2	8,8
F	7,9	11,4	22,2	66,8	466	414	49,8	19,9	10,8	7,3
G	6,1	7,6	13,5	30,8	52,6	43,4	26,2	12,2	7,3	5,5
H	4,8	6,1	9,2	12,6	17,7	15	10,4	7	5,2	4,1
I	3,7	4,4	4,9	6	7,3	6,8	5,4	4,4	3,4	3
J	3,4	3,2	3	3,9	3,4	3,5	3,2	3	3,1	2,7

4.1.10 Üç Kat Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak üç kat galvanizli sac kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.14’de verilmiştir.



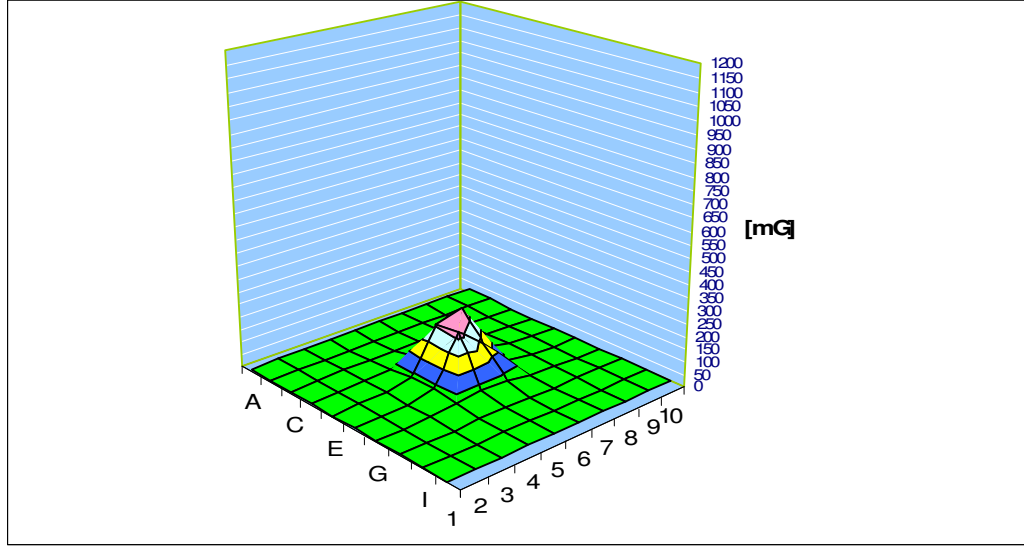
Şekil 4.14 Üç kat galvanizli sac ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.11 Üç kat galvanizli sac ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	10	13,8	17,3	20	20,8	20,2	22,5	24,8	23,9	19,1
B	13,7	16,6	17,8	16,3	14,8	15,6	17,3	15,6	12,7	9,9
C	9,6	12,9	16,2	17,5	15,7	16,2	18,5	17,3	13,5	10,5
D	9	12,3	18,4	26	43,8	44,9	29,6	18,3	12,7	9
E	8,5	12,4	19,9	50,8	288	358	53,5	20,1	11,7	8,1
F	7,3	10,3	17,1	48	325	278	38,8	15,7	9,4	6,4
G	5,7	7,4	11,4	21,4	41,2	33,6	17,8	9,2	6,4	4,9
H	4,7	6	7,1	10,8	13,2	10,2	7,8	6	4,4	3,6
I	3,7	4	4,3	4,7	4,6	4,3	3,8	3,5	3,3	2,9
J	2,8	2,8	2,9	2,8	2,7	2,4	2,6	2,9	2,7	2,6

4.1.11 Dört Kat Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak dört kat galvanizli sac kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.15’te verilmiştir.



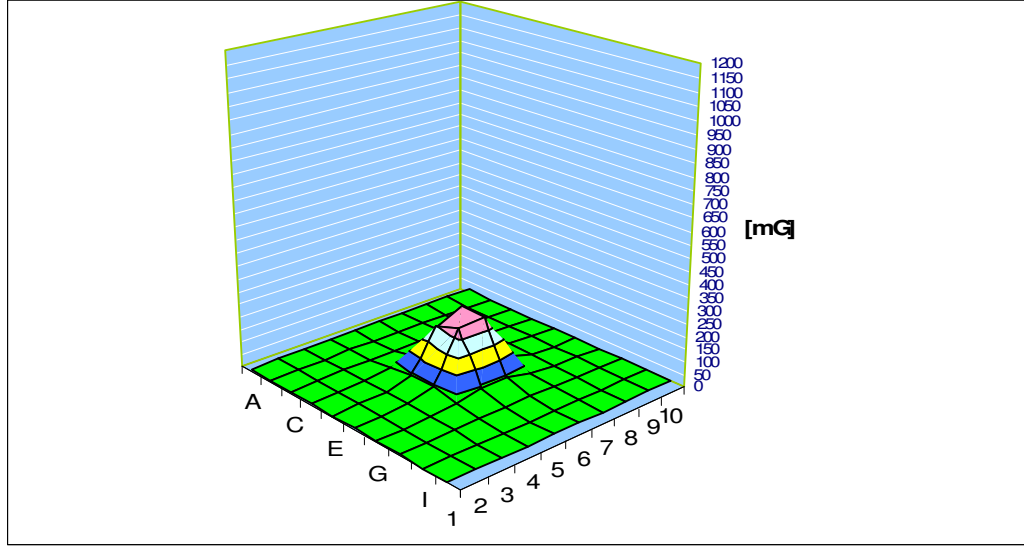
Şekil 4.15 Dört kat galvanizli sac ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.12 Dört kat galvanizli sac ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	10,4	13,6	17,5	19,9	21,3	21,7	23,4	25,2	23,9	18,6
B	9,6	12,6	15,6	17,1	15,7	14,8	16,9	17,6	16,4	13,7
C	8,9	12,4	15,4	16,6	14,7	15,7	17,1	15,9	13,8	10,9
D	8,6	11,6	16,8	24,2	39,9	45,5	28,3	18,3	12,1	9
E	7,9	11,2	17,8	38,6	205,6	239,1	41,2	17,3	10,9	7,2
F	6,9	9,6	14,5	37,9	217,3	135,6	31,4	13	8,3	6
G	5,8	7,5	10,7	19,7	35,2	32,9	14,9	8,8	6,5	5,1
H	4,9	5,9	7,3	9,2	11,4	9	7,2	6,4	5,2	4,5
I	4,4	4,8	4,9	5,4	6	5,8	6	5,4	5	3,9
J	4	4	3,9	4,1	4,3	4,1	4,2	4,2	4,2	4,3

4.1.12 Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.16'da verilmiştir.



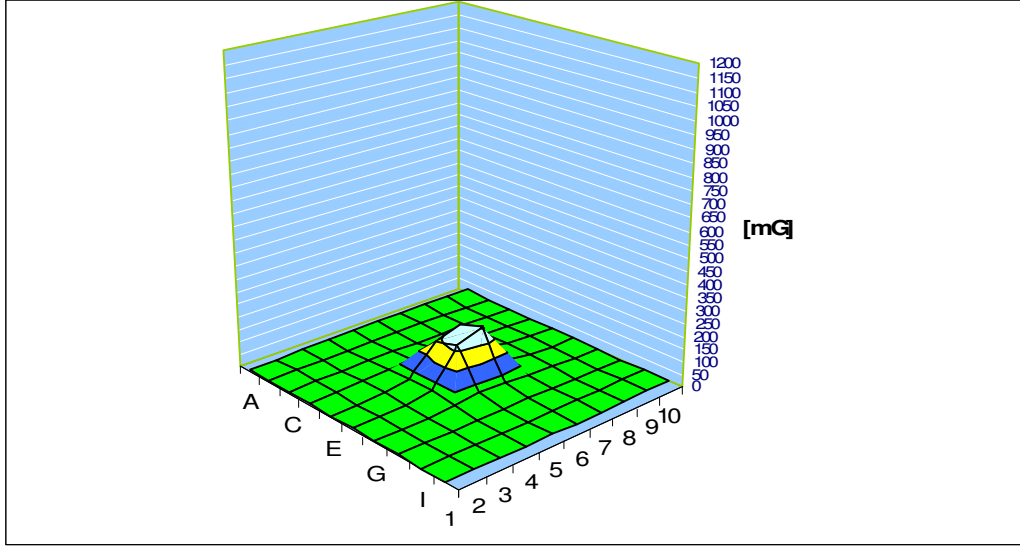
Şekil 4.16 Trafo sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.13 Trafo sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,99	13,06	16,61	19,65	20,74	20,69	21,96	23,05	23,32	17,58
B	9,7	12,58	15,59	17,43	16,46	16,02	16,9	16,44	14,39	12,13
C	9,53	12,76	16,11	17,95	15,99	17,6	18,11	15,41	12,48	9,34
D	9,14	12,68	18,9	28,3	36	47,2	29,13	17,11	11,19	8,24
E	7,7	11,68	19,51	47	198	249	47,7	18,7	10,36	6,92
F	6,75	10,32	17,6	44,6	234	238	43,1	16,23	8,95	6,17
G	5,68	7,7	11,66	22,4	43,4	42,2	22	11,32	7,89	5
H	4,27	5,4	7,52	11,04	15,3	14,31	10,28	6,83	5,54	4,11
I	3,42	3,54	4,12	4,56	5,19	4,94	4,73	4,29	3,93	3,43
J	2,85	3,04	3,08	3,06	2,97	3,02	3,25	3,4	3,21	2,93

4.1.13 İki Katlı Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak iki kat trafo sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.17'de verilmiştir.



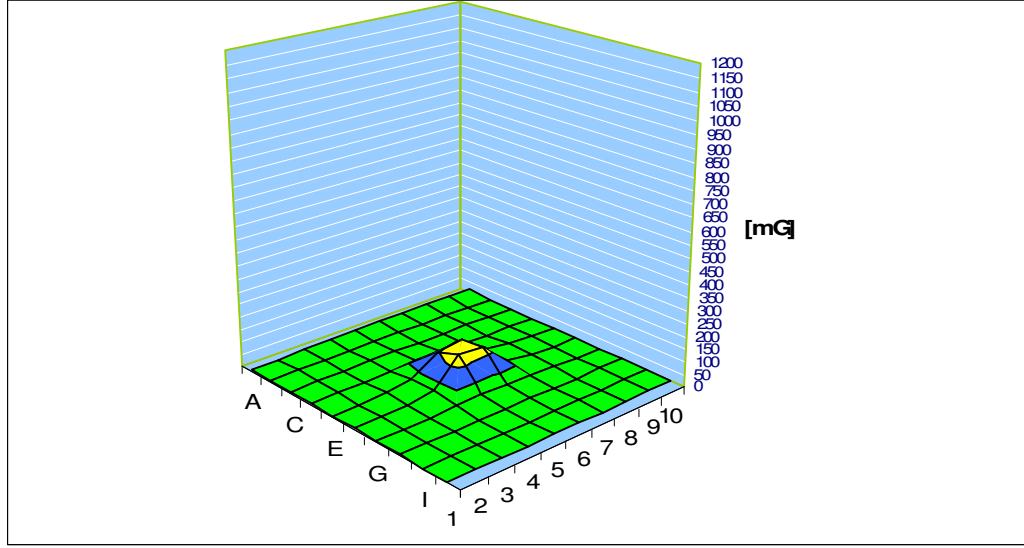
Şekil 4.17 İki kat trafo sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.14 İki kat trafo sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,67	12,63	16,43	19,39	20,97	21,31	21,83	23,19	20,62	17,56
B	9,44	12,49	15,36	16,76	16,19	15,19	15,76	15,66	13,9	11,81
C	8,57	11,64	14,52	16,69	14,72	13,98	15,68	14,54	12,51	9,84
D	8,12	11,29	15,43	21,1	24,7	31,6	24,7	15,83	11,46	8,21
E	6,99	10,2	15,5	32,2	140,6	171,3	41,3	17,6	10,81	7,23
F	6,1	8,14	12,86	31,9	165,7	200,8	32,5	14,03	8,53	5,78
G	5,02	6,08	8,3	13,35	24,18	23,3	13,8	8,66	6,2	4,52
H	3,83	4,61	5,15	5,82	7,3	6,7	5,88	5,46	4,62	3,74
I	3,35	3,37	3,34	3,69	3,3	3,59	3,91	3,96	3,67	3,19
J	2,84	3,01	2,87	2,47	2,69	2,55	3,07	3,28	3,08	2,73

4.1.14 Üç Katlı Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak üç kat trafo sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.18'de verilmiştir.



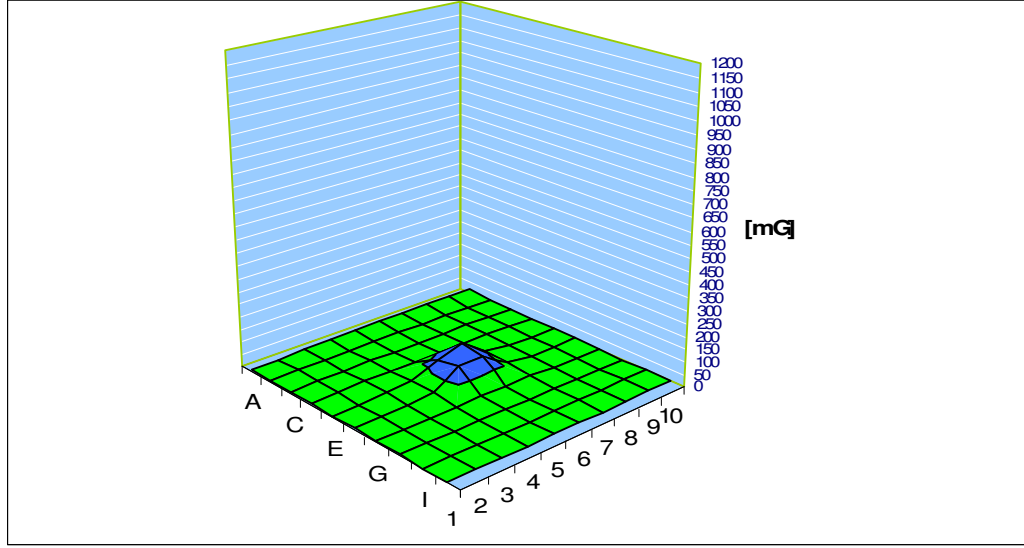
Şekil 4.18 Üç kat trafo sacı ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.15 Üç kat trafo sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,26	12	15,61	18,68	20,03	20,7	21,3	21,7	21,4	17,96
B	8,75	11,25	14,1	16,36	16,08	14,96	15,31	15,62	14,18	11,81
C	8,24	11,02	14,29	15,97	14,02	12,89	14,19	13,54	11,11	8,78
D	7,72	10,46	10,12	18,59	20,31	21,11	18,26	12,74	10,45	7,37
E	6,96	9,71	14,91	31,6	95,9	110	36,5	16,54	9,95	7
F	6,34	8,54	13,24	28,5	129,9	120,2	26,8	13,1	8,9	5,53
G	5,44	6,96	8,61	13,06	21,1	16,86	11,51	8,38	6,15	4,57
H	4,51	4,94	5,71	5,49	5,46	5,99	6,13	6,12	5,07	4,11
I	3,88	4,03	3,86	3,48	3,13	3,5	4,17	4,35	4,2	3,42
J	3,35	3,41	3,31	3,24	2,97	3,35	3,66	3,84	3,51	3,35

4.1.15 Dört Katlı Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak dört kat trafo sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.19’da verilmiştir.



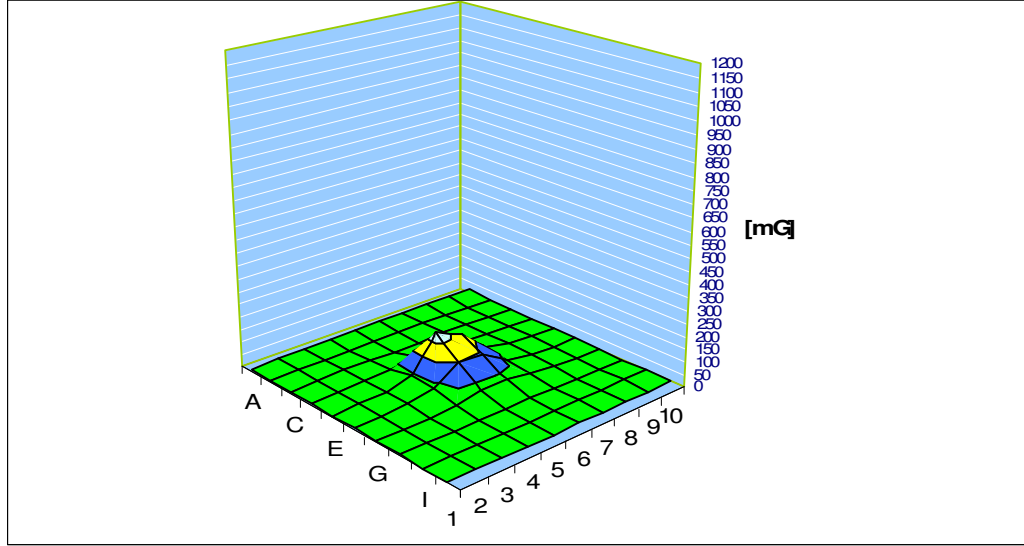
Şekil 4.19 Dört kat trafo sacı ekranlı magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.16 Dört kat trafo sacı ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,82	10,86	15,27	18,74	20,78	20,76	21,51	21,91	21,04	17,85
B	8,78	11,44	13,82	15,85	16,17	15,33	14,88	14,7	14,04	12,11
C	7,94	10,6	13,31	15,06	13,5	12,2	13,5	13,04	11,33	8,8
D	7,6	10,22	13,7	17,24	16,93	16,73	16,7	13,4	10,06	7,52
E	6,73	9,21	13,65	22,8	64,8	94,2	24,9	13,07	8,94	6
F	6,42	8,47	11,7	22,7	88,3	82	20,09	10,9	7,32	5,35
G	5,39	6,52	7,6	8,55	12,58	10,43	9,65	7,43	5,55	4,22
H	4,46	4,87	4,93	4,5	3,28	3,69	5,24	5,24	4,4	3,45
I	3,48	3,88	4,3	4	3,4	2,9	3,4	4	4,1	3,9
J	3,69	3,56	3,7	3,55	3,62	3,5	3,79	4,21	3,58	3,35

4.1.16 Alüminyum-Trafo Sacı Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak alüminyum-trafo sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.20’de verilmiştir.



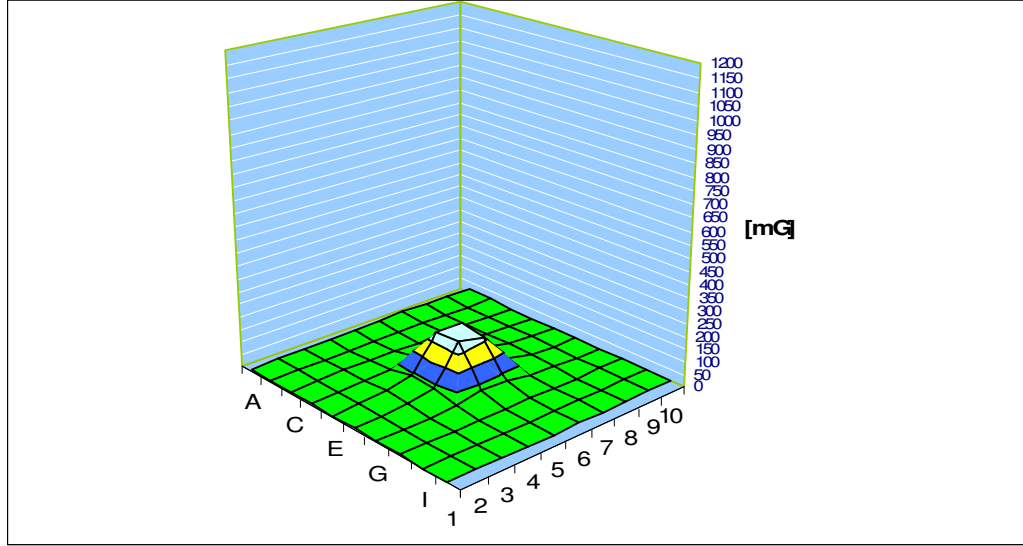
Şekil 4.20 A-T ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.17 A-T ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,5	12,9	16,8	18,5	20,4	20,2	22,2	22,7	21,6	17,26
B	8,8	12,3	14,9	14,3	14,6	13,8	16,3	17,6	15,7	12,5
C	9,4	11,6	14,8	16,4	13,7	14	17,3	16,5	13,5	9,3
D	8,2	10,6	16,6	23,7	37	40,2	26,4	17,7	11,6	8,1
E	7,4	11	18,5	45,5	175,7	129,4	40	16,6	9,8	6,7
F	6,4	8,7	16,1	36,6	98,6	90	34	14,9	8,9	5,4
G	4,5	8,6	10,2	19	33,3	36,4	17,6	8,6	5,5	4
H	3,6	4,1	5,1	7,1	8,3	8,8	8,6	6,2	4,5	3,4
I	2,7	3,1	3,6	4	4,8	4,8	4,2	3,7	3,3	2,8
J	2,2	2,6	2,5	2,6	2,6	2,9	2,9	2,9	2,8	2,4

4.1.17 Trafo Sacı-Alüminyum Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı-alüminyum kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.21’de verilmiştir.



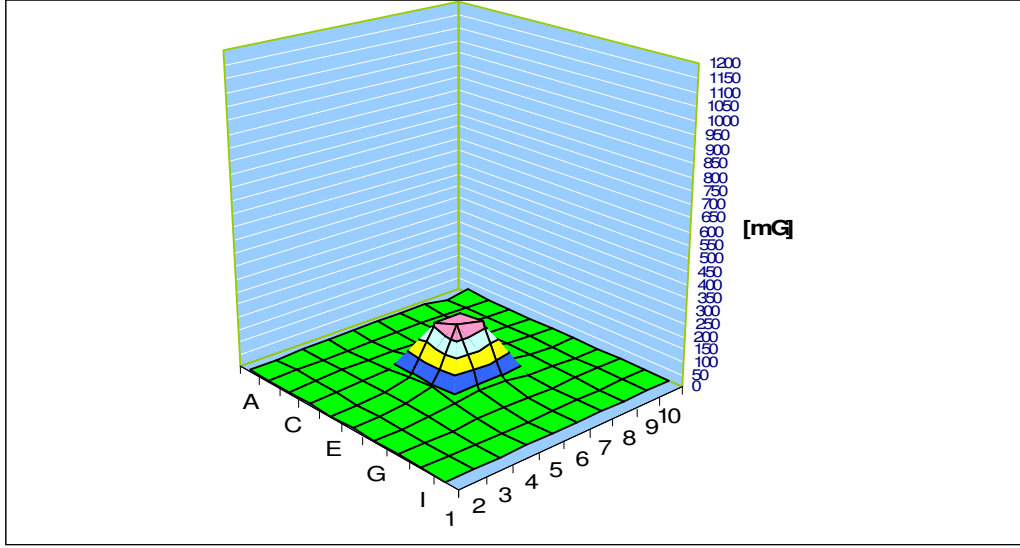
Şekil 4.21 T-A ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.18 T-A ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	10,29	13,44	17,15	20,14	22,1	22,5	23,5	23,6	24,4	19,1
B	9,37	12,65	15,64	17,04	16,27	14,77	16,05	16,85	15,74	13,56
C	8,97	12,4	15,58	17,24	15,39	14,73	16,69	15,67	13,51	10,5
D	8,71	11,72	16,9	23,4	36,5	36,9	26,6	17,79	12,25	9,19
E	7,97	11,18	27,93	40,8	175,7	179,5	41,4	19,01	11,31	7,93
F	7,11	9,26	15,6	35	185	160,9	38,7	15,85	9,28	6,61
G	5,89	7,35	9,71	15,79	30,3	26,9	15,26	10,81	7,32	5,34
H	4,78	5,04	5,86	7,08	8,92	8,14	7,01	5,94	5,13	4,12
I	3,92	4	3,88	3,47	3,35	3,55	4,22	4,33	4,09	3,65
J	3,4	3,41	2,14	2,86	2,5	3,11	3,29	3,77	3,57	3,17

4.1.18 Bakıt-Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak bakır-trafo sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.22’de verilmiştir.



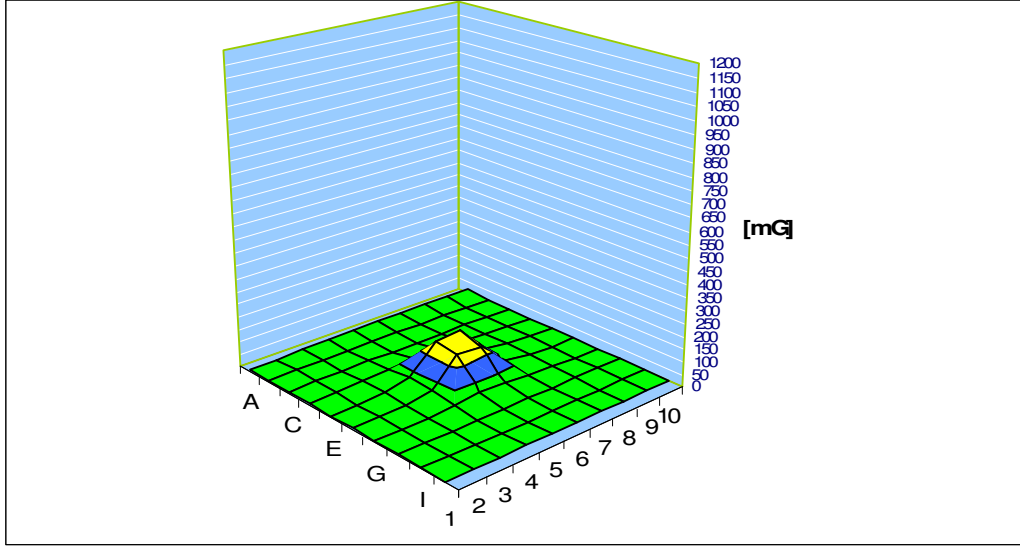
Şekil 4.22 B-T ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.19 B-T ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,3	12,3	16,4	19,7	20,7	20,7	21,8	24,8	2,2	16,9
B	8,7	11,8	14,6	16,2	14,9	14,4	15,8	16,7	15,3	11,5
C	8,5	11,4	14,7	16	14,5	14,2	16,7	15,6	12,4	9,1
D	8,2	10,9	15,6	22,5	33,5	36,1	24,6	16,1	10,8	7,4
E	7,2	10,3	16	35,1	211,3	215,5	39,9	15,5	9,7	6,3
F	7	9,4	16,3	44,4	249,6	223,2	32,2	13,9	7,6	5,5
G	5,9	7,2	11	20,1	30,6	31,2	16,7	9,4	6,7	5,2
H	4,8	5,8	7	8,2	10,6	10	8,5	7,2	5,8	4,6
I	4,3	4,6	4,9	4,8	4,7	5	5,5	5,5	5,2	4,6
J	4,4	4,2	4,2	4,3	4,3	4,7	5,1	5	5,2	4,8

4.1.19 Trafo Sacı-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı-bakır kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.23’te verilmiştir.



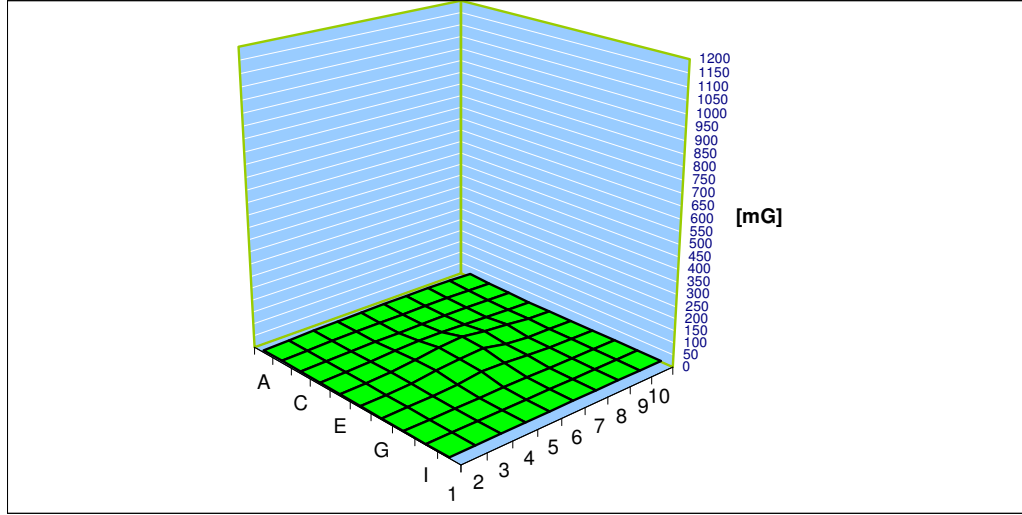
Şekil 4.23 T-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.20 T-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,2	12,6	15,7	17,9	19,2	19,5	20,7	22,9	21,4	16,8
B	8,4	11,3	14,1	14,7	13,6	12,8	15,3	16,4	13,8	10,4
C	8	10,9	13,8	14,4	11,8	12,3	15,3	14,6	11,7	8,6
D	7,8	11,1	15,1	20,8	29,1	31,5	24,5	16,6	10,6	6,8
E	7,3	10,4	16,5	34	137,1	149,7	37,5	17,5	10	6,1
F	6,7	8,9	14,8	28,1	133,3	121,8	29,2	13,5	8,4	5,7
G	5,9	7,4	9,5	14,1	24,6	25,1	15,4	10,1	7,4	5,7
H	4,9	5,9	6,7	7,5	7,2	7,5	7	6,7	5,8	5,1
I	4,1	4,9	4,8	4,9	5	5,1	5,6	5,8	5,4	5
J	4,2	4,5	4,7	4,8	4,7	5	5,5	5,8	5,6	5

4.1.20 Alüminyum-Trafo Sacı-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak alüminyum-trafo sacı-bakır kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.24’de verilmiştir.



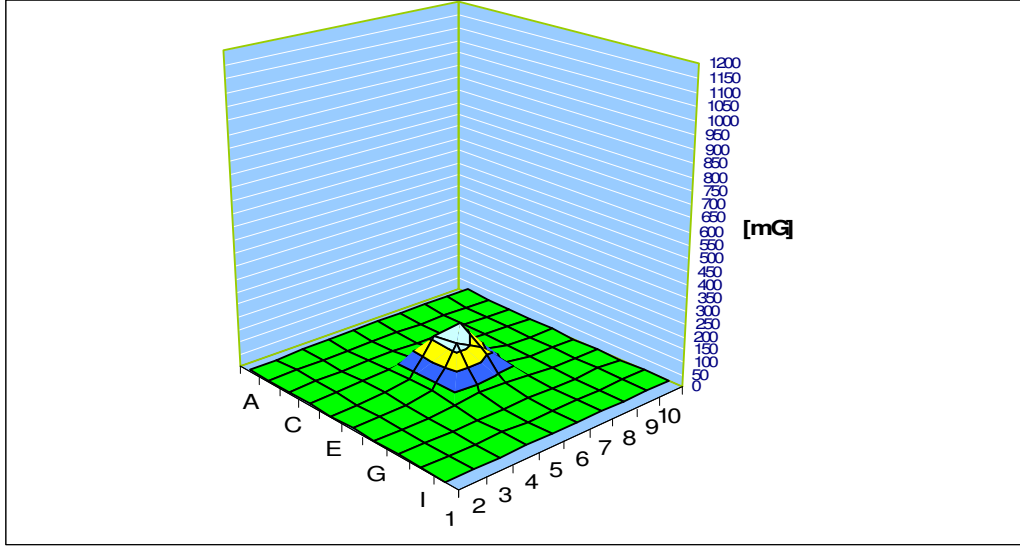
Şekil 4.24 A-T-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.21 A-T-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,4	11,8	15,5	17,8	19,9	20,7	21,1	21,8	21	16,9
B	8,6	11,6	14,7	15,9	16,5	15,7	17,5	17	14,1	11,2
C	8,5	10,6	13,2	14,8	14,4	13,9	15,8	14	10,5	7,7
D	7,6	10,1	13,5	19,5	23,1	21,7	16,9	12,1	8,2	5,6
E	7	9,1	14,1	24,1	38,8	45,9	30,3	20,8	9	4,7
F	5,4	7,5	12,5	25,1	34,6	40,6	17	8,8	5,2	3,9
G	4,8	6,1	8	14	25,5	21,5	14,2	7,6	5	3,8
H	3,7	4,4	5,1	5,5	6,7	6,8	5,4	5,8	4,2	3,5
I	3	3,5	3,8	3,7	3,8	4,2	4,1	3,9	3,8	3,1
J	2,9	3,2	3,3	3,1	3,1	3,2	3,5	3,3	3,2	3

4.1.21 Bakır-Trafo Sacı-Alüminyum Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak bakır-trafo sacı-alüminyum kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.25’te verilmiştir.



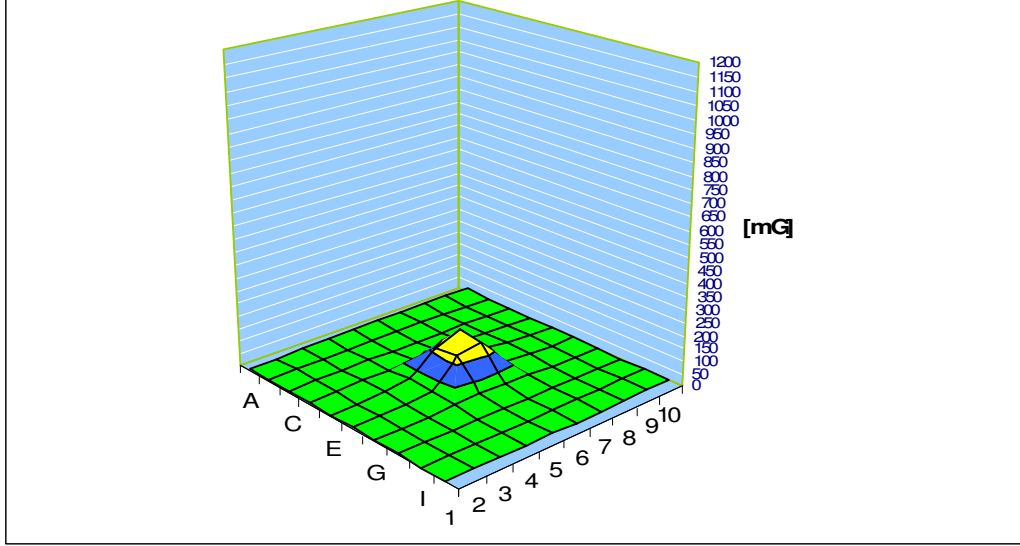
Şekil 4.25 B-T-A ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.22 B-T-A ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,7	12,3	15,8	18,9	20,7	21,1	21,4	23,2	21	16,5
B	8,1	10,9	13,6	15,6	15,2	14,9	15,4	16,4	14,5	10,9
C	7,9	10,7	13,4	15,3	15	14,3	15,4	14,3	11,2	8,1
D	7,5	10,1	13,6	19,9	29,2	31,9	21,1	13,8	9,9	7
E	7,5	9,6	14,2	30,4	164,9	176,5	32,3	13,9	8,6	5,6
F	6,2	8,3	12,5	26,8	175,4	122,3	22,9	10,4	7	4,8
G	5,3	6,5	9,4	16	26,9	21,9	11,9	7,7	5,6	4,4
H	4,7	5,3	6,3	7,6	9	7,7	6,2	5,9	4,9	4,1
I	4,2	4,7	4,8	5,1	5,2	4,8	4,8	5	4,6	3,9
J	4	4,1	4,3	4,2	4,5	4,4	4,6	4,6	4,5	4,5

4.1.22 Trafo Sacı-Alüminyum-DKP Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı-alüminyum-DKP sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.26’da verilmiştir.



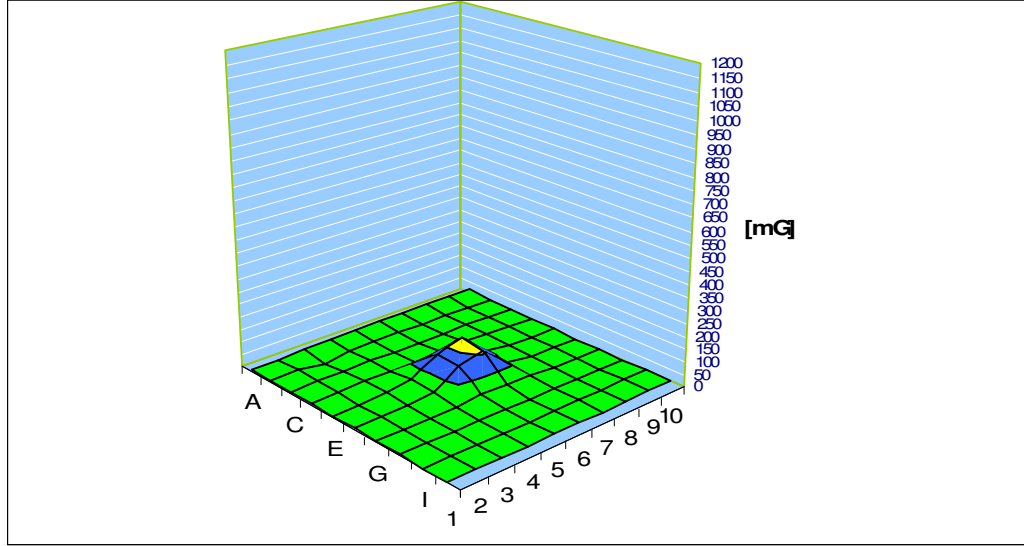
Şekil 4.26 T-A-D ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.23 T-A-D ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,35	12,45	15,95	19,19	20,88	21,13	21,57	23,05	23,1	18,25
B	8,83	12,1	14,73	16,04	15,37	14,85	15,97	16,89	15,67	12,94
C	8,47	11,29	13,88	15,3	13,24	12,83	15,19	15,02	12,73	9,64
D	7,83	10,63	14,01	18,25	21,41	22,63	19,2	15,31	11,09	8,4
E	7,17	10,12	14,71	27,6	109,1	148,9	31,2	15,67	9,84	6,9
F	6,33	8,7	12,66	24,2	120,4	134,7	26,3	12,36	7,82	5,73
G	5,46	6,63	8,38	13,5	18,5	16,29	10,46	7,7	5,91	4,42
H	4,08	4,85	5,37	5,93	4,89	4,46	4,95	5,15	4,38	3,7
I	3,4	3,81	3,62	3,45	3,03	2,84	3,52	3,65	3,57	3,17
J	3,21	3,23	2,94	3,02	2,74	2,76	2,91	2,96	2,95	2,71

4.1.23 Trafo Sacı-Alüminyum-Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı-alüminyum-DKP sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.27'de verilmiştir.



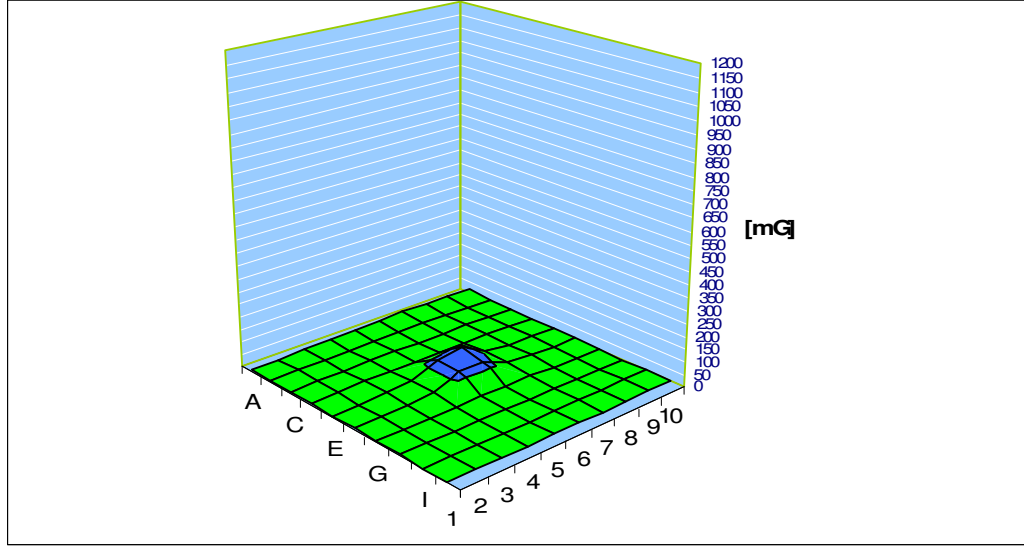
Şekil 4.27 T-A-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.24 T-A-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,66	12,12	16,06	18,95	20,37	20,06	21,32	24,19	22,6	18,1
B	9,07	11,8	14,85	16,53	15,47	14,92	15,22	15,85	14,96	12,46
C	8,66	11,42	13,94	15,6	13,09	12,09	13,94	13,41	11,62	9,29
D	8,25	11,04	14,82	18,9	10,79	22,86	19,49	13	9,89	7,62
E	7,78	10,38	15,54	28,1	89	116,6	29,8	12,33	8,75	6,52
F	6,51	8,61	12,24	20,25	86,3	105,9	26,4	9,81	7,11	5,29
G	5,22	6,52	8,01	10,74	16,08	14,5	10,83	6,7	5,55	4,28
H	4,32	4,7	5,25	5,63	4,81	4,29	4,44	4,91	4,32	3,5
I	3,64	3,94	4,04	3,72	3,45	3,36	3,66	3,73	3,66	3,01
J	3,21	3,28	3,19	3,09	3,11	3	3,32	3,43	3,26	2,72

4.1.24 Trafo Sacı-Alüminyum-Trafo Sacı Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı-alüminyum-trafo sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.28'de verilmiştir.



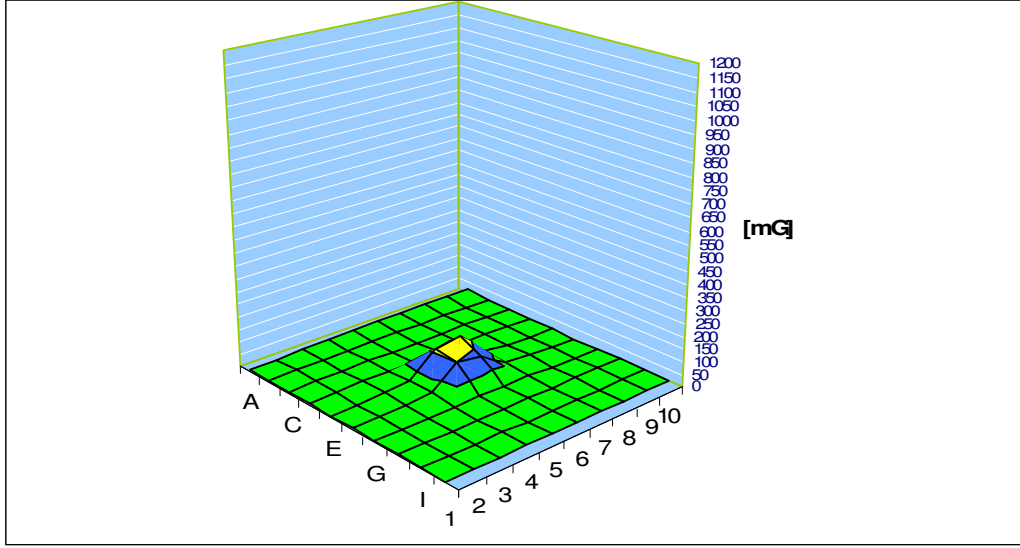
Şekil 4.28 T-A-T ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.25 T-A-T ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,97	12,4	15,88	19,55	21,66	22,26	23,63	24,9	23,5	19,6
B	8,75	11,72	14,8	16,82	16,51	15,69	15,95	16,09	15,2	12,68
C	8,26	10,86	13,78	15,3	14,04	12,71	14,03	13,71	12,43	9,53
D	7,97	10,5	13,84	17,04	16,45	17,25	17,29	13,7	10,45	7,72
E	7,2	9,66	13,66	22,5	63,1	76,6	26,3	14,2	9,11	6,51
F	6,19	8,04	10,74	18,74	64,7	64,9	22,5	11,21	7,65	5,58
G	5,52	6,49	7,44	9,54	10,17	9,56	9,99	7,88	5,8	4,52
H	4,1	4,66	4,8	5,1	4,06	4,07	5,1	5,39	4,58	3,64
I	3,41	3,65	3,71	3,26	2,99	3,41	3,51	3,69	3,3	2,85
J	2,93	3,21	3,13	3,04	2,91	2,83	3,09	2,92	2,9	2,52

4.1.25 Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı-bakır-galvaniz sac kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.29’da verilmiştir.



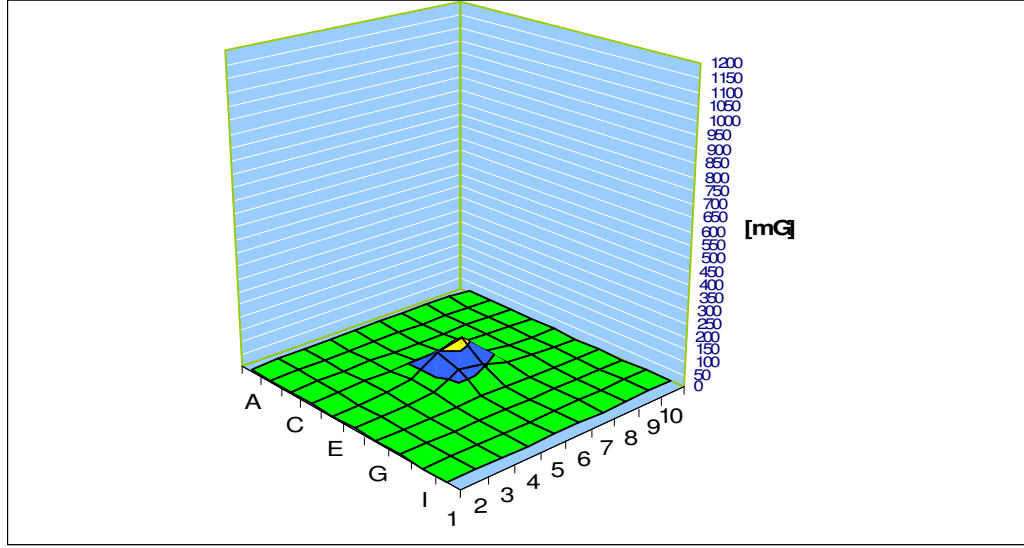
Şekil 4.29 T-B-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.26 T-B-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,8	12,3	15,6	18,1	20,7	20,9	22,3	24,5	21,5	16,2
B	8,3	11,1	13,9	13,7	14,1	13	14,8	15	14,2	10,9
C	7,6	10,6	13,3	14,3	12,3	12	14,6	13,5	11,4	8,1
D	7,7	10,7	14,2	17,2	16,7	20,1	17,7	13,5	9,6	6,8
E	7,3	9,7	14,2	24,2	108,5	125,3	26,2	13,3	8,7	5,9
F	6,8	8,7	11,9	22,7	100,1	85,9	20,1	11,3	7,2	5,1
G	5,9	7,2	9,3	11,3	11,3	10,1	9,6	7,7	6,3	5
H	5,2	5,9	6,4	6,3	5,6	5,5	6,7	6,3	5,6	4,7
I	4,9	5	5,2	5,2	5	5,3	5,6	5,8	5,4	4,6
J	4,7	4,7	4,9	5	5	5,1	5,3	5,4	5,5	4,9

4.1.26 Trafo Sacı-Bakır-DKP Sacı Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı-bakır-DKP sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.30’da verilmiştir.



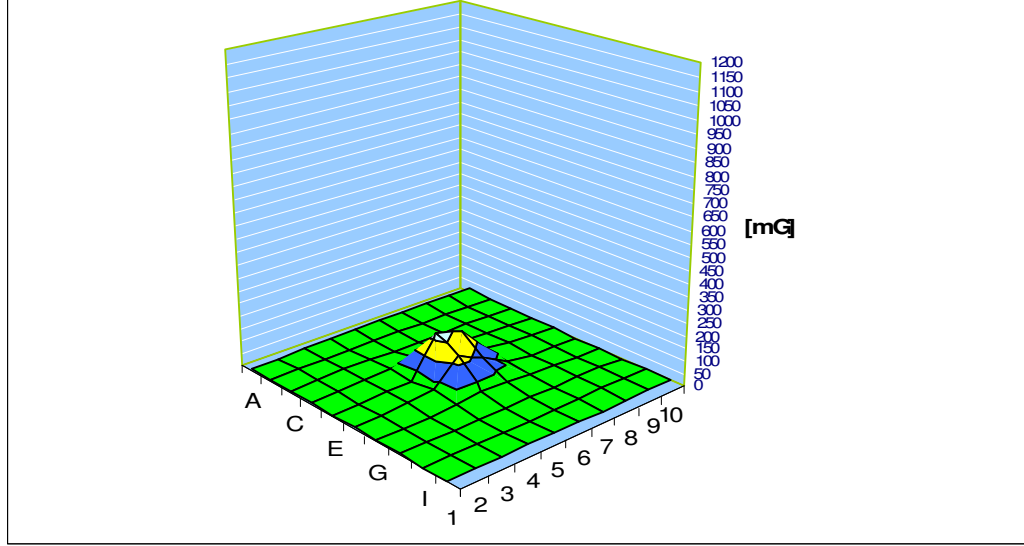
Şekil 4.30 T-B-D ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.27 T-B-D ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,1	13,2	16,2	18,9	20,5	21	21,9	23,3	21,4	16
B	8,3	11,2	13,9	15,7	15,4	14,5	14,3	13,7	14,3	11
C	7,8	10,6	13,3	14,6	12,3	12,2	14,3	14	11	8,5
D	7,5	9,9	13,9	17,3	19,9	22	19,3	14,2	9,7	6,9
E	6,8	9	13,9	25,6	96,8	118,9	24,8	13,7	8,7	5,7
F	5,8	8	11,7	18,5	72,9	53,1	21,6	11,2	6,8	4,5
G	4,8	5,7	7,2	9,5	11,4	9,4	8,2	6,5	4,9	3,8
H	3,6	4	4,7	4,9	4,2	4	3,9	4,6	4,6	4
I	3,1	3,4	3,6	3,6	3,5	3,5	3,7	3,8	3,4	3,1
J	2,5	3,1	3,1	3,1	3,3	3,1	3,4	3,8	3,2	3

4.1.27 Alüminyum-Trafo Sacı-Galvanizli Sac Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak alüminyum-trafo sacı-galvanizli sac kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.31’de verilmiştir.



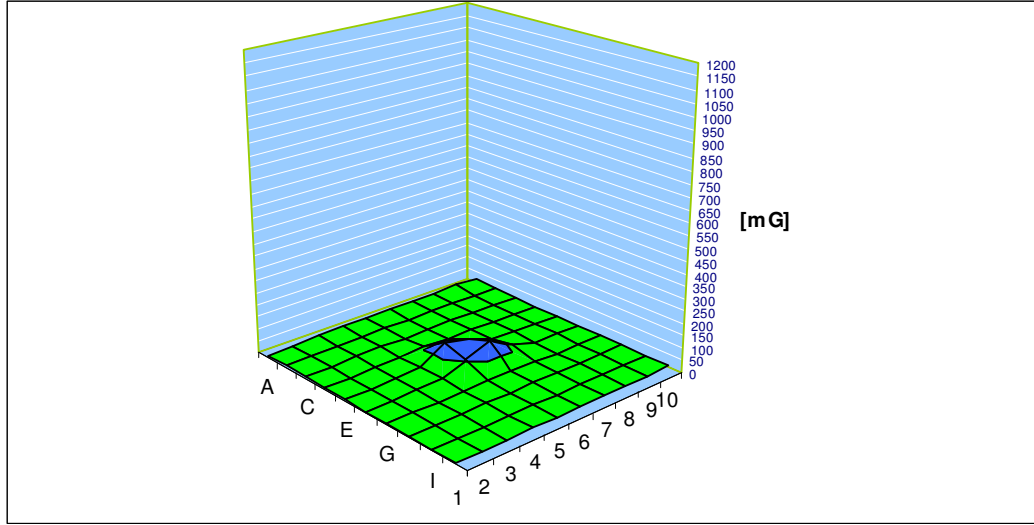
Şekil 4.31 A-T-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.28 A-T-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9	11,3	16	17,9	19,5	20,4	21,3	22	20,3	17,2
B	8,2	11,8	14,3	15,2	14,4	13,4	14,9	14,7	12,8	10,2
C	8,1	13,9	14,7	15,1	12,8	12,2	15	13,3	10,5	7,5
D	7,3	10,3	15	21,2	28,8	31	19,7	14,3	9,3	6,1
E	7,1	10	14,4	13,4	173,7	137,6	36,5	16,7	9,5	5,8
F	6,3	9,3	15,6	31,5	120,5	77,7	24,3	10,4	7,2	5
G	5,3	6,6	10,1	17,5	28,6	23,1	16,1	8,8	6	4,4
H	4,4	4,9	5,6	6,7	8,1	7,7	6,6	6,3	4,9	4
I	3,5	3,9	4,3	4,2	4,5	5,2	5,3	6,2	5	3,8
J	3,6	3,5	3,8	3,6	3,7	3,9	3,9	4,2	4,3	4

4.1.28 Alüminyum-Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak alüminyum-trafo sacı-bakır-galvanizli sac kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.29’da verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.32’de verilmiştir.



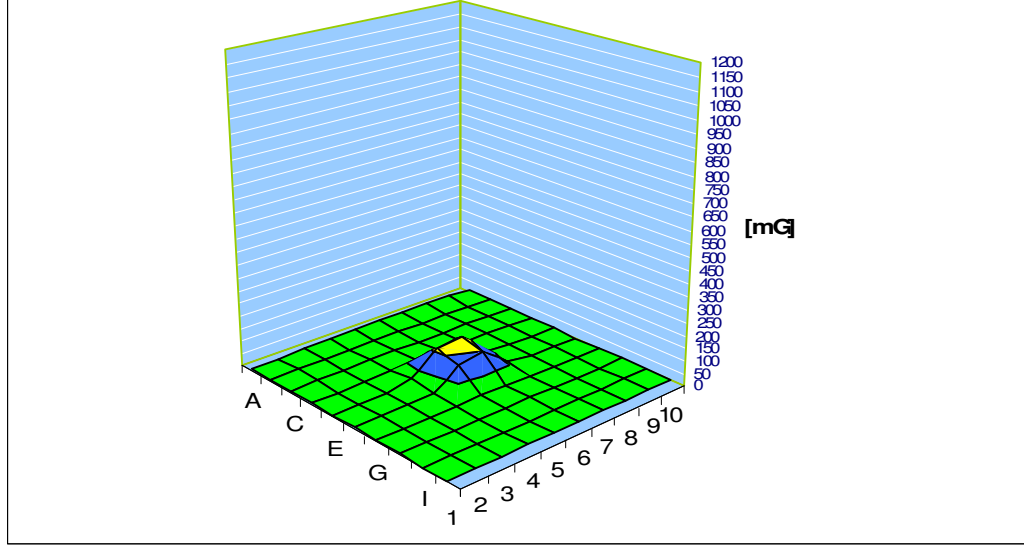
Şekil 4.32 A-T-B-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.29 A-T-B-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,6	11,6	15,3	18	20,5	20,9	22	20,9	21	17,5
B	8,1	11,4	14,1	15,8	16	15,3	15,6	14	12,6	10,6
C	7,1	10,1	13,1	14,8	14,5	13,5	14,1	12,9	10	7,3
D	9,4	8,6	11,5	15,3	18,7	16,5	14,5	11,5	11,9	5,9
E	6,2	8,9	14,1	18,4	81,7	53,9	16,2	9,6	6,7	5
F	5	6,4	9,5	15,3	52,3	95,3	36,7	8,7	6,3	4,2
G	4,7	5,6	7	9,6	12,4	11,6	7,6	3,8	4,5	3,7
H	3,9	4,2	5	5,4	6,2	5,9	5,4	4,9	4,5	3,6
I	3,6	4,2	4,3	4,4	4,3	4,2	4,2	4,6	3,8	3,5
J	3,3	3,5	3,6	3,7	3,9	3,8	4,1	4	4,1	3,7

4.1.29 Alüminyum Trafo Sacı-Gavanizli Sac-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak alüminyum-trafo sacı-galvanizli sac-bakır kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.33'te verilmiştir.



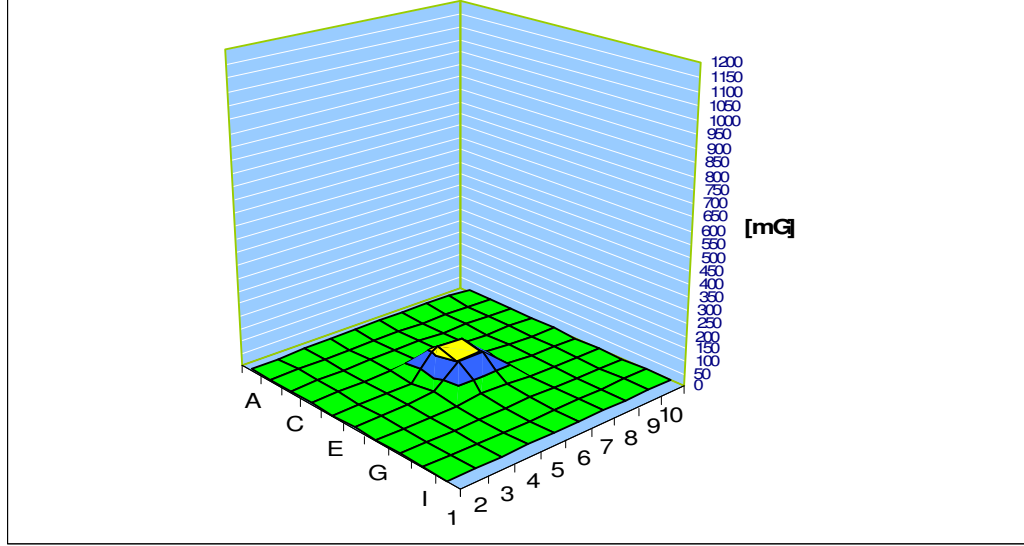
Şekil 4.33 A-T-G-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.30 A-T-G-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,3	11,5	14	17,6	19,9	20,4	20,2	20,6	19,7	16
B	10,2	11,2	14,1	15,9	15	14,3	14,7	13,7	12,3	11
C	7,8	9,6	12,2	14	14,1	14	15,1	14	11,7	8,8
D	6,7	8,7	12,1	15,7	21,5	25,4	17,1	13,2	8,8	5,8
E	6,4	8,5	11,9	26	108,9	118,9	19,6	9,9	6	4,3
F	5,6	7,1	9,1	14,6	86,4	98,5	25,7	10,7	7,8	4,3
G	4,8	5,9	7,3	9,5	14,1	11,4	8,7	6,9	5,2	3,9
H	4,3	4,9	5,4	6,2	6,1	5,9	5,9	5,2	4,6	4,2
I	3,8	4	4,5	4,4	4,5	4,7	4,4	4,2	4	3,6
J	3,5	3,3	4	3,9	4,2	3,8	4,2	4	3,8	3,8

4.1.30 Bakır-Trafo Sacı-Alüminyum-Galvanizli Sac Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak bakır-trafo sacı- alüminyum-galvanizli sac kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.34’te verilmiştir.



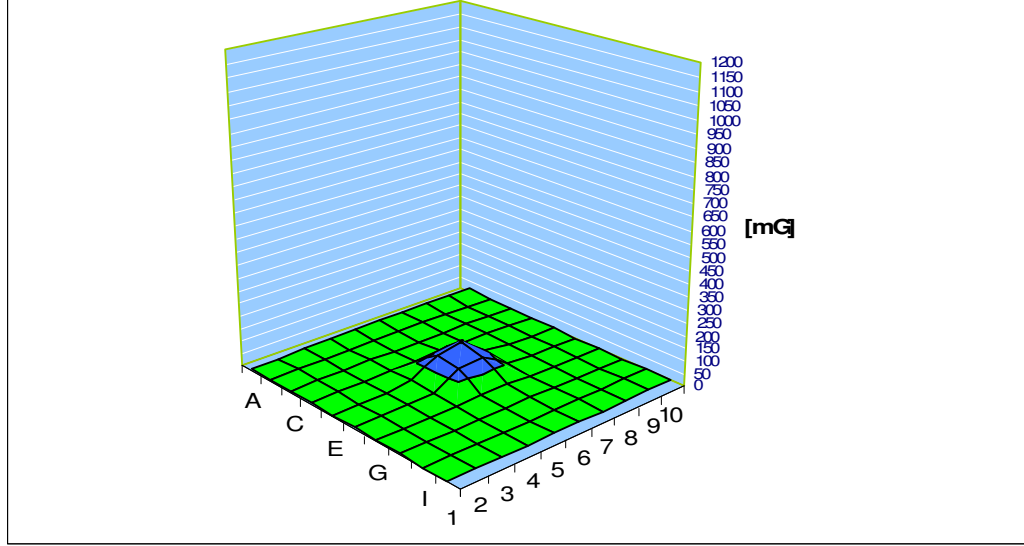
Şekil 4.34 B-T-A-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.31 B-T-A-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,7	12,2	15,8	19,4	20,7	21,7	21,9	23,9	20,2	15,9
B	8,7	11,4	14,3	16	16,2	15,7	15,4	15,4	13,8	11
C	7,9	10,3	12,8	14,6	15	14,9	13,9	13	10,9	8,4
D	7,1	9,1	12,7	16,8	23,7	23,3	15,9	12,1	9,1	6,7
E	6,8	8,6	11,7	9,7	120	110,4	20,4	11,4	7,6	5,2
F	5,8	7,1	9,1	18,9	98,2	97,9	14,7	8,2	5,8	4,6
G	4,8	5,9	7,4	11,1	18,4	14,1	8,5	6,3	5	4
H	4,3	5,1	5,5	6,4	6,7	6	5,8	5,4	4,5	3,9
I	4,1	4,9	4,9	4,9	5	4,9	5,1	5	4,5	3,9
J	4,1	4,5	4,8	4,7	4,5	4,8	5	5,1	4,8	4,4

4.1.31 Trafo Sacı-Alüminyum-DKP Sacı-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı- alüminyum-DKP sacı-bakır kullanılarak deney alanı üzerinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.35’te verilmiştir.



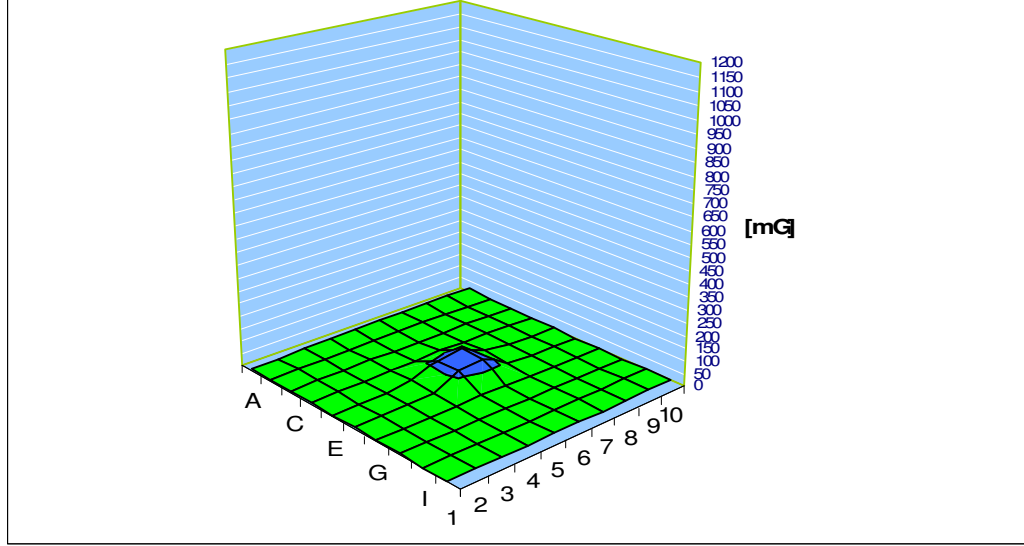
Şekil 4.35 T-A-D-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.32 T-A-D-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,39	12	15,79	19,71	20,53	20,79	21,52	23,29	22	18,5
B	8,77	11,58	14,26	15,95	15,62	15,33	15,82	16,14	15,15	13,1
C	7,46	11,02	13,52	14,82	13,49	13,33	14,52	13,62	11,63	9,35
D	7,59	10,15	13,27	15,96	16,75	19,22	17,24	13,69	10,55	7,83
E	6,68	9,21	12,89	20,94	76,5	100,9	23,2	13,01	9,05	6,04
F	5,85	7,79	10,71	17,88	73	79,2	18,45	10,18	7,04	4,9
G	4,97	6,17	7,68	10,29	14,39	12,27	9,28	6,87	5,47	4,3
H	3,98	4,88	5,16	5,51	5,6	5,19	5,12	4,94	4,3	3,52
I	3,3	3,69	3,91	3,91	3,86	3,8	3,83	3,76	3,45	2,94
J	2,92	3,04	3,04	3,16	3,03	2,96	3,28	3	2,86	2,63

4.1.32 Trafo Sacı-Alüminyum-Galvanizli Sac-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı- alüminyum-galvanizli sac-bakır kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.33’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.36’da verilmiştir.



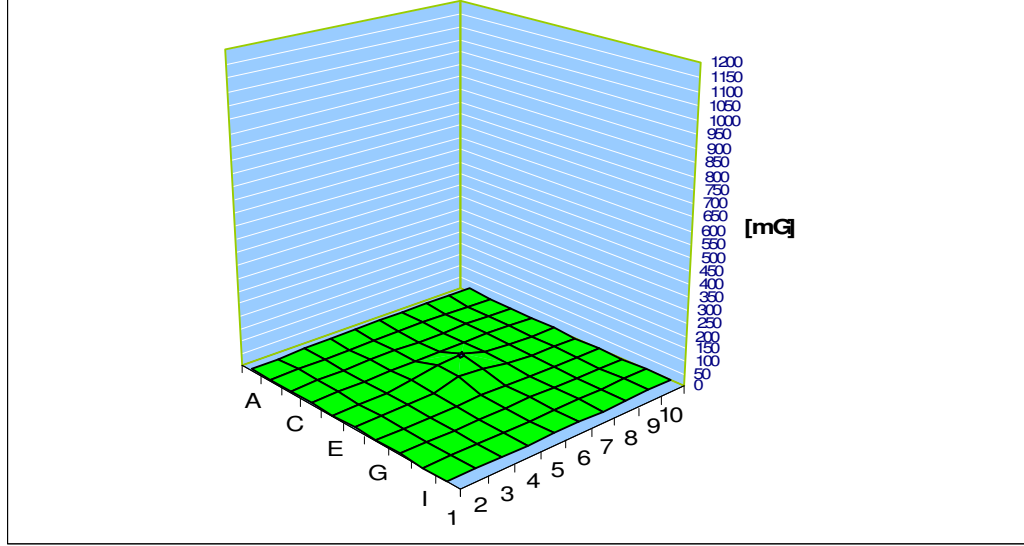
Şekil 4.36 T-A-G-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.33 T-A-G-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,83	11,89	15,97	19,19	21,69	21,94	22,47	24,11	23,1	19
B	8,81	11,12	14,46	16,15	16,38	15,31	15,81	15,79	14,96	12,45
C	8,08	10,25	13,06	14,83	13,55	13,06	13,96	13,9	11,67	9,36
D	7,55	9,91	12,92	15,78	15,69	18,07	16,21	13,11	9,96	7,42
E	6,6	9,12	12,03	19,36	59,7	70,6	22,6	12,58	8,7	6,01
F	5,62	7,6	10,41	17,53	62,5	71,5	18,47	9,91	7,09	4,95
G	4,68	5,79	7,32	9,5	12,82	9,56	8,22	6,69	5,17	3,9
H	4,03	4,68	5,29	5,67	5,43	4,93	5,14	4,85	4,03	3,44
I	3,4	3,54	3,97	3,92	3,88	4,04	3,9	3,78	3,36	2,91
J	3,39	3,18	3,28	3,26	3,22	3,44	3,58	3,49	3,04	2,75

4.1.33 Trafo Sacı-Alüminyum-Trafo Sacı-Bakır Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı- alüminyum-trafo sacı-bakır kullanılarak deney alanı üzerinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.34'te verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.37'de verilmiştir.



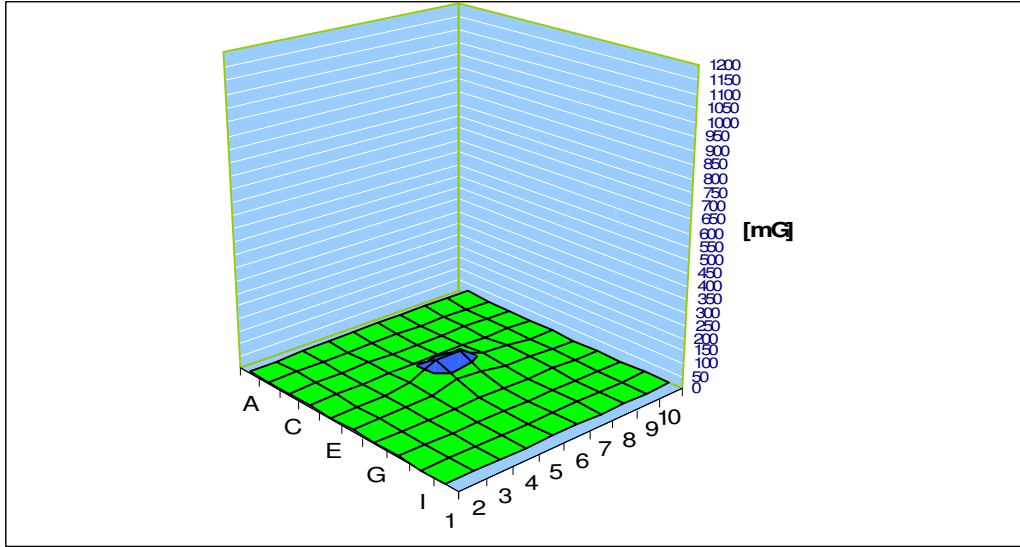
Şekil 4.37 T-A-T-B ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.34 T-A-T-B ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9	12,36	15,7	19,74	21,22	22,7	22,8	24,19	22,6	18,1
B	8,38	16,65	13,75	16,16	16,85	16,51	16,27	15,85	14,96	12,46
C	7,98	10,35	13,37	14,98	14,27	13,46	13,88	13,41	11,62	9,29
D	7,56	9,79	12,6	14,84	16	16,31	14,72	13	9,89	7,62
E	6,89	9,08	12,35	18,05	40,02	51,9	17,59	12,33	8,75	6,52
F	5,96	7,58	9,79	14,83	41,3	35	15,08	9,81	7,11	5,29
G	4,98	6,16	7,16	8,83	10,73	9,78	8,3	6,7	5,55	4,28
H	3,93	4,7	5,34	5,53	5,57	5,12	5,31	4,91	4,32	3,5
I	3,59	3,83	4,13	4	4,1	3,88	3,92	3,73	3,66	3,01
J	3,3	3,44	3,32	3,54	3,64	3,44	3,56	3,43	3,26	2,72

4.1.34 Trafo Sacı-Bakır-DKP Sacı-Galvanizli Sac Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı-bakır-dkp-galvanizli sac kullanılarak deney alanı üzerinde yapılan Magnetik Alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.38'de verilmiştir.



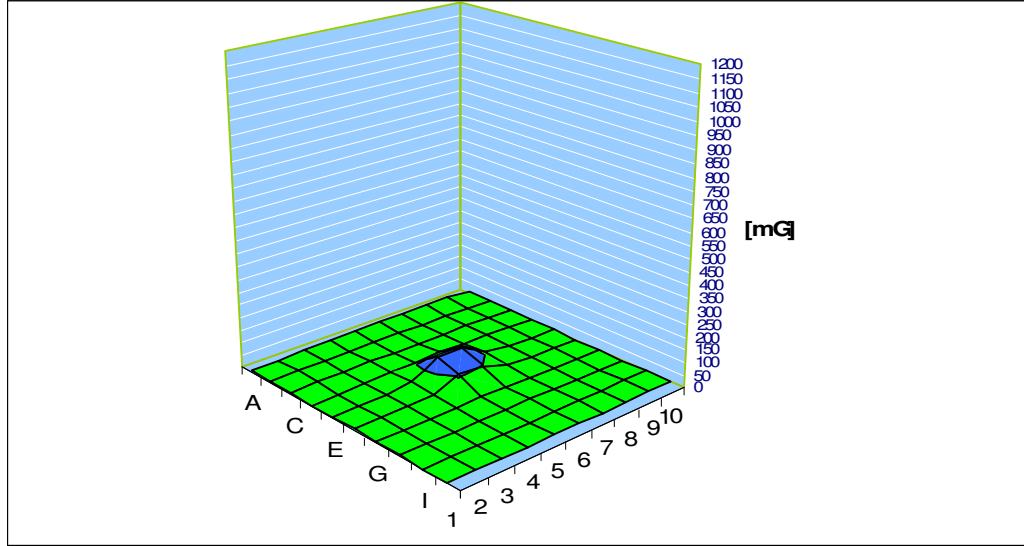
Şekil 4.38 T-B-D-G ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.35 T-B-D-G ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,9	12,4	16	18,7	20,2	20,2	21,8	23,2	21,1	16,7
B	8,2	10,8	13,7	15,3	15	14,7	15,2	15,2	14,1	11,3
C	7,7	10,6	13,5	14,6	13,1	12,9	13,6	13,6	11,2	8,1
D	7,2	9,8	12,9	15,8	16	18	11,6	11,6	9,9	7,3
E	6,4	8,5	12,3	21	73,4	69,7	23	23	8,8	6
F	5,1	7,2	10,1	15,4	40,4	33,6	16,3	16,3	6,5	4,5
G	4,5	5,1	7	8,7	8,9	7,5	8,7	8,7	4,8	3,5
H	3,3	4,1	4,6	4,4	3,9	3,8	4,5	4,5	3,5	2,9
I	2,9	3,4	3,4	3,3	3,1	3,3	3,1	3,1	2,7	2,4
J	2,9	2,6	2,8	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,6	1,9

4.1.35 Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac-Alüminyum Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

Ekran malzemesi olarak trafo sacı-bakır-galvanizli sac-alüminyum kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.39’da verilmiştir.



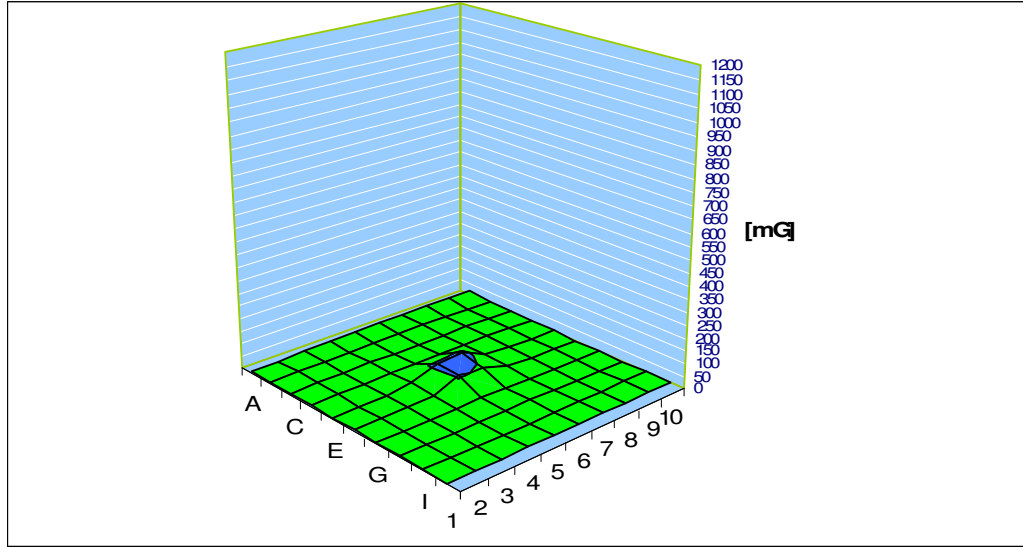
Şekil 4.39 T-B-G-A ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

Çizelge 4.36 T-B-G-A ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9,2	12,4	16	18,4	20,3	21,4	22,4	23,4	23,6	15,4
B	8,6	11,5	14,2	15,3	15,2	15,1	15,4	15,6	13,4	10,7
C	7,8	10,6	13,2	13,9	12,6	12,4	14	13,3	11,3	6,6
D	5,7	8,2	12,9	15,8	16,7	19,6	16,3	13,6	10,1	7,5
E	6,7	9	13	21,1	77,1	83	22,5	12,6	8,1	5,3
F	5,1	7,3	10,9	17,6	52,7	49,2	17,7	9,4	6,3	4,2
G	4,7	5,8	6,8	9	10,3	8,6	8,1	6,6	4,8	3,4
H	3,9	4,5	4,9	5,1	4,5	5	5,1	5	4,1	3,4
I	3,4	3,7	3,9	4,2	3,8	4,2	4,2	4,1	3,6	3,1
J	3,1	3,4	3,6	3,5	3,6	3,5	3,7	3,5	3,6	3,3

4.1.36 Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac-DKP Sacı Ekran Malzemeli Magnetik Alan Ölçümü

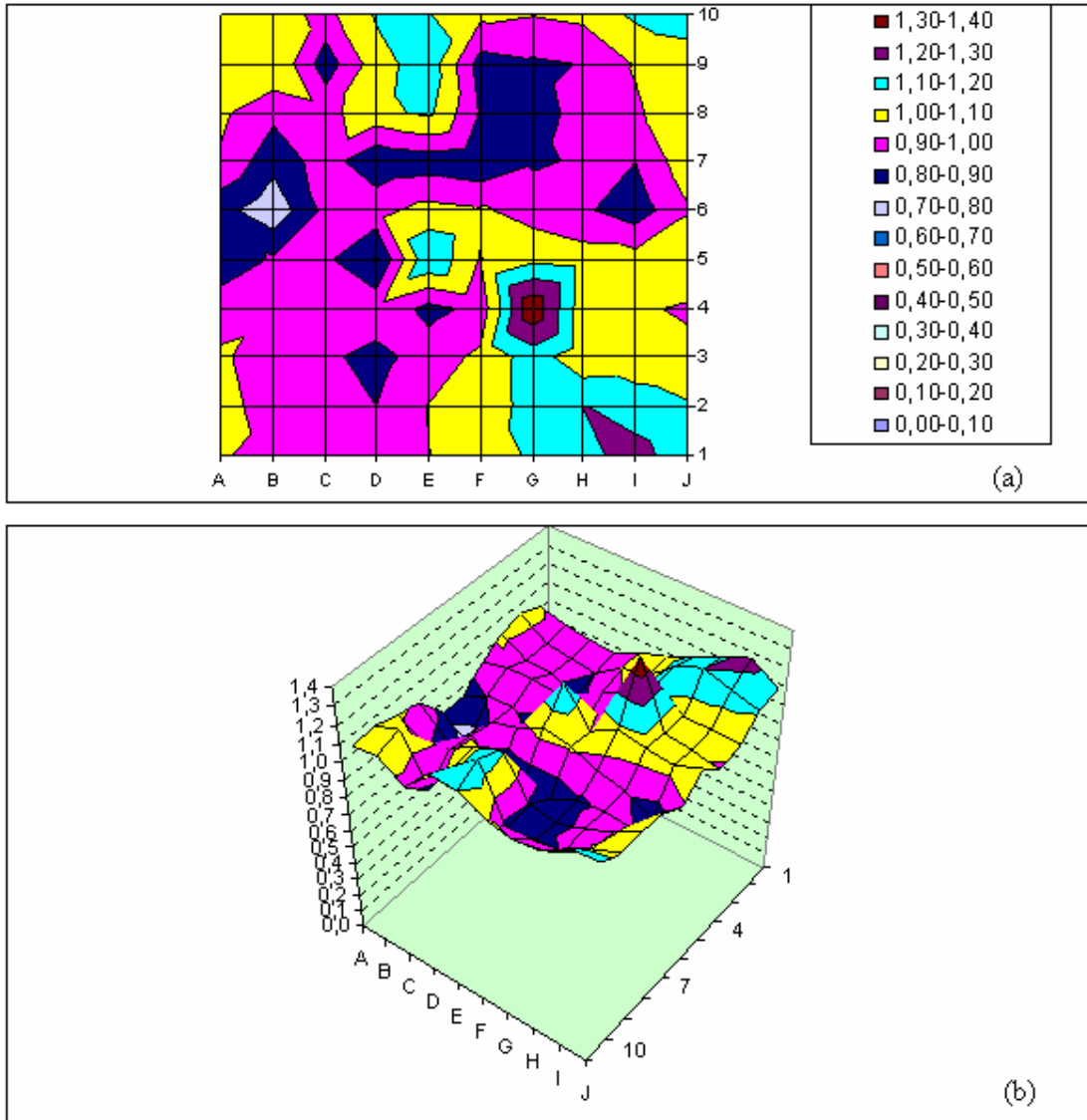
Ekran malzemesi olarak trafo sacı-bakır-galvanizli sac-DKP sacı kullanılarak deney alanı içinde yapılan magnetik alan ölçüm sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir. Bu değerlerden elde edilen, deney sonuçları deney alanının üç boyutlu magnetik alan dağılımı Şekil 4.40’ta verilmiştir.



Şekil 4.40 T-B-G-D ekranlı durumda magnetik alan dağılımı

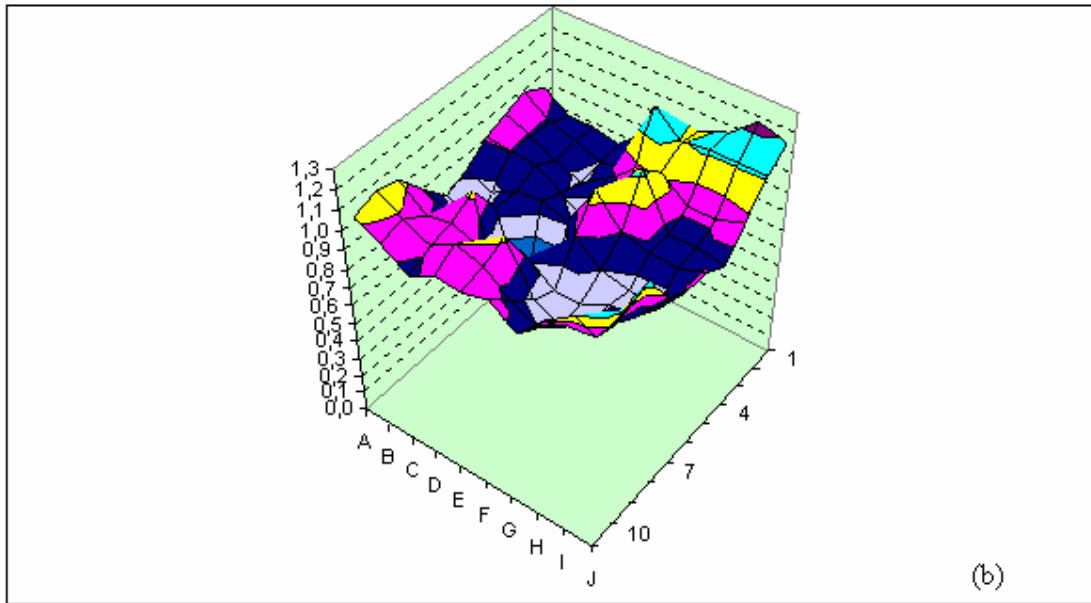
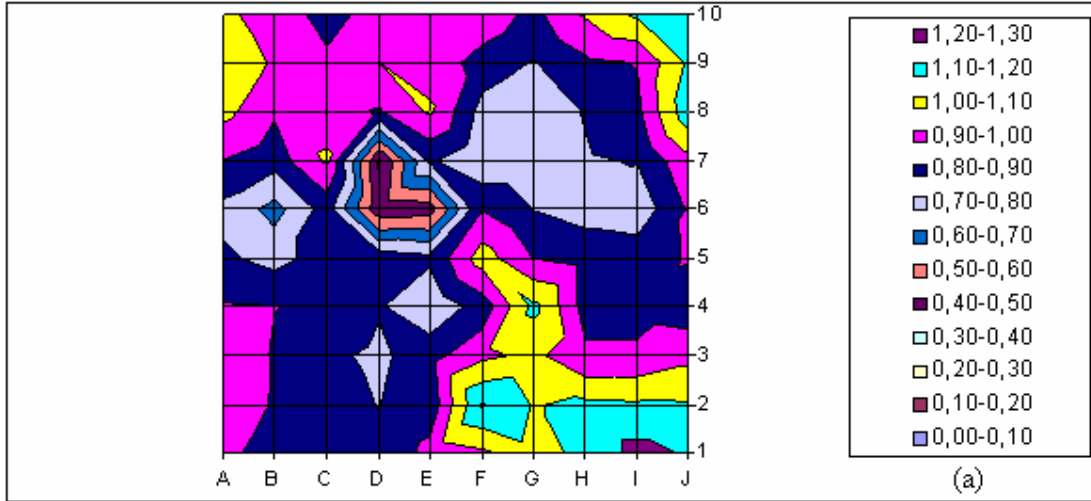
Çizelge 4.37 T-B-G-D ekran için magnetik alan ölçüm sonuçları [mG]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	8,9	12,8	15,9	18,7	21	21,3	22,5	24,9	21,9	16,7
B	8,4	11,4	14,1	15,6	15,8	15,3	15,5	15,9	14	10,8
C	7,7	10,5	13,1	14,4	13	12,5	14,5	13,8	11,7	8,8
D	7,9	9,7	12,9	15,5	15,3	17,4	16,4	13	9,8	7,3
E	6,3	8,5	11,8	18,4	57,9	63,3	20,1	11,9	8,1	5,7
F	6	7,7	9,9	16,6	53,4	45,4	15,4	9,7	6,5	4,8
G	5,2	6,3	7,5	9,1	9,7	7,8	8,2	7	5,4	4,1
H	4,4	5,3	5,5	5,5	5	5,1	5,5	5,2	4,5	3,6
I	4,1	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6	4,8	4,4	4,3	3,5
J	3,5	4,1	4,2	4,2	4,4	4,3	4,5	4,3	4,1	3,6



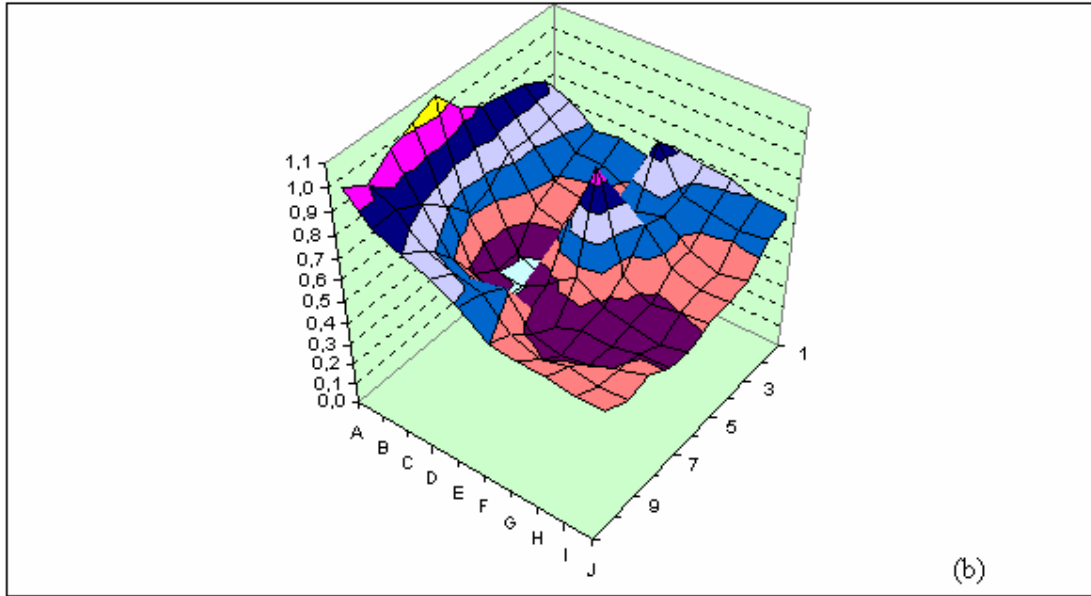
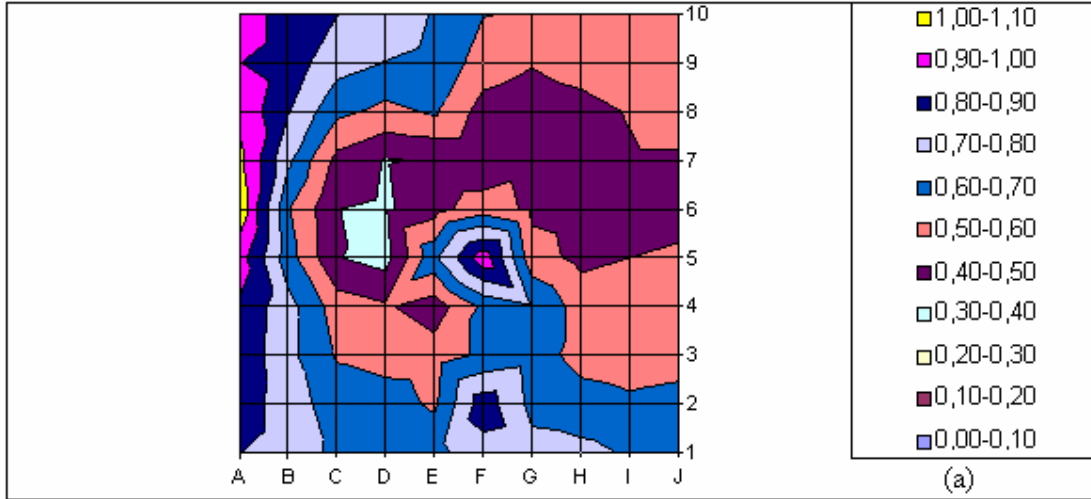
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1,01	1,04	1,02	0,95	0,84	0,83	0,99	1,02	1,05	1,03
B	0,97	0,95	0,93	0,97	0,91	0,73	0,83	0,92	1,10	1,06
C	0,94	0,92	0,92	0,98	0,92	0,93	0,95	0,97	0,85	0,96
D	0,93	0,90	0,87	0,97	0,79	0,97	0,82	1,07	1,05	1,11
E	1,00	1,00	0,95	0,87	1,19	1,04	0,84	1,12	1,17	1,10
F	1,05	1,03	1,02	0,93	1,00	1,01	0,82	0,89	0,86	1,02
G	1,11	1,14	1,15	1,38	1,08	0,95	0,89	0,87	0,88	1,00
H	1,18	1,20	1,03	1,04	1,05	0,91	0,91	0,92	0,90	1,03
I	1,23	1,15	1,04	1,01	1,04	0,84	0,90	0,98	1,01	1,12
J	1,14	1,11	1,02	0,99	1,09	0,99	1,07	1,08	1,07	1,13

Şekil 4.41 A ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



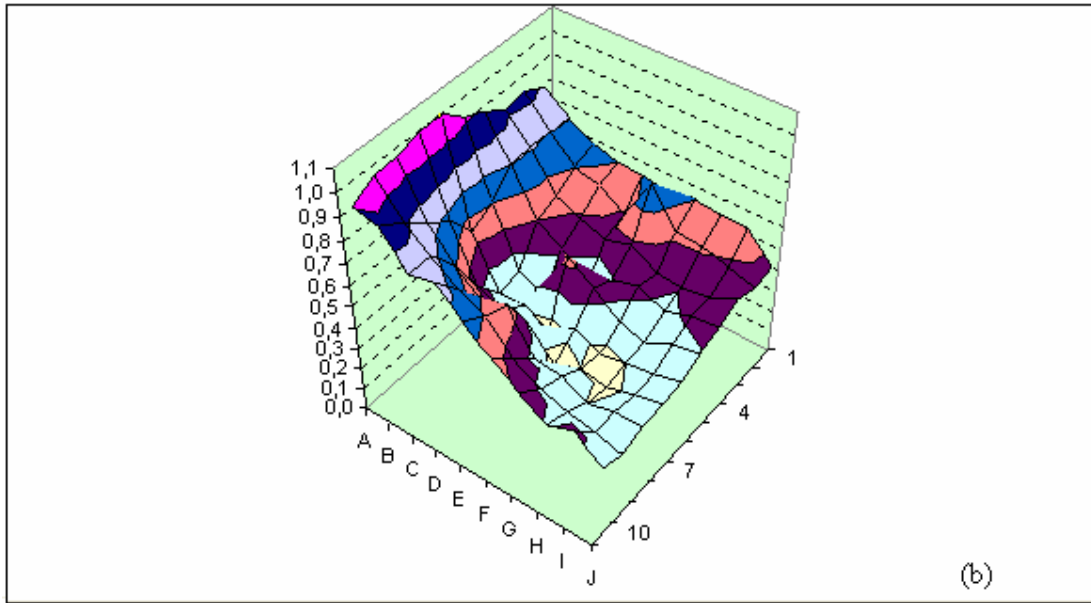
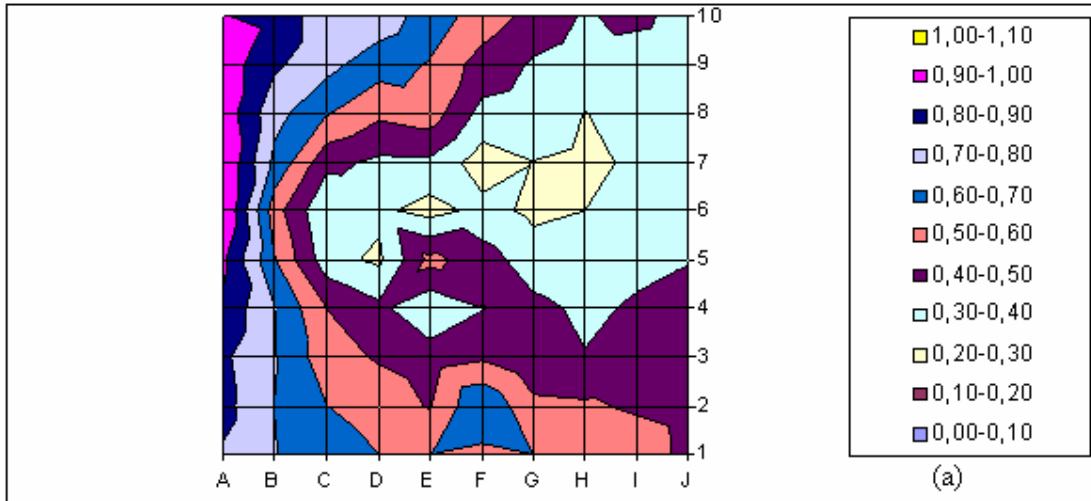
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,93	0,99	0,95	0,91	0,82	0,77	0,90	1,03	1,06	1,02
B	0,84	0,89	0,89	0,90	0,77	0,67	0,85	0,91	0,99	0,96
C	0,84	0,85	0,82	0,89	0,84	0,84	1,02	0,94	0,92	0,86
D	0,81	0,80	0,78	0,81	0,85	0,42	0,39	0,89	1,00	0,94
E	0,93	0,84	0,86	0,72	0,82	0,45	0,82	1,01	0,96	0,92
F	0,98	1,21	0,98	0,84	1,05	0,90	0,71	0,76	0,86	0,97
G	1,07	1,09	1,02	1,12	0,90	0,80	0,71	0,70	0,79	0,87
H	1,12	1,12	0,92	0,86	0,86	0,76	0,79	0,81	0,88	1,01
I	1,23	1,11	0,92	0,86	0,86	0,74	0,81	0,88	0,90	1,12
J	1,19	1,11	0,97	0,84	0,91	0,91	0,97	1,17	1,12	1,18

Şekil 4.42 B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



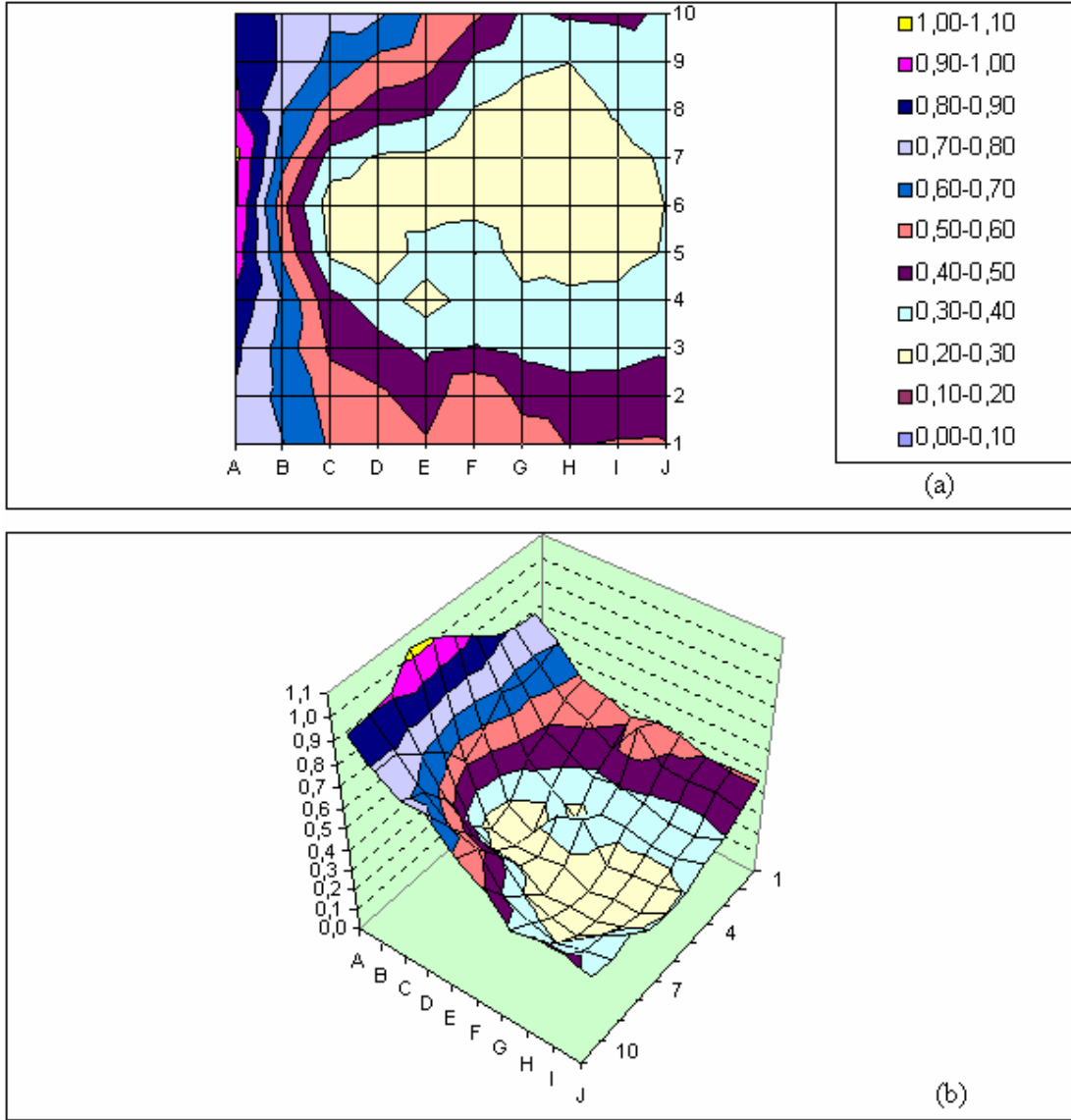
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,80	0,85	0,87	0,89	0,95	1,06	1,02	0,98	0,90	0,97
B	0,76	0,75	0,73	0,73	0,65	0,61	0,72	0,81	0,85	0,85
C	0,68	0,65	0,59	0,55	0,40	0,40	0,47	0,63	0,74	0,80
D	0,69	0,64	0,56	0,51	0,36	0,38	0,39	0,57	0,70	0,76
E	0,67	0,58	0,55	0,44	0,67	0,46	0,41	0,61	0,67	0,69
F	0,76	0,85	0,62	0,62	0,96	0,56	0,41	0,46	0,55	0,60
G	0,73	0,67	0,65	0,69	0,54	0,48	0,45	0,43	0,51	0,59
H	0,72	0,65	0,56	0,56	0,47	0,46	0,45	0,46	0,55	0,59
I	0,69	0,63	0,51	0,52	0,50	0,44	0,49	0,51	0,53	0,58
J	0,68	0,65	0,54	0,53	0,51	0,47	0,49	0,55	0,53	0,58

Şekil 4.43 Tek kat DKP sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



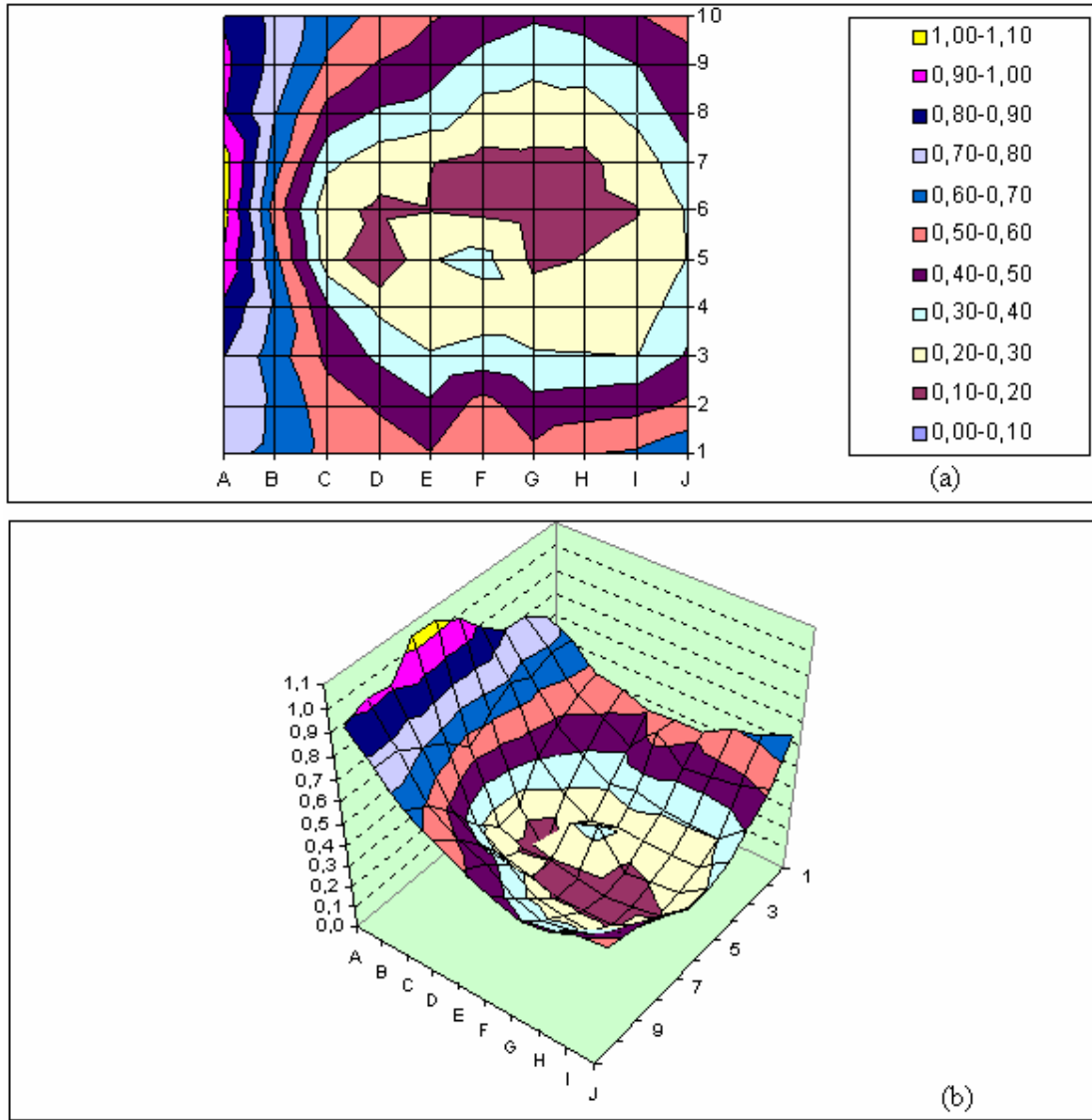
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,79	0,83	0,82	0,88	0,92	1,01	0,99	0,96	0,96	0,90
B	0,70	0,70	0,71	0,70	0,61	0,54	0,67	0,74	0,82	0,88
C	0,64	0,60	0,54	0,50	0,34	0,31	0,43	0,61	0,74	0,73
D	0,60	0,57	0,49	0,42	0,28	0,32	0,38	0,52	0,64	0,76
E	0,60	0,49	0,45	0,32	0,53	0,26	0,38	0,55	0,59	0,65
F	0,57	0,69	0,49	0,40	0,45	0,33	0,25	0,37	0,46	0,56
G	0,60	0,53	0,41	0,43	0,35	0,28	0,30	0,35	0,39	0,47
H	0,58	0,52	0,41	0,38	0,32	0,30	0,28	0,30	0,35	0,39
I	0,58	0,48	0,42	0,41	0,37	0,32	0,31	0,33	0,33	0,44
J	0,46	0,45	0,48	0,43	0,40	0,35	0,35	0,34	0,30	0,34

Şekil 4.44 İki kat DKP sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



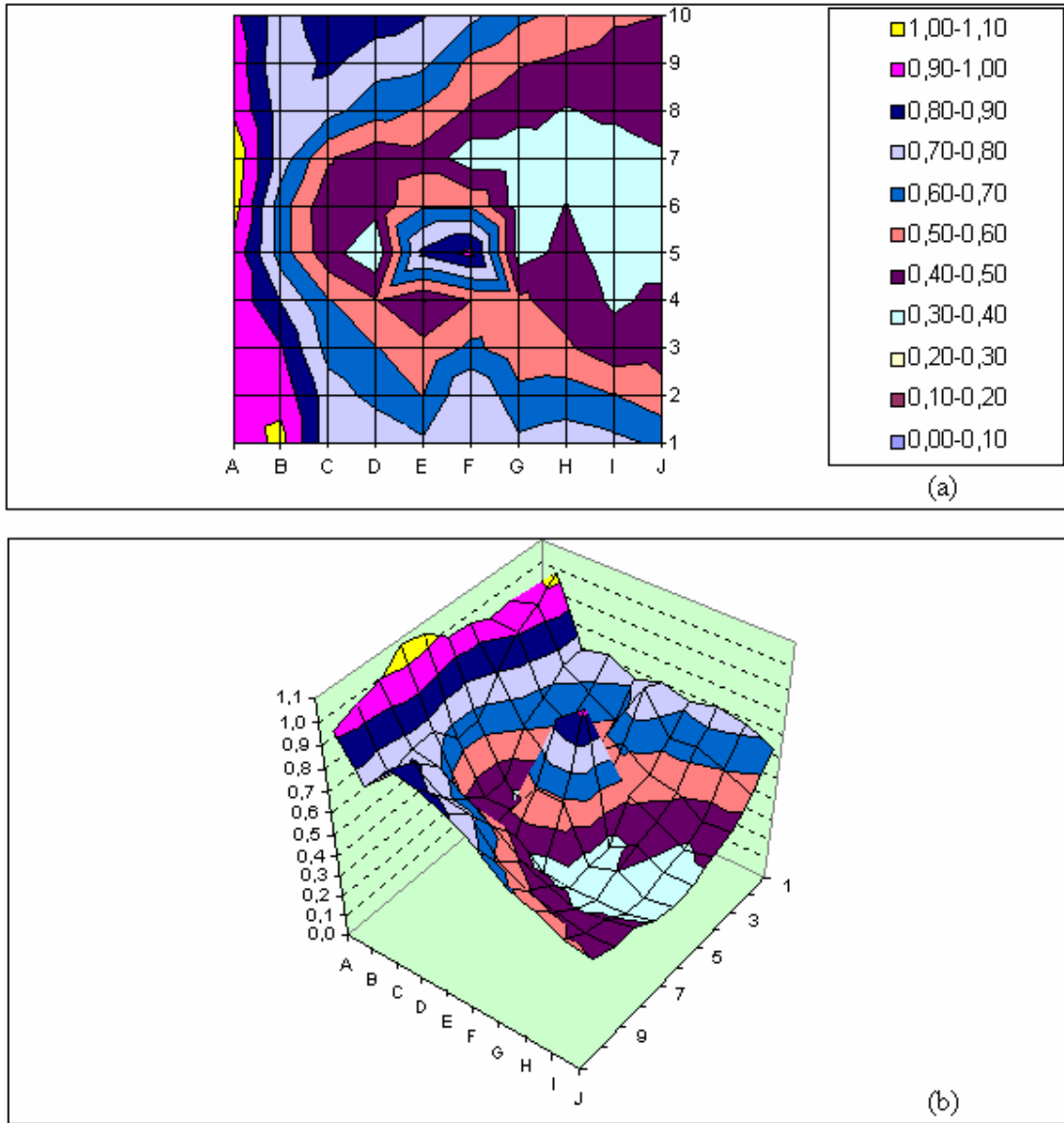
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,79	0,79	0,82	0,88	0,96	1,01	1,04	0,92	0,90	0,88
B	0,70	0,67	0,65	0,69	0,58	0,52	0,64	0,71	0,79	0,78
C	0,59	0,56	0,48	0,44	0,28	0,25	0,35	0,55	0,68	0,72
D	0,56	0,52	0,43	0,34	0,21	0,23	0,29	0,45	0,57	0,72
E	0,51	0,44	0,38	0,26	0,35	0,24	0,28	0,42	0,54	0,59
F	0,55	0,60	0,41	0,34	0,40	0,26	0,20	0,30	0,38	0,52
G	0,55	0,47	0,37	0,34	0,24	0,20	0,22	0,26	0,32	0,38
H	0,50	0,46	0,34	0,32	0,26	0,23	0,21	0,24	0,30	0,41
I	0,50	0,47	0,34	0,32	0,27	0,23	0,26	0,31	0,34	0,42
J	0,51	0,45	0,39	0,36	0,31	0,30	0,31	0,40	0,36	0,39

Şekil 4.45 Üç kat DKP sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



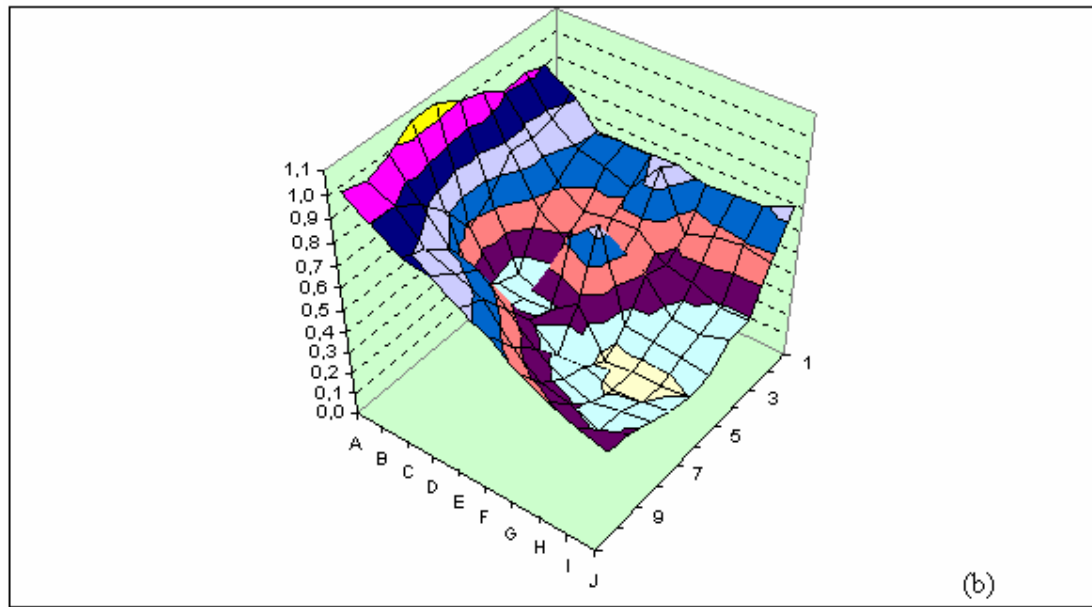
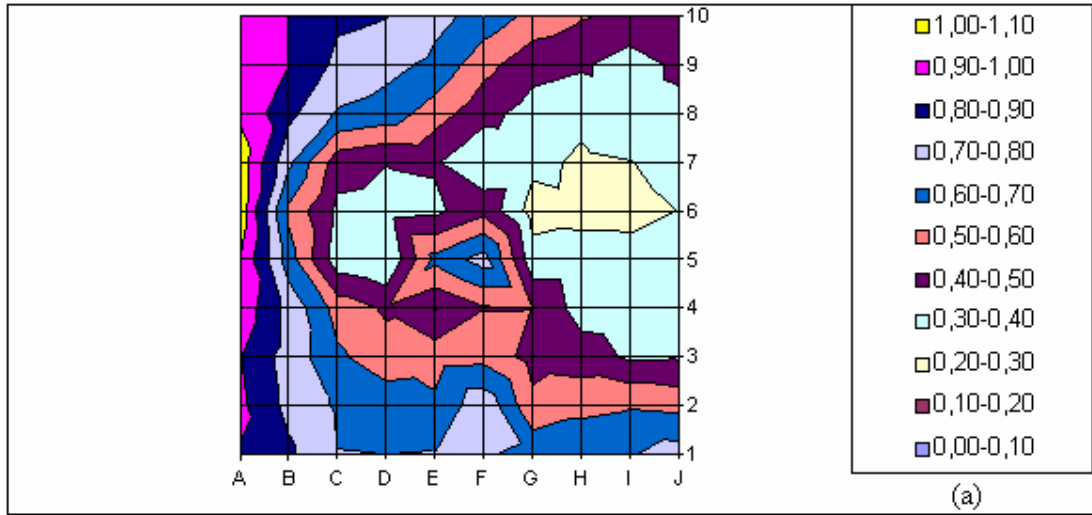
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,73	0,79	0,80	0,88	0,98	1,04	1,05	0,91	0,93	0,88
B	0,67	0,68	0,65	0,69	0,62	0,55	0,65	0,70	0,77	0,77
C	0,57	0,55	0,48	0,41	0,25	0,23	0,32	0,47	0,59	0,64
D	0,55	0,49	0,38	0,28	0,10	0,18	0,24	0,39	0,49	0,58
E	0,51	0,42	0,31	0,21	0,29	0,20	0,20	0,36	0,44	0,51
F	0,52	0,54	0,34	0,25	0,34	0,18	0,17	0,26	0,36	0,46
G	0,52	0,44	0,31	0,25	0,18	0,15	0,18	0,25	0,32	0,41
H	0,60	0,45	0,30	0,24	0,20	0,17	0,18	0,24	0,35	0,44
I	0,62	0,47	0,30	0,25	0,22	0,20	0,24	0,33	0,40	0,50
J	0,68	0,52	0,41	0,35	0,31	0,31	0,38	0,45	0,49	0,52

Şekil 4.46 Dört kat DKP sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



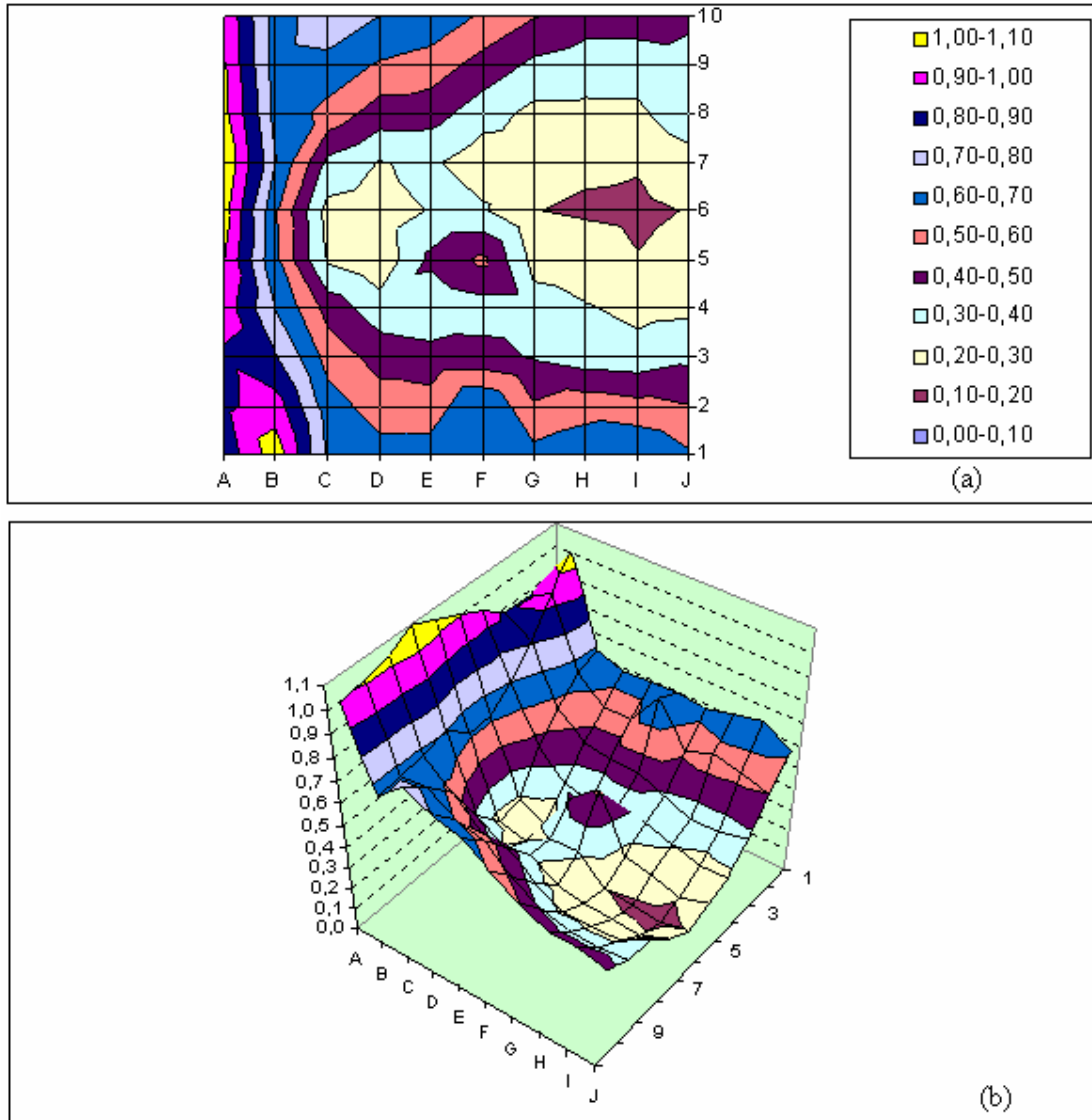
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,91	0,93	0,92	0,96	0,97	1,05	1,07	0,99	0,97	0,93
B	1,04	0,96	0,91	0,79	0,65	0,65	0,76	0,75	0,71	0,74
C	0,74	0,75	0,66	0,61	0,43	0,42	0,51	0,73	0,83	0,88
D	0,77	0,67	0,61	0,51	0,33	0,43	0,42	0,64	0,73	0,86
E	0,72	0,60	0,53	0,39	0,83	0,59	0,46	0,58	0,72	0,81
F	0,75	0,80	0,62	0,50	0,93	0,59	0,34	0,48	0,57	0,72
G	0,72	0,63	0,53	0,52	0,36	0,35	0,34	0,43	0,51	0,62
H	0,75	0,65	0,52	0,45	0,43	0,40	0,34	0,39	0,48	0,58
I	0,73	0,60	0,44	0,39	0,37	0,33	0,35	0,42	0,45	0,51
J	0,68	0,54	0,45	0,42	0,37	0,36	0,39	0,45	0,46	0,50

Şekil 4.47 Tek kat galvanizli sac ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



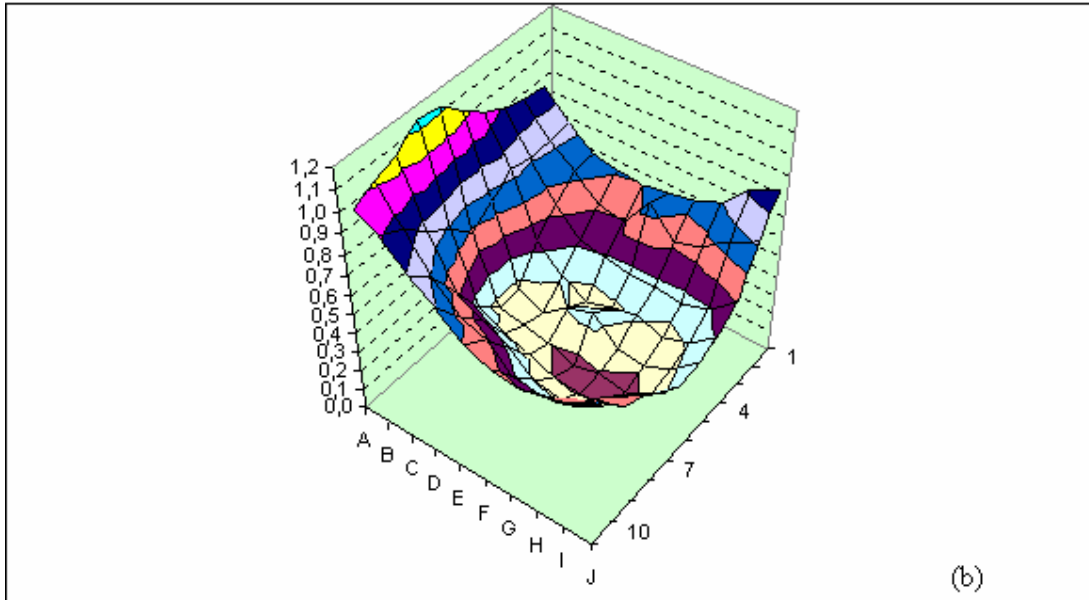
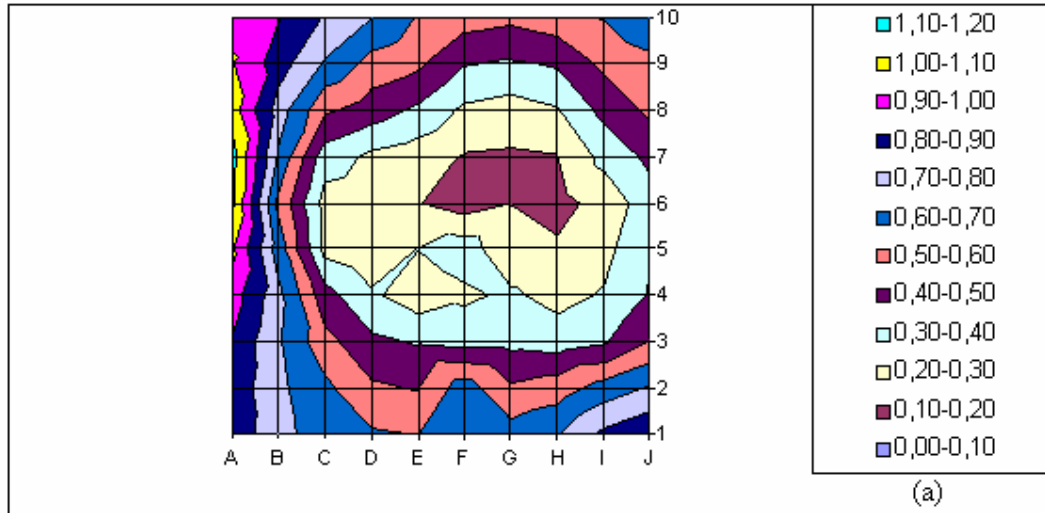
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,89	0,92	0,91	0,97	1,00	1,06	1,05	0,98	0,94	0,97
B	0,82	0,77	0,76	0,77	0,65	0,57	0,72	0,83	0,90	0,90
C	0,70	0,69	0,62	0,56	0,34	0,38	0,44	0,69	0,78	0,82
D	0,70	0,66	0,54	0,49	0,30	0,36	0,40	0,66	0,73	0,80
E	0,70	0,62	0,56	0,40	0,63	0,38	0,41	0,55	0,68	0,73
F	0,71	0,77	0,57	0,49	0,74	0,47	0,31	0,43	0,53	0,67
G	0,68	0,53	0,46	0,50	0,34	0,26	0,32	0,36	0,44	0,57
H	0,68	0,57	0,44	0,36	0,33	0,28	0,29	0,32	0,41	0,51
I	0,69	0,59	0,39	0,35	0,33	0,28	0,30	0,35	0,36	0,47
J	0,75	0,57	0,39	0,39	0,31	0,30	0,32	0,37	0,42	0,44

Şekil 4.48 İki kat galvanizli sac ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



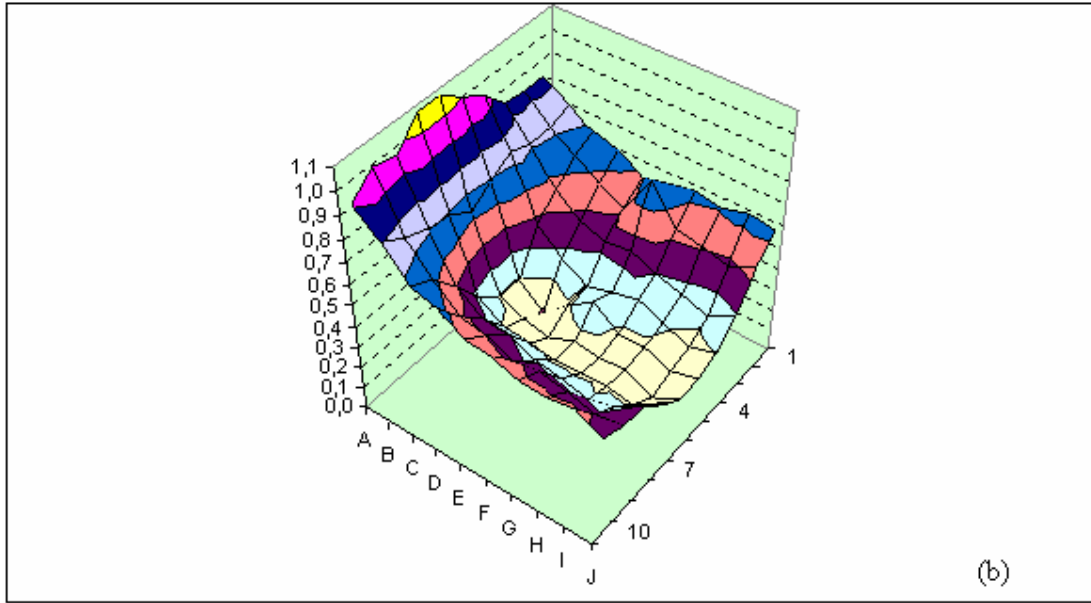
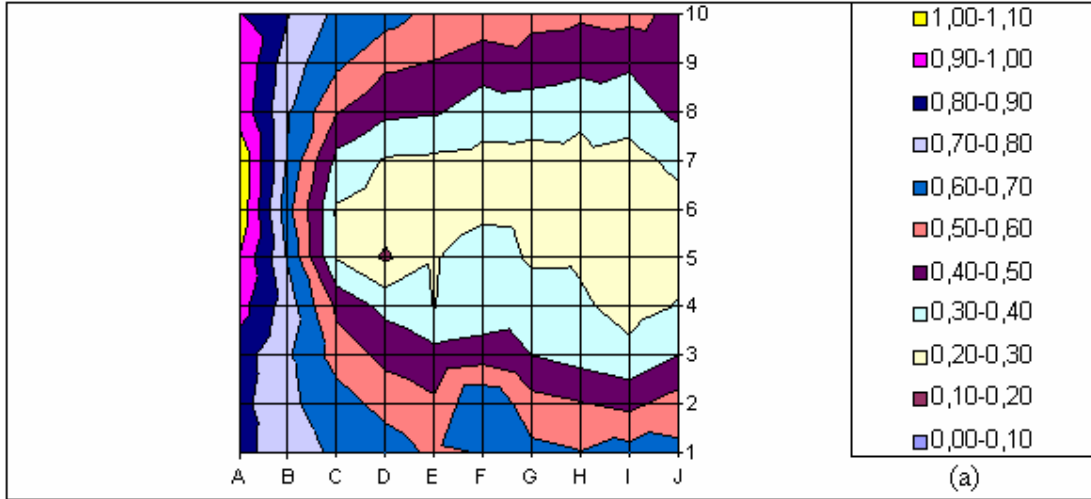
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,83	0,88	0,88	0,96	1,00	1,05	1,09	1,04	1,01	0,99
B	1,06	0,95	0,81	0,70	0,62	0,61	0,71	0,67	0,66	0,66
C	0,69	0,65	0,56	0,46	0,29	0,27	0,38	0,57	0,68	0,76
D	0,64	0,55	0,46	0,34	0,22	0,24	0,30	0,45	0,59	0,70
E	0,64	0,55	0,44	0,32	0,42	0,31	0,32	0,44	0,56	0,67
F	0,65	0,70	0,44	0,36	0,52	0,31	0,24	0,34	0,46	0,59
G	0,63	0,51	0,39	0,34	0,27	0,20	0,22	0,27	0,38	0,51
H	0,67	0,56	0,34	0,31	0,25	0,19	0,21	0,28	0,35	0,45
I	0,69	0,54	0,34	0,27	0,21	0,18	0,21	0,28	0,35	0,45
J	0,62	0,50	0,38	0,28	0,24	0,21	0,26	0,36	0,36	0,42

Şekil 4.49 Üç kat galvanizli sac ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



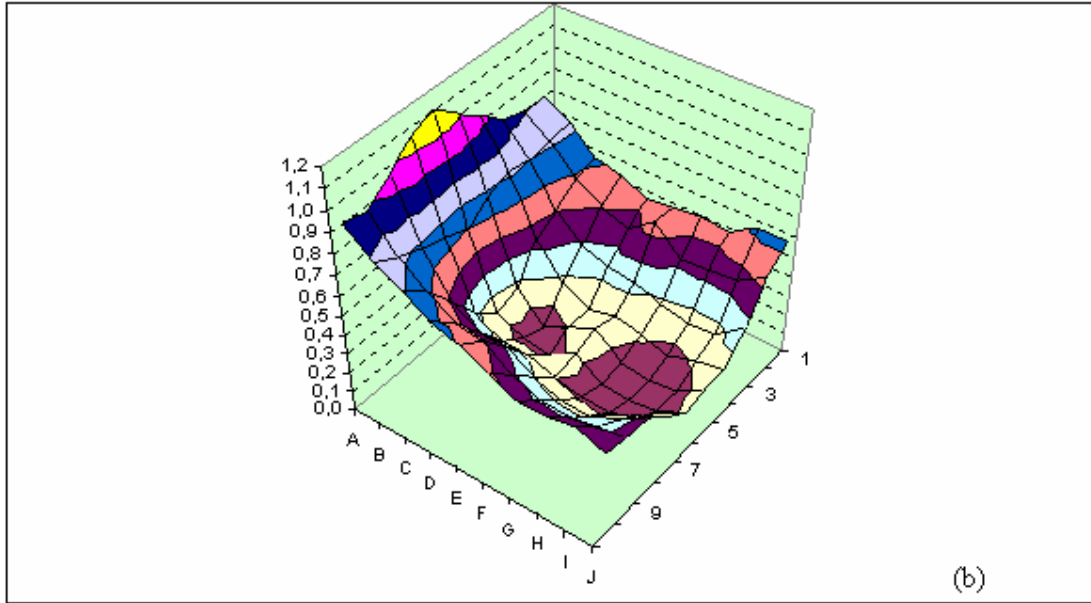
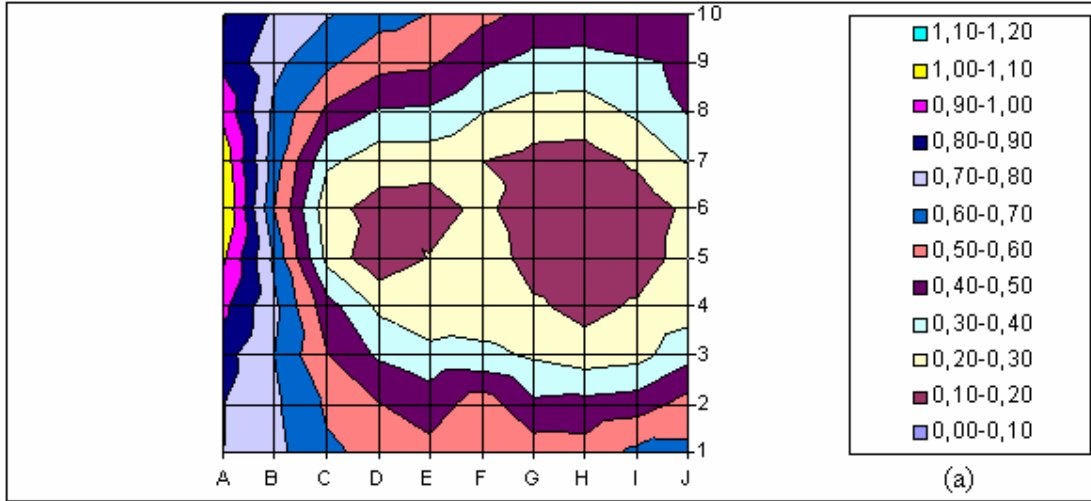
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,86	0,86	0,89	0,95	1,03	1,12	1,14	1,05	1,01	0,96
B	0,74	0,72	0,71	0,73	0,66	0,58	0,69	0,76	0,85	0,91
C	0,64	0,63	0,53	0,44	0,27	0,26	0,35	0,52	0,69	0,79
D	0,61	0,52	0,42	0,32	0,20	0,24	0,28	0,45	0,56	0,70
E	0,60	0,49	0,39	0,24	0,30	0,21	0,24	0,38	0,52	0,59
F	0,62	0,65	0,37	0,28	0,35	0,15	0,19	0,28	0,41	0,55
G	0,65	0,52	0,37	0,32	0,23	0,20	0,18	0,26	0,39	0,53
H	0,70	0,55	0,35	0,26	0,21	0,17	0,20	0,29	0,41	0,56
I	0,82	0,64	0,39	0,31	0,27	0,24	0,33	0,44	0,53	0,61
J	0,88	0,72	0,51	0,41	0,39	0,35	0,43	0,52	0,57	0,69

Şekil 4.50 Dört kat galvanizli sac ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



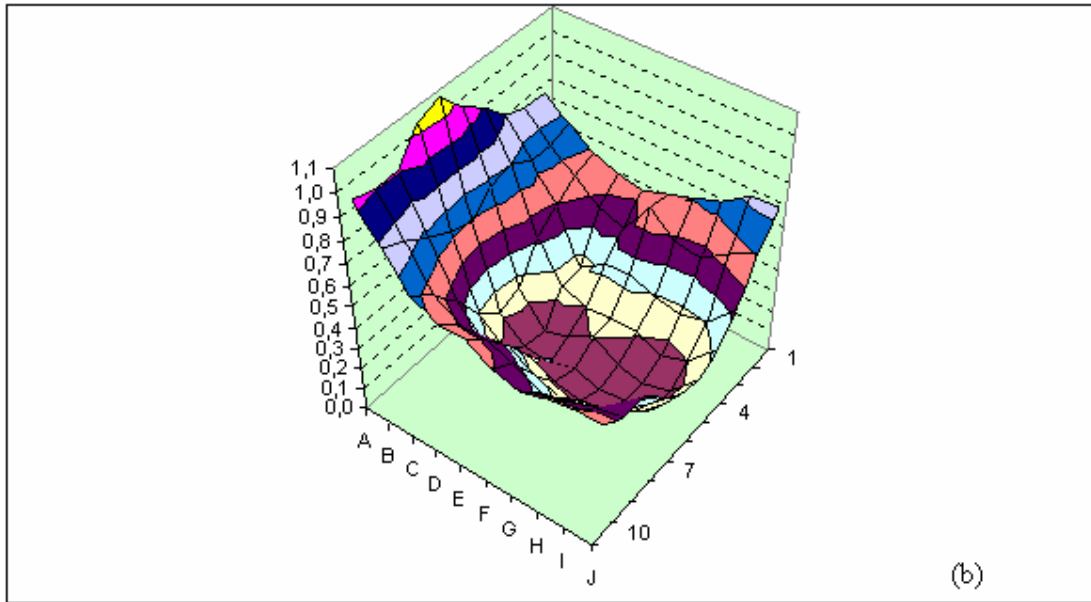
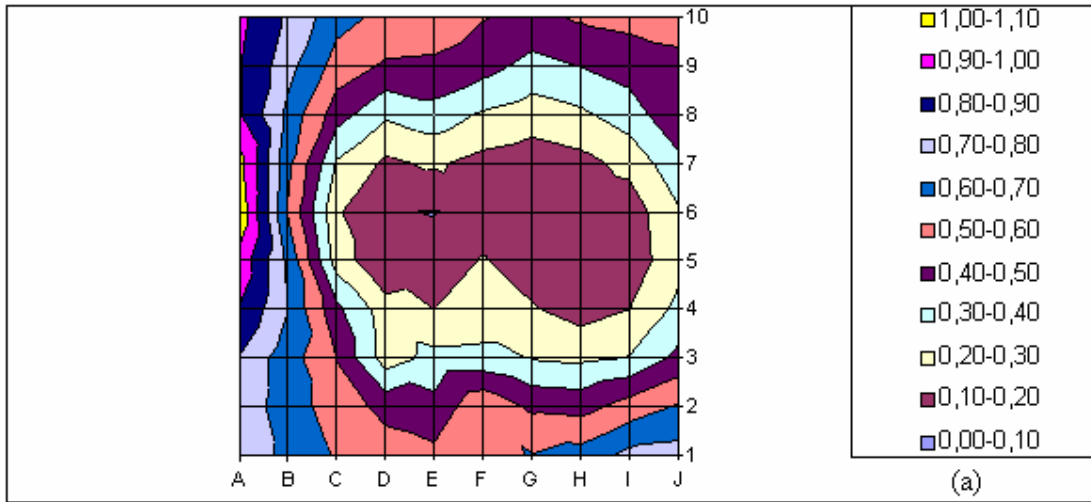
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,83	0,83	0,85	0,94	1,00	1,07	1,07	0,96	0,99	0,91
B	0,75	0,72	0,71	0,75	0,69	0,63	0,69	0,71	0,75	0,81
C	0,68	0,65	0,56	0,47	0,29	0,29	0,37	0,51	0,62	0,68
D	0,65	0,57	0,47	0,37	0,18	0,25	0,29	0,42	0,52	0,64
E	0,58	0,52	0,43	0,30	0,29	0,21	0,28	0,41	0,50	0,57
F	0,60	0,70	0,45	0,33	0,37	0,27	0,27	0,35	0,44	0,56
G	0,63	0,53	0,40	0,36	0,28	0,25	0,27	0,33	0,47	0,52
H	0,61	0,51	0,36	0,32	0,29	0,27	0,28	0,31	0,44	0,51
I	0,64	0,48	0,33	0,26	0,23	0,20	0,26	0,35	0,41	0,53
J	0,63	0,54	0,40	0,31	0,27	0,26	0,33	0,42	0,43	0,47

Şekil 4.51 Tek kat trafo sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



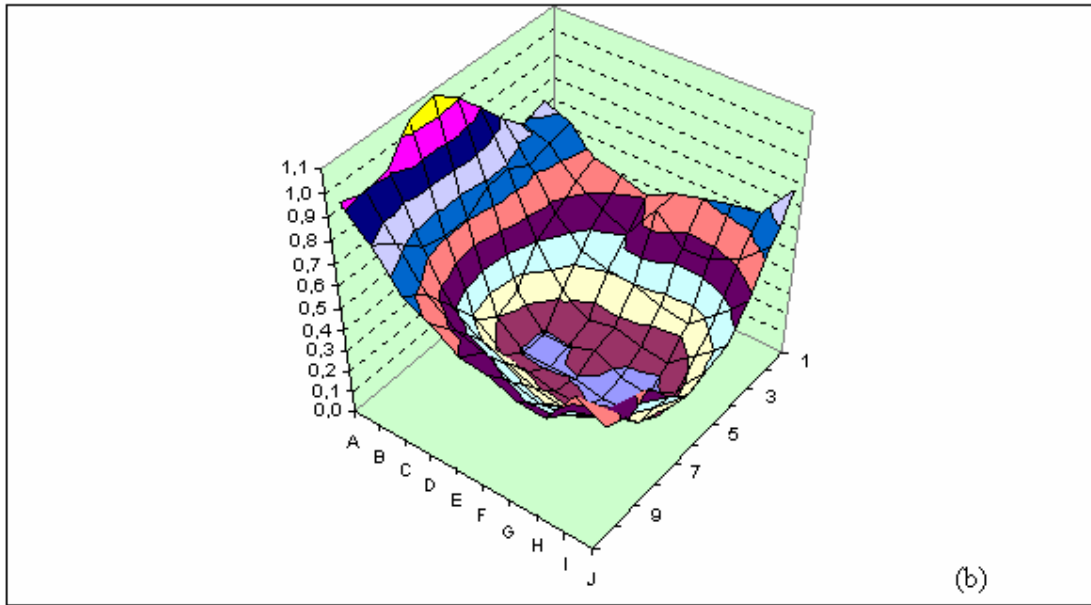
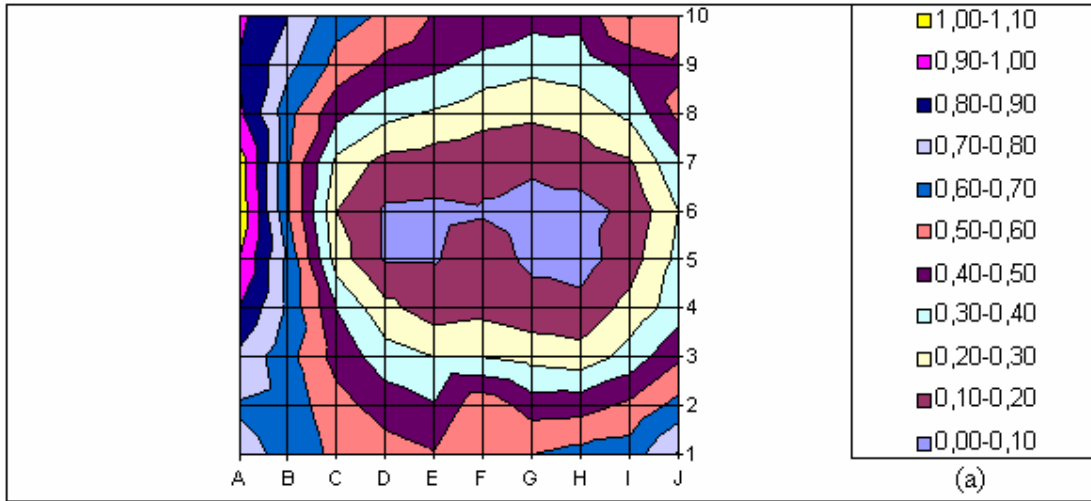
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,80	0,80	0,84	0,93	1,01	1,10	1,06	0,97	0,87	0,91
B	0,73	0,72	0,70	0,72	0,68	0,60	0,64	0,68	0,72	0,78
C	0,61	0,59	0,50	0,44	0,27	0,23	0,32	0,48	0,63	0,71
D	0,58	0,51	0,39	0,28	0,13	0,17	0,25	0,39	0,53	0,64
E	0,53	0,45	0,34	0,20	0,21	0,15	0,24	0,39	0,52	0,60
F	0,55	0,55	0,33	0,24	0,26	0,23	0,20	0,31	0,42	0,53
G	0,56	0,42	0,28	0,21	0,16	0,14	0,17	0,26	0,37	0,47
H	0,54	0,43	0,25	0,17	0,14	0,12	0,16	0,25	0,37	0,47
I	0,63	0,45	0,26	0,21	0,15	0,15	0,22	0,32	0,39	0,50
J	0,62	0,54	0,37	0,25	0,24	0,22	0,31	0,41	0,42	0,44

Şekil 4.52 İki kat trafo sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



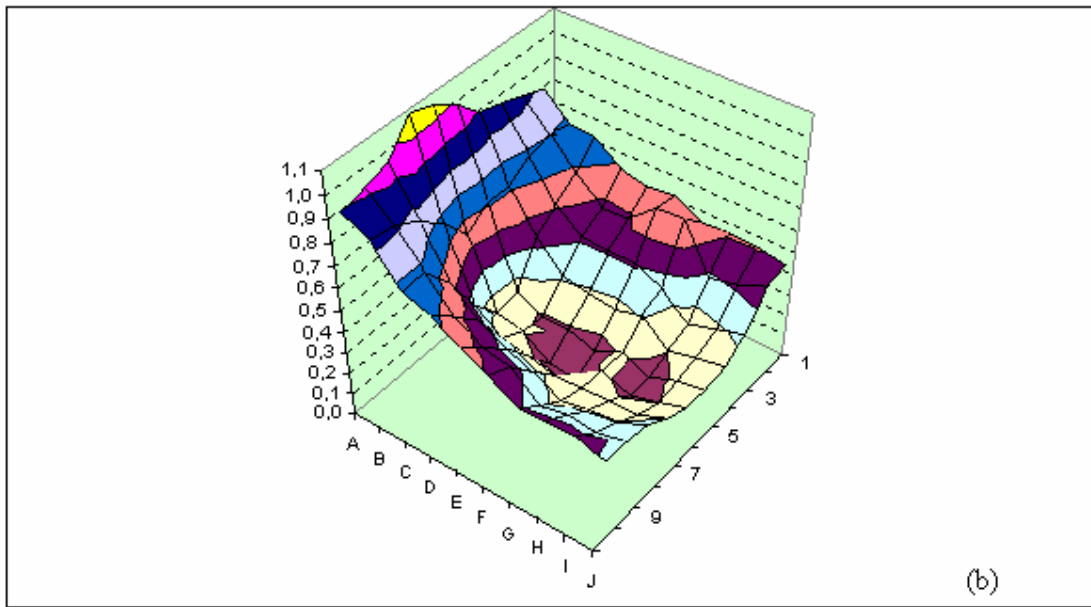
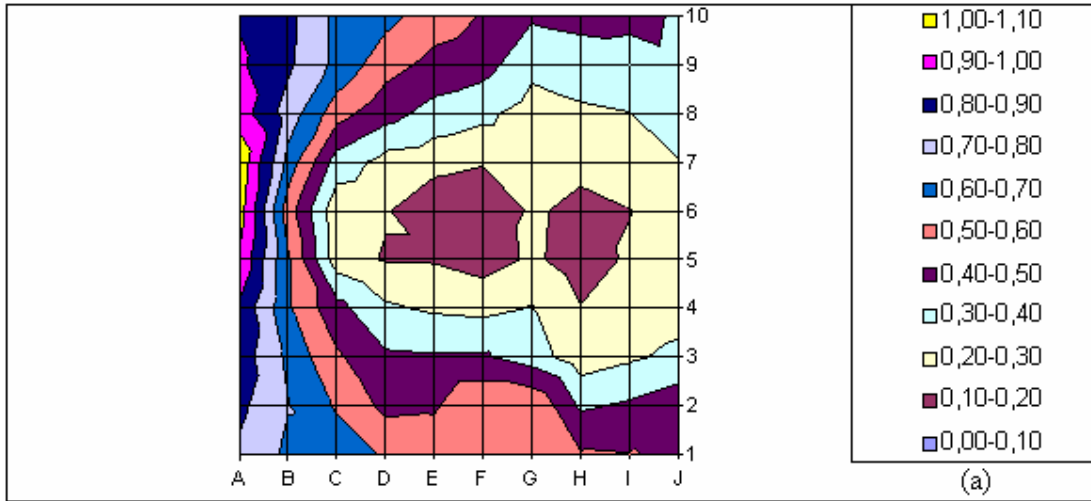
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,77	0,76	0,80	0,89	0,97	1,07	1,04	0,91	0,91	0,93
B	0,68	0,64	0,64	0,70	0,67	0,59	0,63	0,67	0,74	0,78
C	0,59	0,56	0,50	0,42	0,26	0,21	0,29	0,44	0,56	0,64
D	0,55	0,47	0,25	0,25	0,10	0,11	0,18	0,31	0,49	0,57
E	0,53	0,43	0,33	0,20	0,14	0,09	0,22	0,36	0,48	0,58
F	0,57	0,58	0,34	0,21	0,21	0,14	0,17	0,29	0,44	0,51
G	0,61	0,48	0,29	0,21	0,14	0,10	0,14	0,25	0,37	0,47
H	0,64	0,46	0,28	0,16	0,10	0,11	0,17	0,28	0,40	0,51
I	0,73	0,54	0,31	0,20	0,14	0,14	0,23	0,35	0,44	0,53
J	0,74	0,61	0,43	0,32	0,27	0,29	0,37	0,48	0,47	0,54

Şekil 4.53 Üç kat trafo sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



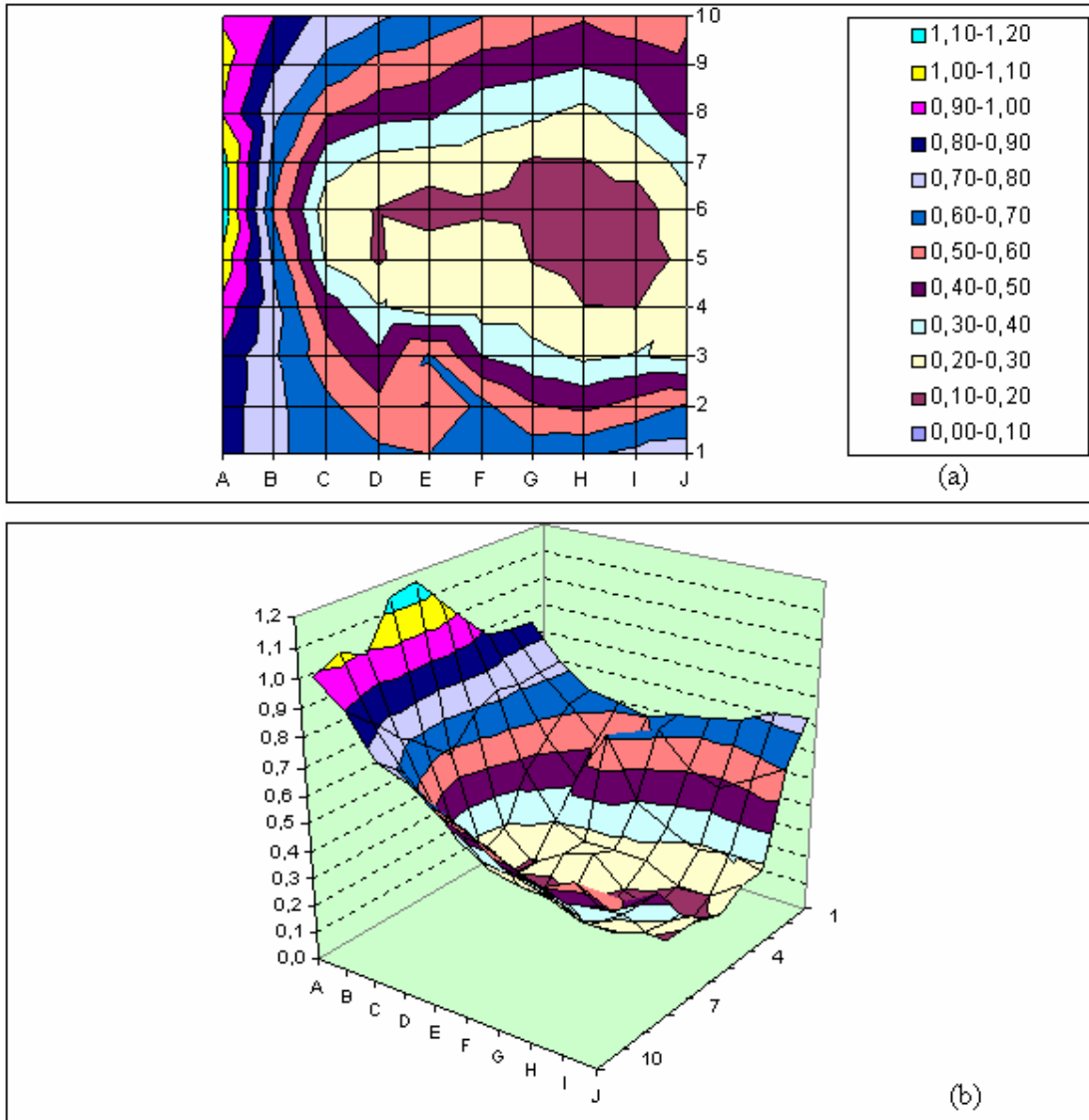
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,73	0,69	0,78	0,90	1,00	1,08	1,05	0,92	0,89	0,92
B	0,68	0,66	0,63	0,68	0,68	0,60	0,61	0,63	0,73	0,80
C	0,57	0,54	0,46	0,40	0,25	0,20	0,28	0,43	0,57	0,64
D	0,54	0,46	0,34	0,23	0,09	0,09	0,17	0,33	0,47	0,59
E	0,51	0,41	0,30	0,14	0,10	0,08	0,15	0,29	0,43	0,49
F	0,57	0,57	0,30	0,17	0,14	0,09	0,12	0,24	0,36	0,49
G	0,60	0,45	0,26	0,14	0,08	0,06	0,12	0,22	0,33	0,44
H	0,63	0,46	0,24	0,13	0,06	0,07	0,14	0,24	0,35	0,43
I	0,65	0,52	0,34	0,23	0,15	0,12	0,19	0,32	0,43	0,61
J	0,81	0,64	0,48	0,35	0,33	0,30	0,38	0,52	0,48	0,54

Şekil 4.54 Dört kat trafo sacı ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



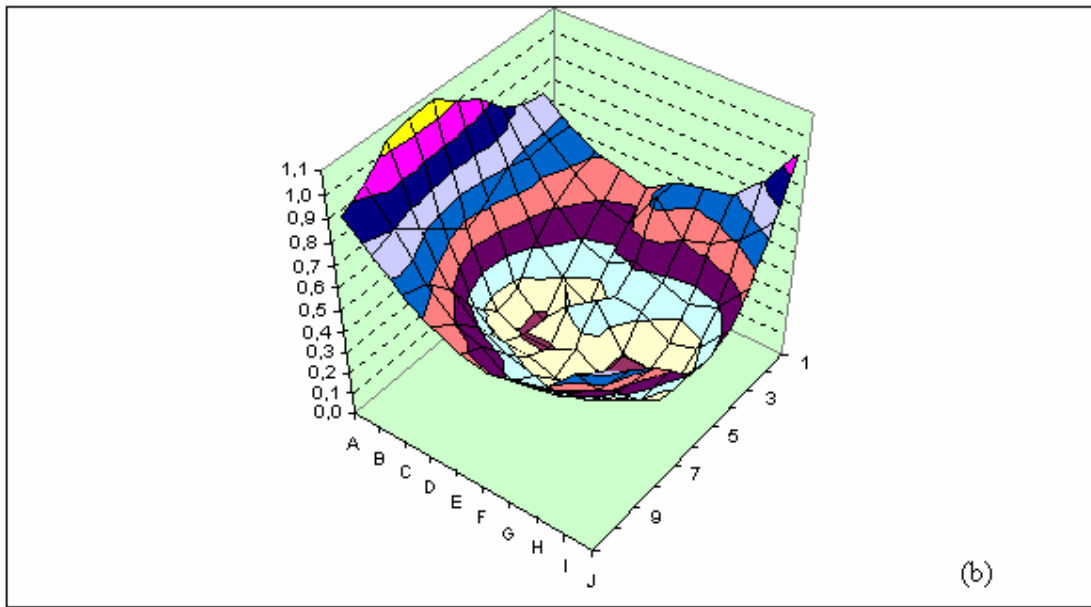
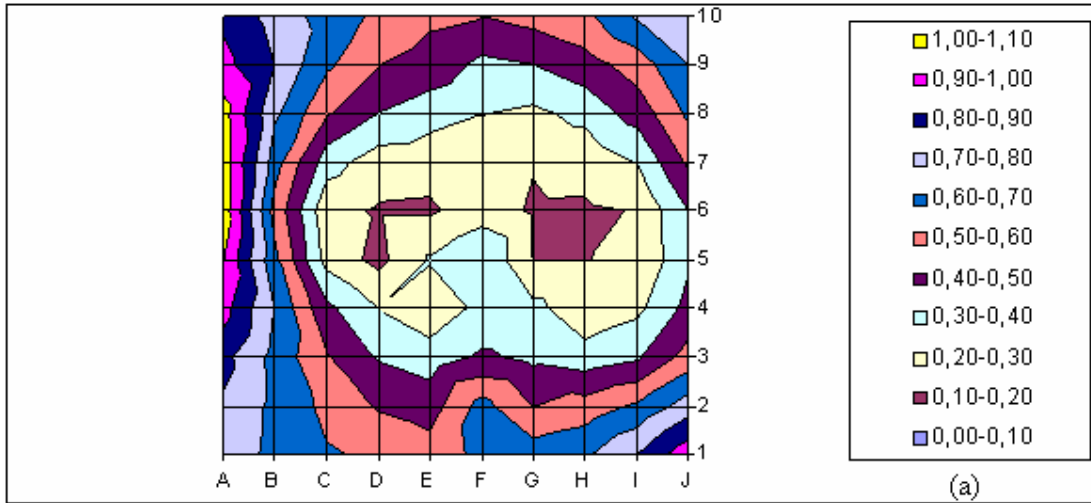
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,79	0,82	0,86	0,88	0,99	1,05	1,08	0,95	0,92	0,89
B	0,68	0,70	0,68	0,61	0,61	0,54	0,67	0,76	0,82	0,83
C	0,67	0,59	0,51	0,43	0,25	0,23	0,35	0,54	0,68	0,67
D	0,59	0,47	0,42	0,31	0,19	0,21	0,26	0,44	0,54	0,63
E	0,56	0,49	0,41	0,29	0,19	0,11	0,24	0,36	0,47	0,55
F	0,57	0,59	0,41	0,27	0,16	0,10	0,21	0,33	0,44	0,49
G	0,50	0,60	0,35	0,31	0,22	0,22	0,22	0,25	0,33	0,41
H	0,51	0,38	0,25	0,20	0,16	0,16	0,24	0,28	0,36	0,43
I	0,50	0,42	0,29	0,23	0,21	0,20	0,23	0,30	0,35	0,44
J	0,48	0,47	0,32	0,26	0,23	0,25	0,29	0,36	0,38	0,39

Şekil 4.55 A-T ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



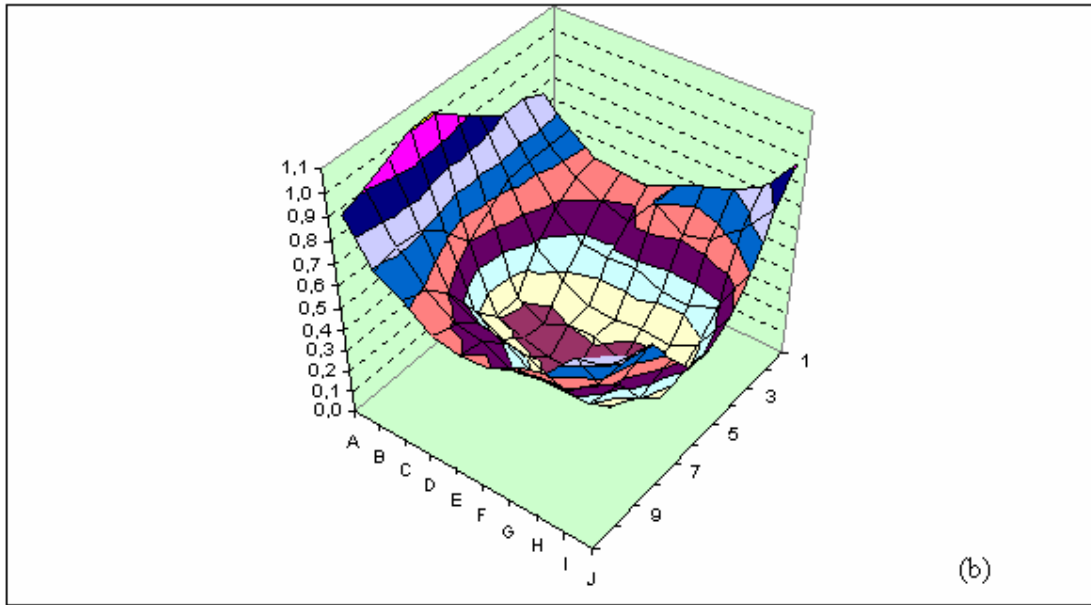
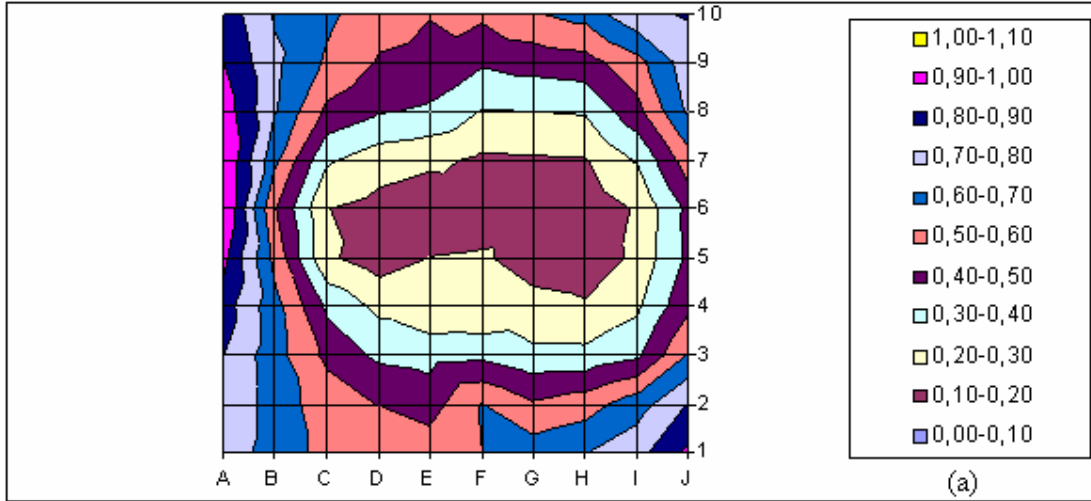
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,85	0,85	0,87	0,96	1,07	1,17	1,14	0,99	1,03	0,99
B	0,72	0,72	0,71	0,73	0,68	0,58	0,66	0,73	0,82	0,90
C	0,64	0,63	0,54	0,46	0,28	0,24	0,34	0,51	0,68	0,76
D	0,62	0,52	0,42	0,31	0,19	0,19	0,27	0,44	0,57	0,72
E	0,60	0,49	0,62	0,26	0,26	0,15	0,25	0,42	0,54	0,65
F	0,64	0,63	0,40	0,26	0,30	0,18	0,24	0,35	0,46	0,60
G	0,66	0,51	0,33	0,25	0,20	0,16	0,19	0,32	0,44	0,55
H	0,68	0,47	0,28	0,20	0,17	0,15	0,19	0,27	0,41	0,52
I	0,73	0,54	0,31	0,20	0,15	0,15	0,23	0,35	0,43	0,57
J	0,75	0,61	0,28	0,29	0,22	0,27	0,33	0,47	0,48	0,51

Şekil 4.56 T-A ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



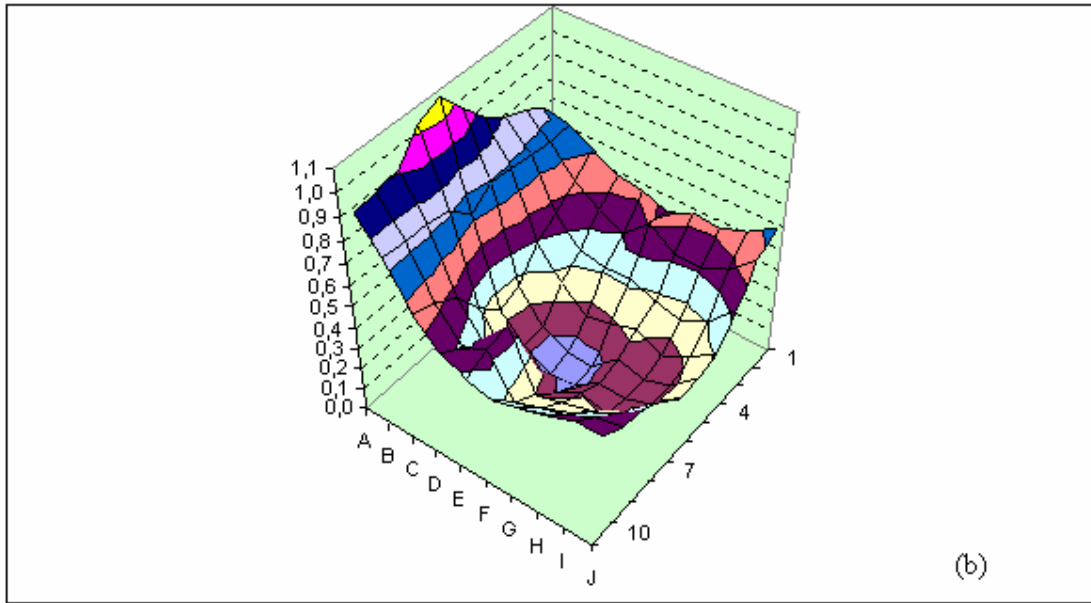
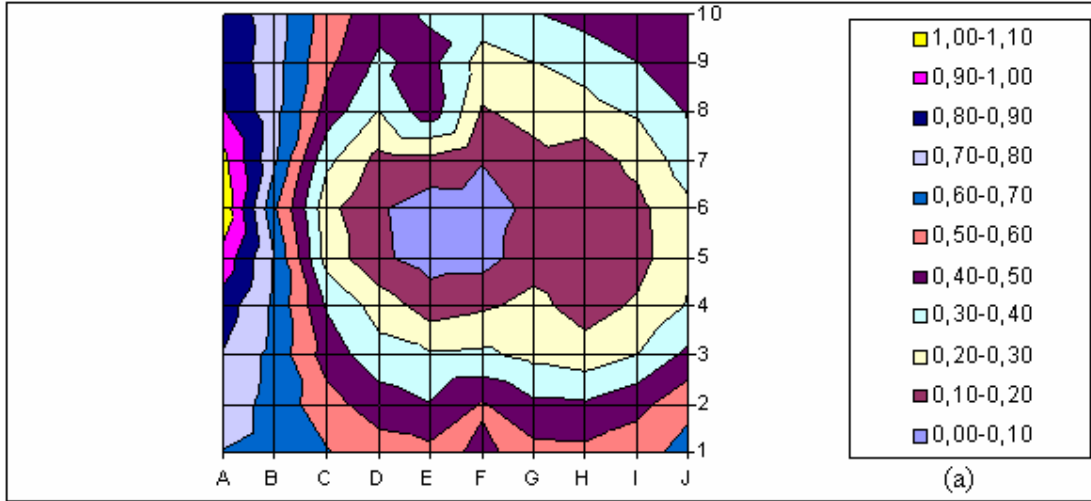
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,77	0,78	0,84	0,94	1,00	1,07	1,06	1,04	0,93	0,87
B	0,67	0,68	0,67	0,70	0,62	0,57	0,65	0,72	0,80	0,76
C	0,61	0,58	0,51	0,42	0,27	0,23	0,34	0,51	0,62	0,66
D	0,59	0,49	0,39	0,30	0,17	0,19	0,25	0,40	0,50	0,58
E	0,54	0,46	0,35	0,22	0,31	0,19	0,24	0,34	0,46	0,52
F	0,63	0,64	0,42	0,33	0,40	0,25	0,20	0,30	0,37	0,50
G	0,66	0,50	0,38	0,32	0,20	0,19	0,21	0,28	0,40	0,54
H	0,68	0,54	0,34	0,23	0,20	0,19	0,23	0,33	0,46	0,58
I	0,80	0,62	0,39	0,28	0,21	0,20	0,30	0,44	0,55	0,72
J	0,97	0,75	0,54	0,43	0,39	0,40	0,52	0,62	0,70	0,78

Şekil 4.57 B-T ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



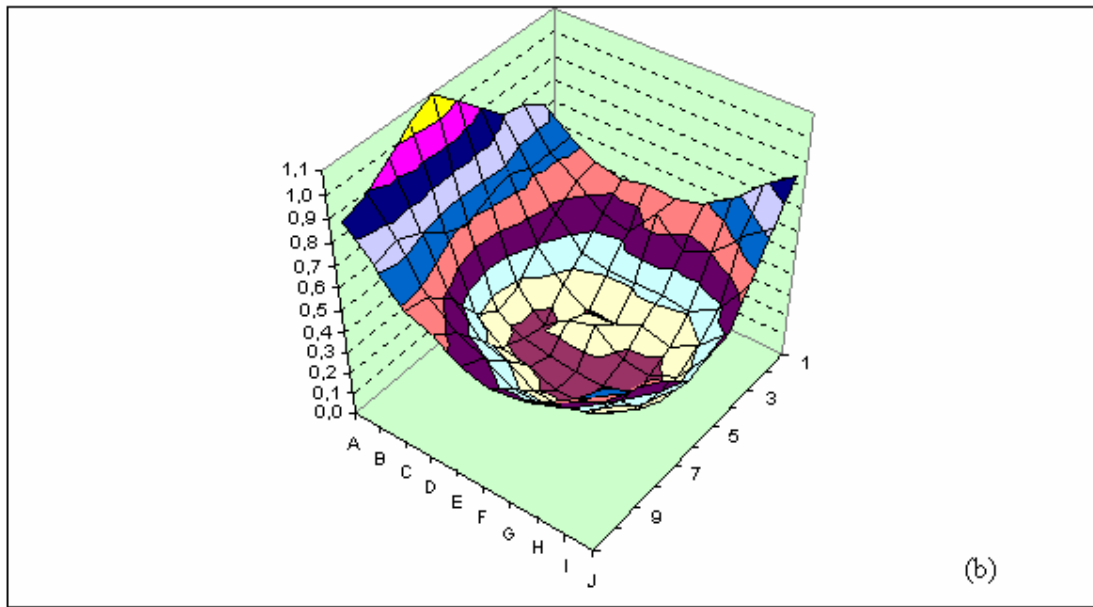
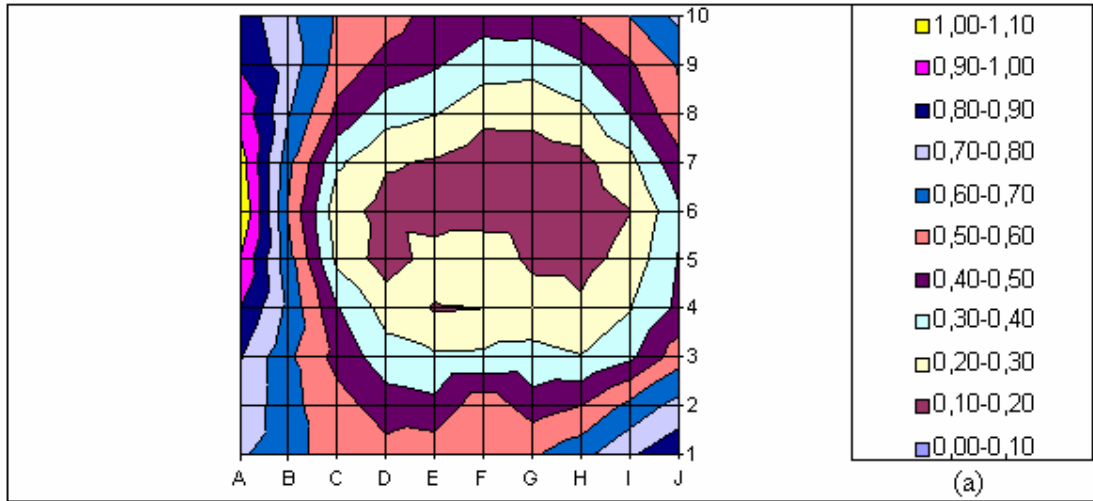
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,76	0,80	0,80	0,86	0,93	1,01	1,01	0,96	0,91	0,87
B	0,65	0,65	0,64	0,63	0,57	0,50	0,62	0,71	0,72	0,69
C	0,57	0,55	0,48	0,38	0,22	0,20	0,31	0,48	0,59	0,62
D	0,56	0,50	0,38	0,27	0,15	0,16	0,24	0,41	0,49	0,53
E	0,55	0,46	0,36	0,21	0,20	0,13	0,22	0,38	0,48	0,50
F	0,60	0,60	0,38	0,21	0,21	0,14	0,18	0,29	0,41	0,52
G	0,66	0,51	0,33	0,23	0,16	0,15	0,19	0,30	0,44	0,59
H	0,70	0,55	0,32	0,21	0,14	0,14	0,19	0,31	0,46	0,64
I	0,77	0,66	0,38	0,28	0,22	0,21	0,31	0,47	0,57	0,78
J	0,92	0,81	0,61	0,48	0,42	0,43	0,56	0,72	0,76	0,81

Şekil 4.58 T-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



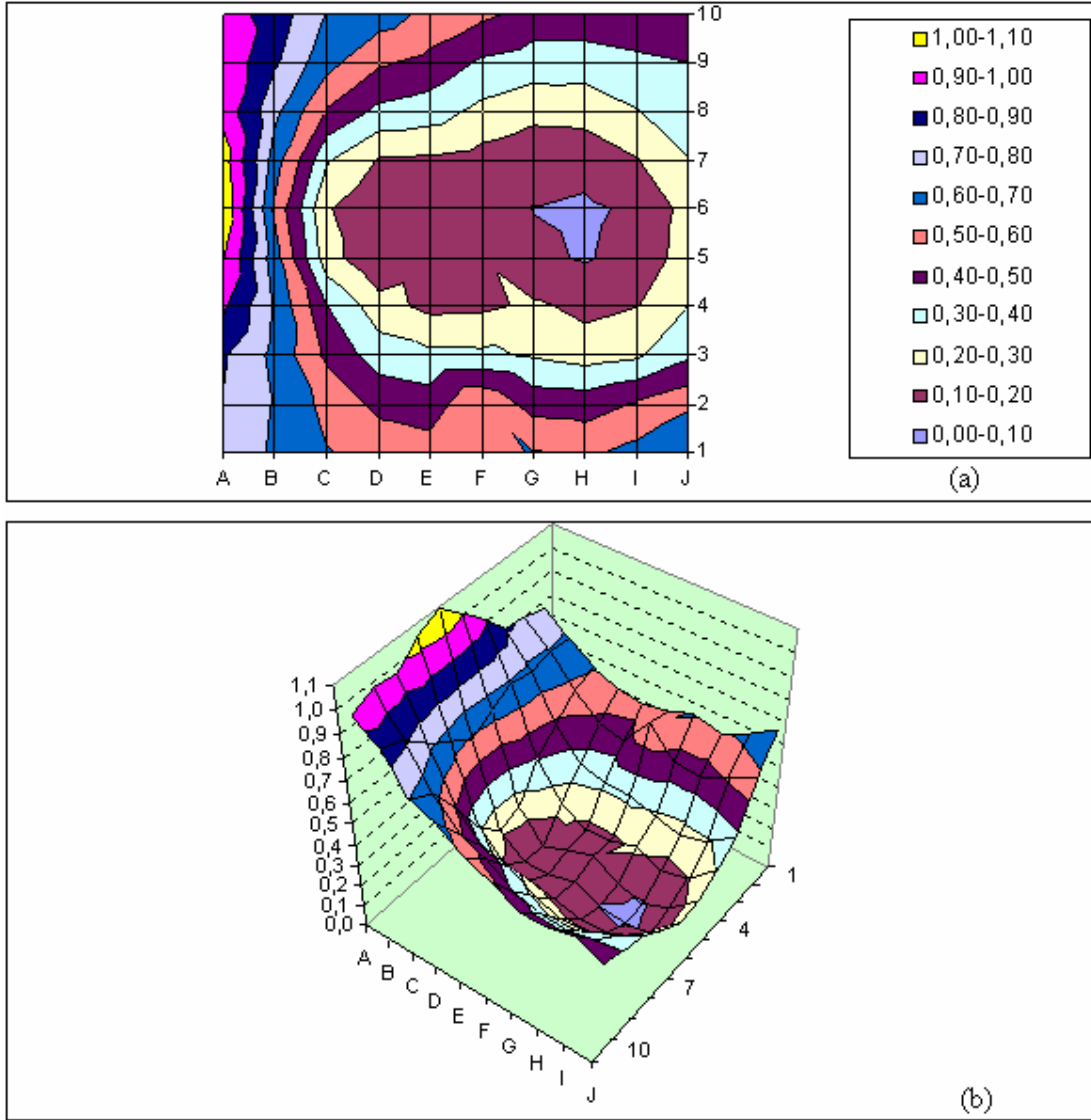
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,69	0,75	0,79	0,85	0,96	1,07	1,03	0,91	0,89	0,87
B	0,67	0,66	0,67	0,68	0,69	0,62	0,71	0,73	0,73	0,74
C	0,61	0,54	0,46	0,39	0,26	0,23	0,32	0,46	0,53	0,56
D	0,54	0,45	0,34	0,26	0,12	0,11	0,17	0,30	0,38	0,44
E	0,53	0,40	0,31	0,15	0,06	0,04	0,18	0,46	0,43	0,39
F	0,48	0,51	0,32	0,19	0,06	0,05	0,11	0,19	0,26	0,36
G	0,53	0,42	0,27	0,23	0,16	0,13	0,18	0,22	0,30	0,39
H	0,52	0,41	0,25	0,16	0,13	0,13	0,15	0,27	0,33	0,44
I	0,56	0,47	0,30	0,21	0,17	0,17	0,23	0,31	0,40	0,48
J	0,64	0,57	0,43	0,31	0,28	0,28	0,36	0,41	0,43	0,48

Şekil 4.59 A-T-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



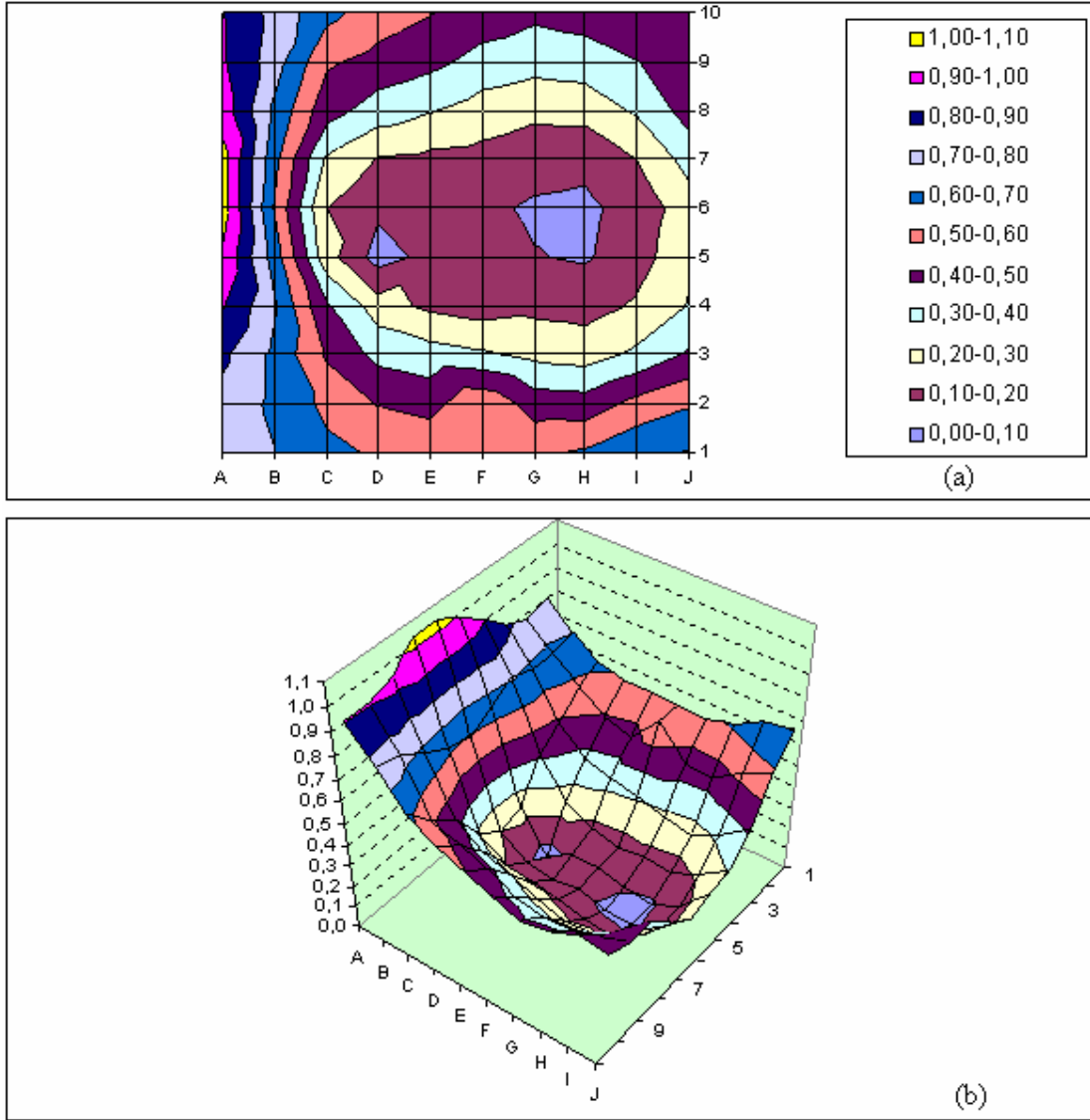
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,72	0,78	0,81	0,90	1,00	1,09	1,04	0,97	0,89	0,85
B	0,63	0,62	0,62	0,67	0,64	0,59	0,63	0,71	0,76	0,72
C	0,57	0,54	0,47	0,40	0,27	0,24	0,32	0,47	0,56	0,59
D	0,54	0,45	0,34	0,26	0,15	0,17	0,21	0,34	0,46	0,55
E	0,57	0,42	0,31	0,19	0,24	0,15	0,19	0,31	0,41	0,46
F	0,56	0,56	0,32	0,20	0,28	0,14	0,14	0,23	0,34	0,44
G	0,59	0,45	0,32	0,26	0,17	0,13	0,15	0,23	0,33	0,46
H	0,67	0,50	0,30	0,22	0,17	0,14	0,17	0,27	0,39	0,51
I	0,79	0,63	0,38	0,29	0,23	0,20	0,27	0,40	0,48	0,61
J	0,88	0,73	0,56	0,42	0,40	0,38	0,47	0,57	0,61	0,73

Şekil 4.60 B-T-A ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



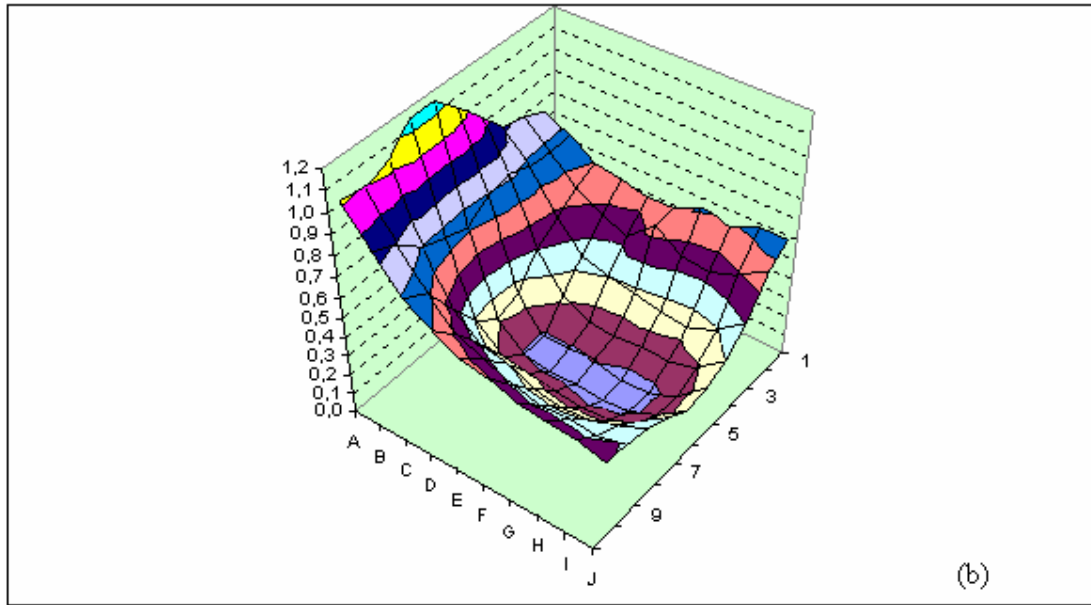
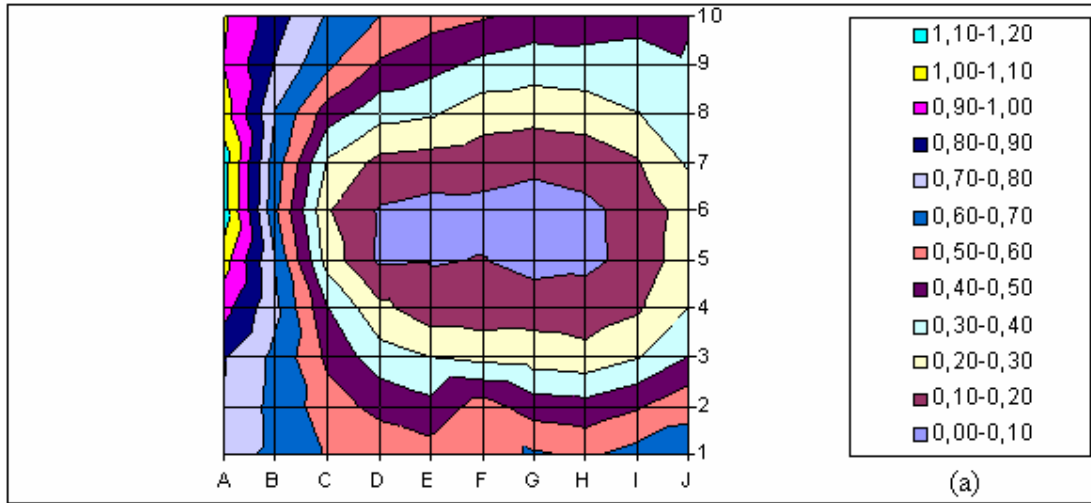
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,77	0,79	0,81	0,92	1,01	1,09	1,05	0,96	0,98	0,94
B	0,68	0,69	0,67	0,69	0,64	0,58	0,65	0,73	0,82	0,86
C	0,61	0,57	0,48	0,40	0,24	0,21	0,31	0,49	0,64	0,70
D	0,56	0,48	0,35	0,24	0,11	0,12	0,19	0,38	0,52	0,65
E	0,54	0,45	0,32	0,17	0,16	0,13	0,18	0,34	0,47	0,57
F	0,57	0,59	0,32	0,18	0,19	0,15	0,16	0,27	0,39	0,52
G	0,61	0,46	0,29	0,22	0,12	0,10	0,13	0,23	0,35	0,46
H	0,58	0,46	0,26	0,17	0,09	0,08	0,14	0,24	0,35	0,46
I	0,64	0,51	0,29	0,20	0,14	0,12	0,19	0,29	0,38	0,49
J	0,71	0,58	0,38	0,30	0,25	0,24	0,30	0,37	0,40	0,44

Şekil 4.61 T-A-D ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



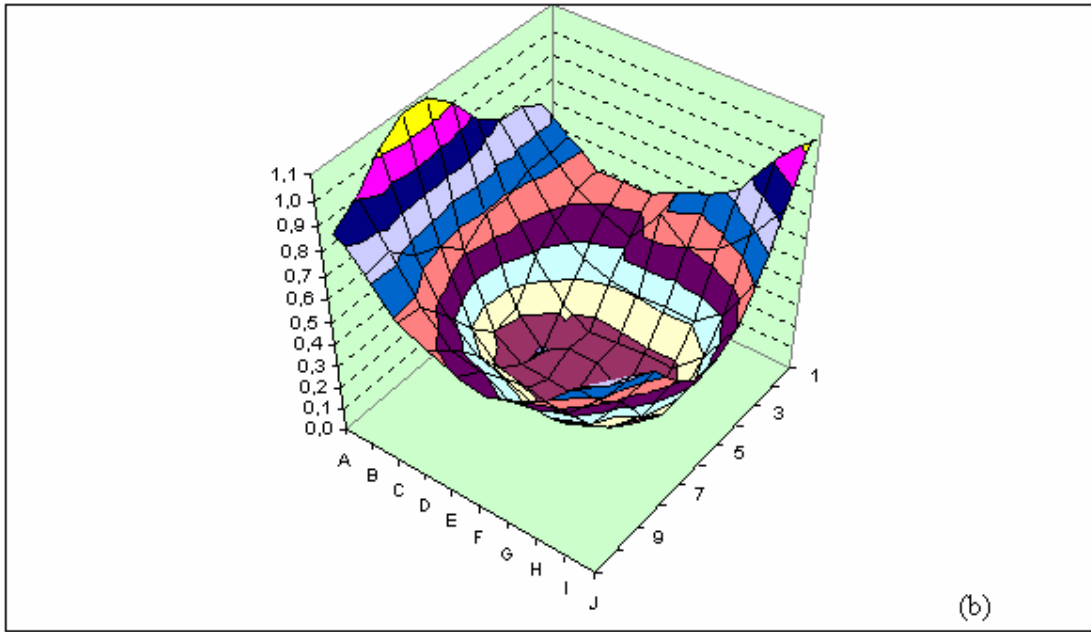
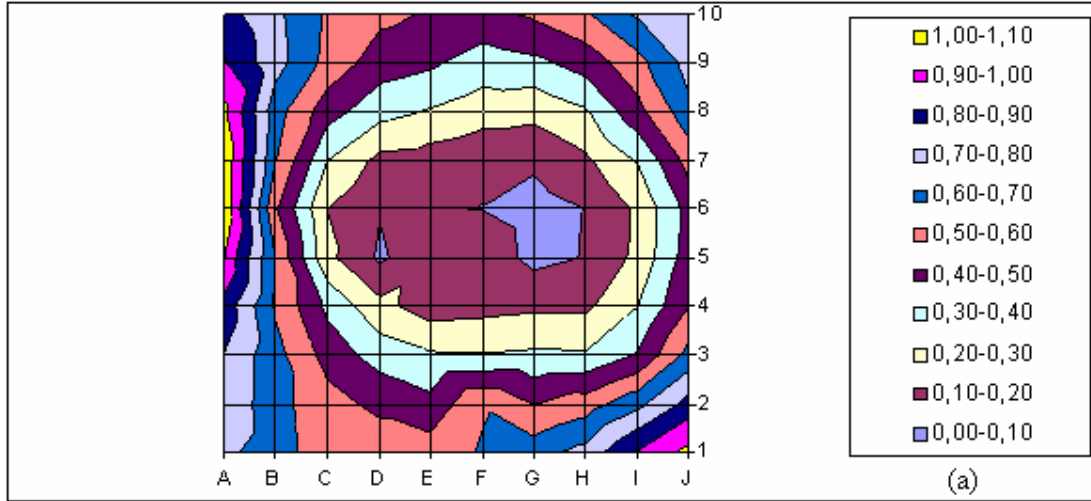
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,80	0,77	0,82	0,91	0,98	1,04	1,04	0,95	0,91	0,90
B	0,70	0,68	0,68	0,71	0,65	0,59	0,62	0,68	0,75	0,77
C	0,62	0,58	0,48	0,41	0,24	0,20	0,29	0,44	0,51	0,63
D	0,59	0,49	0,37	0,25	0,06	0,12	0,19	0,35	0,47	0,55
E	0,59	0,46	0,34	0,18	0,13	0,10	0,18	0,31	0,43	0,51
F	0,58	0,58	0,31	0,15	0,14	0,12	0,16	0,26	0,36	0,46
G	0,58	0,45	0,27	0,17	0,10	0,09	0,13	0,22	0,34	0,42
H	0,61	0,44	0,25	0,16	0,09	0,08	0,12	0,23	0,35	0,44
I	0,68	0,53	0,32	0,21	0,15	0,14	0,20	0,31	0,40	0,50
J	0,71	0,59	0,41	0,31	0,28	0,26	0,34	0,44	0,45	0,48

Şekil 4.62 T-A-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



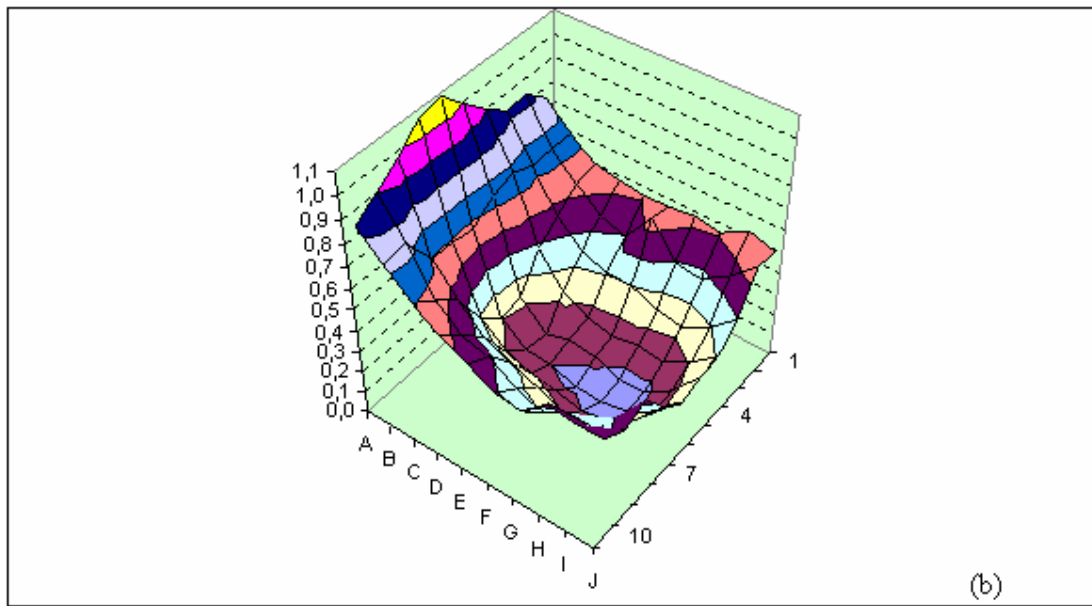
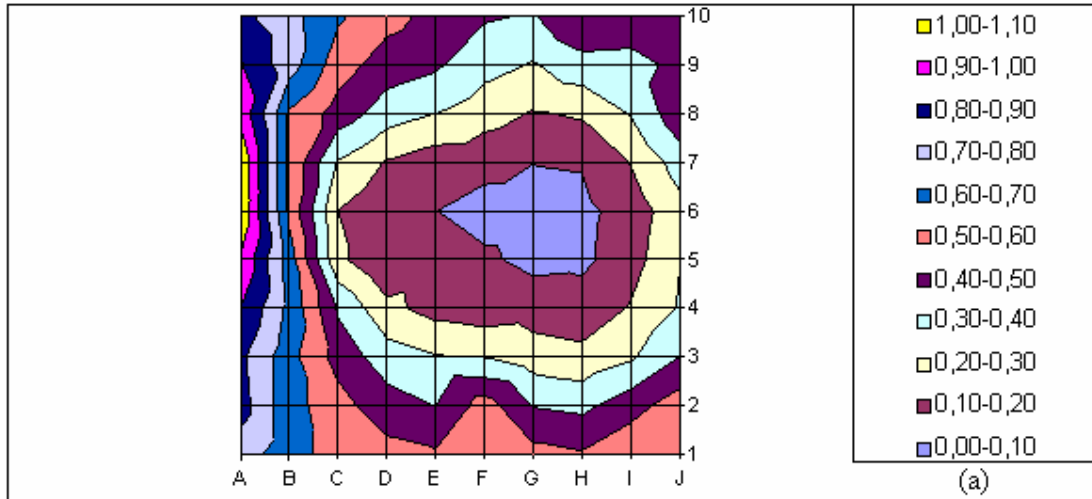
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,74	0,79	0,81	0,93	1,05	1,15	1,15	1,04	1,00	1,01
B	0,68	0,67	0,67	0,72	0,69	0,62	0,65	0,69	0,79	0,84
C	0,59	0,55	0,48	0,40	0,26	0,21	0,29	0,45	0,62	0,69
D	0,57	0,47	0,35	0,22	0,08	0,09	0,17	0,34	0,49	0,60
E	0,54	0,43	0,30	0,14	0,09	0,07	0,16	0,31	0,44	0,54
F	0,55	0,55	0,27	0,14	0,10	0,07	0,14	0,24	0,38	0,51
G	0,61	0,45	0,25	0,15	0,07	0,06	0,12	0,23	0,35	0,47
H	0,58	0,44	0,23	0,15	0,08	0,08	0,14	0,25	0,36	0,46
I	0,64	0,49	0,29	0,19	0,13	0,14	0,19	0,30	0,35	0,44
J	0,64	0,58	0,41	0,30	0,26	0,24	0,31	0,36	0,39	0,41

Şekil 4.63 T-A-T ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



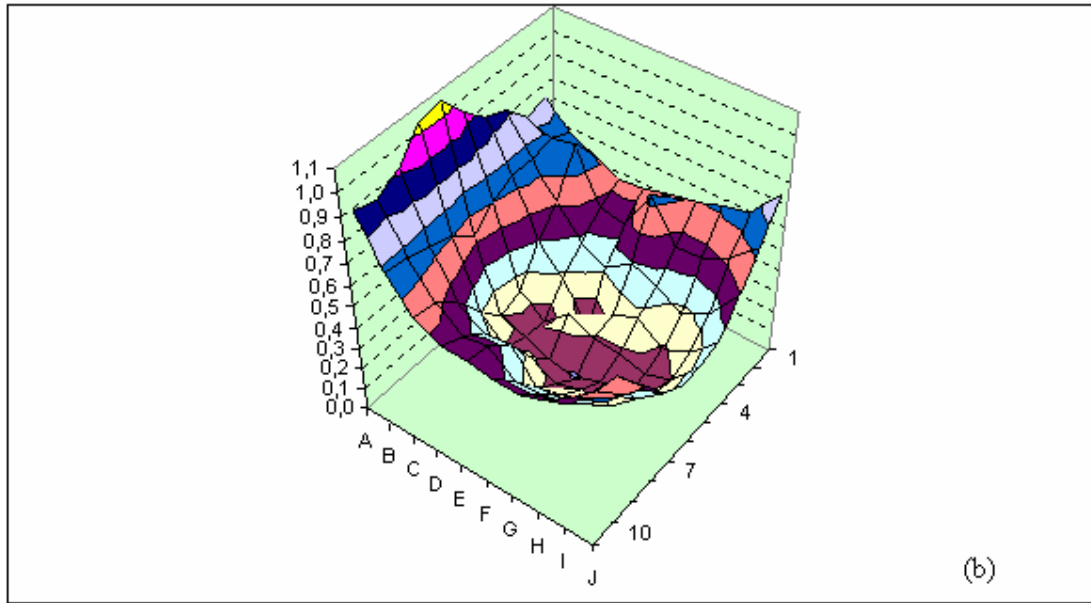
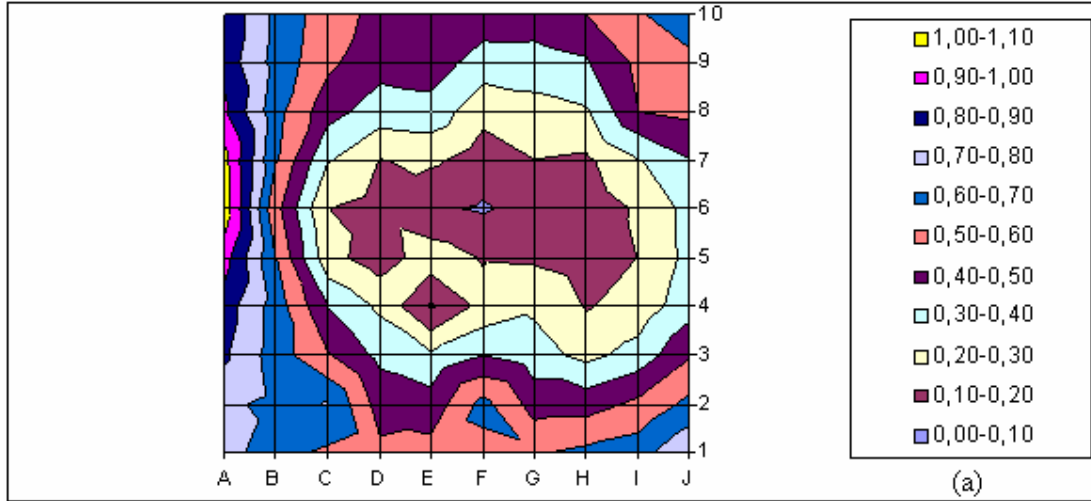
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,73	0,78	0,80	0,87	1,00	1,08	1,09	1,03	0,91	0,84
B	0,64	0,64	0,63	0,59	0,59	0,51	0,60	0,65	0,74	0,72
C	0,54	0,54	0,46	0,38	0,23	0,20	0,30	0,44	0,57	0,59
D	0,55	0,48	0,36	0,23	0,09	0,11	0,18	0,33	0,45	0,53
E	0,55	0,43	0,31	0,15	0,16	0,11	0,16	0,29	0,42	0,49
F	0,61	0,59	0,30	0,17	0,16	0,10	0,12	0,25	0,35	0,47
G	0,66	0,50	0,32	0,18	0,07	0,06	0,12	0,23	0,38	0,52
H	0,74	0,55	0,31	0,18	0,11	0,10	0,18	0,29	0,44	0,59
I	0,92	0,67	0,41	0,30	0,22	0,22	0,31	0,47	0,57	0,72
J	1,03	0,84	0,63	0,50	0,45	0,44	0,54	0,67	0,74	0,79

Şekil 4.64 T-B-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



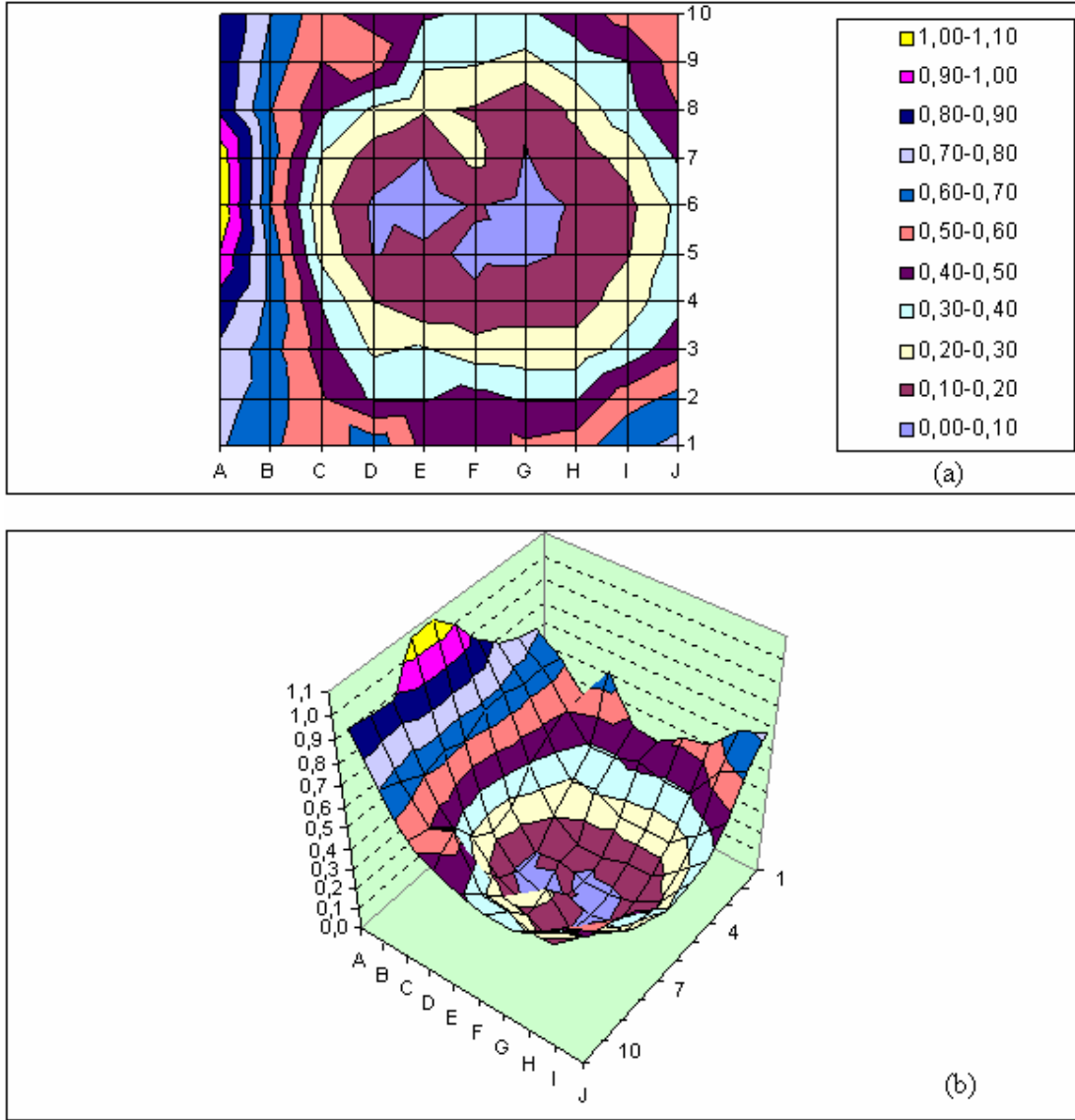
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,75	0,84	0,83	0,90	0,99	1,09	1,07	0,97	0,91	0,83
B	0,64	0,64	0,63	0,67	0,65	0,57	0,58	0,59	0,74	0,73
C	0,56	0,54	0,46	0,39	0,23	0,20	0,29	0,46	0,55	0,62
D	0,54	0,44	0,35	0,23	0,10	0,12	0,19	0,35	0,45	0,54
E	0,51	0,40	0,31	0,16	0,14	0,10	0,15	0,30	0,42	0,47
F	0,52	0,54	0,30	0,14	0,12	0,06	0,13	0,24	0,33	0,41
G	0,53	0,40	0,25	0,15	0,07	0,06	0,10	0,19	0,29	0,39
H	0,51	0,38	0,23	0,14	0,08	0,07	0,11	0,21	0,36	0,50
I	0,58	0,46	0,29	0,21	0,16	0,14	0,20	0,31	0,36	0,48
J	0,55	0,56	0,40	0,31	0,30	0,27	0,35	0,47	0,43	0,48

Şekil 4.65 T-B-D ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



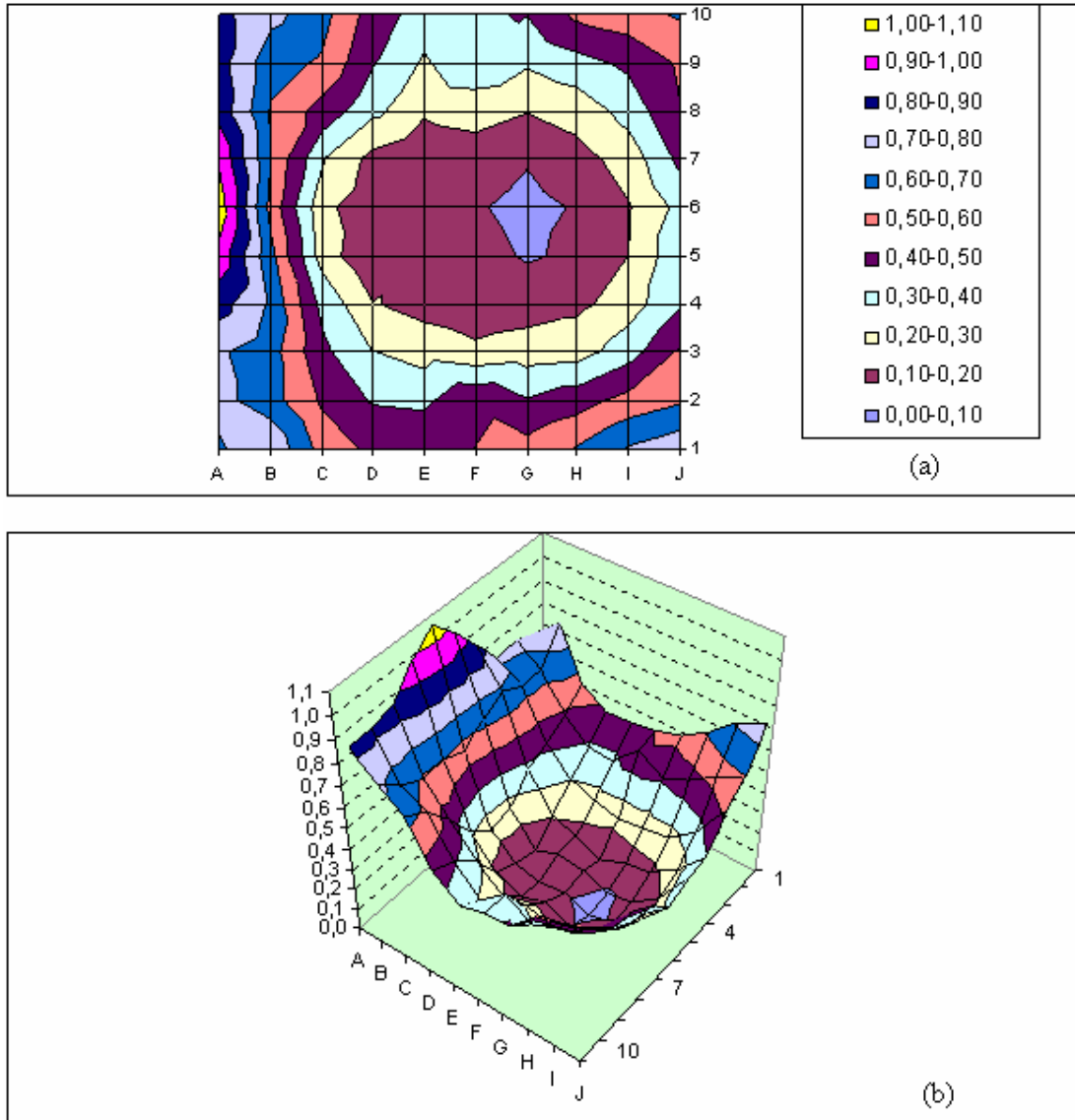
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,74	0,72	0,82	0,86	0,94	1,06	1,04	0,92	0,86	0,89
B	0,63	0,68	0,65	0,65	0,60	0,53	0,61	0,63	0,67	0,68
C	0,58	0,70	0,51	0,40	0,23	0,20	0,31	0,44	0,53	0,54
D	0,52	0,46	0,38	0,28	0,15	0,16	0,20	0,35	0,43	0,48
E	0,54	0,44	0,32	0,08	0,26	0,12	0,22	0,37	0,45	0,48
F	0,56	0,63	0,40	0,23	0,19	0,09	0,15	0,23	0,35	0,46
G	0,59	0,46	0,35	0,28	0,18	0,14	0,20	0,26	0,36	0,46
H	0,62	0,46	0,27	0,19	0,15	0,14	0,18	0,29	0,39	0,50
I	0,65	0,52	0,34	0,24	0,20	0,21	0,29	0,50	0,53	0,59
J	0,79	0,63	0,49	0,36	0,33	0,34	0,40	0,52	0,58	0,65

Şekil 4.66 A-T-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



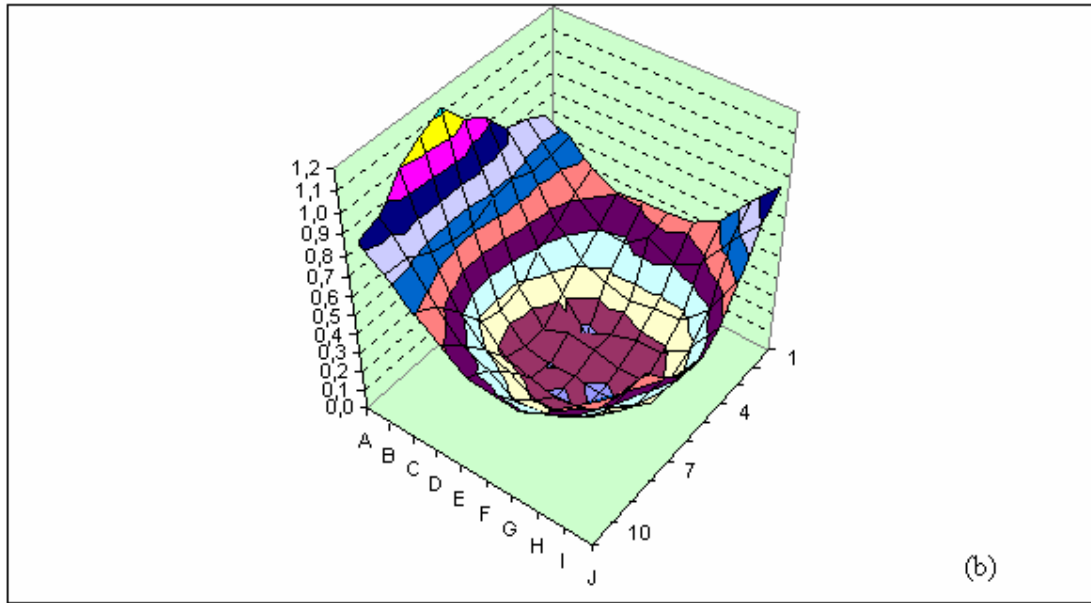
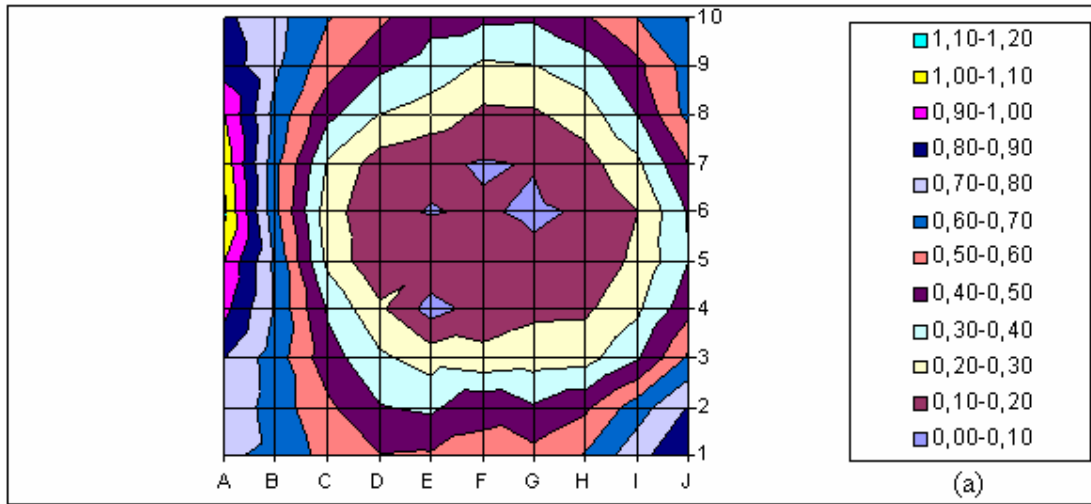
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,71	0,74	0,78	0,86	0,99	1,08	1,07	0,87	0,89	0,90
B	0,63	0,65	0,64	0,68	0,67	0,60	0,64	0,60	0,66	0,70
C	0,51	0,51	0,45	0,39	0,27	0,22	0,29	0,42	0,50	0,53
D	0,67	0,39	0,29	0,20	0,10	0,09	0,14	0,28	0,55	0,46
E	0,47	0,39	0,31	0,12	0,12	0,05	0,10	0,21	0,32	0,41
F	0,45	0,43	0,24	0,11	0,08	0,11	0,23	0,19	0,31	0,38
G	0,52	0,39	0,24	0,15	0,08	0,07	0,09	0,11	0,27	0,38
H	0,55	0,39	0,24	0,15	0,12	0,11	0,15	0,22	0,36	0,45
I	0,67	0,56	0,34	0,25	0,19	0,17	0,23	0,37	0,40	0,54
J	0,73	0,63	0,47	0,37	0,35	0,33	0,42	0,50	0,55	0,60

Şekil 4.67 A-T-B-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



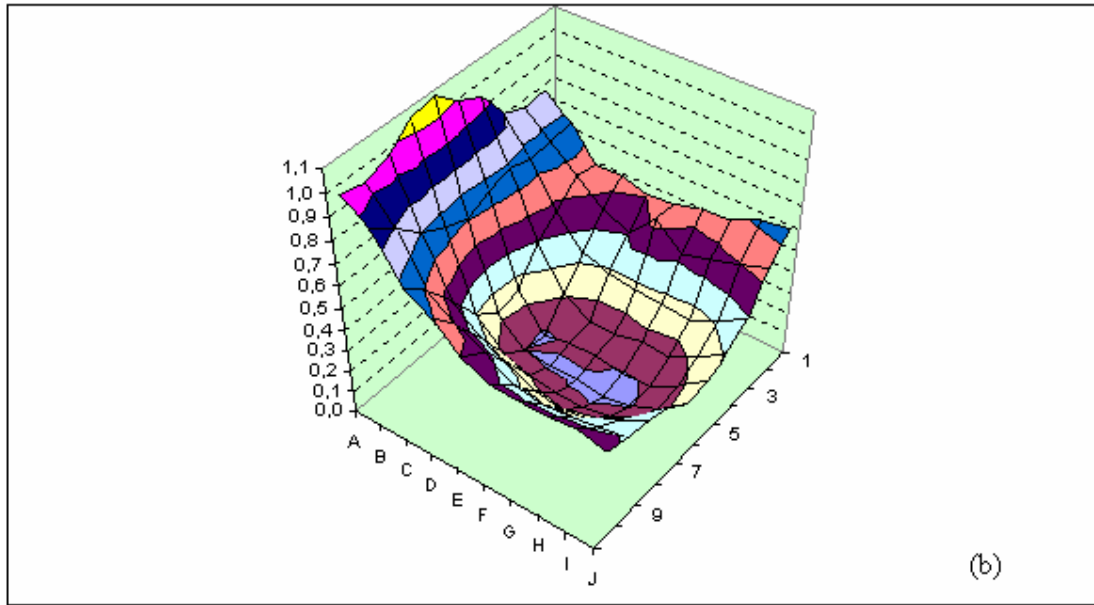
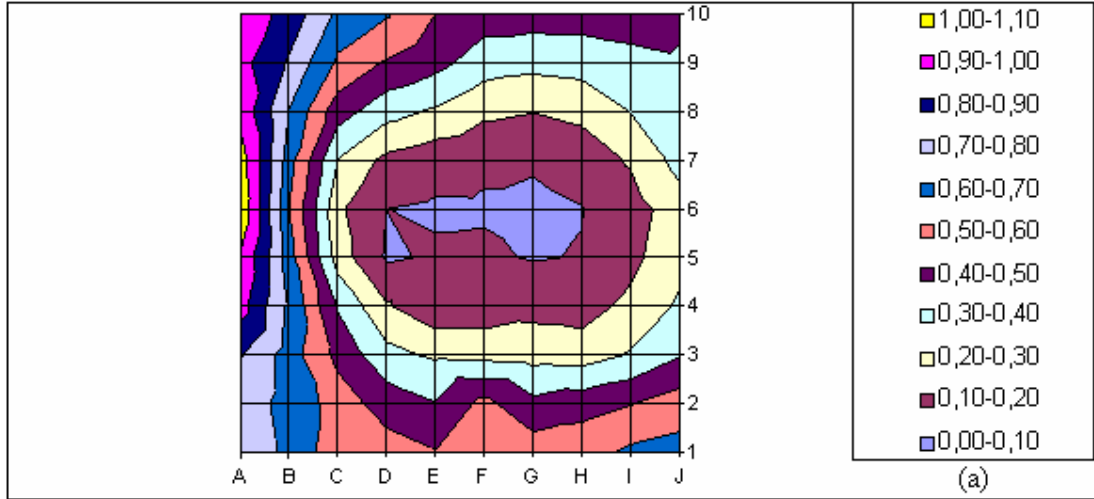
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,69	0,73	0,71	0,84	0,96	1,06	0,98	0,86	0,83	0,83
B	0,79	0,64	0,64	0,68	0,63	0,56	0,60	0,59	0,64	0,73
C	0,56	0,49	0,42	0,37	0,26	0,23	0,31	0,46	0,59	0,64
D	0,48	0,39	0,30	0,21	0,11	0,13	0,17	0,33	0,41	0,45
E	0,48	0,38	0,26	0,16	0,16	0,10	0,12	0,22	0,29	0,35
F	0,50	0,48	0,23	0,11	0,14	0,11	0,16	0,23	0,38	0,39
G	0,53	0,41	0,25	0,15	0,09	0,07	0,11	0,20	0,31	0,40
H	0,61	0,46	0,26	0,18	0,11	0,11	0,16	0,24	0,36	0,53
I	0,71	0,54	0,36	0,25	0,20	0,19	0,24	0,34	0,42	0,56
J	0,77	0,59	0,52	0,39	0,38	0,33	0,43	0,50	0,51	0,61

Şekil 4.68 A-T-G-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



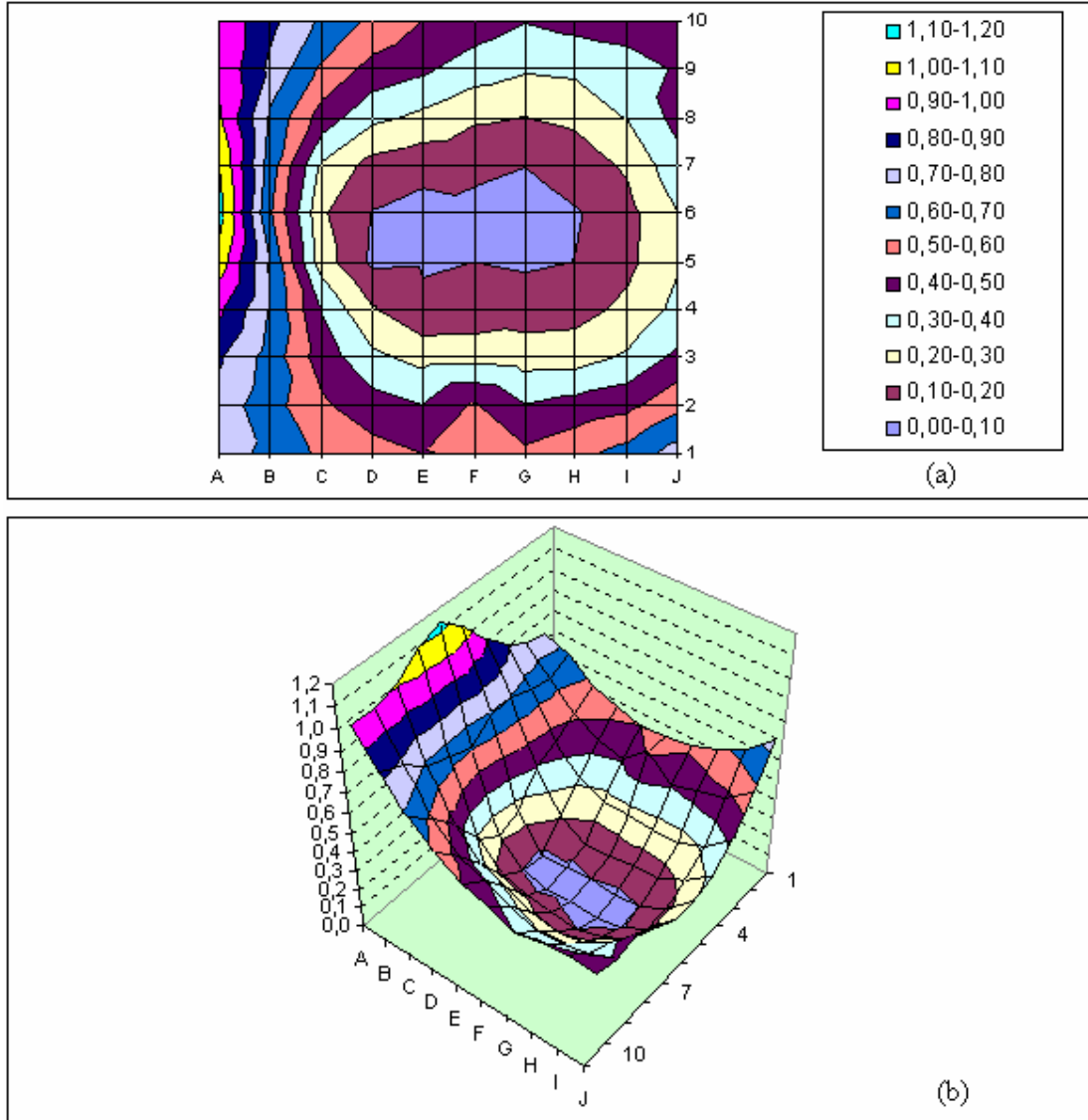
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,72	0,78	0,81	0,93	1,00	1,12	1,07	1,00	0,86	0,82
B	0,67	0,65	0,65	0,69	0,68	0,62	0,63	0,66	0,72	0,73
C	0,57	0,52	0,44	0,39	0,27	0,25	0,28	0,43	0,55	0,61
D	0,51	0,41	0,32	0,22	0,12	0,12	0,16	0,30	0,42	0,52
E	0,51	0,38	0,26	0,06	0,18	0,09	0,12	0,25	0,36	0,43
F	0,52	0,48	0,23	0,14	0,16	0,11	0,09	0,18	0,29	0,42
G	0,53	0,41	0,25	0,18	0,12	0,08	0,11	0,19	0,30	0,41
H	0,61	0,48	0,27	0,18	0,13	0,11	0,16	0,25	0,36	0,49
I	0,77	0,66	0,39	0,28	0,22	0,20	0,28	0,40	0,47	0,61
J	0,90	0,81	0,62	0,47	0,40	0,41	0,51	0,63	0,65	0,71

Şekil 4.69 B-T-A-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



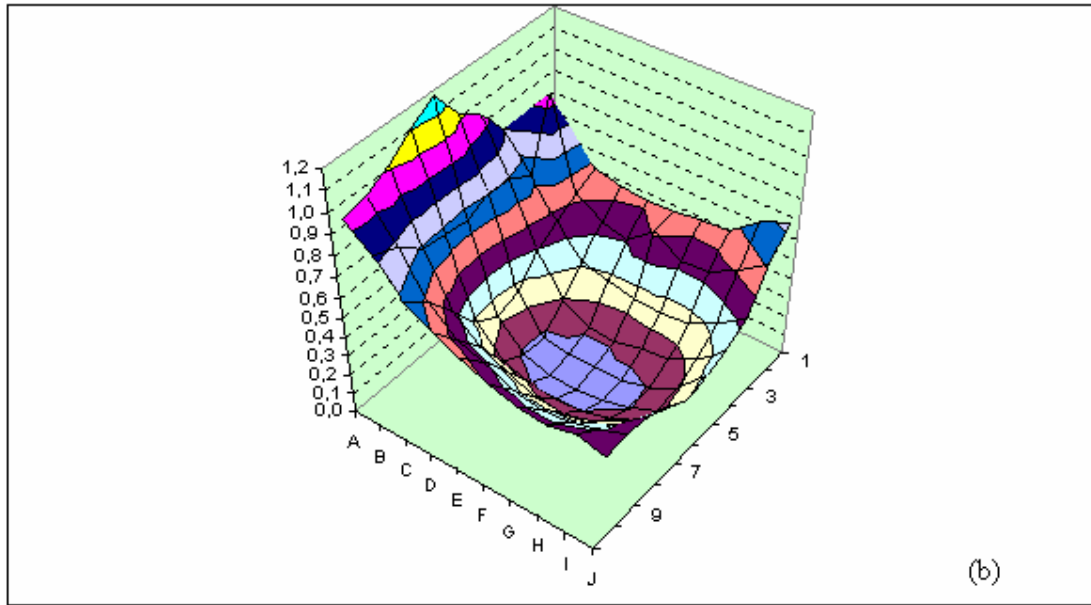
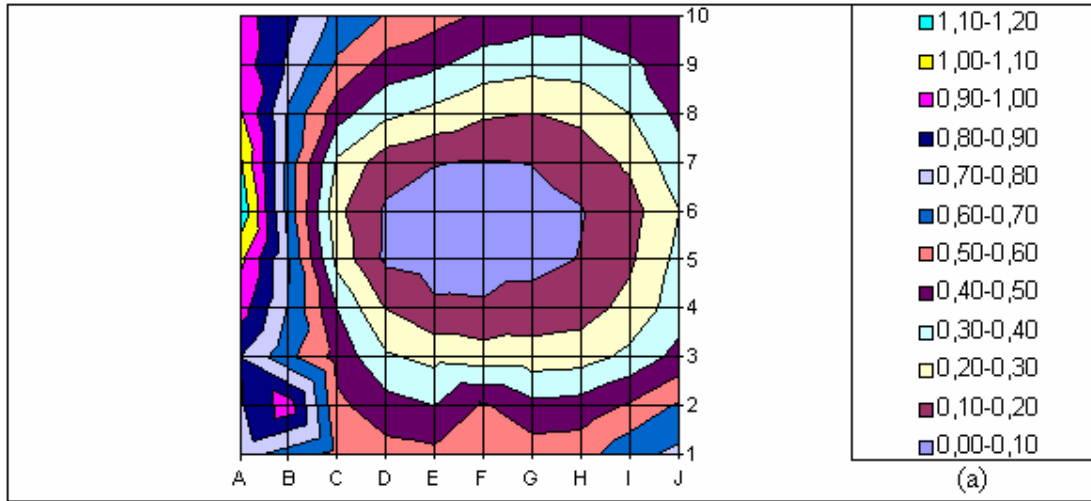
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,78	0,76	0,80	0,94	0,99	1,08	1,05	0,97	0,93	0,96
B	0,68	0,66	0,65	0,68	0,65	0,60	0,65	0,70	0,79	0,87
C	0,53	0,56	0,47	0,39	0,25	0,22	0,30	0,45	0,58	0,68
D	0,54	0,45	0,33	0,21	0,09	0,10	0,17	0,34	0,49	0,61
E	0,50	0,41	0,28	0,13	0,11	0,09	0,14	0,29	0,43	0,50
F	0,52	0,53	0,27	0,13	0,12	0,09	0,11	0,22	0,35	0,45
G	0,55	0,43	0,26	0,17	0,09	0,07	0,11	0,20	0,33	0,44
H	0,56	0,46	0,25	0,16	0,11	0,10	0,14	0,23	0,34	0,44
I	0,62	0,50	0,31	0,23	0,17	0,16	0,21	0,30	0,36	0,46
J	0,64	0,54	0,39	0,32	0,27	0,25	0,33	0,37	0,39	0,42

Şekil 4.70 T-A-D-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



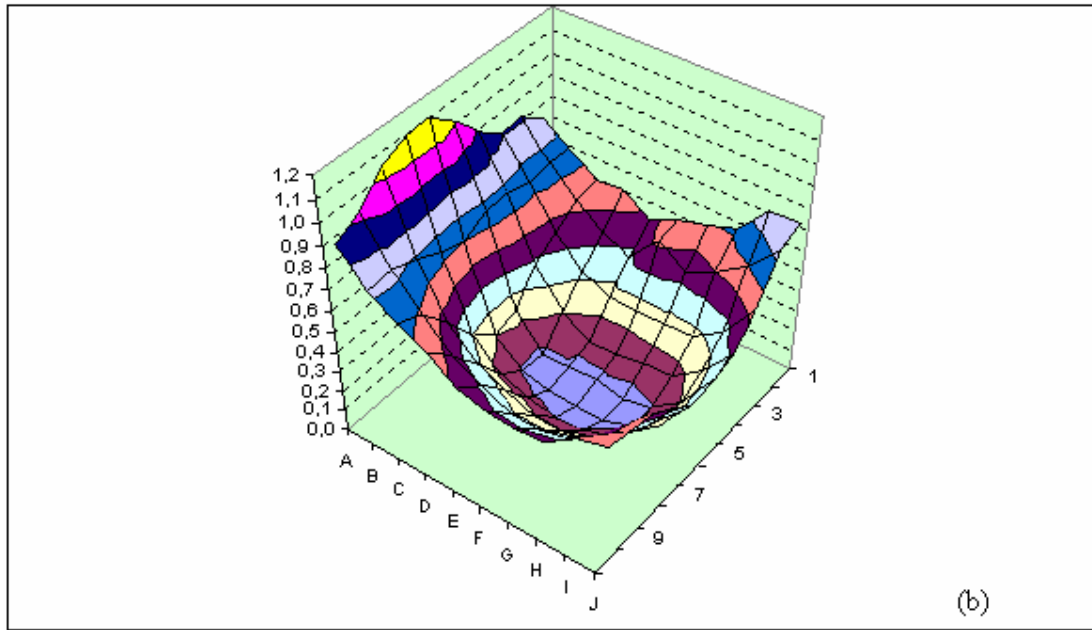
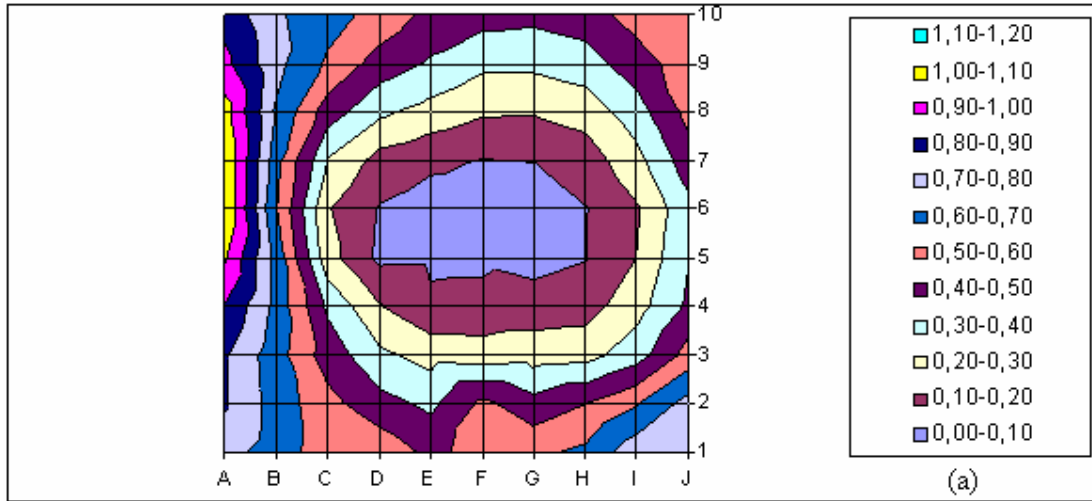
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,73	0,76	0,81	0,92	1,05	1,14	1,09	1,01	0,98	0,98
B	0,68	0,64	0,66	0,69	0,69	0,60	0,65	0,68	0,78	0,83
C	0,58	0,52	0,45	0,39	0,25	0,22	0,29	0,46	0,58	0,68
D	0,54	0,44	0,32	0,21	0,08	0,09	0,16	0,32	0,46	0,58
E	0,50	0,40	0,27	0,12	0,09	0,06	0,13	0,28	0,42	0,50
F	0,50	0,52	0,27	0,13	0,10	0,08	0,11	0,22	0,35	0,45
G	0,52	0,40	0,25	0,15	0,08	0,06	0,10	0,20	0,31	0,40
H	0,57	0,44	0,26	0,16	0,10	0,09	0,14	0,22	0,32	0,43
I	0,64	0,48	0,31	0,23	0,17	0,17	0,22	0,30	0,35	0,45
J	0,75	0,57	0,42	0,33	0,29	0,30	0,36	0,43	0,41	0,44

Şekil 4.71 T-A-G-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



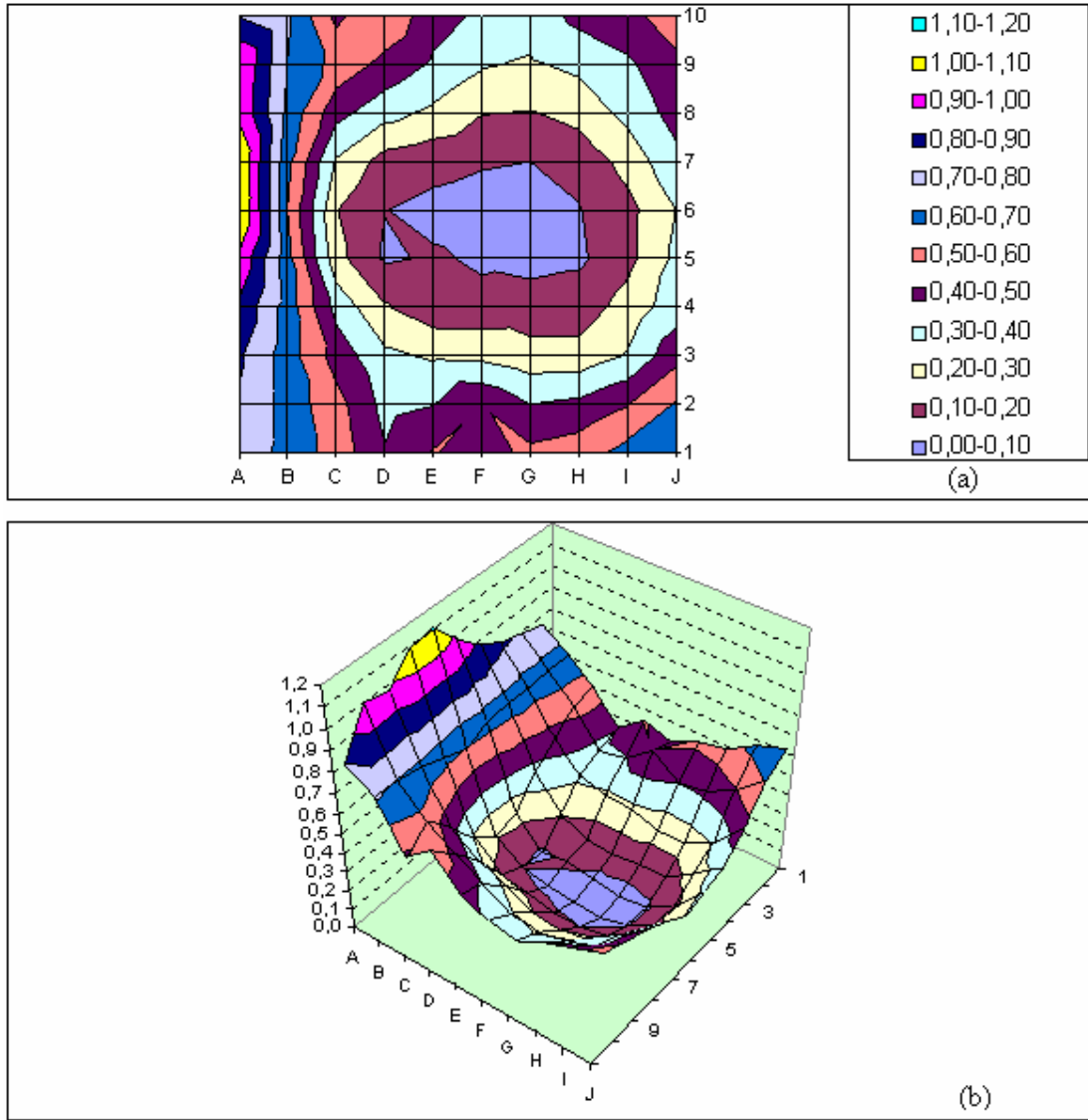
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,74	0,79	0,80	0,94	1,02	1,18	1,11	1,01	0,96	0,94
B	0,65	0,95	0,63	0,69	0,71	0,65	0,66	0,68	0,78	0,83
C	0,57	0,52	0,46	0,40	0,26	0,22	0,28	0,44	0,58	0,67
D	0,54	0,44	0,32	0,20	0,08	0,09	0,15	0,32	0,46	0,59
E	0,52	0,40	0,27	0,11	0,06	0,04	0,10	0,27	0,42	0,54
F	0,53	0,51	0,25	0,11	0,07	0,04	0,09	0,21	0,35	0,48
G	0,55	0,43	0,25	0,14	0,07	0,06	0,10	0,20	0,33	0,44
H	0,56	0,44	0,26	0,16	0,10	0,09	0,15	0,23	0,34	0,44
I	0,67	0,51	0,33	0,23	0,18	0,16	0,22	0,30	0,38	0,47
J	0,73	0,62	0,43	0,35	0,33	0,30	0,36	0,43	0,44	0,44

Şekil 4.72 T-A-T-B ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



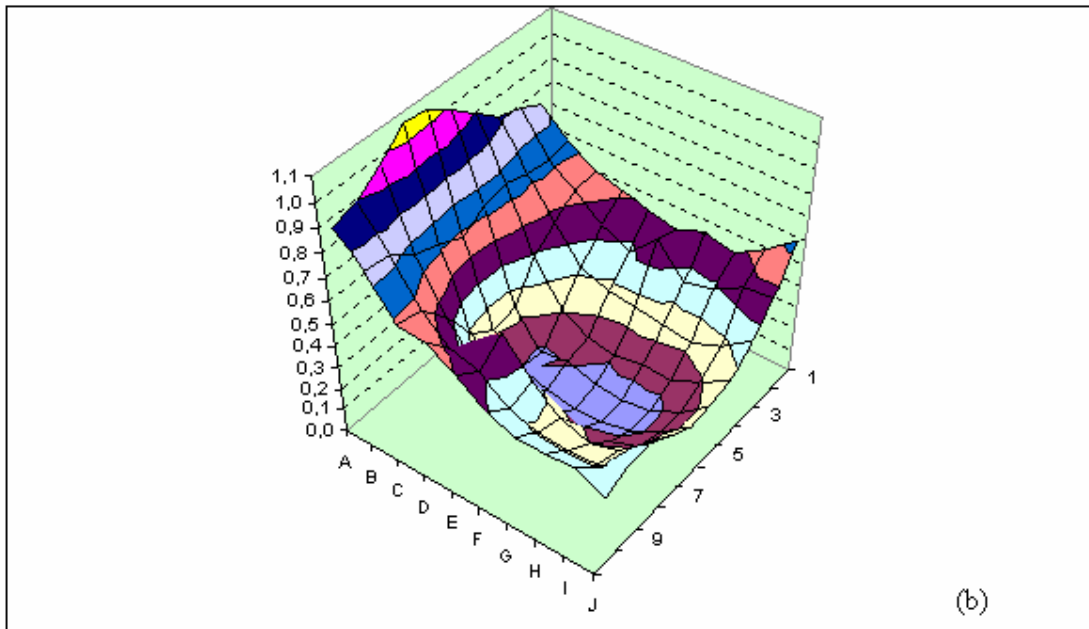
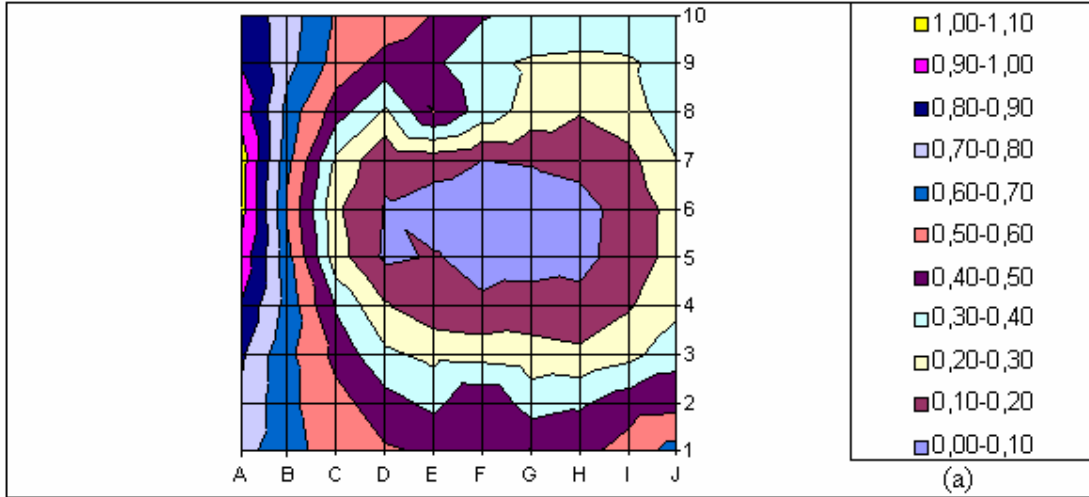
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,74	0,81	0,81	0,89	1,01	1,10	1,09	1,04	0,93	0,86
B	0,65	0,65	0,64	0,67	0,66	0,60	0,63	0,69	0,73	0,72
C	0,55	0,53	0,45	0,38	0,24	0,21	0,30	0,45	0,59	0,64
D	0,56	0,43	0,32	0,20	0,08	0,09	0,16	0,32	0,46	0,57
E	0,48	0,38	0,26	0,12	0,09	0,05	0,12	0,26	0,39	0,47
F	0,54	0,52	0,25	0,12	0,09	0,05	0,10	0,21	0,32	0,44
G	0,58	0,44	0,26	0,15	0,06	0,05	0,10	0,21	0,32	0,42
H	0,62	0,50	0,27	0,16	0,09	0,09	0,15	0,24	0,36	0,45
I	0,77	0,59	0,36	0,26	0,20	0,19	0,27	0,35	0,45	0,54
J	0,77	0,73	0,54	0,42	0,40	0,37	0,46	0,53	0,55	0,58

Şekil 4.73 T-B-D-G ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,76	0,79	0,82	0,88	0,98	1,11	1,09	0,98	1,00	0,80
B	0,67	0,66	0,65	0,66	0,64	0,59	0,63	0,67	0,70	0,71
C	0,56	0,54	0,46	0,37	0,23	0,20	0,29	0,44	0,57	0,48
D	0,41	0,37	0,32	0,21	0,09	0,10	0,16	0,34	0,47	0,58
E	0,51	0,40	0,29	0,13	0,11	0,07	0,13	0,28	0,39	0,44
F	0,46	0,50	0,28	0,13	0,08	0,06	0,11	0,21	0,31	0,38
G	0,52	0,40	0,23	0,14	0,07	0,05	0,10	0,20	0,29	0,35
H	0,55	0,42	0,24	0,15	0,08	0,09	0,14	0,23	0,33	0,43
I	0,64	0,50	0,31	0,24	0,17	0,17	0,23	0,33	0,38	0,48
J	0,68	0,61	0,47	0,35	0,32	0,30	0,38	0,43	0,49	0,53

Şekil 4.74 T-B-G-A ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0,74	0,79	0,82	0,89	0,98	1,05	1,06	0,97	0,89	0,86
B	0,63	0,62	0,62	0,66	0,63	0,58	0,62	0,66	0,73	0,75
C	0,55	0,54	0,47	0,39	0,24	0,21	0,28	0,45	0,56	0,59
D	0,51	0,44	0,32	0,21	0,08	0,09	0,12	0,29	0,46	0,57
E	0,48	0,38	0,27	0,13	0,11	0,06	0,14	0,51	0,42	0,49
F	0,46	0,49	0,26	0,11	0,06	0,04	0,10	0,36	0,32	0,41
G	0,50	0,35	0,24	0,14	0,06	0,05	0,11	0,26	0,29	0,36
H	0,47	0,38	0,22	0,13	0,07	0,07	0,12	0,21	0,28	0,36
I	0,54	0,46	0,27	0,19	0,14	0,14	0,17	0,25	0,28	0,37
J	0,64	0,47	0,36	0,27	0,24	0,24	0,29	0,36	0,35	0,31

Şekil 4.75 T-B-G-D ekran için ekranlama faktörü dağılımı, (a) İki boyutlu dağılım, (b) Üç boyutlu dağılım

5. TARTIŞMALAR VE SONUÇLAR

5.1 Tek Katlı Yapı

Alüminyum

Ekranlama malzemesi olarak alüminyum kullanıldığında ekransız duruma göre fazla bir değişiklik gözlenmemiştir.

Bakır

Ekranlama malzemesi olarak bakır kullanıldığında ekransız duruma göre kaynaktan uzak mesefelerde çok az bir azalma gözlenmiştir.

DKP Sacı

Ekranlama malzemesi olarak DKP sacı kullanıldığında ekransız duruma göre % 10-20'ye varan bir azalma olduğu gözlenmiştir. DKP'nin katlı olarak kullanıldığı ekranlama modelinde kat sayısını arttırdıkça bir önceki katta yapılan ölçümde ulaşılan magnetik alan değerlerinde yaklaşık olarak % 20 - % 30 arasında bir azalma gözlenmiştir.

Trafo Sacı

Ekranlama malzemesi olarak trafo sacı kullanıldığında ekransız duruma göre % 80'e varan bir azalma olduğu gözlenmiştir. Trafo sacının katlı olarak kullanıldığı ekranlama modelinde kat sayısını arttırdıkça bir önceki katta yapılan ölçümde ulaşılan magnetik alan değerlerinde yaklaşık olarak % 20 - % 40 arasında bir azalma gözlenmiştir.

Galvanizli Sac

Ekranlama malzemesi olarak galvanizli sac kullanıldığında ekransız duruma göre % 50'ye varan bir azalma olduğu gözlenmiştir. Galvanizli sacın katlı olarak kullanıldığı ekranlama modelinde ekranlamada kat sayısını arttırdıkça bir önceki katta yapılan ölçümde ulaşılan magnetik alan değerlerinde yaklaşık olarak % 25 - % 35 arasında bir azalma gözlenmiştir.

Ekransız malzemesi olarak kullanmış olduğumuz malzemelerin (Al, Cu, DKP, T, G) çok katlı olarak çeşitli şekillerde üst üste sarılarak silindirik bir formda yapmış olduğumuz ekranlama ile magnetik alan ölçümleri yapıldı. Malzemelerin hem tek katlı yapıda hem de ekransız duruma göre çok daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlendi. Tezin bu bölümünde farklı yapılarıdaki ekranlamaların birbiri ile kıyaslanması yapılmaktadır.

5.2 İki Katlı Yapı

Alüminyum-Trafo Sacı; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı % 75'tir.

Trafo Sacı-Alüminyum; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı % 65'tir.

Trafo Sacı-Bakır; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı % 70'tir.

Bakır-Trafo Sacı; Ekransız duruma magnetik alandaki göre ortalama azalma oranı % 60'tır.

Bu dört durum için kaynağa yakın ve uzak noktalarda yapılan karşılaştırılmada alüminyum-trafo sacı yapısının çok daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. En iyi sonuçtan en kötü sonuca göre sıralama yapılırsa, A-T, T-B, T-A, B-T olur.

5.3 Üç Katlı Yapı

Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 75'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 30'dur.

Trafo Sacı-Alüminyum-Galvanizli Sac; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 75'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 40'tır.

Bakır-Trafo Sacı-Alüminyum; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 70'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı

% 25'tir.

Trafo Sacı-Alüminyum-DKP; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 70-75'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 30'dur.

Trafo Sacı-Alüminyum-Trafo Sacı; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 75-80'dir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 50'dir.

Trafo Sacı-Bakır-DKP; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 75-80'dir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 40-50'dir.

Alüminyum-Trafo Sacı-Galvanizli Sac; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 75'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 30'dur.

Alüminyum-Trafo Sacı-Bakır; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 80-90'dır. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 20-30'dur.

Bu sekiz durum için kaynağa yakın noktalarda yapılan karşılaştırmada en iyi sonucu ATB vermektedir. Kaynağa uzak noktalarda yapılan karşılaştırılma ise TAT yapısının çok daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Kaynağa yakın noktalarda yapılan değerlendirmede ortalama azalma miktarının yakın olduğu yapılarda kaynağa en yakın olan noktalardaki değerler ayrıca karşılaştırılmıştır.

Bir önceki ikili yapı için yapılmış olan değerlendirmeye istinaden kaynağa yakında bir önceki kombinasyonda olduğu gibi alüminyum ve trafo sacı ilk iki katman olmaktadır. Bundan dolayı ATB ve ATG arasında da bir değerlendirme yapmak gerekirse;

Hem kaynağa yakın hem de uzak noktalarda ATB'nin ATG'ye göre daha iyi bir ekranlama

yapısı olduğunu görmekteyiz.

Bir önceki değerlendirmemizde en kötü ikili yapı olan Bakır-Trafo Sacı yapısının üzerine Al malzemesi sarmamızda fazla bir değişiklik göstermediği görülmektedir.

Bunların dışında TAT, TAD ve TAG'yi karşılaştırsak TAT yapısının diğerlerine oranla çok daha iyi bir ekranlama seçeneği olduğu görülmektedir ancak kaynaktan uzaklaştıkça TAG yapısının sonuçlarının daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

5.4 Dört Katlı Yapı

Alüminum-Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 75'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 40'tır.

Alimünüm-Trafo Sacı-Galvanizli Sac-Bakır; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 75'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 40'tır.

Bakır-Trafo Sacı-Alüminyum-Galvanizli Sac; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 70'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 50'dir.

Trafo Sacı-Alüminyum-Galvanizli Sac-Bakır; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 80'dir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 50 'dir.

Trafo Sacı-Alüminyum-Trafo Sacı-Bakır; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 80-85'dir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 30'dur.

Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac-Alüminyum; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 75'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 50'dir.

Trafo Sacı-Bakır-Galvanizli Sac-DKP; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 75-80'dir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 40'tır.

Trafo Sacı-Alüminyum-DKP-Bakır; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 70'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 60'tır.

Trafo Sacı-Bakır-DKP-Galvanizli Sac; Ekransız duruma göre magnetik alandaki ortalama azalma oranı kaynağa yakın noktalarda % 80-85'tir. Kaynaktan uzak mesafelerde ortalama azalma oranı % 50'dir.

Bu dokuz durum için kaynağa yakın noktalarda yapılan karşılaştırmada en iyi sonucu TATB vermektedir. Kaynağa uzak noktalarda yapılan karşılaştırılarda ise BTAG dışında genellikle sonuçların birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Kaynağa yakın noktalarda yapılan değerlendirmede ortalama azalma miktarının yakın olduğu yapılarda kaynağa en yakın olan noktalardaki değerler ayrıca karşılaştırılmıştır.

Üçlü yapı ve ikili yapı karşılaştırmalarımız dikkate alınarak farklı yorumlarda bulunulabilir. Daha önceki sonuçlarda alüminyum-trafo sacının bulunduğu yapılarda iyi sonuçlar elde edilmişti. Karşılaştırmalara iki alt katman alüminyum-trafo sacı olacak şekilde başlarsak;

ATBG yapısının ATGB'ye göre kaynağa yakın ve uzak bölgelerde daha iyi bir ekranlama yapısı olduğu görülmektedir. AT ve ATB yapıları kendi sınıflarında en iyi ekranlama yapısı olduğunu belirtmiştik. Yine aynı şekilde ATB ile ATG'yi kıyasladığımızda ATB'nin daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemiştik. Bu gözlemler neticesinde G'nin tek başına çok iyi bir ekranlama malzemesi olduğunu bilmemize rağmen üçüncü ve dördüncü katlarda ekranlama etkinliğinin iyi olmadığı görüşüne varılabilmektedir. Aynı mantık ile Bakırın tek başına çok iyi bir ekranlama malzemesi olmadığı görüşünde olmamıza rağmen ikinci, üçüncü ve dördüncü katlarda ekranlama performansını arttırdığı gözlemlenmiştir.

Dörtlü yapıda en kötü ekranlama performansını kaynağa hem uzak hem yakın yerlerde BTAG göstermektedir.

TBGD yapısının kaynağa uzak noktada en iyi ekranlama performansını gösterdiği gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Conava, A., Freschi, F., Repetto, M., Tartaglia, M., (2004), "Identification Of Power Frequency Industrial Magnetic Source For Shielding Purpose", Proceedings of 11th International IGTE Symposium, Graz (Austria).
- Çabuk, M., (2005), "Elektromagnetik Alanların Ekranlaması", Y.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Du. Y., Cheng. T.C., (1996), "Principles of Power-Frequency Magnetic Field Shielding with Flat Sheets in a Source Of Long Conductors." The Hong Kong Polytechnic University Hong Kong.
- Du, Y., Burnett, J., (1996), "Magnetic Shielding Principles of Linear Cylindrical Shield at Power Frequency" The Hong Kong Polytechnic University Hong Kong.
- Frix, W.M., (1996), "Three Numerical Techniques to Evaluate the Low Frequency Magnetic Shielding of Two Dimension Metric Structure", Arizona State University.
- Gardner, R.L., Baker, L., Baum, C.E., Andesh, D.J., (1985), "Comparison of Lightning with Public domain HEMP Waveforms on The Surface of An Aircraft", 6th Zurich Symp. On EMC.
- Kappenman, J.G., Albertson, V.D., (1990), "Bracing for geometric storms" Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland.
- Köroğlu S., Umurkan N., Kılıç O., Attar F., (2005), "Elektromagnetik Uyumluluk İçin Sac Levha Malzemelerin Şebeke Frekanslı Sistemlerde Ekranlama Etkinliği", 1. Enerji Verimliliği ve Ekranlama Etkinliği.
- L.Hasselgren, Jorma Luomi, (1995), "Geometrical Aspects Of Magnetic Shielding at Extremely Low Frequencies "IEEE Trans. Electromag. Compat., vol. 37, pp. 409-420.
- Moreno, P., Olsen, R.G., (1997), "A Simple Theory for Optimizing Finite Width ELF Magnetic Field Shields for Minimum Dependence on Source Orientation, Electromagnetic Compatibility" (Mexico).
- Pancar. M., (1999), "Elektromagnetik Alanların Ekranlaması", İ.T.Ü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Salinas, E., (2000), "Passive and Active Shielding of Power-Frequency Magnetic Fields from Secondary Substation Components" Power System Technology, International Conference, California.
- Sumnert, T. J., Pendlebury. J. M., Smith. K. F., (1987), "Conventional Magnetic Shielding", University of Sussex, U.K.
- Şeker, S., Çerezci. O., (1994), "Elektromagnetik Dalgalar ve Mühendislik Uygulamaları", Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- TS EN-50081-2-1 (1995), "Elektromagnetik Uyumluluk-Genel.
- TS EN-61081-4-10 (1995), "Elektromagnetik Uyumluluk-Deneyler ve Ölçme Teknikleri.
- Uman., M.A., Krider., E. P., (1992), A Review of Natural Lightning Experimental data and Modeling.
- Uman, M.A., (1998), "Natural and Artificially-Initiated Lightning and Lightning Test Standards
- Umurkan. N., (1995), "Enerji İletim Hatlarında Elektrik ve Magnetik Alan Hesabı ve Biyolojik Etkilerin Değerlendirilmesi", Y.T.Ü. Doktora Tezi, İstanbul.

Umurkan N, Kılıç O, Atar F., (2004), Ferromagnetik Olmayan Malzemelerin 50 Hz Frekanslı Magnetik Alan Ekranlama Etkinliği, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu.

Wik, M.W., (1985), "Comparison of Lightning Nuclear and Electrostatic Discharge Spectra" 6th Zurich Symp. On EMC.

Xu. L., Du. Y., Fu. Z., (2002), "Magnetic Shielding by Metallic Structure in Modern Buildings." Shanghai JiaoTong University, China.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	24.12.1980	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1994-1997	Fatih Vatan Lisesi
Lisans	1998-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2003-Devam	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Müh. Anabilim Dalı, Elektrik Tesisleri