

**İNFRARED KAMUFLAJ BOYANIN HAZIRLANMASI VE
YANSIMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE SİLİSYUM DİOKSİTİN ETKİSİ**

Alpay İNAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2006
ANKARA**

Alpay İNAL tarafından hazırlanan İNFRARED KAMUFLAJ BOYANIN HAZIRLANMASI VE YANSIMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE SİLİSYUM DİOKSİTİN ETKİSİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr.Muzaffer BALBAŞI
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Kimya Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Emine KILIÇ

Üye : Yrd.Doç.Dr. Muzaffer BALBAŞI

Üye : Doç.Dr. Ayşe MURATHAN

Üye : Prof.Dr. Ahmet ALICILAR

Üye : Yrd.Doç.Dr. Hasan NAZIR

Tarih : 31/07/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Alpay İNAL

**İNFRARED KAMUFLAJ BOYANIN HAZIRLANMASI VE
YANSIMA ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE SİLİSYUM DİOKSİTİN ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Alpay İNAL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Temmuz 2006

Ö Z E T

Bu çalışma infrared özellikli kamuflaj boya formülasyonu ve silisyum dioksitin boyanın yansima özelliklerine etkisiyle ilgilidir. Boya renginin seçiminde Türkiye'nin batı bölgelerinin bitki örtüsü yapısı dikkate alınmış ve bu bitki örtüsü yapısının %65'ini oluşturan yeşil renk kullanılmıştır. Yeşil rengin değişik tonlarında yapılan boyaların infrared yansima değerleri spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Formülasyonlarda yansima değerlerinin TS 4856 numaralı Türk Standardında belirlenen limitler içerisinde olması sağlanmıştır. Elde edilen infrared özellikli boya formülasyonları esas alınarak; formülasyonda kullanılan silisyum dioksitin yansima özellikleri üzerine etkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla sadece silisyum dioksit miktarı değiştirilerek çeşitli boya formülasyonları hazırlanmış ve boyaların infrared yansima değerleri ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda silisyum dioksit miktarındaki değişimin boyanın yansima değerlerini değiştirmedığı görülmüştür. Silisyum dioksit miktarındaki değişimin boyanın speküler parlaklığına olan etkisini görebilmek amacıyla glossmetrede 85⁰ açıda ölçümler yapılmıştır. Glossmetre ile yapılan ölçümlerde speküler parlaklık miktarında değişim olduğu gözlenmiştir. Boyanın speküler parlaklığı ile silisyum dioksit miktarı

arasında bir bağıntı verilmiş ve formülasyonda kullanılması gereken minimum silisyum dioksit miktarı tayin edilmiştir.

Bilim Kodu : 912.1.092
Anahtar Kelimeler : infrared, kamuflaj, alkid boya, silisyum dioksit
Sayfa Adeti : 80
Tez Yöneticisi : Yrd.Doç.Dr.Muzaffer BALBAŞI

**FORMULATION OF INFRARED REFLECTION CAMOUFLAGE PAINT
AND INVESTIGATION ON INFRARED REFLECTION EFFECTS OF
SILICON DIOXIDE
(M.Sc.Thesis)**

Alpay İNAL

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
July 2006**

ABSTRACT

These studies; formulation of infrared camouflage and investigation of infrared spectral reflection effects of silicon dioxide. Paint color selection, camouflage paint is formulated by considering the plant cover of west of Türkiye. These plant cover is green color which is be 65% plant cover of Türkiye. Infrared spectral reflectance values of camouflage paint are measured in spectrofotometer. Spectral reflectance values of the formulated infrared spectral reflectance camouflage covers values of TS 4856 specification. Investigation of infrared spectral reflectance effects of silicon dioxide that at formulated infrared camouflage paint. Various formulation of paint is formulated that amount of only silicon dioxide is changed and infrared spectral reflectance values of camouflage paint are measured. As a result of these studies, amount of silicon dioxide is changed that infrared reflection values of camouflage paint is not changed. Specular gloss values of camouflage paint are measured in 85 degree by glossmeter for investigation of infrared reflection effects of various amount of silicon dioxide. As a result of these studies specular gloss values of camouflage paint with amount of silicon dioxide is changed. Also

minimum amount of silicon dioxide is found that additional in camouflage paint formulation

Science Code : 912.1.092
Key Words : infrared, camouflage, alkyd paint, silicon dioxide
Page Number : 80
Adviser : Yrd.Doç.Dr.Muzaffer BALBAŞI

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd.Doç.Dr. Muzaffer BALBAŞI'na yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Hocam Prof.Dr.Ahmet ALICILAR'a, Prof.Dr.Atilla MURATHAN'a, ayrıca lâboratuvar çalışmalarım da bana yardımcı olan Kimya Mühendisi Yavuz ARDAHANLIOĞLU'na, DPT2001K120590 proje kodu ile çalışmalarımıza maddî katkı sağlayan Devlet Plânlama Teşkilâtına, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eşim Beyhan İNAL'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLERix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xv
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1. Boya ve Özellikler	3
2.1.1. Bağlayıcılar	3
2.1.2. Pigment ve dolgu malzemeleri	4
2.1.3. Solvent	5
2.1.4. İlave katkı maddeleri	5
2.2. Işığın Yapısı ve Yayılması	6
2.3. Rengin Anlamı	6
2.4. Renk Karışımlarının Temel Prensipleri	8
2.4.1. Renklerin eklenmesi	8
2.4.2. Renklerin çıkarılması	9
2.5. CIE Renk Sistemi.....	12

	Sayfa
2.6. İnfrared Radyasyonun Tanımı	15
2.6.1. İnfrared fotoğrafı	16
2.6.2. Kamufraj ve infrared yansımali boyanın önemi	17
2.6.3. İnfrared yansımali boyanın özellikleri	21
2.7. Toplama Küresi Teorisi	23
2.7.1. Kapalı küre içinde radyasyon değişimi	24
2.7.2. Toplama küresi radyasyon eşitliği	26
2.7.3. Uzaysal toplama	30
2.8. Toplama Küresi Uygulamaları.....	31
2.8.1. Radyometreler ve fotometreler	31
2.8.2. Malzemelerin yansımasi ve geęirgenlięi	32
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
3.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Cihazlar	38
3.2. Boyanın Hazırlanışı	38
4. SONUÇLAR VE TARTIşMA	40
4.1. Silisyum Dioksite İnfrared Yansıma Değerlerine Etkisi	40
4.2. Boyanın Speküler Parlaklığına Silisyum Dioksit Miktarının Etkisi	43
4.3. Silisyum Dioksit Miktarı Tespiti	49
KAYNAKLAR	52
EKLER	53
EK-1 Spektrofotometrenin teknik özellikleri.....	54
EK-2 Kimyasallar ve yardımcı maddelerin isimleri	55
EK-3 Pigment ve dolgu maddelerinin özellikleri	56
EK-4 Yeşil pigmentin infrared yansıma değerleri	57
EK-5 Boya formülasyonları	58

	Sayfa
EK-6 İnfared yansıma diyagramları-1	59
EK-7 Silisyum dioksit miktarı değiştirilerek hazırlanan karışımlara ait formülasyonlar	63
EK-8 İnfared yansıma diyagramları-2	67
EK-9 Silisyum dioksit miktarının hesaplanması.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	80

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Alkid tipleri.....	4
Çizelge 2.2. Katkı maddeleri ve fonksiyonları	5
Çizelge 2.3. Beyaz ışıktan absorplanan ışın ile cismin rengi	7
Çizelge 2.4. Renklerin eklenmesi ile edilen renkler.....	9
Çizelge 2.5. İkincil renklerin yansıttığı ve absorpladığı ışık.....	9
Çizelge 2.6. İkincil renklerin karıştırılmasıyla elde edilen birincil renkler	10
Çizelge 2.7. İkincil renklerin karıştırılmasıyla elde edilen rengin yansıttığı ve absorpladığı ışınlar	10
Çizelge 2.8. Renk çemberindeki renklerin dalga boyları	11
Çizelge 2.9. Tersiyer renkler	11
Çizelge 2.10. Renk ve infrared yansıma değerleri	21
Çizelge 2.11. Açık yeşil, orman yeşili, koyu yeşil ve zeytin yeşili renklerin yansıma değerleri sınırları.....	22
Çizelge 2.12. Açık yeşil rengin yansıma değerleri sınırları	23
Çizelge 4.1. Kromatisite koordinatları ve L* a* b* değerleri	42
Çizelge 4.2. Glossmetre ile 85 ⁰ 'de ölçülen parlaklık değerleri.....	44
Çizelge 4.3. Maksimum parlaklık için minimum silisyum dioksit miktarları	49

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. CIE x y kromatisite koordinatları diyagramı	13
Şekil 2.2. CIE 1976 renk uzayı.....	14
Şekil 2.3. L* a* b* renk uzayı skalası	14
Şekil 2.4. Örnek L*, a*, b*renk uzayı değerlerinin karşılaştırılması	15
Şekil 2.5. İki diferansiyel dağılım yüzeyi arasında radyasyon değişimi	24
Şekil 2.6 Bir dağılım yüzeyi içinde dA_1 ve dA_2 dağılımı.....	25
Şekil 2.7. Bir küreye port giriş ve çıkışı	26
Şekil 2.8. Bir küre çarpanı ile yansıması grafiği	29
Şekil 2.9. Yansıma sayısı ile bağıl radyasyon arasındaki grafik.....	30
Şekil 2.10. Küre giriş portuna numunenin yerleşme şekli.....	32
Şekil 2.11. Yansıma ölçümlerinde numunenin yerleşme şekli	33
Şekil 2.12. Yansıma ölçümlerinde değiştirme ve karşılaştırma küresi.....	34
Şekil 2.13. Yansıma ölçümlerinde referans küre.....	34
Şekil 2.14. Gerçek yansımanın ölçülen yansıma grafiği.....	35
Şekil 2.15. Küreye karşılaştırma ve numuneyi yerleştirme şekli.....	36
Şekil 2.16. Küreye karşılaştırma ve numuneyi yerleştirme şekli.....	37
Şekil 4.1. Açık yeşil, orman yeşili, koyu yeşil ve zeytin yeşili renklerin infrared yansıma değerleri ve alt-üst tolerans değerleri	40
Şekil 4.2. Tüm çalışmalara ait infrared yansıma değerleri	41
Şekil 4.3. 1A kodlu deneylerin % Parlaklık-Silisyum dioksit miktarı grafiği	45
Şekil 4.4. 2A kodlu deneylerin % Parlaklık-Silisyum dioksit miktarı grafiği	45

Şekil	Sayfa
Şekil 4.5. 3A kodlu deneylerin % Parlaklık-Silisyum dioksit miktarı grafiği.	46
Şekil 4.6. 4A kodlu deneylerin % Parlaklık-Silisyum dioksit miktarı grafiği.	46
Şekil 4.7. 5A kodlu deneylerin % Parlaklık-Silisyum dioksit miktarı grafiği.	47
Şekil 4.8. 6A kodlu deneylerin % Parlaklık-Silisyum dioksit miktarı grafiği.	47
Şekil 4.9. 7A kodlu deneylerin % Parlaklık-Silisyum dioksit miktarı grafiği.	48
Şekil 4.10. 8A kodlu deneylerin % Parlaklık-Silisyum dioksit miktarı grafiği.	48

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Kamufraj renklere boyanmış araç fotoğrafı	18
Resim 2.2. Zemin rengine boyanmış araç fotoğrafı	18
Resim 2.3. Kamufraj yapılmış tank fotoğrafı.....	19
Resim 2.4. Kamufraj ile kamufraj yapılmamış araç fotoğrafları.....	19
Resim 2.5. Kamufraj ve infrared yansımanın etkisini gösteren fotoğraflar	20
Resim 2.6. Kamufraj ve infrared yansımanın etkisini gösteren fotoğraflar	20

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda verilmiştir.

Simgeler	Açıklama
a*	Kırmızılık-yeşillik
(-a*)	Yeşillik
(+a*)	Kırmızılık
b*	Sarılık-mavilik
L*	Açıklık-koyuluk
nm	Nano metre
R	Yansıma

Kısaltmalar	Açıklama
CIE	Commission Internainale de l'Eclairage
IR	Infrared reflectance
UV	Ultraviolet

1. GİRİŞ

Doğadaki bitki örtüsü ve renklerinin görünür (380-700 nm) ve yakın kızılötesi (700-900 nm) bölgelerde yansımaya değerleri olduğu çok iyi bilinmektedir. Bundan dolayı, doğadaki bitki örtüsü ve renklere uyumlu görünür ve infrared yansımaya değerlerini sağlayan boyalar; kamufraj amacıyla, silah araç ve teçhizatların çıplak göze ve infrared türü gece görüş yeteneğine sahip cihazlara karşı koruma sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Dünyada bu tür boyalar savunma sanayinde kullanılması nedeniyle patentli olarak üretilmektedir. Bu nedenle üreticilerin infrared boya formülasyonlarını başka ülkelere vermediği ve açık literatürde konuyla ilgili pek fazla yayın olmadığı bilinmektedir.

Dünya üzerindeki kara parçalarının %98'inin rengi beyaz (kar), yeşil (bitki) ve esmer (çöl ve kaya) renktedir. Çok az kısmı ise kırmızı ve kahverengi toprak ile kaplıdır. Bu renkler göz önünde bulundurulduğunda, kamufrajlı malzemelerin rengi, yapısı ve kullanım özellikleri yeşil, kahverengi ve siyah renklerine göre ayarlanabilmektedir. Dünyadaki bitki örtüsü dikkate alındığında renklerin kullanım yüzdeleri; %65 yeşil, %25 siyah ve %10 kahverengi olup, kullanılacak bölgeye göre tonlar değişmektedir. Türkiye de bu renkler ve oranları FED-STD-595 numaralı askeri renk standardına göre belirlenmiştir [9]. Bölgeler bitki örtüsüne göre doğu ve batı olmak üzere ikiye ayrılmış ve sırasıyla renk tonları ve oranları %65 Toprak sarısı (Eart yellow 33245), %25 Yeşil (Green 383, 34094), %10 Siyah (Black 37030) ve %65 Yeşil (Green 383, 34094), %25 Siyah (Black 37030), %10 Kahverengi (Brown 383, 30051) şeklindedir.

Ayrıca her ülkelerin kendi bitki örtüsünü tanımlayan bir infrared haritası olması gerekmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, İtalya, İngiltere, Almanya vb. gelişmiş ülkelerin kendilerine ait infrared haritalarının olduğu bilinmektedir. Ülkemizde üretimi olmayan ve kamufraj amacıyla

kullanılabilecek infrared yansımali yeşil boyanın formülasyonu için ülkemizin bölgesel bitki örtüsü yapısı dikkate alınmıştır.

Parlaklık farkı, renk farkı, uzaklığa bağılı yansıma farkı, doku farklılığı görme ve ayırma işlemlerini etkileyen önemli unsurlardır. Doğada bulunan toprak, çimen, ağaç, kum gibi maddelerin dokusu uzaktan mat görünmesine karşın, yakından incelendiğinde parlak olduğu görünmektedir. Dolayısıyla, kamuflaj boyaların dokusu mat görünüm sağlayacak yapıda olmalıdır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Boya ve Özellikleri

Boya, koruyucu ve dekoratif amaçlı bir kaplama malzemesidir. Boyanın bileşenleri imalatı esnasında kullanılan hammadde ve yarı mamul malzeme cinsine göre dört ana grupta toplanır. Bunlar sırasıyla bağlayıcılar, pigment ve dolgu malzemeleri, solventler ve ilave katkıları olarak isimlendirilir [1,2].

2.1.1. Bağlayıcılar

Bağlayıcı, pigment parçalarını, düzgün boya filmi oluşturmak ve aynı zamanda boyanın yüzeye yapışmasını sağlamak amacıyla kullanılan, boyanın ana hammaddesidir. Boyanın koruyucu özelliği bağlayıcıların oluşturduğu film tabakasının dayanıklılığına bağlıdır. Bağlayıcının cinsi ve miktarı, boyanın yıkanabilirlik, sertlik, yapışma ve renk dayanımı gibi performans özelliklerini belirler. Başlıca bağlayıcı tipleri olarak alkid, poliüretan, epoksi ve silikon reçineleri sayılabilir.

Alkid reçineler polibazik asitlerle polihidrik alkollerin esterleri olduğundan bir çeşit poliesterdir. Alkid imalatında genellikle asit olarak ftalikmaleik asit sorbik, adipik vs gibi asitlerin anhidritleri kullanılır. Polihidrik alkol olarak isopentaeritrol, gliserin, glikoller ve sorbitol kullanılır. Son zamanlarda da trimellitikanhidrid'de kullanılmaktadır.

Ftalik asit naftalinin katolitik oksidasyon ile üretilmesiyle alkid tipi polyesterler (Gliserofталat) değer kazanmıştır. Gliserofталat (Gliserin ftalik anhidrid) son derece sert ve kırılğan olduğu için formüldeki polibazik asidin (Ftalik anhidridin) bir kısmının yerine mono bazik yağ asidi ilavesiyle daha elastik ve boya sanayiinde daha uygun malzeme elde edilir. Yağ modifiye alkidler yağ uzunluklarına yada polibazik asit (Ftalik anhidrit) yüzdesine göre sınıflandırılır (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Alkid tipleri

Alkid tipi	Ftalik anhidrit (%)	Yağ asidi (%)
Kısa	Min. 35	35-45
Orta	30-35	46-55
Uzun	20-30	56-70

Alkid esaslı boyalar, yağ esaslı boyalara kıyasla daha kısa sürede kururlar. Kısa yağlı alkidler uzun alkidlere kıyasla daha kısa sürede kurur daha sert film tabakası oluştururlar. Ancak yüzeyi ıslatma zayıf olduğundan iyi bir yüzey hazırlama gerektirir.

2.1.2. Pigment ve dolgu malzemeleri

Pigmentler, renk verme, örtücülük, direnç ve yansıma özelliği sağlayan boyanın ana katkı maddeleridir. Pigmentler genel olarak üç sınıfta gösterilebilir; inorganik, organik ve özel pigmentler. İnorganik pigmentler doğaldır ve etkili örtücülük sağlar, fakat renk seçenekleri sınırlıdır. İnorganik pigmentlere; krom sarıları, krom yeşilleri, karbon siyahları, prusya mavileri örnek olarak verilebilir. Organik pigmentler üretim sürecinde kullanım hacmi düşük olmasına rağmen, çok pahalı bir pigment türü olmasından dolayı maliyetleri yüksektir. Ürün fiyatı renk seçimine bağlı olarak büyük değişimler gösterir. Organik pigment üreticileri arasında BASF, Ciba, Clariant ve ICI gibi üreticiler bulunmaktadır. Özel pigmentlerin %70'ini otomotiv sanayi için üretilen metalik boyada kullanılan alüminyum oluşturur. Geriye kalan %30'u da sedef boya teşkil etmektedir. Dolgu malzemeleri ise, boyayı matlaştırmak, dış koşullara karşı dayanıklılık sağlamak ve dolgu malzemelerin dolgu gücünden faydalanarak maliyeti azaltmak amacıyla kullanılır. Dolgu malzemelerine titan dioksit (aynı zamanda pigment olarak kullanılır), kalsit, barit ve talk örnek verilebilir.

2.1.3. Solvent

Katı ve viskoz bağlayıcıları (reçineleri) kimyasal yapılarını bozmadan inceltmek ve boyayı kullanmadan önce viskozitesini ayarlamak amacıyla kullanılır. Boyalar kullanılan solvent ve kurutucu tipine göre ayrıca sentetik ve selülozik boya olarak da isimlendirilir.

2.1.4. İlave katkı maddeleri

Boyanın çökmesini önlemek, kurummasını ayarlamak, UV direncini artırmak, imalat esnasında pigmentlerin ıslanmasını kolaylaştırmak vb. amaçlarla kullanılan ilave katkılardır. Katkı maddelerinin önemli türleri ve boyadaki fonksiyonları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Katkı maddeleri ve fonksiyonları

Katkı maddeleri	Fonksiyonu
Dispersanlar	Pigmentlerin dağılmasını sağlamak,
Yüzey ajanları	Yüzeyi düzgünleştirir, kayganlaşmasını sağlamak ve yüzey sertliğini ayarlamak
Köpük kesiciler	Boyadaki havanın dışarıya atılmasını sağlamak
Viskozite ayarlayıcılar	Boyanın rahat sürülmesini sağlamak ve damlamasını engellemek,
Çökme önleyici	Pigment ve dolgu maddelerin dibe çökmesini önlemek,
Bakteri önleyiciler	Bakterileri öldürmek,
Antifriz	Donmayı engellemek,
Skatifler (kurutucular)	Alkid esaslı boyalarda boyanın kurummasını sağlar.

2.2. Işığın Yapısı ve Yayılması

Günümüzde ışığın yayılmasını en iyi şekilde dalga teorisi anlatabilmekte, buna karşılık ışığın madde ile karşılıklı etkileşimi de foton teorisi ile açıklanmaktadır. Bu iki teori birlikte göz önüne alındığında ışığın hem tanecikli hem de dalga karakterli bir yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir. Dalga mekaniği kurallarına göre belli bir enerjiye sahip her bir fotona bir elektromagnetik dalga eşlik etmektedir. Tüm elektromagnetik dalgalar gibi ışığın hızı da belirlidir ve yaklaşık $3 \cdot 10^{10}$ m/s lik hızla yayılmaktadır. Yine bütün elektromagnetik dalgalarda olduğu gibi ışıkta frekans ve dalga boyu ile karakterize edilir.

Işık hızı (c), dalga boyu (λ) ve frekans (ν) arasında $\lambda = c/\nu$ bağlantısı vardır ve her elektromagnetik dalganın da belli bir enerjisi vardır. Bu enerji dalga hareketinin frekansı ile doğru orantılıdır ve bu $E = h \cdot \nu$ formülü ile ifade edilir. Bu formülde h, Planck sabiti olarak bilinir ve $6,67 \cdot 10^{27}$ dir. Yukarıdaki dalga boyu ve frekans arasındaki bağıntı ile enerji denklemi birlikte düşünüldüğünde enerjinin dalga hareketinin dalga boyu ile ters orantılı olduğu bulunur. $E = hc/\lambda$. Yani dalga boyu büyük olan ışığın enerjisi düşük, dalga boyu küçük olan ışığın enerjisi büyüktür.

2.3. Rengin Anlamı

Çevremizdeki elektromagnetik dalgalar 10^{-15} m dalga boyundaki kozmik ışıklardan 10^4 m dalga boylu radyo dalgalarına kadar değişik boyutlarda bulunur. İnsan gözünün duyarlı olduğu bölge 400-750 nm arasındadır. Bu bölge dışında 800 nm ile 1000 nm arasındaki bölgeye ise kızılötesi denir.

Doğadaki gökkuşağından ve optik deneylerden bildiğimiz gibi güneş ışığı değişik renklere ayrılabilir. Beyaz ışığı bir cam prizma içerisinden geçirerek beyaz bir ekran üzerine düşürdüğümüzde kolayca renk spektrumunu elde etmek mümkündür.

Gözümüzün duyarlığı renk spektrumundaki sarımsı yeşil renge tekabül eden 556 nm dalga boylu ışıklara karşı en yüksek değerdedir. Buna karşılık morötesi ve kızılötesi ışınlarda duyarlık sıfırdır. Gözümüzün, etrafındaki değişik cisimleri farklı renklerde görmesinin nedeni cisimlerin üzerlerine düşen beyaz ışığın belli bir kısmını yansıtmasıdır.

Bir cisim; üzerine düşen ışığın tamamını yansıtıyorsa göze beyaz olarak görünür. Buna karşılık cisim gelen ışığın tamamını absorplayıp hiç yansıma yapmıyorsa siyah renklidir. Cisim, üzerine düşen beyaz ışıktan belli dalga boyundaki bazı ışık veya ışıkları absorpluyorsa beyaz ışıktan geri kalanları yansıtır ve bu yansıyan ışıkların dalga boyuna bağlı bir renk görünür. Çizelge 2.3'de cismin beyaz ışıktan absorpladığı ışığın dalga boyu ile cismin görünen rengi verilmiştir.

Çizelge 2.3. Beyaz ışıktan absorplanan ışın ile cismin rengi

Absorplanan Işığın Dalga Boyu (nm)	Absorplanan Renk	Cismin Rengi
400-435	Mor	Yeşilimsi sarı
430-480	Mavi	Sarı
480-490	Yeşilimsi mavi	Turuncu
490-500	Mavimsi yeşil	Kırmızı
500-560	Yeşil	Magneta
560-580	Sarımsı yeşil	Mor
580-595	Sarı	Mavi
595-605	Turuncu	Yeşilimsi mavi
605-750	Kırmızı	Mavimsi yeşil

2.4. Renk Karışımlarının Temel Prensipleri

Renk tonlarının tamamı üç ayrı rengin karışımı ile meydana gelir. Bunun nedeni primer renkler olan kırmızı, yeşil ve maviye karşı göz retinasının hassas olmasıdır. Güneş ışığı bir prizmadan geçirilerek, bir beyaz ekran üzerine düşürülürse gök kuşağında görülen ve birbirini izleyen şu renk tonlarına ayrılır. Kırmızı, turuncu, sarı, yeşil ve mor. Elde edilen bu renk serisine spektrum denir. Bu renk serisi bir prizma yardımıyla tekrar toplanırsa beyaz ışık elde edilir. Bunun yanında beyaz ışık yalnızca kırmızı, mavi ve yeşil renkli ışınların birleştirilmesiyle de elde edilebilir. Çünkü bu üç rengin her biri spektrumun yaklaşık 1/3 ünü oluşturur. Bunların arasındaki diğer spektrum renkleri bu renklerin girişimiyle oluşmuştur. Doğada gördüğümüz diğer renkler spektrumu oluşturan renklerin birbiriyle karışımı sonucunda meydana gelmektedir. Renk karışımlarını belirleyen iki ayrı yöntem vardır. Renklerin eklenmesi ve renklerin çıkarılmasıdır.

2.4.1. Renklerin eklenmesi

Beyaz ışığın elde edilmesinde kullanılan üç temel renk olan kırmızı, yeşil ve mavi ışığı projeksiyondan elde edip bir beyaz ekran üzerinde aynı noktaya düşürdüğümüzde hiçbir renk görülmez. Bu renk karıştırma yöntemine renklerin eklenmesi anlamına gelen aditif yöntem denir. Aditif yöntemde bu karıştırma işlemi üç renk yerine iki renk ile yapılırsa farklı sonuçlar ortaya çıkar. Çizelge 2.4'de kırmızı ve yeşil ışıkların beyaz ekran üzerinde üst üste getirildiğinde sarı renk elde edildiği görülmektedir. Aynı şekilde kırmızı ve maviden magenta (morumsu kırmızı), mavi ve yeşilden de turkuaz renkleri elde edilir.

Çizelge 2.4. Renklerin eklenmesi ile elde edilen renkler

Kırmızı + Mavi	Magenta
Kırmızı + Yeşil	Sarı
Mavi + Yeşil	Siyan(Cyan) (turkuaz)

Elde edilen bu üç renk de ikincil (sekonder) renklerdir. Primer renklerin ikişer ikişer karıştırılmasıyla elde edilen sekonder renkler bir cismin rengi olarak düşünüldüğünde cisim tarafından hangi ışınların absorplanıp hangilerinin yansıtıldığı Çizelge 2.5'de verilmiştir [1,2].

Çizelge 2.5. İkincil renklerin yansıttığı ve absorpladığı ışık

Cismin Rengi	Yansıtılan Işık	Absorplanan Işık
Magenta	Kırmızı + Mavi	Yeşil
Sarı	Kırmızı + Yeşil	Mavi
Turkuaz	Mavi + Yeşil	Kırmızı

2.4.2. Renklerin çıkarılması

Bu yöntem belli dalga boyuna sahip renkli ışınların karıştırılmasında geçerli değildir. Bu yöntem boya, boyarmadde ve pigmentlerin karıştırılması ile yapılan boyama işlemlerinde kullanılır. Kırmızı cisim veya boyanın bu renkte görünmesinin nedeni üzerine düşen beyaz ışıktan yalnızca kırmızı dalga boylu ışığı geçirmesi veya yansıtması geri kalan renkleri ise absorplamasıdır. Aynı kural yeşil ve mavi boyalar için de geçerlidir. Örneğin; kırmızı ve yeşil boyar maddelerle hazırlanmış iki çözeltide, kırmızı yalnız kırmızı rengi, yeşil de yalnız yeşil rengi yansıtır. Bu iki renkli çözelti bir ışık kaynağının önüne ardarda koyulup bakıldığında hiçbir renk görülmez. Bunun nedeni primer renklerin birbirlerine ait renkleri absorplamasıdır. Yani kırmızı kırmızıdan başka tüm renkleri, yeşil de kendine ait olmayan tüm ışınları absorplar. Dolayısıyla spektrumun tüm renkleri absorplandığından gözde bir renk

duygusu uyandırmaz. Bu yüzden renkli cisimleri karıştırmada primer renkler yerine sekonder renkler kullanılır. Renk çıkarılması yönteminin diğer adı substraktif yöntemdir. Substraktif yöntemle sekonder renklerin ikili karışımından primer renkler elde edilir.

Çizelge 2.6'de görüldüğü gibi magenta ve sarı renkli boyaların karıştırılması ile kırmızı renk, magenta ve turkuazın karıştırılmasıyla mavi renk, turkuaz ve sarının karıştırılmasıyla yeşil renk elde edilir. Çizelge 2.7'de yansıtılan ve absorplanan ışıklar görülmektedir.

Çizelge 2.6. İkincil renklerin karıştırılmasıyla elde edilen birincil renkler

Magenta + Sarı	Kırmızı
Magenta + Turkuaz	Mavi
Turkuaz + Sarı	Yeşil

Çizelge 2.7. İkincil renklerin karıştırılmasıyla elde edilen rengin yansıttığı ve absorpladığı ışınlar

Renk Karışımı	Yansıyan Işık (Cismin Rengi)	Absorplanan Işık
Magenta + Sarı	Kırmızı	Yeşil + Mavi
Sarı + Turkuaz	Yeşil	Mavi + Kırmızı
Turkuaz + Magenta	Mavi	Kırmızı + Yeşil
Turkuaz + Magenta + sarı	Renk yok (siyah)	Kırmızı + Yeşil + Mavi

Sekonder renklerin değişik miktarda karıştırılması üç temel rengin dışındaki renklerin eldesini de sağlar. Çok az miktarda magenta ile sarı karıştırıldığında turuncu, bir miktar turkuaz ile magenta karıştırılırsa purpur da denilen kırmızı-mor renk oluşur. Değişik miktarda çifter çifter kullanılan sekonder renklerden tam bir renk tonu çemberi elde edilir.

Çizelge 2.8. Renk çemberindeki renklerin dalga boyları

Dalga Boyu (nm)	Algılanan Renk
400-440	Mor
440-480	Mavi
480-490	Yeşilimsi mavi
490-500	Mavimsi yeşil
500-560	Yeşil
560-580	Sarımsı yeşil
580-595	Sarı
595-605	Turuncu
605-700	Kırmızı
700-740	Magenta

Bu çember spektrumun tüm renklerini içerir. Elde edilen bu renklere uygun bir miktar siyah katılarak donuklaştırmakla yeni bir renk serisi elde edilir ki bunlara tersiyer renkler denir. Yukarıdaki tablodan üç sekonder renk karıştırılarak siyah rengin elde edileceği göz önüne alınırsa, renk çemberindeki renklere matlık vermek için iki sekonder rengin karışımına üçüncünün küçük bir miktar ilavesi yeterlidir.

Çizelge 2.9. Tersiyer renkler

Sekonder Renk Karışımı	Cismin Rengi	Matlaştırıcı Sekonder Renk	Tersiyer Renk
Magenta + Sarı	Kırmızı	Turkuaz	Kızıl Kahverengi
Sarı + Turkuaz	Yeşil	Magenta	Zeytin yeşili
Turkuaz + Magenta	Mavi	Sarı	Lacivert

Çizelge 2.9'da yer almayan tersiyer renkler bu üç sekonder rengin farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilebilir.

Substraktif karışımlarda sarı, turkuaz ve magenta yerine sarı kırmızı ve maviyi de kullanır. Yani magenta yerine kırmızı, turkuaz yerine mavi kullanılır. Böylece temel renkleri kullanarak diğer tüm tersiyer renkler elde edilir [3,4].

2.5. CIE Renk Sistemi

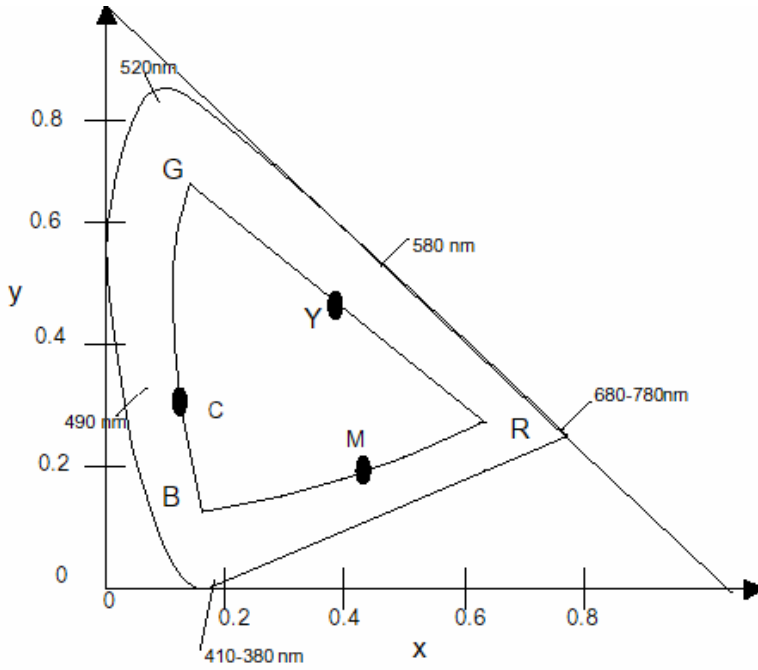
Bir boya veya pigmentin rengini tanımlarken kullanılacak kelimelerdeki problem çok sübjektif olmasıdır. İnsanlar ürünün kırmızı olduğunda hemfikir olabilirler ama herhangi bir renk derecesinde gül kırmızısı veya ateş kırmızısı olabilir. Bir rengin görünüşü çevrenin rengi ve ışık koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bunun üstesinden gelebilmek için yıllar boyunca CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) tarafından standart bir sistem geliştirilerek, CIE kolorimetrik sistem oluşturulmuştur. Bu sistemin amacı, kesin bir rengi, kelimelerle tanımlamaktansa, kırmızı, yeşil ve mavi ana renk kaynaklarını karıştırarak yapmayı sağlayabilmektir. CIE kolorimetrik sistemi ilk kez 1931'de tanımlanmış ve CIE 1931 standart kolorimetrik sistemi olarak adlandırılmıştır. CIE 1931 2^o standart gözlem açısındaki tristimulus (X,Y,Z) ve kromatisite koordinatlarını (x,y) kapsamaktadır. Kromatisite; bir rengin niteliğinin kromatisite koordinatları ile tarif edilmesi olarak tanımlanır. CIE 1931 standart kolorimetrik sistemde; kromatisite koordinatları(x, y) tristimulus (X,Y) değerlerinden hesaplanmaktadır [5].

$$x = \frac{X}{(X+Y+Z)} \quad y = \frac{Y}{(X+Y+Z)}$$

Burada X, Y, Z üçlü uyamcı (tristimulus) değerlerdir. Her hangi bir rengin tristimulus değeri, CIE standart gözlem (2^o) açısında 5 nm aralıklarla 380-780 nm dalga boyu aralığındaki referans olarak verilen x,y,z (renk-karşılaştırma fonksiyonları) değerlerini kullanılarak hesaplanır [5].

CIE renk sistemi 1964'de 10^o gözlem açısında hesaplanmış ve CIE 1964 tamamlayıcı standart kolorimetrik sistemi olarak adlandırılmıştır. CIE 1964

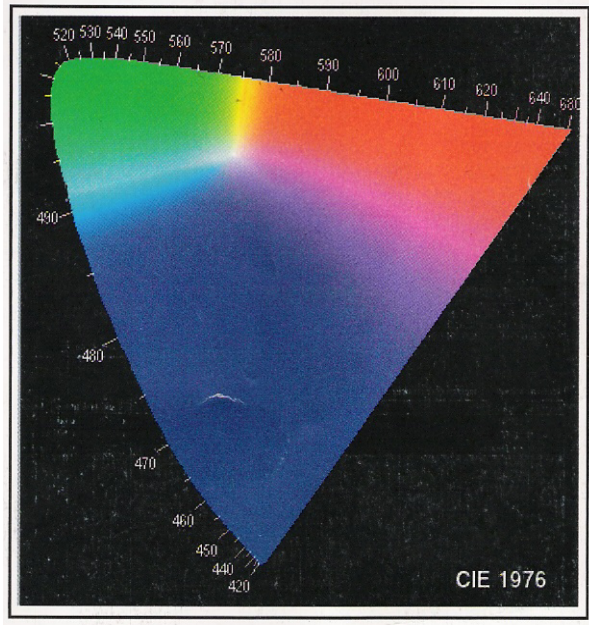
10° gözlem açısında tristimulus (X_{10}, Y_{10}, Z_{10}) ve kromatisite koordinatlarını (x_{10}, y_{10}) kapsamaktadır. CIE 1964 standart kolorimetrik sisteminde de aynı şekilde yukarıdaki formüller kullanılarak kromatisite koordinatları (x_{10}, y_{10}) hesaplanmaktadır. CIE x y kromatisite koordinatları diyagramı Şekil 2.1'de verilmiştir [5].



Şekil 2.1. CIE x y kromatisite koordinatları diyagramı

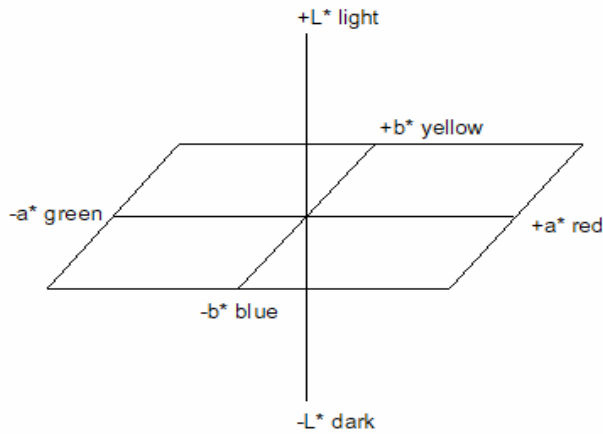
CIE renk sistemi, 1976' da geliştirilerek L^* , a^* , b^* değerleri ilave edilerek CIELAB renk skalası olarak adlandırılmıştır. Bu sistemde renk uzayının üç boyutlu doğası göz önüne alınır. İsimlendirmek gerekirse, Hue (renk vermek), doyum (siyah renkte beyaz ve tonlarının olmaması) ve ışık (aynı zamanda parlaklık olarak adlandırılır). CIELAB renk uzayında L^* koordinatı açıklılık ve koyuluğun bir ölçüsüdür, mükemmel siyah 0 (sıfır) ve mükemmel beyaz 100 olur; a^* kırmızıya (+a) ve yeşil (-a); b^* sarı (+b) ve mavi (-b) olur. Bu parametreler kullanılarak herhangi bir renk için kesin bir tanım yapılabilir (3). Boya ve pigment endüstrisindeki renk uzmanları tarafından kullanılan sistem CIELAB olarak adlandırılmaktadır [5]. CIE 1976 renk uzayı Şekil 2.2'de, L^* a^*

b^* renk uzayı Şekil 2.3'de ve Örnek L^* , a^* , b^* renk uzayı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 2.4'de verilmiştir.

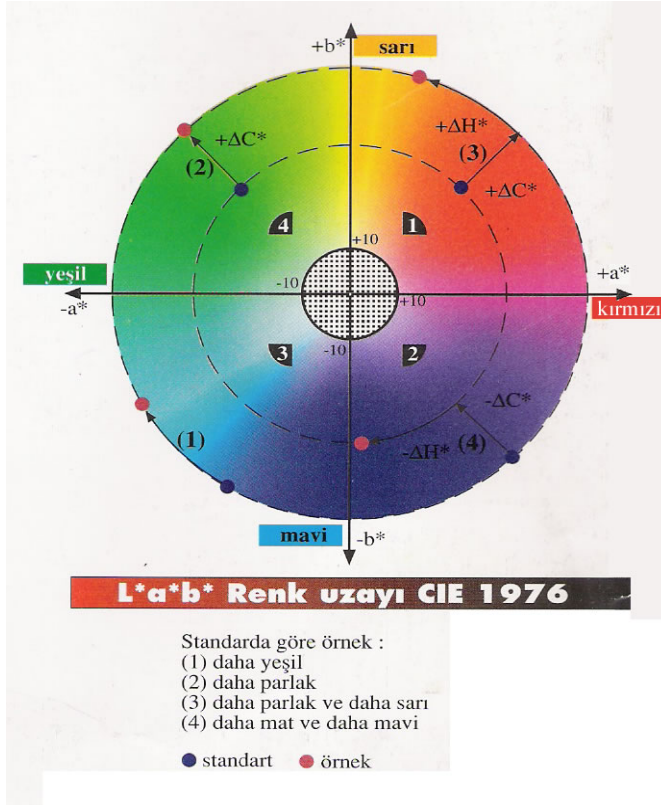


Şekil 2.2. CIE 1976 renk uzayı

Ayrıca 1976 yılında CIELUV renk skalası ilave edilmiştir. CIE 1976 L^* u^* v^* de u^* pozitif kırmızıyı ve negatif yeşili, v^* pozitif sarıyı ve negatif mavi rengi göstermektedir [5].



Şekil 2.3. L^* , a^* , b^* renk uzayı skalası



Şekil 2.4. Örnek L^* , a^* , b^* renk uzayı değerlerinin karşılaştırılması

2.6. İnfrared Radyasyonun Tanımı

İnfrared radyasyonun mevcudiyeti 1809 yıllarında İngiliz filozofu William HERSCHEL tarafından keşfedilmiştir. Bir cam prizmadan geçirilen güneş tayfının, görünür bölgesine ötesine yerleştirilen termometreler vasıtasıyla infrared ışıklar incelenmiştir. Sürpriz olarak nitelendirilen bu incelemede William HERSCHEL, gözle görünmeyen, henüz inceleme safhasında olan bu ışıkları termometre vasıtasıyla ölçebileceğini ortaya çıkarmıştır.

İnfrared dalga bölgesi elektromanyetik spektrumun görünür ışık ve mikrodalga bölgesi arasında uzanır. İnfrared dalga, yakın, orta ve uzak infrared olmak üzere üç bölgeye ayrılır. Bunlardan yakın infrared, dalga boyu olarak görülebilen ışığa en yakın olanıdır. Uzak infrared elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesine en yakın olanıdır.

İnfrared film, bir cismin güneşten (ya da diğer kaynaklardan) yayılan infrared ışığın yansıtılmış yada soğurulmuş miktarını görür. Yansıtılmış yada soğurulmuş bu infrared, kırmızı, yeşil, mavi ve infraredin bir kombinasyonu olarak cismin rengini belirlemeye yardım eder.

2.6.1. İnfrared fotoğrafı

Işıklar ışığa duyarlı bir yüzeye kaydedilebilir. İnfrared ışınlar duyarlı filmlere infrared film, IR filmlerle yapılan fotoğraflara da infrared fotoğraf denir. Pratikte pek çok kullanım alanı vardır. Yalnız fotoğraf amaçlı kullanımı diğer kullanım amaçlarına göre çok küçük bir bölümü tutar. Esas kullanım savunma sanayi ve bilimsel alanlardadır. Bunların dışında :

- Kararmış, silinmiş ve okunamayan belgelerin okunmasında,
- Resimlerde verniğin altındaki ilk katın incelenmesinde (ünlü resimlerin taklitlerinin ortaya çıkarmada),
- Yapay kamufajların ortaya çıkarılmasında,
- Büyük ormanlık alanlarda, hasta ağaçların tespiti ve hastalığın yayıldığı alanların tespitinde,
- Bitki örtüsünün incelenmesinde,
- Tarım ürünlerinin tahmini rekolte miktarının tayininde kullanılır.

İnfrared filmler, fotoğraf da özel efektler verirler ve ton kaymaları yaparlar. Sağlıklı bitkilerin yaprakları gün ışığını emer, infrared olarak yansıtırlar ve görüntüde yeşillikler beyaz renkte gözükür. Mavi gökyüzü infrared ışınları soğurduğu için infrared fotoğraflarda mavi gökyüzü rengi siyah renk olarak görünür. Ayrıca bütün sular infrared ışınlarını soğurduğu için infrared filmde siyah olarak görünür. Bulutlar infrared ışınları geçirirler ve beyaz renklerinde bir değişim meydana gelmez ve kendine özgü renk verirler.

Yerküreyi görüntülemek için infrared fotoğraflar kullanılmasının sebebi, kara yüzeyinden bulutları ayırt etmek ve daha fazla ayrıntıyı görünür

bölgedekinden daha kolay ayırt etmek içindir. Daha koyu renkli bulutlar daha sıcak, daha açık renkli bulutlar da daha soğuktur. Bu özellik, bulut yapısının incelenmesi için oldukça faydalıdır [6].

2.6.2. Kamufraj ve infrared yansımali boyanın önemi

Kamufraj düşman tarafından görülmeyi önlemek için alınan tedbirler olup görülme kelimesi siyah-beyaz veya renkli fotoğraflarla veya optik aletlerle (Gece görüş cihazları, termal kamera vb. cihazlar) tespit anlamında kullanılmaktadır. Parlaklık farkı, renk farkı, uzaklığa bağlı yansıma farkı, doku farklılığı görme ve ayırma işlemlerini etkileyen önemli unsurlardır. Doğada bulunan toprak, çimen, ağaç, kum gibi maddelerin dokusu uzaktan mat görünmesine karşın, yakından incelendiğinde parlak olduğu görünmektedir. Dolayısıyla, kamufraj boyaların dokusu mat görünüm sağlayacak yapıda olmalıdır. Bu unsurlar göz önüne alınarak gözle tespiti engelleyici veya zorlaştırıcı bir kamufraj yapmak mümkündür. Kamufraj işlemi; kamufraj edilmesi istenilen cismi üzerinde bulunduğu zeminin rengine boyamak, boyanmış cisim üzerine bir ağ gererek kullanılan boyanın dokusunu, rengini ve desenini bulunduğu zemine uydurmak, cismi göze çarpmayan bir yere yerleştirmek şeklinde yapılmaktadır.



Resim 2.1. Kamuflaj renklere boyanmış araç fotoğrafı



Resim 2.2. Zemin rengine boyanmış araç fotoğrafı



Resim 2.3. Kamufraj yapılmış tank fotoğrafı



(a)



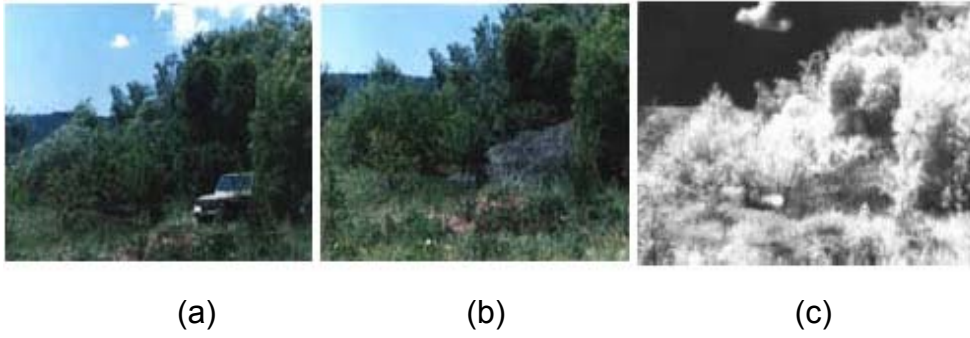
(b)

Resim 2.4. Kamufraj ile kamufraj yapılmamış araç fotoğrafları
a) Kamufraj yapılmamış b) Gizleme ağı ile kamufraj yapılmış

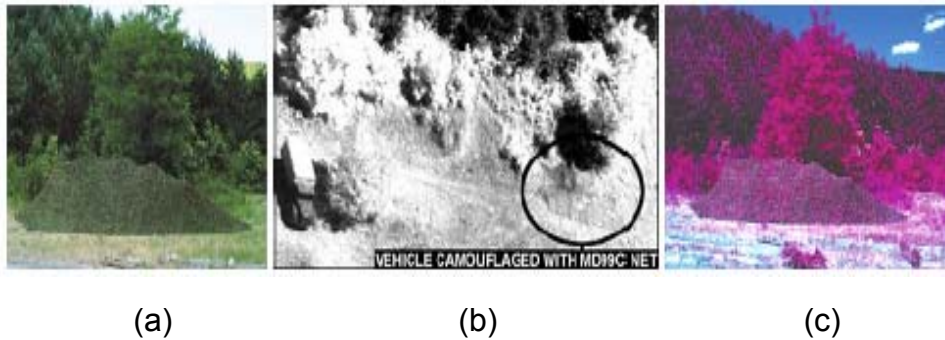
Söz konusu tedbirler gözle tespiti önleyici niteliktedir. Bu gün için gelişen teknoloji cisimlerin fotoğrafı, optik aletlere ve infrared ışınlarına duyarlı cihazlarla çekilerek yerlerinin tespitini mümkün kılmaktadır. Yukarıda bahsedilen kamufraj işlemi; görünür bölgede (380-700 nm) görünen ışık bölgesi için cisimleri çevrenin rengine boyayarak ve çevreye uygun desen vererek (Kaya, orman, maki, toprak vb) yapılmaktadır. İnfrared algılama yapan filmler ve infrared ışınları ile çalışan gece görüş cihazları ile bu tür kamufrajlı boya ile boyanan cisimler tespit edilebilmektedir.

İnfrared esaslı kamuflaj boyalar; infrared yansımaya özellikleri yönünden tabiata ve çevreye uyum sağladıklarından dolayı infrared ışınları ile çekilen filmler ve infrared ışınları ile çalışan gece görüş cihazlarıyla tespit edilememektedir.

İnfrared yansımaya boyalar; (IRR-düşük infrared yansımaya) doğadaki şekil ve cisimlerin görünür bölge (380-700 nm) ve yakın infrared (700-900 nm) bölgedeki spektral yansımaya değerlerini ve renklerini karşılamaktadır. Bu nedenle infrared ışınlarına duyarlı cihazlara karşı koruma sağlamaktadır. İnfrared yansımaya kamuflaj boyanın etkisini gösteren örnek resimler Resim 2.5 ve Resim 2.6'da verilmiştir [6].



Resim 2.5. Kamuflaj ve infrared yansımaya etkisini gösteren fotoğraflar
a) Kamuflaj yapılmamış araç fotoğrafı b) Gizleme ağı ile kamuflaj yapılmış araç fotoğrafı c) İnfrared koruma yapılmış araç fotoğrafı



Resim 2.6. Kamuflaj ve infrared yansımaya etkisini gösteren fotoğraflar
a) Gizleme ağı ile kamuflaj yapılmış araç fotoğrafı b) İnfrared koruma yapılmış ve yapılmamış araç fotoğrafı c) İnfrared koruma yapılmış araç fotoğrafı

2.6.3. İnfrared yansımali boyanın özellikleri

İnfrared yansımali boyalar; renk kontrastı, parlaklık, infrared yansımaya yönünden, tabiat ve çevreye uyum sağlayabilen boyalardır. Bu özelliklerinden dolayı üretimleri gizlilik çerçevesinde yapılmaktadır ancak askeri standartlar boya ile ilgili renk, kromatisite koordinatları, görünür parlaklık, infrared yansımaya gibi özellikleri kapsamaktadır. İnfrared yansımali kamuflaj boyanın, görünür parlaklık, kromatisite ve infrared yansımaya değerleri Çizelge 2.10'da belirtilen değerlerde olmalıdır [7].

Çizelge 2.10. Renk ve infrared yansımaya değerleri

Renk	Kromatisite (Merkezi Koordinatlar)		Görünür Parlaklık	İnfrared Yansımaya Yüzdesi		Müsaade edilir oran (en az)
Açık Yeşil	0,367	0,413	9,8-12,3	-	65,0	4,7
Orman Yeşili	0,333	0,357	5,8-7,5	-	60,0	5,2
Koyu Yeşil	0,339	0,390	7,1-9,1	-	60,0	5,2
Zeytin Yeşili	0,357	0,373	6,1-8,0	-	60,0	5,2
Arazi Yeşili	0,390	0,383	9,3-11,7	25,0	35,0	-
Toprak Sarısı	0,420	0,395	22,5-26,6	30,0	40,0	-
Kum	0,360	0,366	28,0-32,7	55,0	65,0	-
Toprak Kırmızısı	0,423	0,377	8,7-11,0	15,0	25,0	-
Toprak	0,376	0,363	7,1-9,1	10,0	25,0	-
Kum Sarısı	0,360	0,346	30,0-35,0	35,0	50,0	-
Siyah	0,310	0,315	3,0-4,1	0,0	15,0	-
Beyaz	0,312	0,318	84,0-100,0	7,0	89,0	-
Nato Yeşili	0,331	0,314	8,5-10,2	2,0	37,0	-

Müsaade edilir oran infrared bölgedeki ortalama yansımaya değerinin kırmızı-mor (magenta) bölgedeki ortalama değerlere bölünmesi ile elde edilen orandır.

Açık yeşil, orman yeşili, koyu yeşil ve zeytin yeşili renklerin 600-900 nm dalga boyu aralığındaki infrared yansımaya değerleri Çizelge 2.11’de verilmiştir.

Çizelge 2.11. Açık yeşil, orman yeşili, koyu yeşil ve zeytin yeşili renklerin yansımaya değerleri sınırları

Dalga Boyu (nm)	Yansımaya Yüzdesi	
	En çok	En az
600*	10,2	-
610*	9,8	-
620*	9,8	-
630*	9,8	-
640*	9,5	-
650*	9,5	-
660*	9,5	-
670	10,0	4,0
680	13,0	5,8
690	21,5	8,5
700	28,0	11,0
710	35,8	15,0
720	41,0	19,0
730	48,5	27,0
740	51,8	30,0
750	56,0	36,0
760	59,5	40,0
770	61,5	42,0
780	-	42,0
790	-	42,0
840	-	42,0
870	-	42,0
900	-	42,0

* İşaretili değerler açık yeşile uygulanmaz.

Açık yeşil rengin IR yansımaya değerleri sınırları Çizelge 2.12'de verilmiştir.

Çizelge 2.12. Açık yeşil rengin yansımaya değerleri sınırları

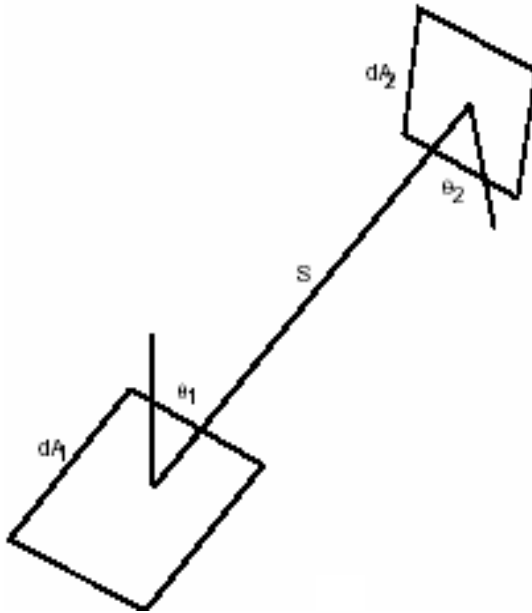
Dalga boyu (nm)	Yansımaya Yüzdesi	
	En çok	En az
600	11,4	-
610	11,3	-
620	11,2	-
630	11,2	-
640	11,2	-
650	11,0	-
660	11,0	-
670	11,9	4,0

2.7. Toplama küresi teorisi

Toplama küresi, optik radyasyon ölçen basit bir cihazdır. Kürenin işlevi ışımaya akısını uzaysal olarak toplamaktır. Küre tasarımı özel bir uygulama için optimize edilmelidir, ancak toplama küresinin çalışma şeklini anlamak önemlidir. Işığın küreden geçişini anlamak için, difüz yansıtma (diffuse reflective) yüzeylerindeki dağılımın bilinmesi önemlidir. Buradan, toplama küresi iç yüzeylerinin parlaklığı türetilir ve birbirlerine bağlı iki parametre olan küre çarpanı ve ortalama yansımaya değerleri ele alınmıştır. Son olarak, toplama küresinin zaman sabitiyle hızlı atım veya kısa ömürlü radiant enerjisi konularıyla ilgili uygulamalar sunulmuştur [8].

2.7.1. Kapalı küre içinde radyasyon değişimi

Toplama küresi teorisinin kaynağı, dağılım yüzeyleri ile çevrili küre içinde radyasyon değişimi teorisidir. Genel teori oldukça karmaşık olmasına karşın, küre anlaşılması kolay bir çözüm sunar. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi iki diferansiyel dağılım yüzeyi arasında radyasyon değişimi olduğunu göz önüne alınmaktadır.



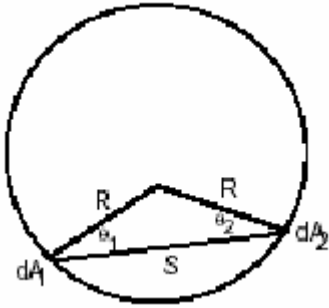
Şekil 2.5. İki diferansiyel dağılım yüzeyi arasında radyasyon değişimi

dA_1 yüzeyinden ayrılan enerji, dA_2 yüzeyine ulaşan enerji oranları dF_{d1-d2} değişim faktörüdür ve aşağıdaki gibi türetilir.

$$dF_{d1-d2} = \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi S^2} dA_2 \quad (2.1)$$

Burada θ_1 ve θ_2 yüzey normallerinden ölçülen değerler.

Difüz yüzeyli bir küre içinde dA_1 ve dA_2 iki diferansiyel eleman dikkate alınır;



Şekil 2.6. Bir dağılım yüzeyi içinde dA_1 ve dA_2 dağılımı

S uzaklığı $S = 2R\cos\theta_1 = 2R\cos\theta_2$ olduğundan:

$$dF_{d1-d2} = \frac{dA_2}{4\pi R^2} \quad (2.2)$$

Bu sonuç anlamlıdır, çünkü bakış açısı ve alanlar arasındaki uzaklıklar birbirlerinden bağımsızdır. Bu yüzden dA_2 tarafından alınan akı kürenin yüzeyindeki her radyasyon noktası için aynıdır.

Sonlu A_2 alanıyla radyasyon değişimi yapan çok küçük bir dA_1 alanı olsaydı o zaman Eş. 2.2 aşağıdaki şekli alır.

$$dF_{d1-d2} = \frac{1}{4\pi R^2} \int_{A_2} dA_2 = \frac{A_2}{4\pi R^2} \quad (2.3)$$

Bu sonuçta eşitlik dA_1 'den bağımsız olduğu için ;

$$F_{1-2} = \frac{A_2}{4\pi R^2} = \frac{A_2}{A_s} \quad (2.4)$$

Burada A_s kürenin toplam alanıdır. Bu yüzden A_2 tarafından alınan radiant akı fraksiyonu küre içinde yok edilen fraksiyon yüzey alanıdır.

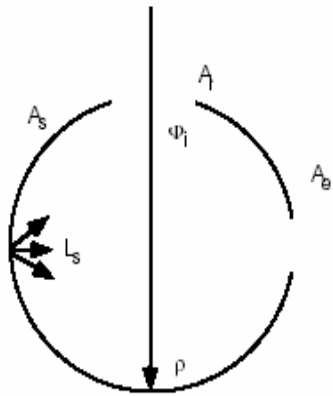
2.7.2. Toplama küresi radyasyon eşitliği

Difüz yüzeylerde yansıyan ışık gerçek bir ışık kaynağı yaratır. Yüzeyden yayılan ışığı en iyi tanımlayan şey onun radianti ve akı yoğunluğudur. Radiance önemli bir mühendislik ölçüsüdür, çünkü ışıklandırılmış yüzeylerde optik sistemler tarafından toplanabilen akıyı tahmin etmek amacıyla kullanılır. Işıma yapan bir toplama küresi eşitliğinin çıkarımında radiance tanımıyla başlar, difüz bir yüzeyin Φ_i giriş akısı L ;

$$L = \frac{\phi \rho}{\pi A} \quad (\text{w/m}^2/\text{sr}) \quad (2.5)$$

Burada ρ yansıma A aydınlatılan alan ve π yüzeyden yansıyan toplam katı açıdır.

Bir toplama küresi için ışıma (radiance) bağıntısı çoklu yüzey yansımaları ve meydana gelen ışımayı incelemenin yanı sıra, giriş akısı, Φ_i yi almak için gereken delik açıklıkları sebebiyle meydana gelen kayıpları da dikkate almalıdır. Giriş port alanı A_i ve çıkış portu A_e olan bir küre olsun.



Şekil 2.7. Bir küreye port giriş ve çıkışı

Giriş akısı başlangıç yansımasıyla mükemmel bir şekilde yayılır. Bütün küre yüzeyindeki toplam akı miktarı;

$$L = \phi_s \rho \left(\frac{A_s - A_f - A_e}{A_s} \right) \quad (2.6)$$

Parantez içindeki büyüklük küre yüzeyi tarafından alınan akının yani port açıklığıyla kaybolmayan akının fraksiyonunu gösterir. Bu terimi (1-f) olarak yazmak çok daha kullanışlıdır, burada f delik kesri ve $f = (A_i + A_e)/A_s$. İki den fazla delik olduğunda, f bütün delik alanlarının toplamından hesaplanır.

Benzer mantıkla, küre yüzeyinde akı yükünün miktarı;

$$= \phi_s \rho^2 (1-f)^2 \quad (2.7)$$

Üçüncü yansıma aşağıdaki akı miktarını üretir.

$$= \theta_s \rho^3 (1-f)^3 \quad (2.8)$$

n yansımadan sonra toplama küresi yüzeyinin tamamı üzerinde toplam akı yükü;

$$\phi_s \rho (1-f) \{ 1 + \rho(1-f) + \dots + \rho^{n-1} (1-f)^{n-1} \} \quad (2.9)$$

Sonlu güç serisine açılırsa, $\rho(1-f) < 1$ durumunda bu aşağıdaki daha basit şekle döner.

$$= \frac{\phi_s \rho (1-f)}{1 - \rho(1-f)} \quad (\text{WATTS}) \quad (2.10)$$

Eş. 2.10 göstermektedir ki, küre yüzeyindeki toplam akı yükü oyukların içindeki çoklu yansımalarından dolayı giriş akısından daha büyüktür. Küre yüzeyindeki ışımaya aşağıdaki şekilde verilir;

$$L_s = \frac{\phi_s}{\pi A_s (1-f)} * \frac{\rho(1-f)}{1-\rho(1-f)} \quad (2.11)$$

$$= \frac{\phi_i}{\pi A_s} * \frac{\rho}{1-\rho(1-f)} \quad (2.12)$$

Bu eşitlik bilinen bir giriş akısı için küre çapı, yansıma ve delik kesrinin bir fonksiyonu olarak toplama küresi ışınımını tahmin etmek için kullanılır. Çap büyüdükçe ışınımın azalır.

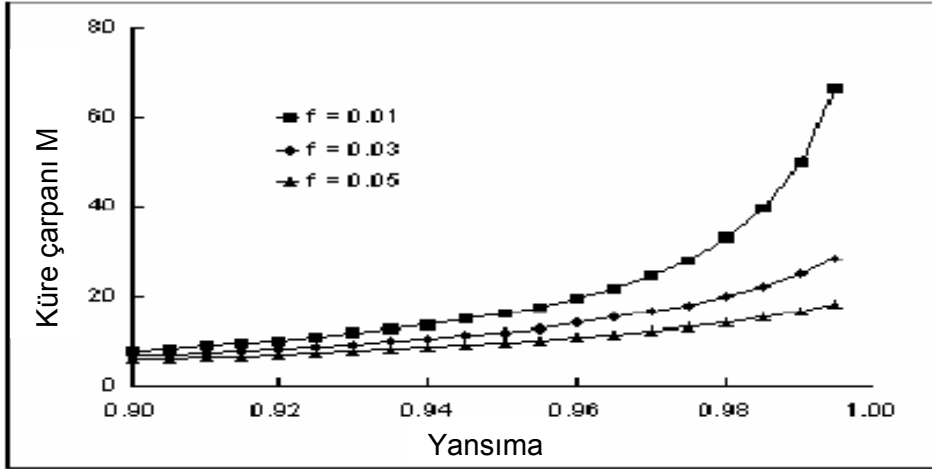
Küre çarpanı

Eş. 2.12 kasıtlı olarak iki parçaya bölünebilir. Birinci parça yaklaşık Eş. 2.5'e denk gelir, difüz yüzeyin ışınımı. Eşitliğin ikinci parçası küre çarpanı olarak atfedilebilen birimsiz bir büyüklüktür.

$$M = \frac{\rho}{1-\rho(1-f)} \quad (2.13)$$

Eşitlik çoklu yansımalarından dolayı ışımadaki artışı hesaba katar. Aşağıdaki grafik küre çarpanı, M, in delik kesri f ve küre yüzeyi yansıması 'ρ' ya bağlılığını göstermektedir.

Toplama küresinin içindeki akı yoğunluğunun tahmin edilmesinde basitleştirilmiş sezgisel bir yaklaşım giriş akısının basitçe kürenin toplam yüzeyine bölünmesidir. Bununla beraber, küre çarpanının etkisi şudur ki, toplama küresinin ışınımı en azından basit sezgisel yaklaşımından bir derece daha büyük olmalıdır. Başparmak pratik kuralına göre çoğu gerçek toplama küreleri için $.94 < \rho < .99$, $.02 < f < .05$ ve küre çarpanı da 10 ile 30 aralığında olmalıdır.



Şekil 2.8. Bir küre çarpanı ile yansımaları grafiği

Ortalama yansımaları

Eş. 2.13'deki küre çarpanı yük akısının küre duvarlarına çarptığı, duvar yansımaları her yerde aynı (uniform) ve bütün delik alanlarının sıfır olduğu spesifik bir durumdur [11]. Genel eşitlik;

$$M = \frac{\rho_D}{1 - \rho_w \left(1 - \sum_{i=0}^n f_i \right) - \sum_{i=0}^n \rho_i f_i} \quad (2.14)$$

ρ_0 = yük akısı için ilk yansımaları

ρ_w = küre duvarının yansımaları

ρ_i = delik (port) açıklığı i nin yansımaları

f_i = delik (port) açıklığı port i nin fraksiyonel alanı

denklem toplama küresinin ortalama yansımaları, $\bar{\rho}$, kullanılarak da gösterilebilir. Bu yüzden küre çarpanı başlangıç ve ortalama yansımaları cinsinden tekrar yazılabilir.

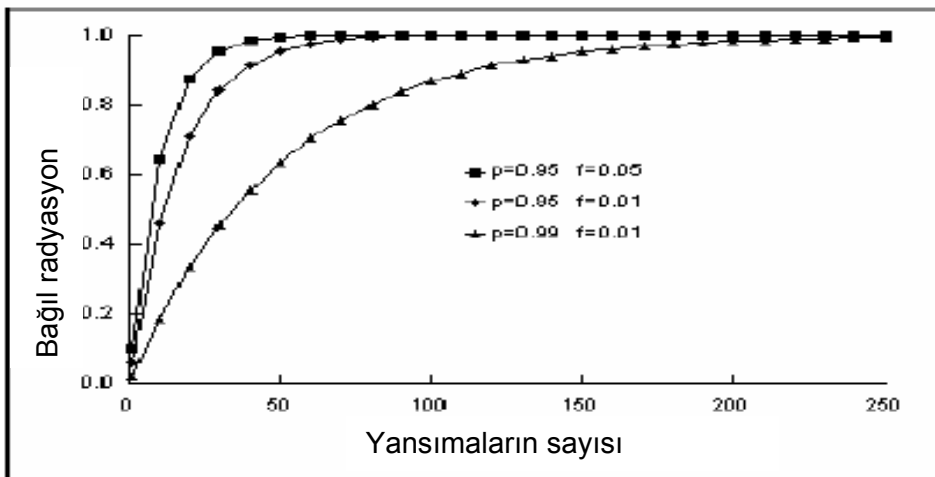
$$M = \frac{\rho_0}{1 - \bar{\rho}} \quad (2.15)$$

2.7.3. Uzaysal toplama

Gerçek bir toplama küresi içindeki ışın dağılım analizi; yük akı dağılımı, gerçek küre tasarımı geometrik ayrıntısı ve toplama küresinin içinde yada port açıklıkları üzerinde yerleştirilmiş her bir cihazın her bir yüzeyi yanı sıra küre kaplamasının bir fonksiyonuna bağlı olmalıdır. Optimum uzaysal performans için tasarım ilkeleri kaplama yansımaları ve küre çapının gereken port açıklıklarına ve sistem cihazlarına göre maksimize edilmesine dayanırlar. Uzaysal toplam akıda yansıma ve port kesrinin etkisi Eş. 2.10'la verilen küre yüzeyi üzerindeki toplam yük akısına erişmek için gerekli olan yansıma sayısının dikkate alınmasıyla gösterilebilir, toplam akı için gereken yansıma sayısı göz önüne alınarak Eş.2.10'da gösterilmiştir. n yansımadan sonraki küre yüzeyindeki toplam akı şöyle gösterilir [8].

$$\Phi_n = \phi_i \sum_{n=1}^n \rho^n (1-f)^n \quad (2.16)$$

n yansıma sonra üretilen radyasyon yatışkın koşullar altında karşılaştırılabilir.



Şekil 2.9. Yansıma sayısı ile bağlı radyasyon arasındaki grafik

Toplama küresi genelde yatışkın durumda kullanıldığından çok sayıda yansıma üretildiğinde f düşer ve ρ yükselir. Bu yüzden toplama küresi tasarımında ışınım akısının en iyi toplanması için her iki parametrenin de optimize edilmesine çalışılır.

2.8. Toplama küresi uygulamaları

Toplama küresi radyasyon akılarını uzaysal olarak toplarlar. Akı direk ölçülebildiği gibi maddeyle etkileştikten sonrada ölçülebilir. Radyometreye yada fotometreye bağlı küre akıyı lamba veya lazerlerden direk ölçebilir yada yarı kürede oluşan akı yoğunluğundan ölçülebilir. Toplama küresinin en çok kullanıldığı alan dağıtıcı ve yayıcı maddelerde toplam yansıma veya geçirgenliğin ölçülmesidir. Bir diğer alternatif uygulama içten aydınlatmalı toplama küresinin port açıklığının düzgün şekilde radyasyon veren büyük bir kaynak olarak kullanılmasıdır. Bu kaynaklar elektronik aletleri veya sistemleri kalibre etmek için veya basitçe düzgün geri aydınlatıcı olarak kullanılırlar [8].

2.8.1. Radyometreler ve fotometreler

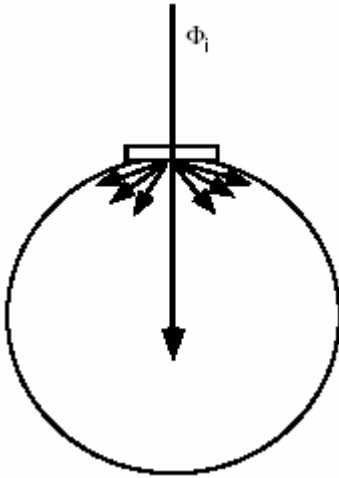
Uygun foto tarayıcı eklenmiş bir toplama küresi ışık kaynağından yayılan toplam geometrik akıyı veya aydınlatılmış bölgenin akı yoğunluğunu direk ölçebilir. Işığın geometrik dağılımı uygun toplama küresinin tasarımını etkiler. Işık kaynağının spectral özelliği ise uygun foto tarayıcı sistemini belirler.

Genelde, radyometreler ışığı radyasyon akısının SI birim sistemine göre watt biriminde ölçer. Kuantum yanıt foto algılayıcıları genelde radyometrelerde kullanılırlar. Sıcaklık algılayıcıları ışığın bütün dalga boyları için aynı tepkiyi verirler. Bu özellikleri onları zemin ısı radyasyonuna karşı daha dayanıksız kılar. Genellikle bunların sıcaklık kontrolü olması lazım ve giriş radyasyonun aynı anda tespit etmek için ayarlanmış olması gerekir.

2.8.2. Malzemelerin yansması ve geçirgenliđi

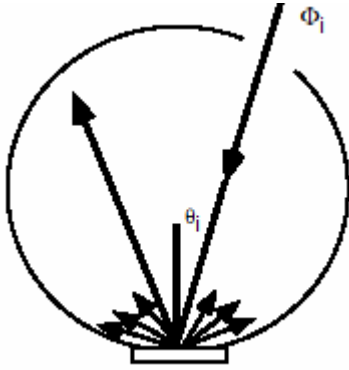
Toplama küresinin en büyük uygulaması dağıtıcı ve yayıcı maddelerin yansma ve geçirgenliklerinin ölçülmesidir. Ölçümler genelde dalga boyunun fonksiyonu şeklinde spektral yapılır. Ultraviyolede, ecza dolaplarının, güneşe karşı kullanılan giysilerin veya araba boyalarının UV dirençlerinin ölçülmesinde kullanılır. Görünür ışık spektrumunda, boya, tekstil ve grafik sanatları gibi endüstrilerdeki malzemelerin boyalarının kontrol edilmesinde ve sınıflandırılmasında kullanılır. Kızılötesinde, havacılık sanayinde kullanılan termal kontrol kaplamaların ve yakıtların radiant ısı transfer analizlerde ve toplam küresel yansımalarının hesaplanmasında kullanılır.

Geçirgenlik ölçümlerinde; örnek madde kürenin açık olan aralığına konur.



Şekil 2.10. Küre giriş portuna numunenin yerleşme şekli

Yansma ölçümlerinde; numune giriş portunun karşısındaki açıklığa yerleştirilir. Anlık akı numune tarafından yansıtılır. Toplam yarımküresel yansma, yayılma ve speküler elemanlarla toplama küresi tarafından toplanır.



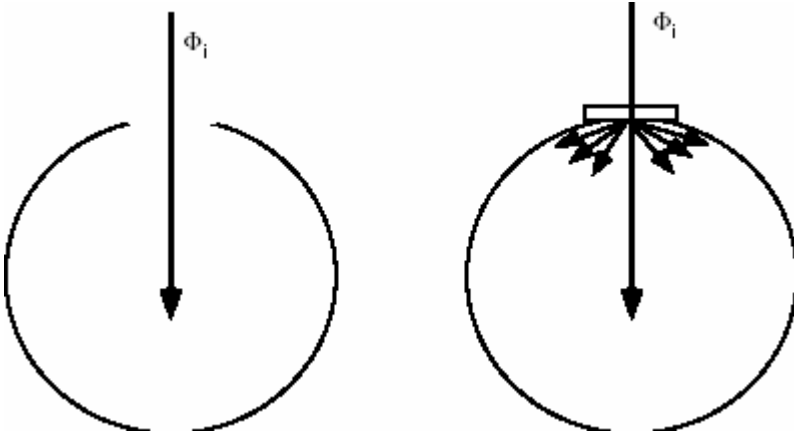
Şekil 2.11. Yansıma ölçümlerinde numunenin yerleşme şekli

Yansıma ölçümlerinde ışının açısı genelde normalden 10 dereceye kadardır. Speküler bileşen normal (0 derece) ışına kullanılarak veya speküler yola başka bir port koyarak ve speküler akıyı söndürmek için siyah ışık kapanı kullanılarak ölçümden çıkarılabilir. Yüksek ve değişken açılarda yansıma ölçümleri örneği kürenin merkezine koyarak ve sabit bir giriş ışınına göre döndürerek gerçekleştirilir.

Şaşırtıcılar küre üzerindeki foto algılayıcısının direk olarak ışına yapan örneği görmesine ölçümlerde mani olur. Yansıma geometrisinde, şaşırtıcı genellikle kürenin duvarının speküler bileşen alan parçasına yerleştirilir. Hassaslığı gidermek için yarı küresel görüşlü bir foto algılayıcı kullanmak en iyisidir.

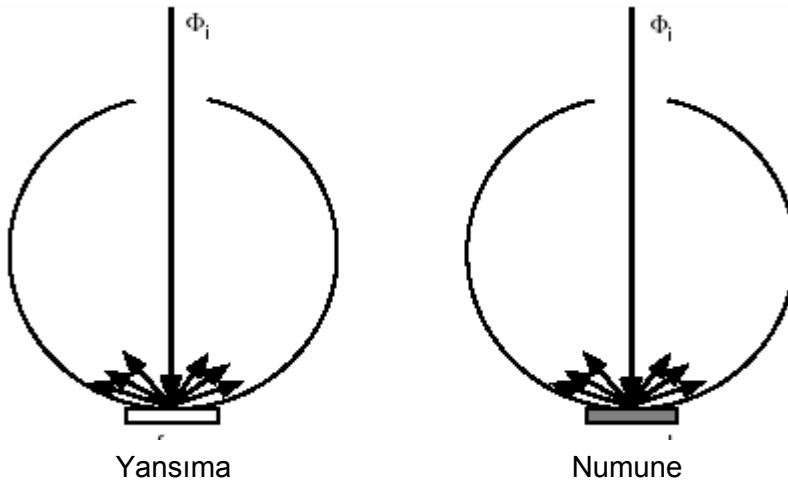
Değiştirme-karşılaştırma küreleri

Tek toplama küresi hatası Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da bağlanabilir. Çünkü örnek küre duvarının yansımasını değiştirir. Geçirgenlik skalasını kalibrasyonu örnek giriş aralığına konmadan anlık akının ölçülmesiyle yapılır.



Şekil 2.12. Yansıma ölçümlerinde değiştirme ve karşılaştırma küresi

Yansıma, standart referans maddesinin yansımasının kürede kalan anlık akıyla karşılaştırılması yapılarak bulunur.



Şekil 2.13. Yansıma ölçümlerinde referans küre

İdeal ölçme ilişkisi; kürenin içinde üretilen radyasyonun oranı her bir maddenin yansımasının oranına eşit olmasıdır.

$$\frac{L_s}{L_f} = \frac{\rho_s}{\rho_f} \quad (2.17)$$

Burada ρ_r = referans maddesinin yansımadır. Örnek ölçme miktarı ρ_r yansımaya faktörü (*reflectance factor*) olarak bilinir. Gerçekte anlık akı direkt olarak ölçülemez. Fakat Şekil 2.12'deki değiştirme küresinde, kürenin yansımaya ortalaması örnek referans maddesiyle değiştirildiğinde değişir. Doğru olan ölçüm eşitliği değiştirme küresi için;

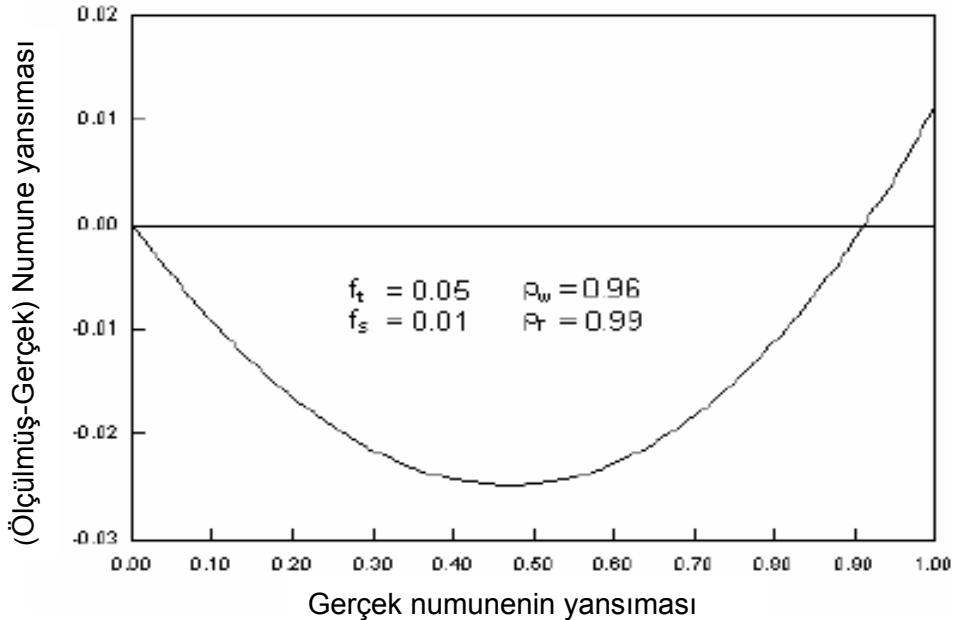
$$\frac{L_s}{L_r} = \frac{\rho_s}{\rho_r} * \frac{1 - \rho_r}{1 - \rho_s} \quad (2.18)$$

ρ_s ortalama duvar yansımaları örnek için

ρ_r ortalama duvar yansımaları referans için

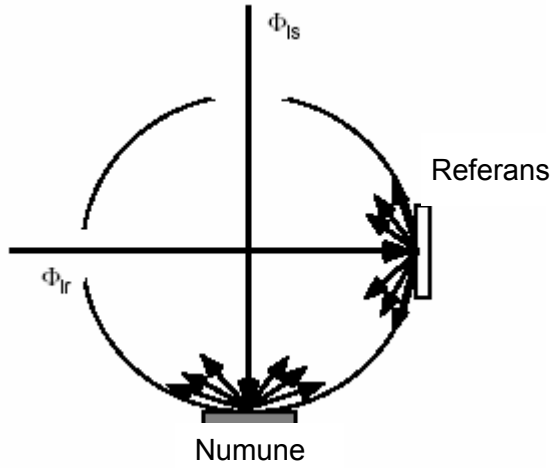
ρ_s kolayca bulunamaz çünkü ρ_s ye bağlıdır.

Bu hatanın büyüklüğü tipik bir spectraflect toplama küresi için %5 ve %1 port açıklığı için çizilebilir. Burada referans maddesi de spectralon'dur.



Şekil 2.14. Gerçek yansımaların ölçülen yansımaya grafiği

Eş. 2.17'yi kullanmak için uygun küre tasarımı ortama yansımının sabit olduğu küredir. Karşılaştırma küresi toplama küresinde referansın ve örneğin birlikte port açıklığına konduğu küredir.



Şekil 2.15. Küreye karşılaştırma ve numuneyi yerleştirme şekli

Karşılaştırma küresinin göze çarpan özelliği ortalama küre duvarı yansımalarının sabit olmasıdır. Tek ışımalı bir cihazda küre döndürülerek her madde için pozisyonu değiştirilir. Çift ışımalı yansıtıcılarda ise her ışın için akı oranını bulmak için taban alanına referans maddesi konur.

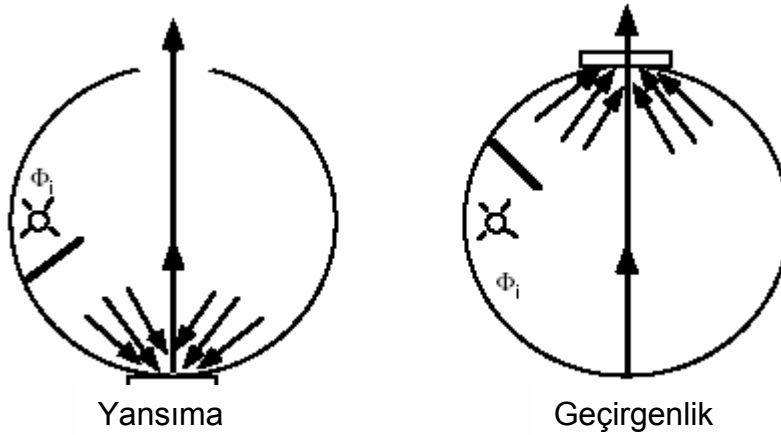
Yer değiştirme hatası geçirgenlik ölçümleri içinde kullanılır, çünkü örnek yüzeyin port açıklığına tanjantsal olması küre açıklığının yansımaya ortalamasına katkı sağlar. Geçirgenlik ölçümleri için karşılaştırma küresi tavsiye edilir.

Ölçüm geometrisi $0^0/d$, $d/0^0$

Önceki örnekler yansımaya ve geçirgenlik geometrilerlerinin direk anlık akı ve örnek maddeyle temasından sonra küre tarafından toplanmasını ilişkilendirir. Geometri direk / yarıküresel olarak adlandırılır ve genelde kısaltılır $0^0/d$ normal dağılım toplamı. Özel bir toplama küresi tanımlandığında 0^0 asıl

derecesiyle değiştirilmesi gerekir. Mesela δ^0/d ; yansımaya faktörü Q^0/d geometrisinde ölçülen bir büyüklüktür.

Karşılıklı optik geometri yansımaya ve geçirgenlik ölçümleri için kullanılabilir. $d/0^0$ şeklinde örnek parlamazlığı yarıküresel ve örnek yakın düz hizada görülebiliyor.



Şekil 2.16. Küreye karşılaştırma ve numuneyi yerleştirme şekli

Yansımaya geometrisindeki ölçme miktarı ışımaya faktörü olarak adlandırılır. Yaygın matlık altındaki örneğin ışımaya referans maddesinin ışımaya ile kıyaslanır. Işıımaya faktörü yansımaya faktörüne karşılıklı şekiller için eşittir.

$d/0^0$ geometrisinin iki ana avantajı vardır. Anlık akı büyük bir şekilde artar, çünkü toplama küresi toplam ışığı toplamaktadır. Bu yüzden sinyal yükseltir ve aletin ses oranı yükselir. Çoğu ticari renk ölçme aletleri flash lambaları kullanırlar bu da ısıl ölçme hatasını ortadan kaldırır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Cihazlar

- Perkin Elmer marka LAMBDA 900 model UV-VIS-NIR spektrofotometre
- Boya Karıştırıcı (300-900 devir/dakika)
- Brookfield Tipi Viskozimetre
- Aplikatör (10, 20, 30, 60, 80, 120, 150,180 mikron film uygulayabilen)
- Novo marka Glossmetre (Speküler parlaklık ölçüm cihazı)

Formülasyonu hazırlanan infrared yansımali kamuflajli boyanın spektral yansima ve kromatisite koordinatları CIE 1931 renk skalası (L* a* b*) değerleri UV/VIS/NIR spektrofotometresi ile ölçülmüştür. Cihazın teknik özellikleri EK-1'de verilmiştir.

3.2. Boyanın Hazırlanışı

İnfrared yansımali boyanın hazırlanmasında aşağıdaki işlemler uygulanmıştır. Bağlayıcı olarak kullanılan alkid reçine formülasyondaki miktar kadar bir kaba konulmuştur, bir miktar sentetik tiner ilavesi ile inceltmiştir. Bu inceltme işlemi ile pigmentlerin daha kolay ıslanması hedeflenmiştir. Pigmentler ayrı ayrı tartılarak inceltmiş reçine üzerine ilave edilmiştir. Her pigment ilavesinden sonra boya karıştırıcıda 600-900 devir/dakika'da karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle ilave edilen pigmentlerin karışım içinde homojen bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Pigment ilavesinin tamamlanmasının ardından dolgu maddeleri tartılarak kaba ilave edilmiştir. Dolgu maddelerinin ilave edilmesinin ardından karıştırma işlemine tekrar homojenlik sağlanana kadar devam edilmiştir. Reçine olarak kullanılan alkid, birçok özelliğin yanı sıra boyaya parlaklık da kazandırmaktadır. Oysaki kamuflaj özellikli boyalar mat görünümdeydir. Bu nedenle karışıma matlaştırıcı ilave edilmiştir. İlave edilen matlaştırıcının partikül boyutu çok küçük olması nedeniyle kolayca

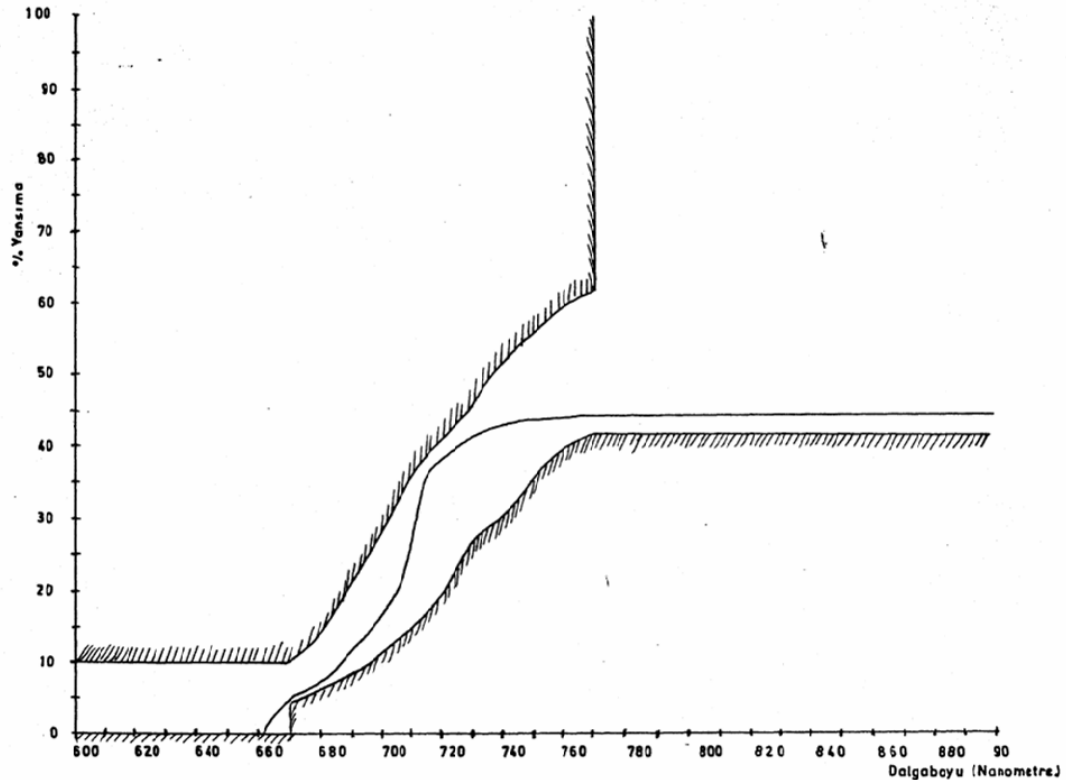
uçuşabilmektedir. Bu durumu önlemek amacıyla karıştırıcının devri 300-400 devir/dakika'ya düşürülmüştür. Matlaştırıcı ilavesinin ardından karışıma skatif (kurutucu) ve sentetik tiner ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım 15-20 dakika dinlendirildikten sonra aplikatör vasıtasıyla, astar boyası yapılmış saç plaka üzerine 80 mikron kalınlığında tatbik edilmiştir. Plakalar tozsuz bir ortamda kurumaya bırakılmıştır. Boyanın kurumasının ardından yansıma, parlaklık ve renk ölçümleri yapılmıştır [11].

Formülasyonlarda kullanılan; kimyasalların isimleri ve üretici firmaları EK-2'de, pigment ve dolgu maddelerinin özellikleri EK-3'de, kobalt, titan, çinko ve krom oksit karışımlarından meydana gelen asitte çözünmeyen yeşil pigmentin infrared yansıma değerleri EK-4'de verilmiştir.

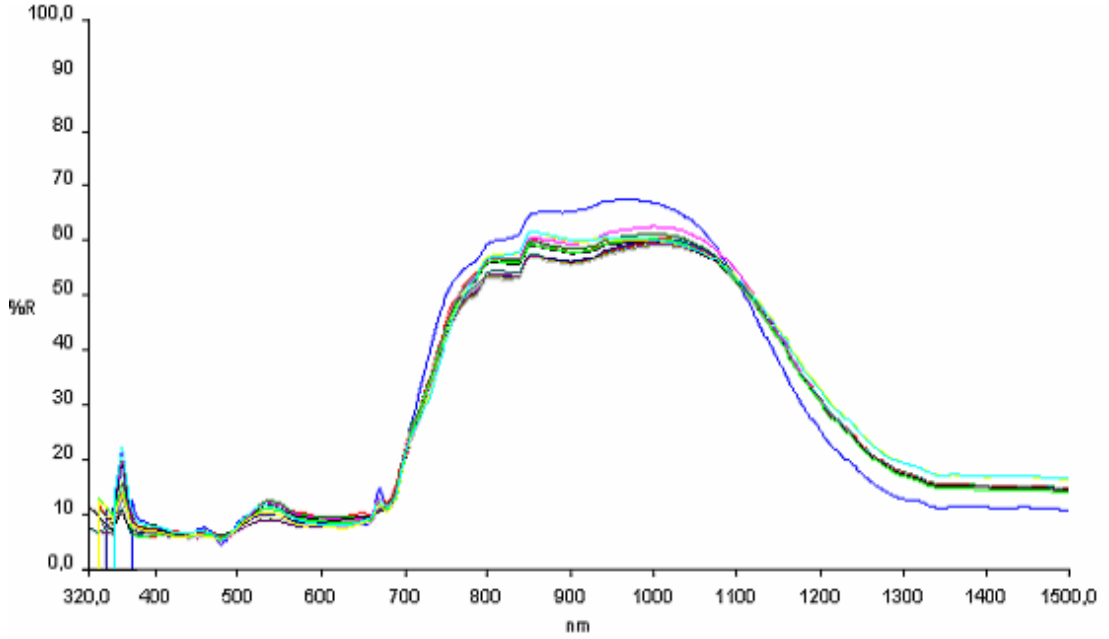
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Silisyum Dioksitin İnfrared Yansıma Değerlerine Etkisi

Formülasyonları EK-5'de verilen boya karışımlarından hazırlanan plakaların LAMBDA 900 model UV-VIS-NIR spektrofotometre ile 320-1500 nm dalga boyundaki infrared yansıma değerleri, kromatisite koordinatları ve CIELAB L*, a*, b* değerleri ölçülmüştür. İnfrared yansıma değerlerine ait sonuçlar EK-6'da verilmiştir. Ayrıca açık yeşil, orman yeşili, koyu yeşil ve zeytin yeşili renkleri için 600-900 nm dalga boyundaki yansıma değerleri ve toleransları Şekil 4.1.'de verilmiştir [7]. Tüm çalışmalara ait infrared yansıma değerleri sonuçları Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Açık yeşil, orman yeşili, koyu yeşil ve zeytin yeşili renklerin infrared yansıma değerleri ve alt –üst tolerans değerleri



Şekil 4.2. Tüm çalışmalara ait infrared yansımaya değerleri

Yapılan çalışmalar neticesinde; Şekil 4.2.'de verilen tüm çalışmalara ait infrared yansımaya sonuçları, Şekil 4.1'de verilen açık yeşil, orman yeşili, koyu yeşil ve zeytin yeşili renklerinin 600-900 nm dalga boyundaki referans infrared yansımaya değerleri ile karşılaştırıldığında; çalışmaların hepsinin tolerans sınırları içerisinde olduğu görülmüştür.

Silisyum dioksitin boyanın yansımaya değerlerine olan etkisini incelemek amacıyla; boyaya ilave edilen silisyum dioksit miktarları değiştirilmiştir. Silisyum dioksit miktarının değişimlerine göre hazırlanan boya formülasyonları EK-7'de verilmiştir. Silisyum dioksit miktarının değişimlerine göre hazırlanan boya karışımlarına ait kromatisite koordinatları ve CIELAB L* a* b* sonuçları Çizelge 4.1.'de, infrared yansımaya sonuçları ise EK-8'de verilmiştir. İnfrared yansımaya diyagramları ve Çizelge 4.1. incelendiğinde silisyum dioksit miktarındaki değişimin; boyanın kromatisite koordinatları, CIELAB L* a* b* ve infrared yansımaya değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.1. Kromatisite koordinatları ve L* a* b* sonuçları.

Deney Kodu	CIE LAB 1931			Kromatisite Koordinatları	
	L*	a*	b*	x	y
1A-1	36,73	-6,79	11,02	0,3329	0,3836
1A-2	37,41	-6,74	11,73	0,3353	0,3857
1A-3	37,38	-7,01	12,26	0,3364	0,3883
2A-1	34,87	-5,04	8,84	0,3310	0,3734
2A-2	35,06	-4,11	7,58	0,3291	0,3664
2A-3	34,24	-3,36	7,20	0,3302	0,3641
3A-1	35,78	-5,15	9,85	0,3340	0,3770
3A-2	35,87	-4,36	8,78	0,3325	0,3711
3A-3	35,17	-3,53	8,94	0,3359	0,3710
4A-1	37,85	-7,19	13,10	0,3385	0,3914
4A-2	38,39	-7,24	12,91	0,3375	0,3901
4A-3	38,30	-7,50	13,94	0,3403	0,3947
5A-1	37,25	-8,15	10,33	0,3263	0,3826
5A-2	36,66	-5,72	9,07	0,3292	0,3739
5A-3	35,33	-4,06	9,61	0,3367	0,3745
6A-1	36,07	-2,22	10,88	0,3466	0,3757
6A-2	35,89	-0,57	10,25	0,3495	0,3705
6A-3	34,87	0,08	9,60	0,3497	0,3676
7A-1	35,92	-5,43	10,61	0,3359	0,3804
7A-2	36,62	-4,76	9,70	0,3344	0,3749
7A-3	34,96	-4,46	10,13	0,3376	0,3777
8A-1	36,52	-9,27	10,64	0,3241	0,3866
8A-2	36,96	-8,51	9,68	0,3229	0,3808
8A-3	35,44	-7,25	9,40	0,3260	0,3790

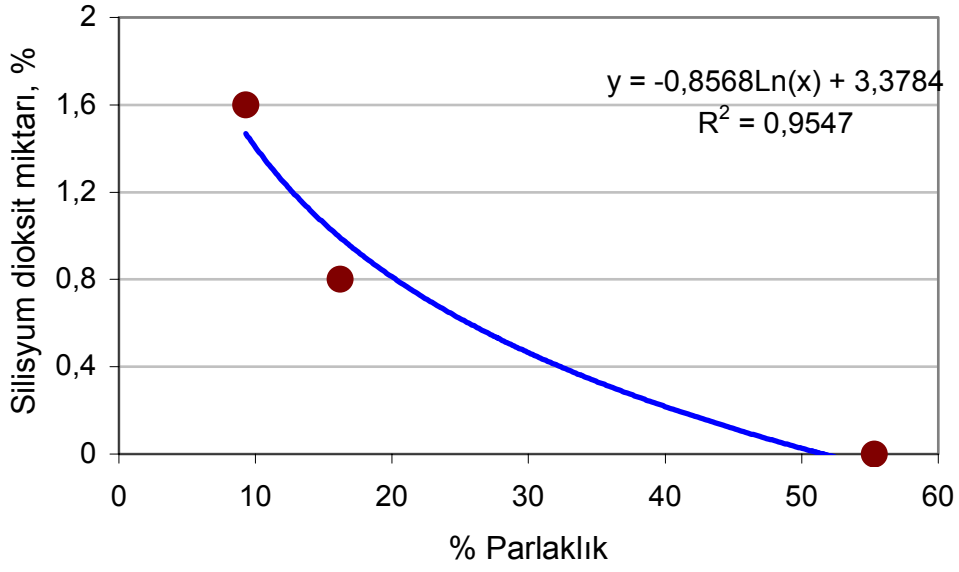
4.2. Boyanın Speküler Parlaklığına Silisyum Dioksit Miktarının Etkisi

Silisyum dioksitin boyanın parlaklık değerlerine etkisini incelemek amacıyla, hazırlanan plakalar üzerinden Novo marka Glossmetre kullanılarak boyanın 85⁰ açındaki speküler (ayna) parlaklık değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Speküler parlaklık sonuçları incelendiğinde; silisyum dioksit miktarındaki değişimin boyanın parlaklığını önemli oranlarda değiştirdiği görülmüştür.

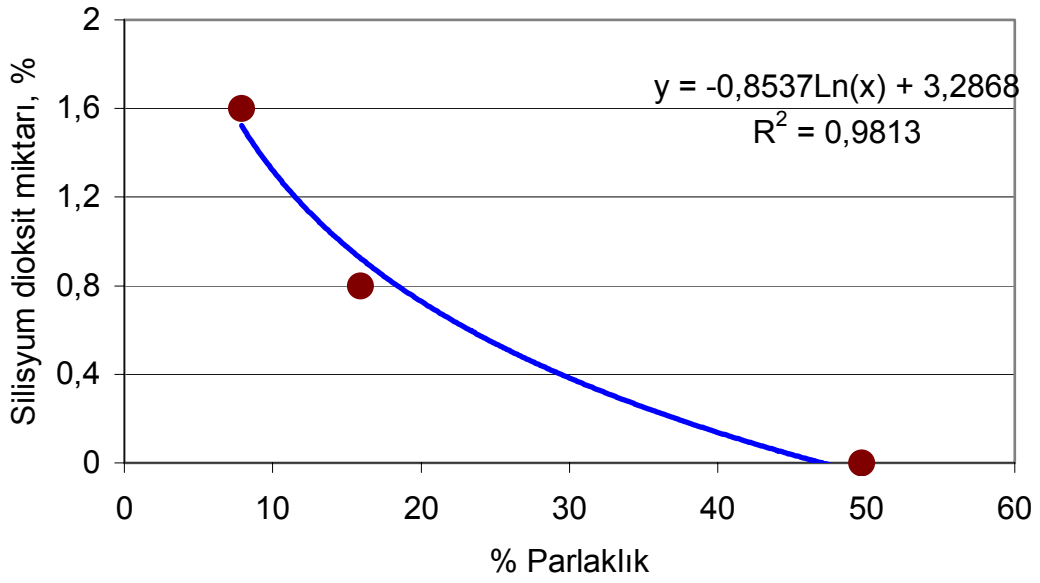
İnfrared yansımali kamuflaj boyaların doğa ile uyum sağlayacak matlıkta olması gerekmektedir. Çizelge 4.2.'de verilen parlaklık değerleri incelendiğinde; silisyum dioksit miktarındaki artışın boyanın parlaklık değerlerini azalttığı görülmektedir. Diğer bir deyişle; silisyum dioksit miktarı boyanın matlık derecesini belirlemektedir. Çizelge 4.2.'de elde edilen deney sonuçları kullanılarak silisyum dioksitin değişen değerlerine karşı % parlaklık değerlerine ait grafikler çizilmiştir. Elde edilen grafikler Şekil 4.3 - Şekil 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.2. Glossmetre ile 85⁰ de ölçülen parlaklık değerleri.

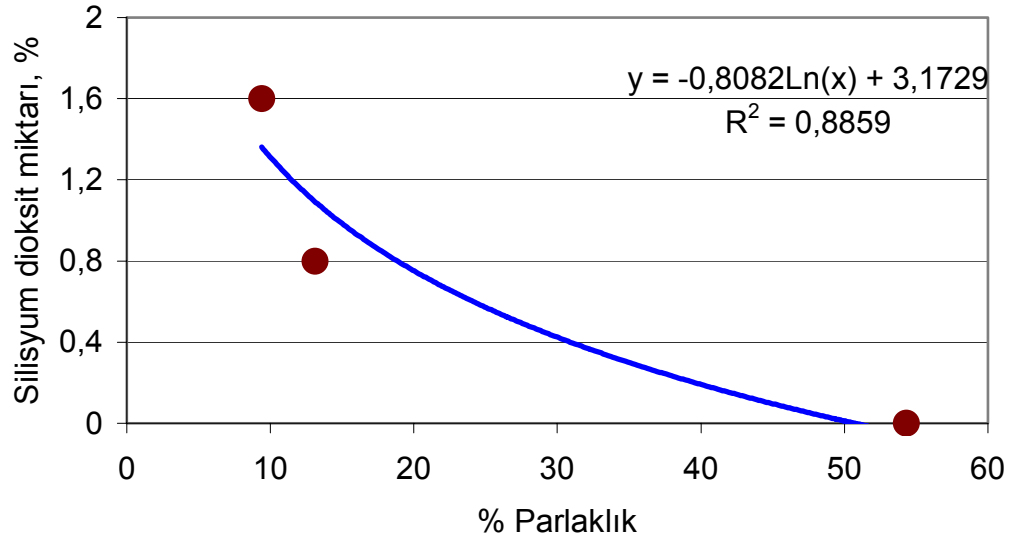
Deney kodu	Silisyum dioksit miktarı (%)	Speküler parlaklık (85 ⁰ ,de %)
1A-1	0	55,3
1A-2	0,8	16,2
1A-3	1,6	9,3
2A-1	0	49,7
2A-2	0,8	15,9
2A-3	1,6	7,9
3A-1	0	54,3
3A-2	0,8	13,1
3A-3	1,6	9,4
4A-1	0	64,8
4A-2	0,8	15,8
4A-3	1,6	9,2
5A-1	0	50,0
5A-2	0,8	17,3
5A-3	1,6	9,2
6A-1	0	61,3
6A-2	0,8	15,1
6A-3	1,6	9,0
7A-1	0	38,1
7A-2	0,8	11,1
7A-3	1,6	9,4
8A-1	0	45,7
8A-2	0,8	13,2
8A-3	1,6	9,2



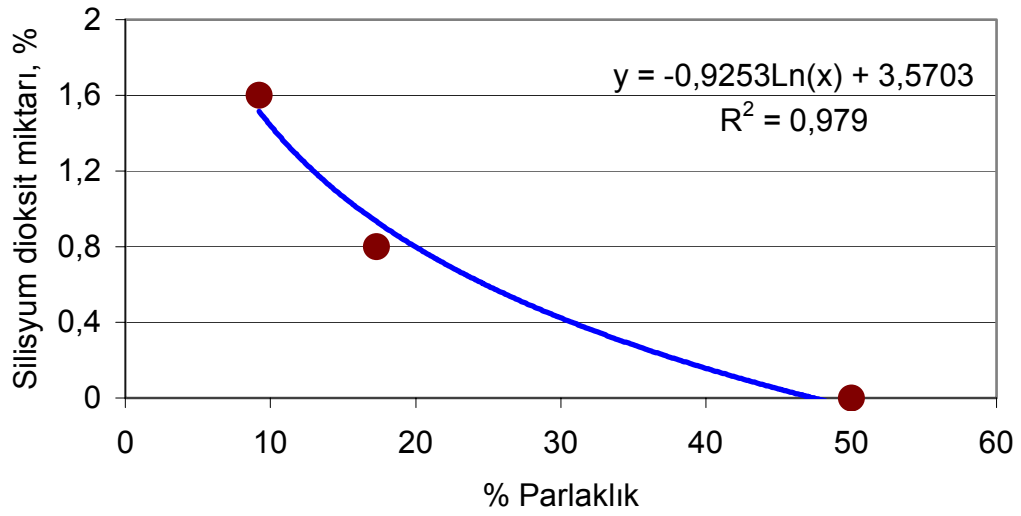
Şekil 4.3 1A kodlu deneylerin %parlaklık-silisyum dioksit miktarı grafiği



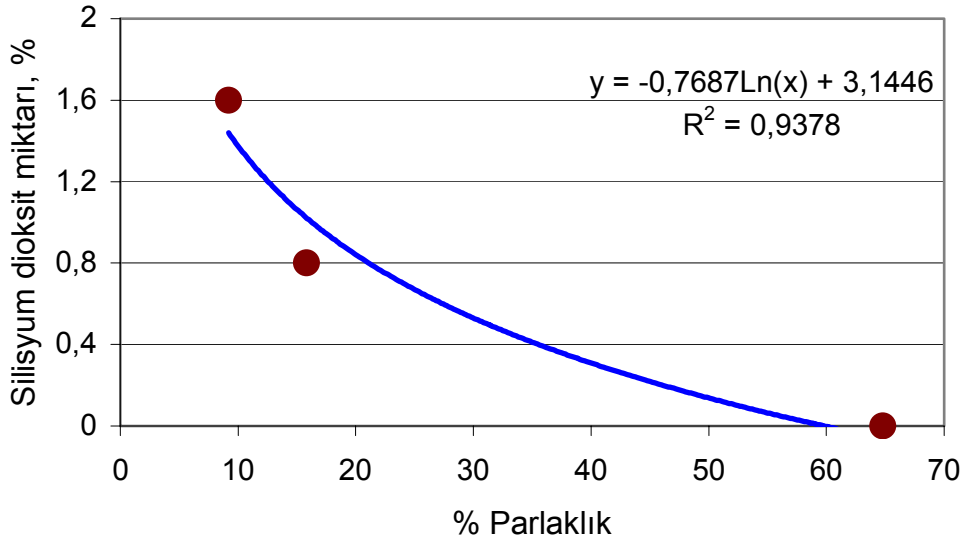
Şekil 4.4. 2A kodlu deneylerin %parlaklık-silisyum dioksit miktarı grafiği



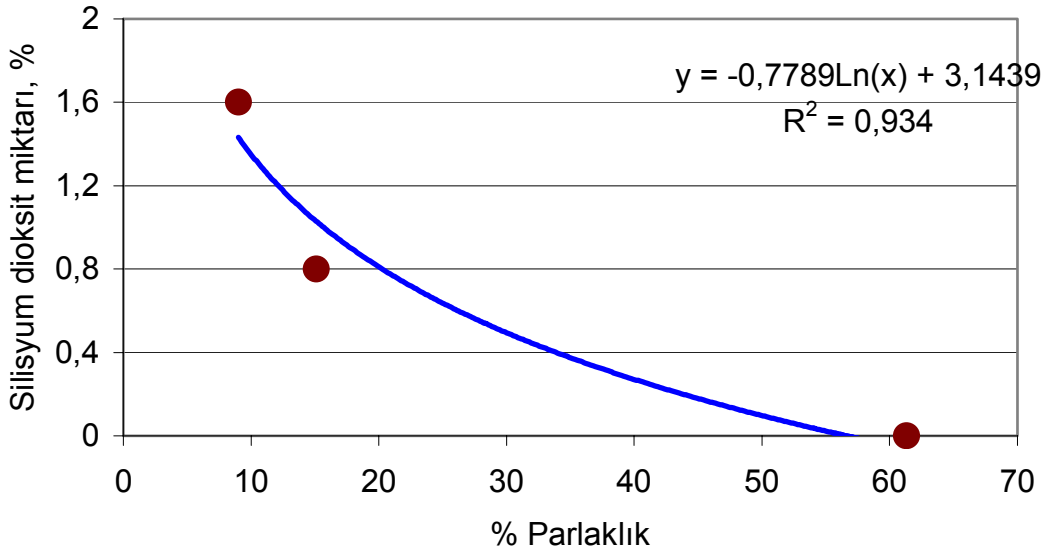
Şekil 4.5. 3A kodlu deneylerin %parlaklık-silisyum dioksit miktarı grafiği



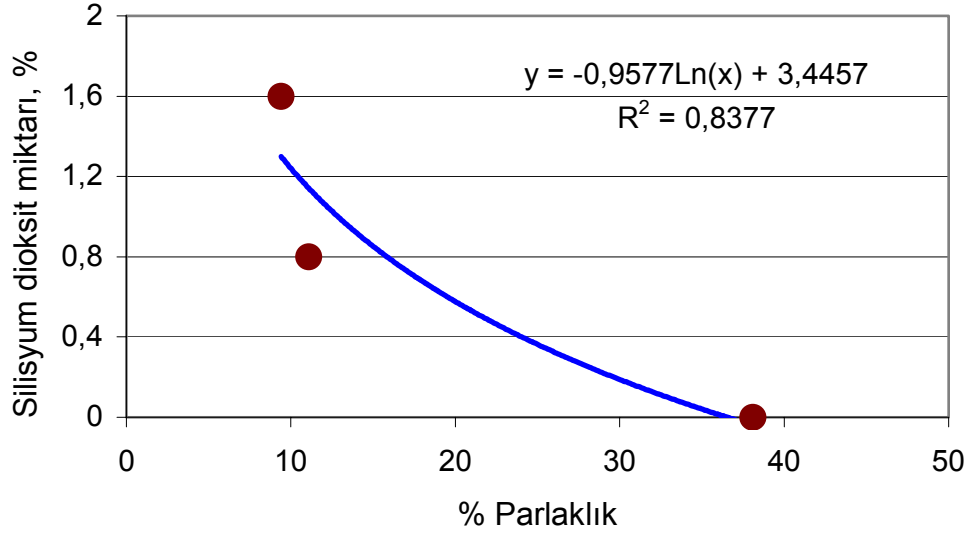
Şekil 4.6. 4A kodlu deneylerin %parlaklık-silisyum dioksit miktarı grafiği



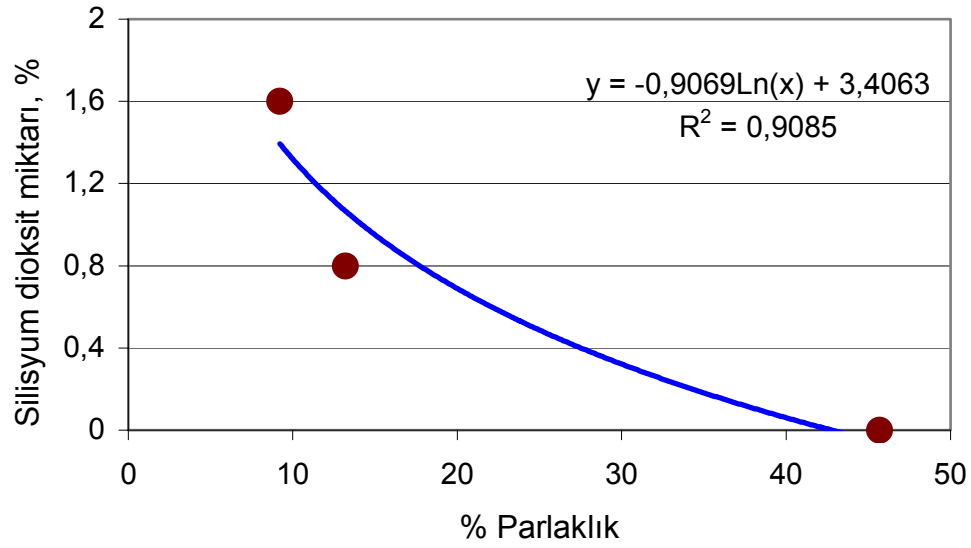
Şekil 4.7. 5A kodlu deneylerin %parlaklık-silisyum dioksit miktarı grafiği



Şekil 4.8. 6A kodlu deneylerin %parlaklık-silisyum dioksit miktarı grafiği



Şekil 4.9. 7A kodlu deneylerin %parlaklık-silisyum dioksit miktarı grafiği



Şekil 4.10. 8A kodlu deneylerin %parlaklık-silisyum dioksit miktarı grafiği

4.3. Silisyum Dioksit Miktarı Tespiti

İnfrared yansımali kamuflaj boyalar için speküler parlaklık değeri maksimum %3,5 olarak MIL-C-46168D Tablo 8'de verilmektedir [10]. Silisyum dioksitin değışen miktarlarına karşı çizilen % speküler parlaklık grafiklerinden (Şekil 4.3. – Şekil 4.10.) maksimum parlaklık (%3,5) değerine karşılık gelen minimum silisyum dioksit miktarları tespit edilmiştir. Silisyum dioksit miktarının grafiklerden elde edilen formülasyonlar yardımıyla tespit edilmesine ilişkin hesaplamalar EK-9'da, sonuçları ise Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Maksimum parlaklık için minimum silisyum dioksit miktarları.

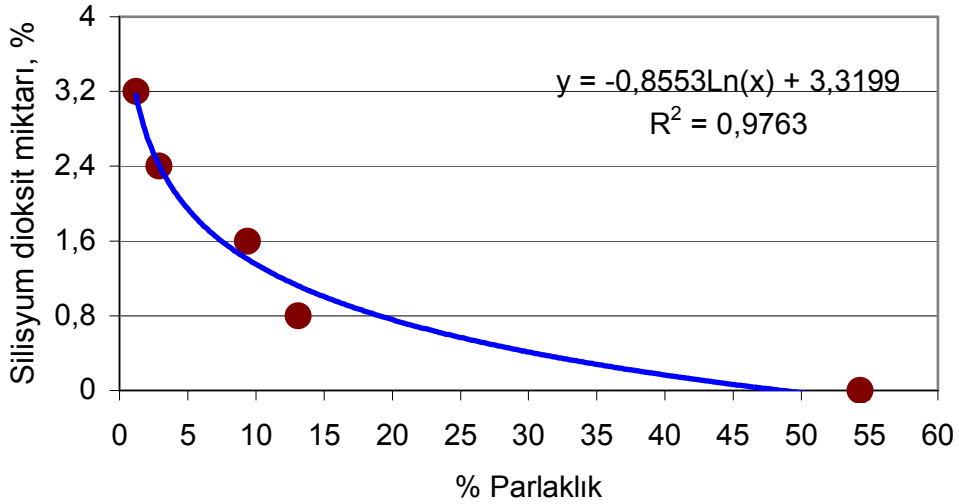
Deney kodu	Silisyum dioksit miktarı (%)
1A	2,31
2A	2,22
3A	2,16
4A	2,18
5A	2,41
6A	2,17
7A	2,25
8A	2,27

Çizelge 4.3'de verilen silisyum dioksit miktarları incelendiğinde; maksimum speküler parlaklık olan %3,5 değerinin sağlanabilmesi için infrared yansımali kamuflaj boyaya ilave edilecek silisyum dioksit miktarının en az %2,16 - %2,41 arasında olması gerektiği görülmektedir. EK-7'de yer alan formülasyonlar ile yapılan deneylerde silisyum dioksit miktarı ise en çok %1,6 oranında kullanılmıştır. %3,5 speküler parlaklığın deneysel olarak da görülebilmesi amacıyla silisyum dioksit miktarının sırasıyla %2,4 ve %3,2 oranında kullanıldığı formülasyonlar hazırlanmıştır. Çizelge 4.3.'de en düşük

silisyum dioksit miktarı 3A deney koduna aittir. Bu nedenle 3A deney grubunda yer alan 3A-1, 3A-2 ve 3A-3 deneylerine ilave olarak silisyum dioksit miktarı sırasıyla %2,4 ve %3,2 olan ve 3A-4, 3A-5 deney kodunda iki deney daha yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen boyaların, glossmetre ile 85⁰ açındaki speküler (ayna) parlaklık değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Çizelge 4.4 ve Şekil 4.11'dedir.

Çizelge 4.4. Glossmetre ile 85⁰ de ölçülen parlaklık değerleri.

Deney kodu	Silisyum dioksit miktarı (%)	Speküler parlaklık (85 ⁰ de %)
3A-1	0	55,3
3A-2	0,8	16,2
3A-3	1,6	9,3
3A-4	2,4	2,9
3A-5	3,2	1,2



Şekil 4.11. 3A kodlu deneylerin %parlaklık-silisyum dioksit miktarı grafiği

Çizelge 4.3'te teorik olarak tespit edilen silisyum dioksit miktarı 3A deney grubu için %2,16'dır. Deneysel olarak yapılan çalışmalar neticesinde Çizelge 4.4 ve Şekil 4.11'de yapılan hesaplamalar sonucunda 3A deney grubu için silisyum dioksit miktarı %2,25 tespit edilmektedir. Teorik ve deneysel çalışmaların birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

Sonuç olarak; infrared yansımali kamuflaj boyaya ilave edilen silisyum dioksit miktarındaki değişimin; boyanın infrared yansıma özelliğini etkilemediği, kromatisite koordinatları diyagramındaki ve CIELAB renk uzayındaki yerinin belirlenmesinde etkili olmadığı, ancak boyanın önemli özelliklerinden biri olan speküler parlaklık değerini etkilediği tespit edilmiştir. Silisyum dioksit miktarı ile speküler parlaklık arasında oluşturulan bağıntı ile, istenilen parlaklığın sağlanabilmesi için formülasyona ilave edilmesi gereken minimum silisyum dioksit miktarı belirlenmiştir.

Boya içinde kullanılan silisyum dioksit tanecikleri renksiz ve geçirgen olduklarından, üzerine düşen ışınların bir kısmını yansıtıp geri kalanını absorplayabilir [12]. Bu nedenle boyalı yüzeylerin zamanla UV ışınımlara maruz kalarak, boyanın infrared kamuflaj özelliğini değiştirmesi söz konusu olabilir. Ancak bu konu ayrı bir araştırma konusu olarak önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Weismantel G. E., "Paint Handbook", **McGraw-Hill Book Company**, New York, 76-89 (1963).
2. Morgans W. M., "Outlines of Paint Technology, 2nd ed. Volume 1", **Charles Griffin & Company Ltd.**, London, 6-40, 53-80, 84-90 (1982).
3. Nakazumi "Infrared Absorbing Dyes", **Plenum Press**, New York and London, 76-82 (1990).
4. Matsuoka M., Nakazumi H., Fabian J., "Near-Infrared Absorbing Dyes", **Chemical Review**, London, 1197-1226 (1992).
5. ASTM standardı, "E 308-01 Standart Practice for Computing the Colors of Objects by Using the CIE System" **ASTM international**, West Conshohocken, (2003).
6. Ve.Co srl,"Camfouflage nets and temporary camouflage"**Ve.Co Company**, Quanttordio(AL), 15-27 (2003).
7. Türk standardı, "TS 4856 Kamufraj Boyaları, Alkid Emaye Esaslı (Askeri Amaçla Kullanılan)", **Türk Standardları Enstitüsü**, Ankara, (1986).
8. Goebel, D.G., "Generalized integrating sphere theory", **Applied Optics**, 6 (1): 125 (1967).
9. US Federal specifications, "FED-STD-595 Colors Used in Government Prouement" **USA Belvoir Research, Development and Engineering Center**, Belvoir,(1996),
- 10.US Military specifications, "MIL-C-46168(ME), "Coating, Aliphatic Polyurethane, Chemical Agent Resistant amendment 3", **USA Belvoir Research, Development and Engineering Center** Belvoir (1993).
- 11.Ardahanlıoğlu Y.,"İnfrared yansımali kamufraj boya formülasyonu ve pigmentlerin etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 44-53 (2006).
- 12.Bayrakçeken F, "Highly sensitive detection of optical discrete absorption and resonance fluorescence of fused silica in the far ultraviolet", **Spectrochimica Acta Part A 60**, 923-925 (2004).

E K L E R

EK-1 Spektrofotometrenin teknik özellikleri

- Tungsten-halojen ve deuterium lamba
- Kolayca lamba değişme özelliği
- Çift monokromator
- Çift ışık kaynağı
- Ölçüm aralığı :175-3300 nm dalga boyu
- Dalga boyu hassasiyeti :0,08 nm UV/VIS
- Dalga boyu hassasiyeti :0,32 nm NIR
- Dedektör :UV/VIS dalga aralığında photomultiplier
- Dedektör :NIR dalga aralığında peltier-cooled PbS
- Monokromator :440 kanal/mm UV/VIS
- Monokromator :360 kanal/mm NIR

EK-2 Kimyasallar ve yardımcı maddelerin isimleri

	Renk indeksi	Üreticisi	Ticari adı
Yeşil pigment	Pigment yeşil 26	Shepherd	Camouflage green 179
Krom oksit yeşil	Pigment yeşil 26	İBS	Krom oksit yeşil
Krom oranj	Pigment sarı 34	İBS	Krom oranj
Krom oksit sarı		İBS	Krom oksit sarı
Demir oksit kırmızı		İBS	Demir oksit kırmızı
Demir oksit siyah	Pigment siyah 30	Shepherd	Black 10C909
Karbon siyahı		Degussa	Printex-U
Karbazol menekşe	Pigment menekşe 23	Clariant	Karbazol violet
Talk		Omya	OMYATALC 20-KP
Barit		Omya	Barit
Kalsit		Omya	OMYACARB 40-KP
Matlaştırıcı		Degussa	Acematt TS100
Çökme önleyici		Degussa	Product U
Alkid reçine		Mobel	MBL S63W70
Kurşun oktoat		Boysan	Kurşun Oktoat
Kalsiyum oktoat		Boysan	V DRY Ca 4

EK-3 Pigment ve dolgu maddelerinin özellikleri

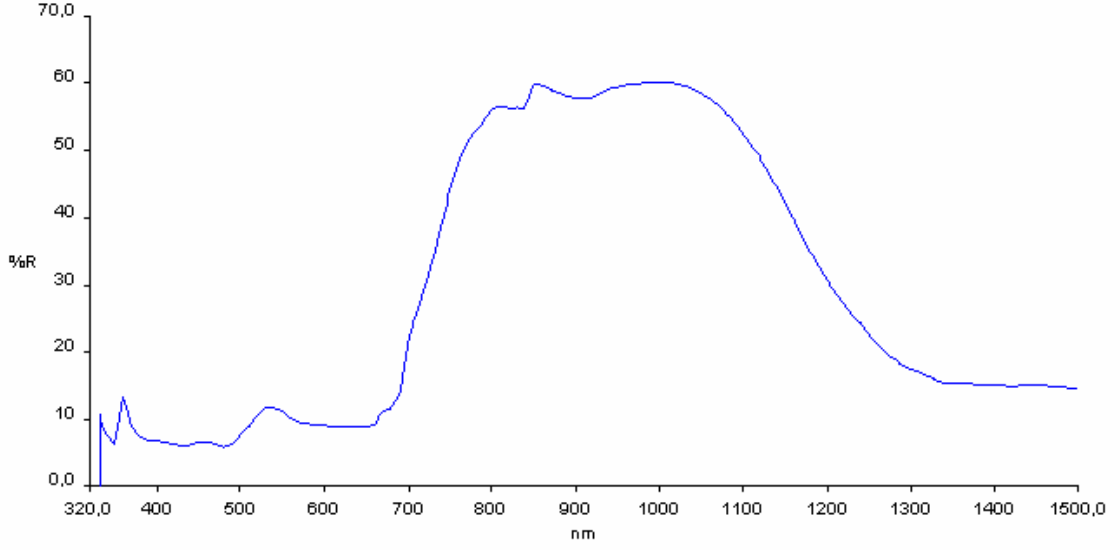
	Yeşil pigment	Krom oranj	Kırmızı demir oksit	Yeşil krom oksit
pH değeri (% 5'lik sulu çözeltisinde)	9-10	6-9	3-8	6-7
Yağ absorpsiyonu(gr yağ /100 gr pigment)	12-15	12-20	En çok 75	17-20
Yoğunluk (gr/cm ³)	4,9-5,3	5,4-6,2	-	5,0-5,4
Nem miktarı (105°C'de)	-	-	En çok % 1,5	En çok % 1
Elek üstü bakiyesi (63 mikron elek)	-	-	En çok % 0,01	En çok % 1

	Karbazol Menekşe	Talk	Barit	Kalsit
pH değeri (% 5'lik sulu çözeltisinde)	5-8	9 – 9,5	-	-
Yağ absorpsiyonu (gr yağ /100 gr pigment)	-	25 -35	10 -12	16 -18
Yoğunluk (gr/cm ³)	-	2,65 - 2,85	4,3 - 4,5	2,5 - 2,8
Nem miktarı (105 ⁰ C'de)	En çok % 1	-	-	-
Elek üstü bakiyesi (63 mikron elek)	En çok % 0.1	-	-	-
Partikül boyutu (mikron)	-	2 - 5	1-5	2-5

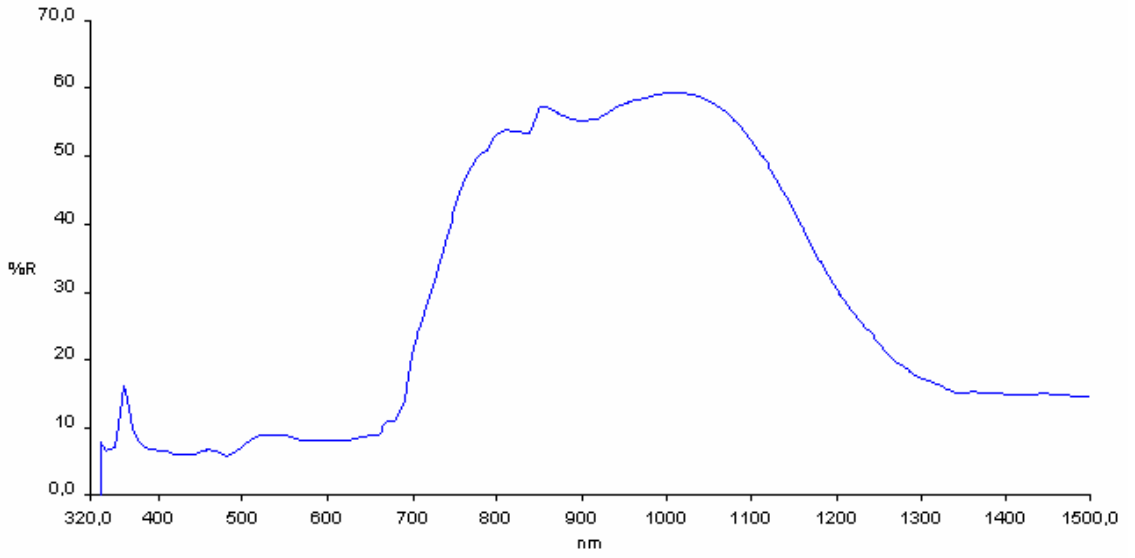
EK-4 Kobalt, titan, çinko ve krom oksit karışımlarından meydana gelen asitte çözünmeyen yeşil pigmentin infrared yansıma değerleri

Dalga Boyu	Yansıma Yüzdesi %	
	En çok	En az
600	7,0	-
620	7,0	-
630	7,0	-
640	7,0	-
650	7,0	-
660	7,0	-
670	7,5	4,0
680	8,5	5,0
690	9,5	6,0
700	12,5	9,0
710	17,0	13,0
720	24,0	20,0
730	32,0	28,0
740	39,0	34,5
750	43,5	39,0
760	-	42,0
770	-	45,0
780	-	46,0
790	-	48,0
800	-	50,0

EK-6 İnfared yansıma diyagramları-1

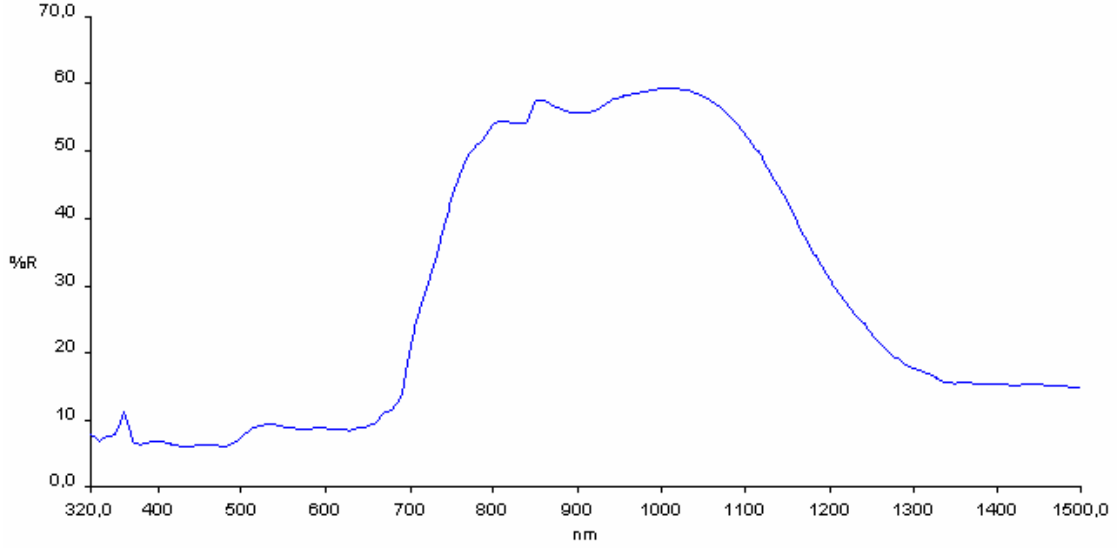


Şekil 6.1. 1A numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı.

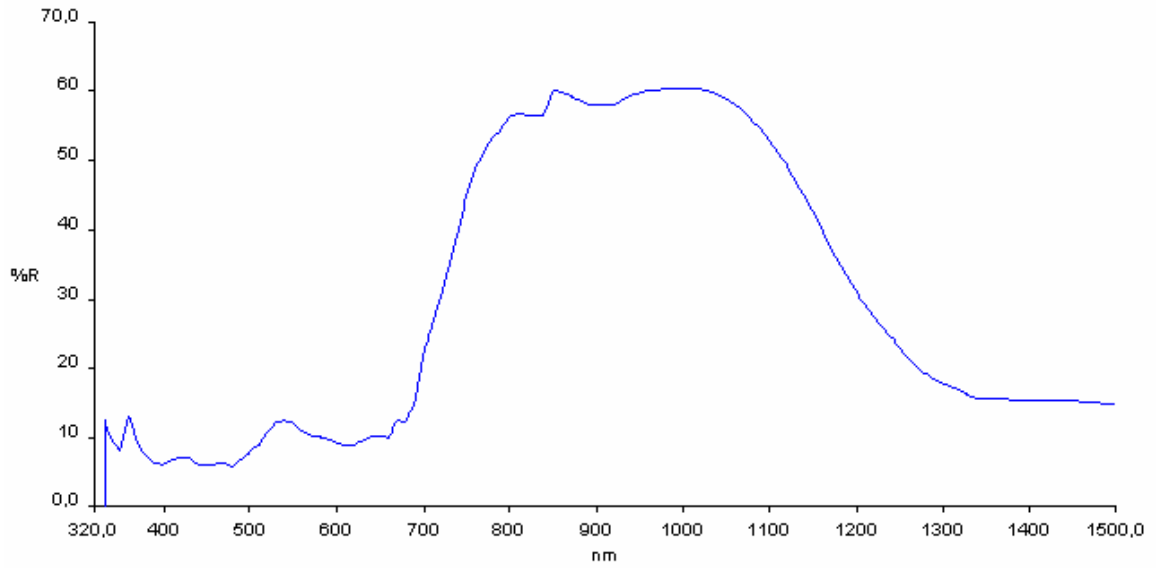


Şekil 6.2. 2A numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı.

EK-6 (Devam) İnfared yansıma diyagramları-1

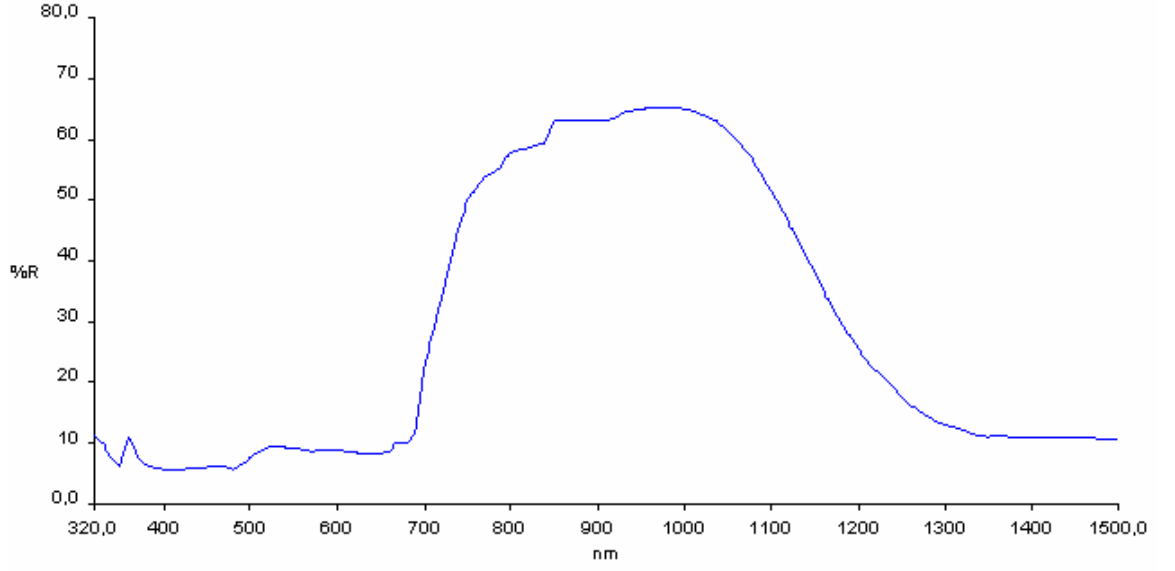


Şekil 6.3. 3A numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı.

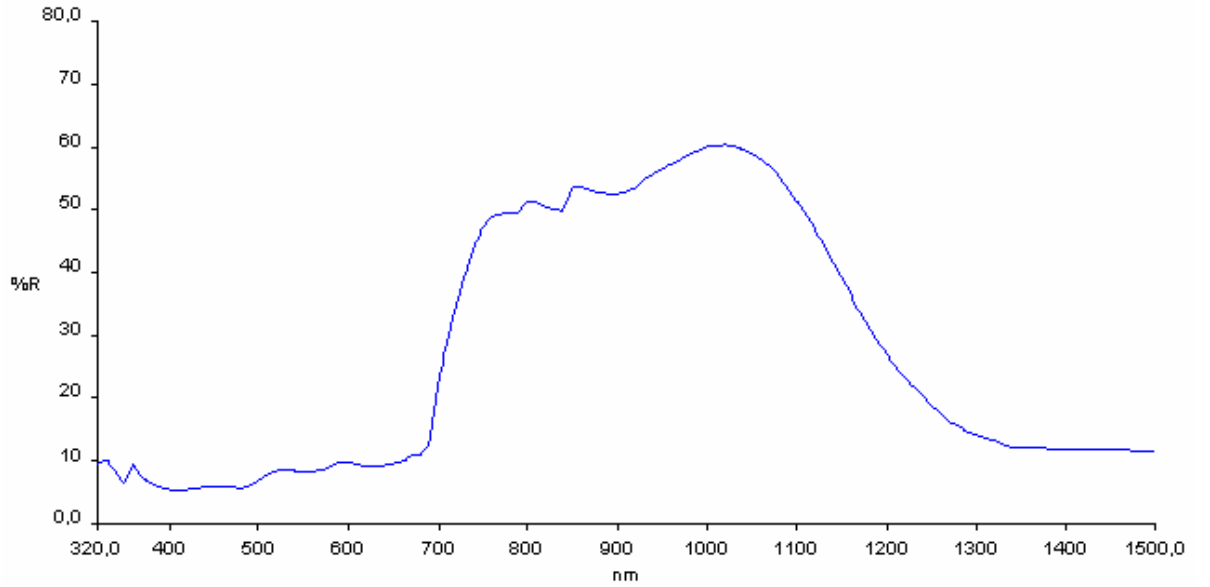


Şekil 6.4. 4A numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı.

EK-6 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-1

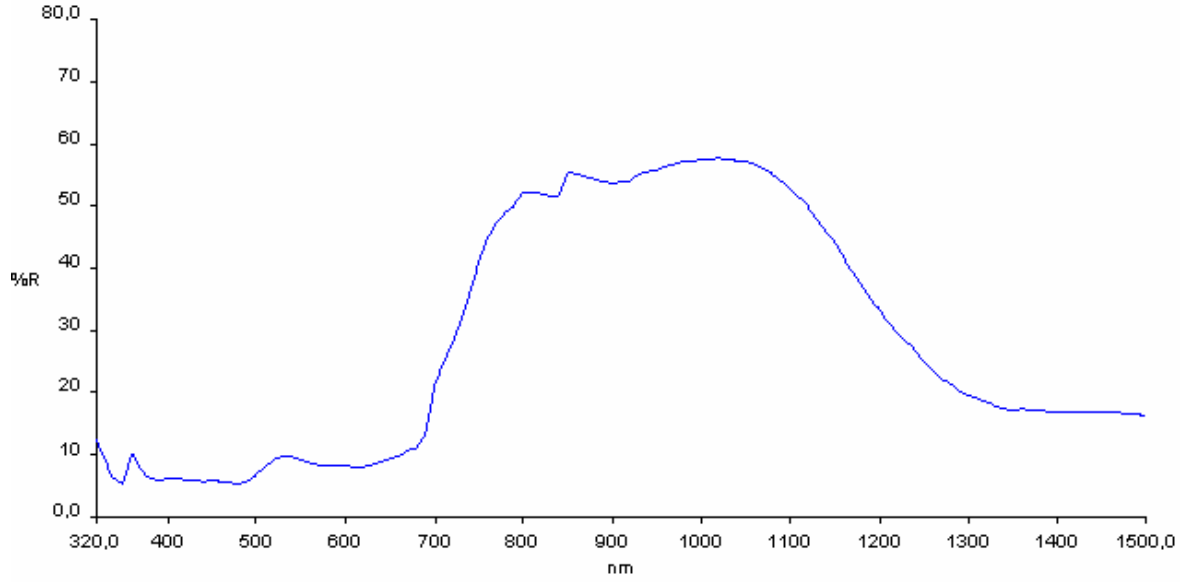


Şekil 6.5. 5A numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı.

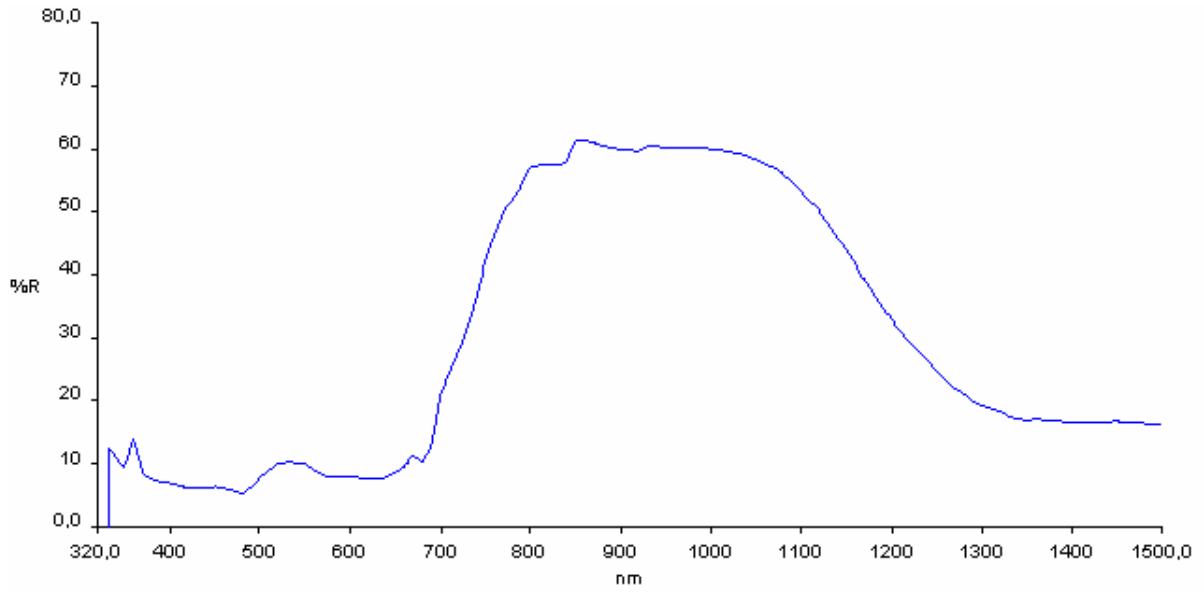


Şekil 6.6. 6A numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı.

EK-6 (Devam) İnfared yansıma diyagramları-1



Şekil 6.7. 7A numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı.



Şekil 6.8. 8A numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı.

EK-7 Silisyum Dioksit miktarı değiştirilerek hazırlanan karışımlara ait formülasyonlar

	Formülasyon No					
	1A-1	1A-2	1A-3	2A-1	2A-2	2A-3
Alkid reçine	40,62	40,29	39,97	40,32	40,00	39,68
Barit	6,50	6,45	6,39	6,45	6,40	6,35
Kalsit	6,50	6,45	6,39	6,45	6,40	6,35
Talk	4,87	4,83	4,80	4,84	4,80	4,76
Çökme önleyici	0,81	0,81	0,80	0,81	0,80	0,79
Sentetik tiner	12,19	12,09	11,99	12,10	12,00	11,90
Kurşun oktoat	0,81	0,81	0,80	0,81	0,80	0,79
Kalsiyum oktoat	1,22	1,21	1,20	1,21	1,20	1,19
Yeşil pigment	13,00	12,89	12,79	12,90	12,80	12,70
Krom oksit yeşil	7,31	7,25	7,19	7,26	7,20	7,14
Krom oranj	5,69	5,64	5,60	5,65	5,60	5,56
Krom oksit sarı	-	-	-	-	-	-
Demir oksit kırmızı	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Karbazol menekşe	-	-	-	0,73	0,72	0,71
Silisyum dioksit	0,00	0,80	1,60	0,00	0,80	1,60
TOPLAM (%)	100	100	100	100	100	100

EK-7 (Devam) Silisyum Dioksit miktarı değiştirilerek hazırlanan karışımlara ait formülasyonlar

	Formülasyon No					
	3A-1	3A-2	3A-3	4A-1	4A-2	4A-3
Alkid reçine	40,03	39,71	39,40	40,32	40,00	39,68
Barit	6,41	6,35	6,30	6,45	6,40	6,35
Kalsit	6,41	6,35	6,30	6,45	6,40	6,35
Talk	4,80	4,77	4,73	4,84	4,80	4,76
Çökme önleyici	0,80	0,79	0,79	0,81	0,80	0,79
Sentetik tiner	12,01	11,92	11,80	12,10	12,00	11,90
Kurşun oktoat	0,80	0,79	0,79	0,81	0,80	0,79
Kalsiyum oktoat	1,20	1,19	1,18	1,20	1,20	1,19
Yeşil pigment	12,81	12,72	12,61	12,90	12,80	12,70
Krom oksit yeşil	7,21	7,15	7,09	7,26	7,20	7,14
Krom oranj	5,60	5,56	5,52	5,65	5,60	5,56
Krom oksit sarı	0,72	0,71	0,71	0,73	0,72	0,71
Demir oksit kırmızı	0,48	0,48	0,47	0,48	0,48	0,48
Karbazol menekşe	0,72	0,71	0,71	-	-	-
Silisyum dioksit	0,00	0,80	1,60	0,00	0,80	1,60
TOPLAM (%)	100	100	100	100	100	100

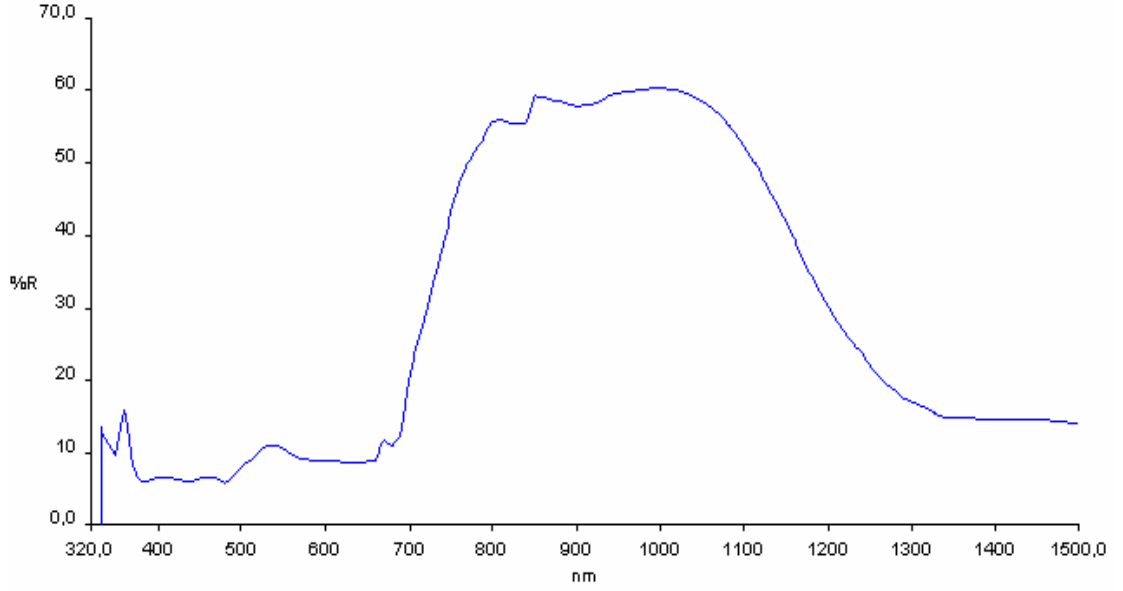
EK-7 (Devam) Silisyum Dioksit miktarı değiştirilerek hazırlanan karışımlara ait formülasyonlar

	Formülasyon No					
	5A-1	5A-2	5A-3	6A-1	6A-2	6A-3
Alkid reçine	43,59	43,22	42,89	43,14	42,83	42,49
Barit	6,97	6,94	6,86	6,90	6,84	6,79
Kalsit	6,97	6,94	6,86	6,90	6,84	6,79
Talk	5,23	5,20	5,20	5,18	5,13	5,09
Çökme önleyici	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,85
Sentetik tiner	13,08	12,96	12,85	12,94	12,83	12,72
Kurşun oktoat	0,89	0,86	0,86	0,86	0,86	0,85
Kalsiyum oktoat	1,31	1,30	1,29	1,29	1,28	1,27
Yeşil pigment	13,95	13,83	13,71	13,81	13,69	13,57
Krom oksit yeşil	-	-	-	-	-	-
Krom oranj	6,10	6,05	6,00	6,04	5,99	5,94
Krom oksit sarı	0,52	0,52	0,51	0,52	0,51	0,51
Demir oksit kırmızı	-	-	-	1,04	1,03	1,02
Karbazol menekşe	0,52	0,52	0,51	0,52	0,51	0,51
Silisyum dioksit	0,00	0,80	1,60	0,00	0,80	1,60
TOPLAM (%)	100	100	100	100	100	100

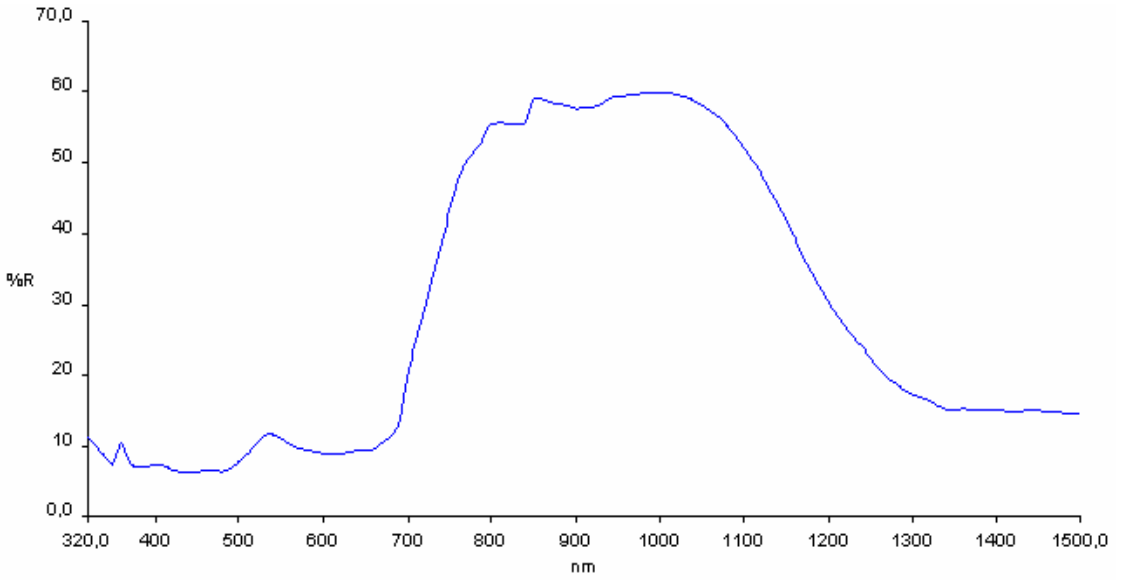
EK-7 (Devam) Silisyum Dioksit miktarı değiştirilerek hazırlanan karışımlara ait formülasyonlar

	Formülasyon No					
	7A-1	7A-2	7A-3	8A-1	8A-2	8A-3
Alkid reçine	38,20	37,91	37,62	38,53	38,20	37,97
Barit	6,11	6,07	6,00	6,17	6,12	6,07
Kalsit	6,11	6,07	6,00	6,17	6,12	6,07
Talk	4,58	4,55	4,50	4,63	4,59	4,56
Çökme önleyici	0,76	0,76	0,75	0,77	0,77	0,76
Sentetik tiner	11,46	11,32	11,25	11,57	11,48	11,29
Kurşun oktoat	0,76	0,76	0,75	0,77	0,77	0,76
Kalsiyum oktoat	1,15	1,14	1,13	1,16	1,15	1,14
Yeşil pigment	12,22	12,13	12,04	12,34	12,24	12,15
Krom oksit yeşil	11,46	11,37	11,29	11,57	11,48	11,39
Krom oranj	5,35	5,31	5,27	5,40	5,36	5,32
Krom oksit sarı	0,46	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46
Demir oksit kırmızı	0,92	0,91	0,90	-	-	-
Karbazol menekşe	0,46	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46
Silisyum dioksit	0,00	0,80	1,60	0,00	0,80	1,60
TOPLAM (gram)	100	100	100	100	100	100

EK-8 İnfared yansıma diyagramları-2

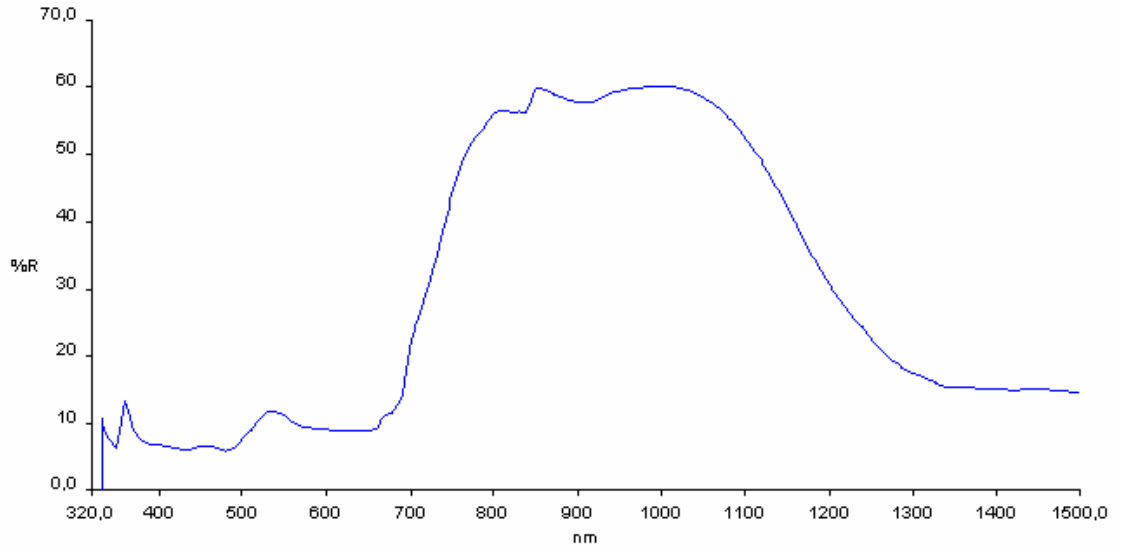


Şekil 8.1. 1A-1 numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı

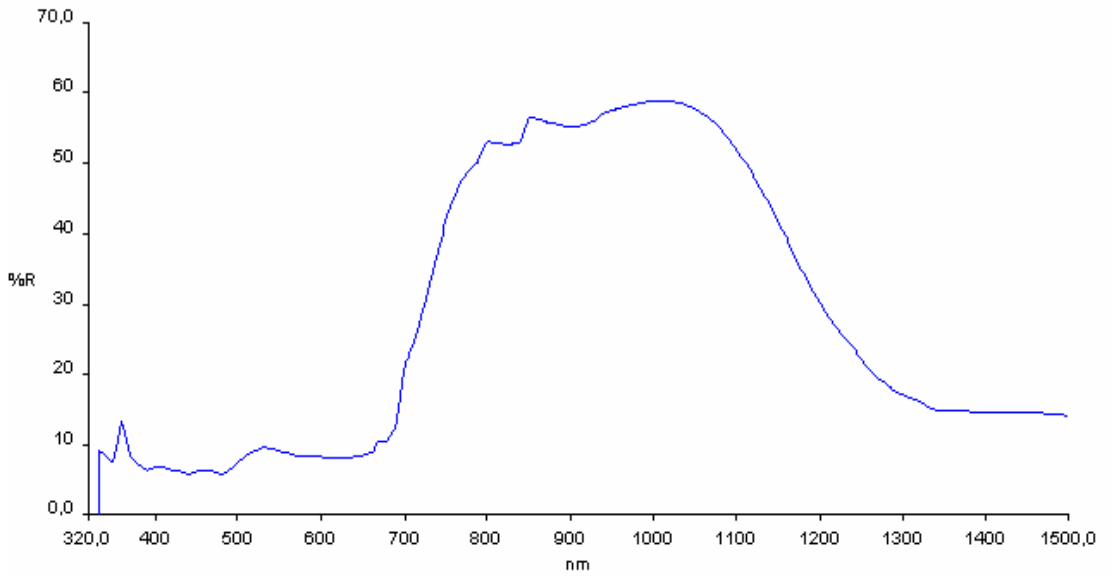


Şekil 8.2.1A-2 numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansıma diyagramları-2

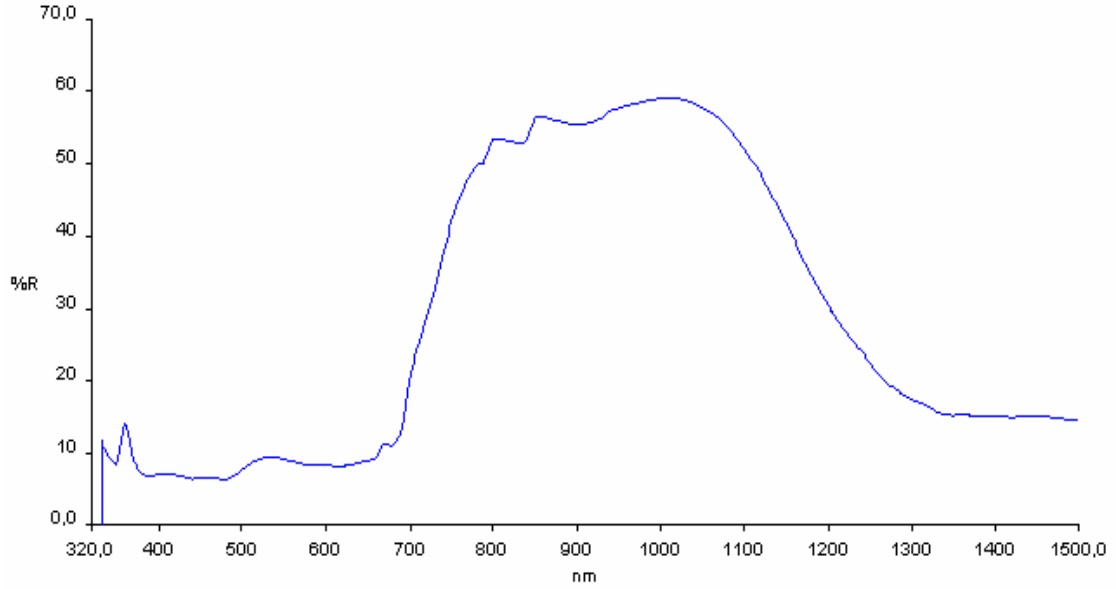


Şekil 8.3. 1A-3 numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı

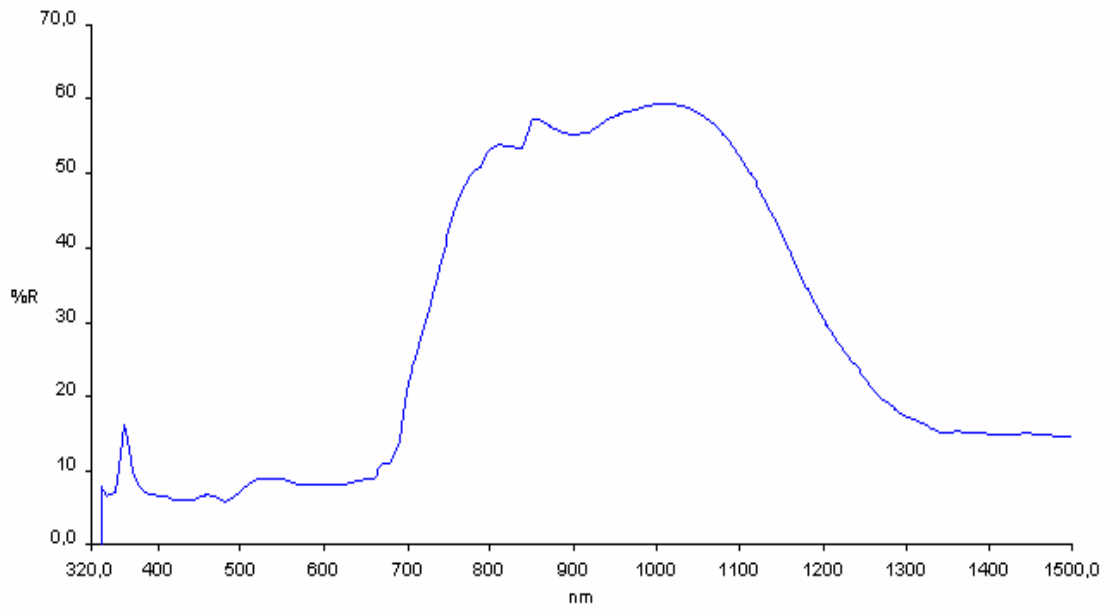


Şekil 8.4. 2A-1 numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-2

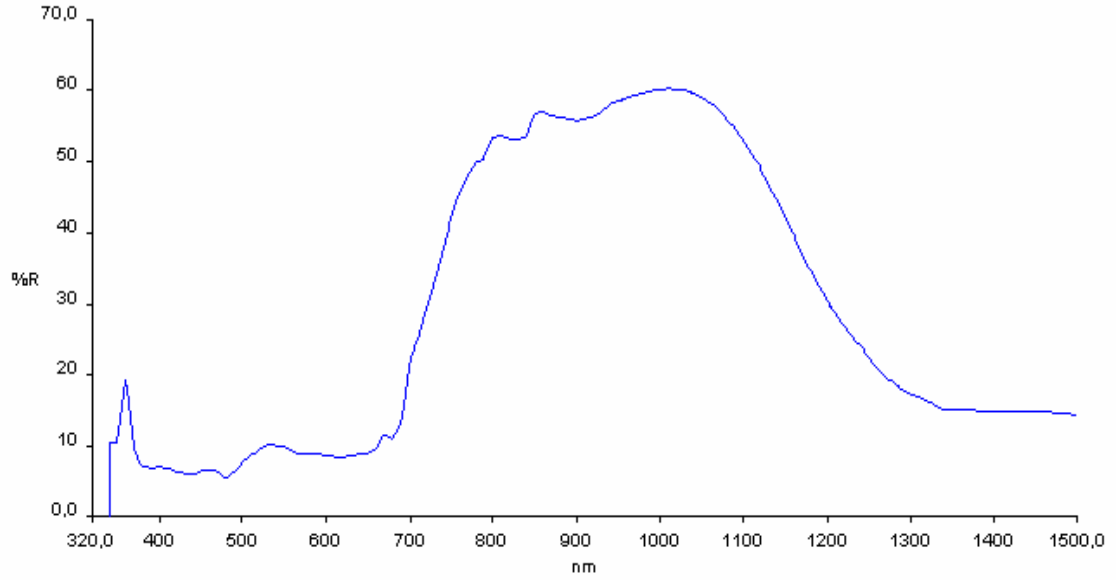


Şekil 8.5. 2A-2 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

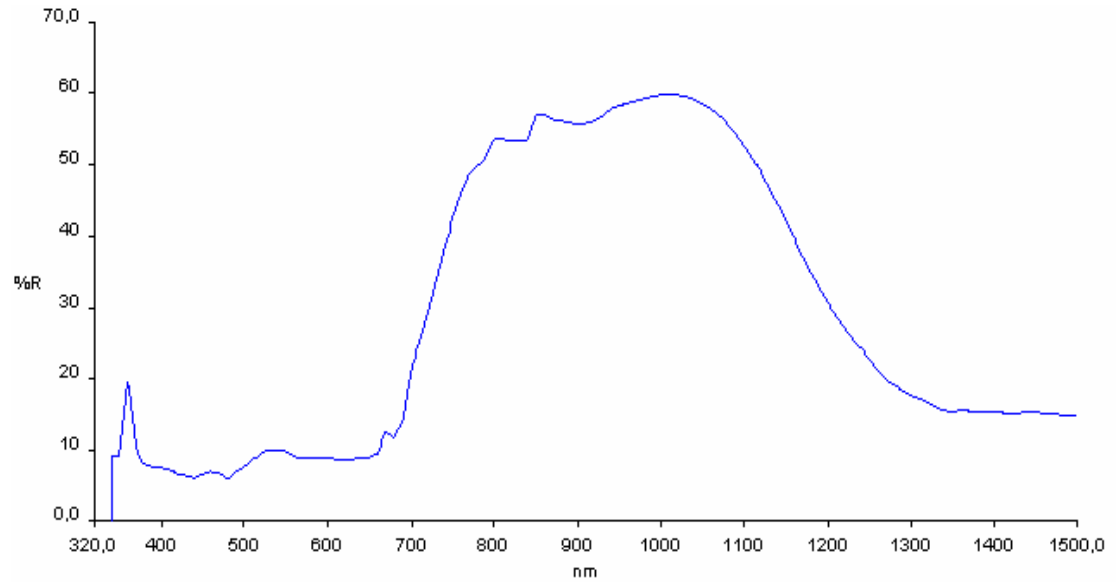


Şekil 8.6. 2A-3 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansıma diyagramları-2

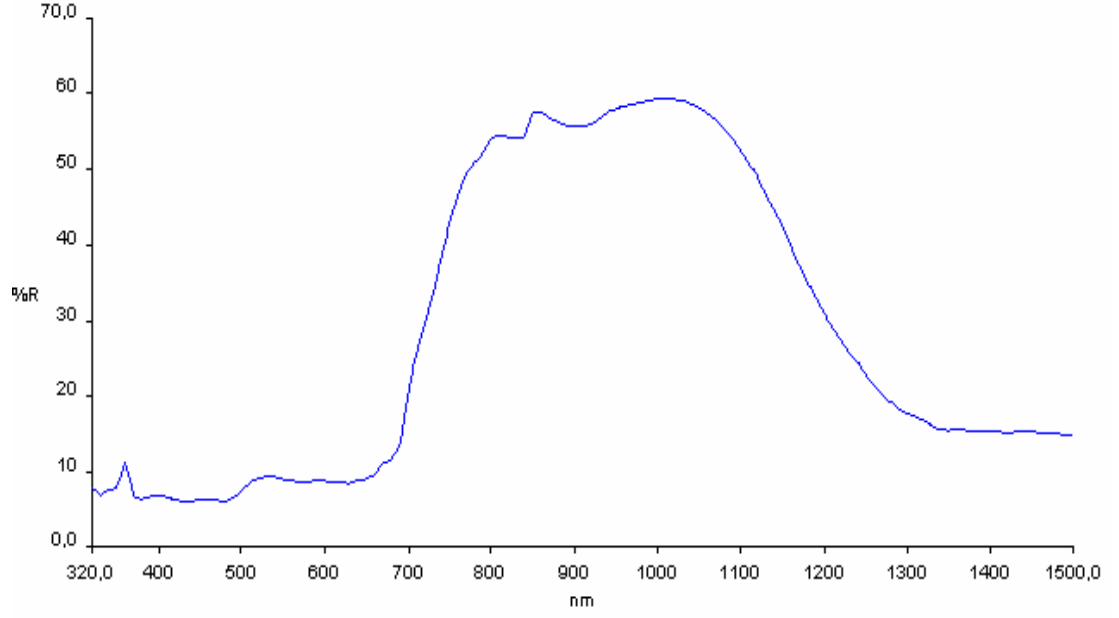


Şekil 8.7. 3A-1 numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı

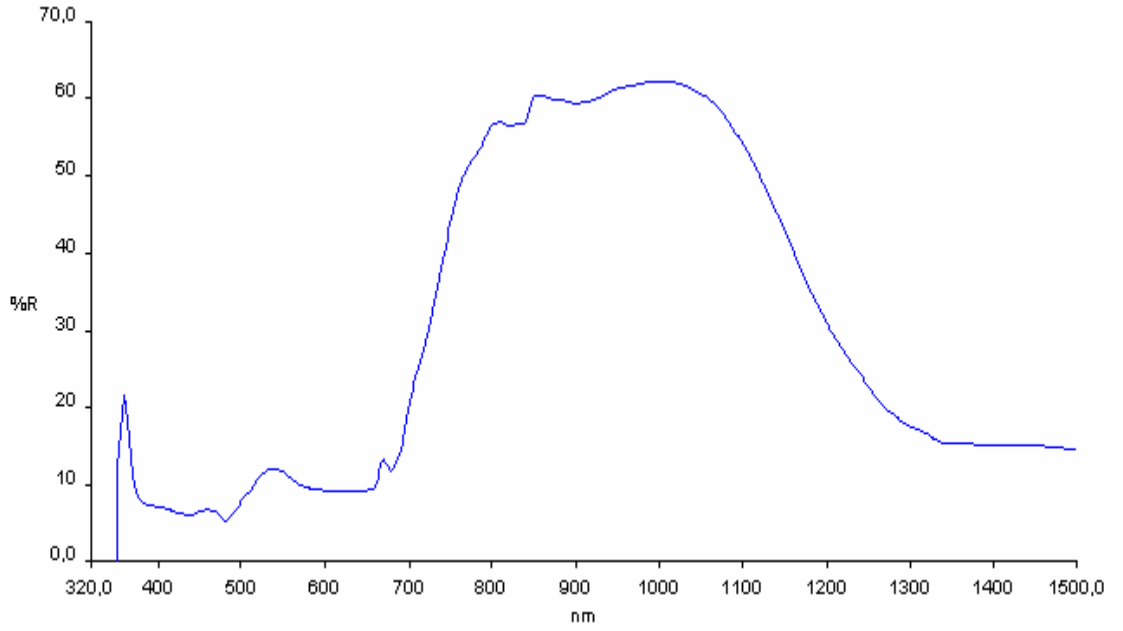


Şekil 8.8. 3A-2 numaralı çalışmaya ait yansıma diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-2

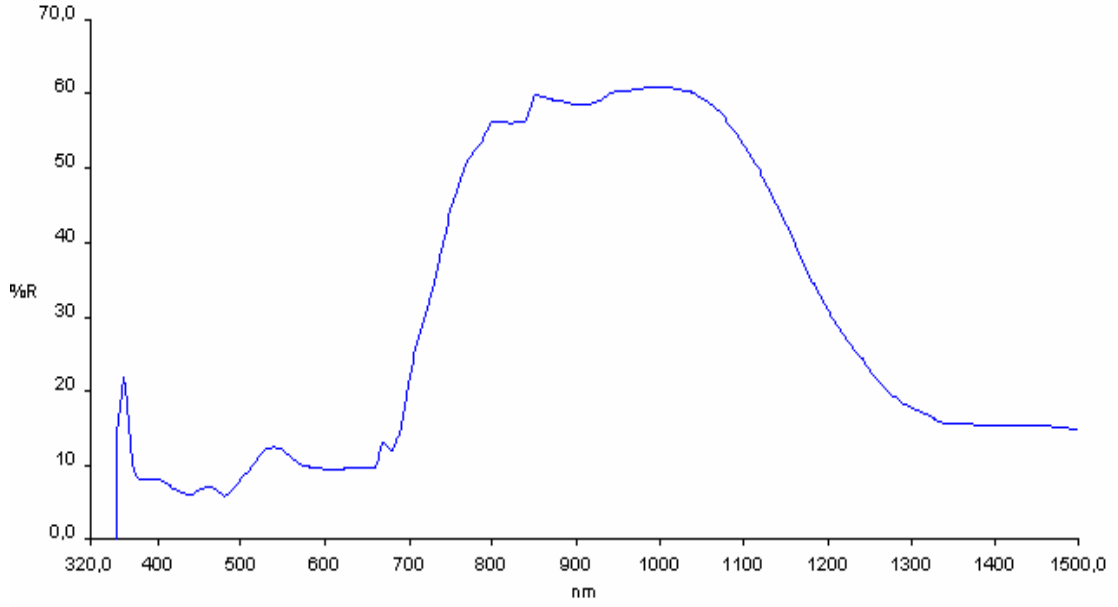


Şekil 8.9. 3A-3 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

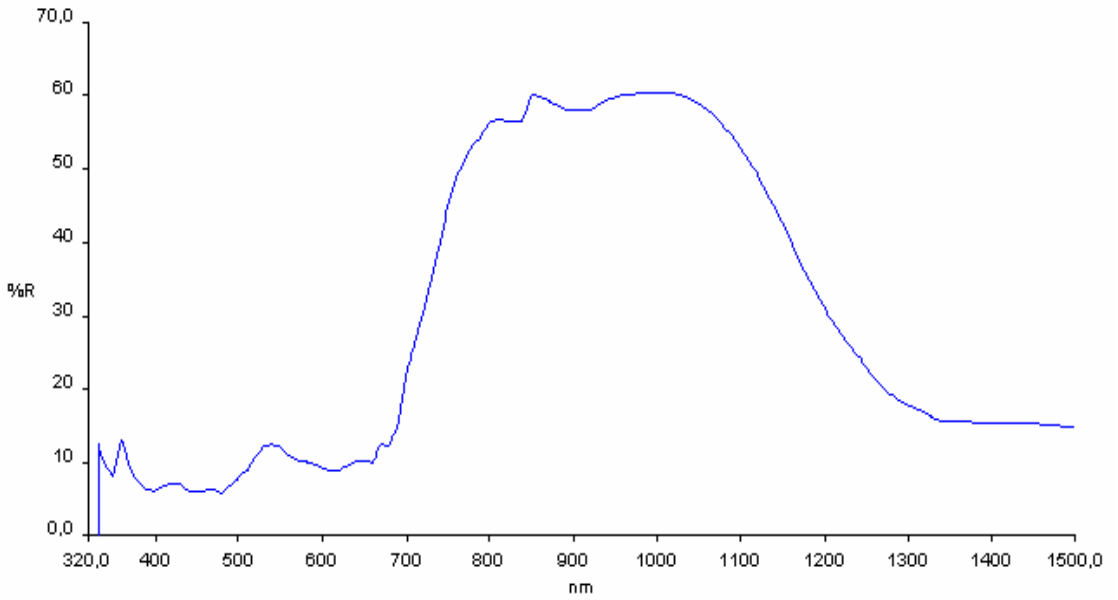


Şekil 8.10. 4A-1 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-2

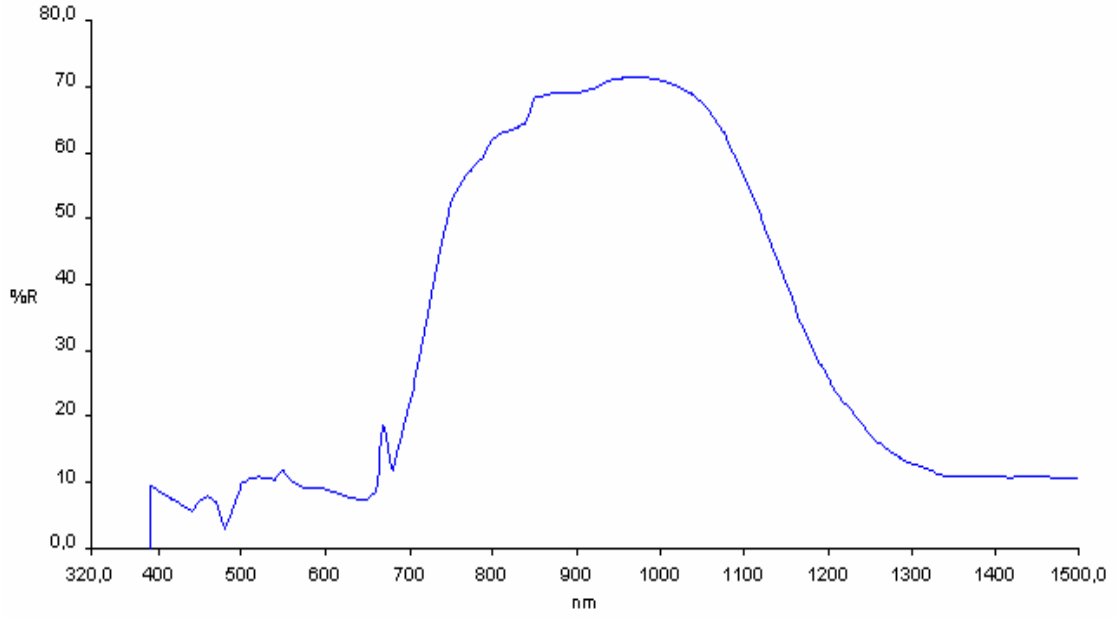


Şekil 8.11. 4A-2 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

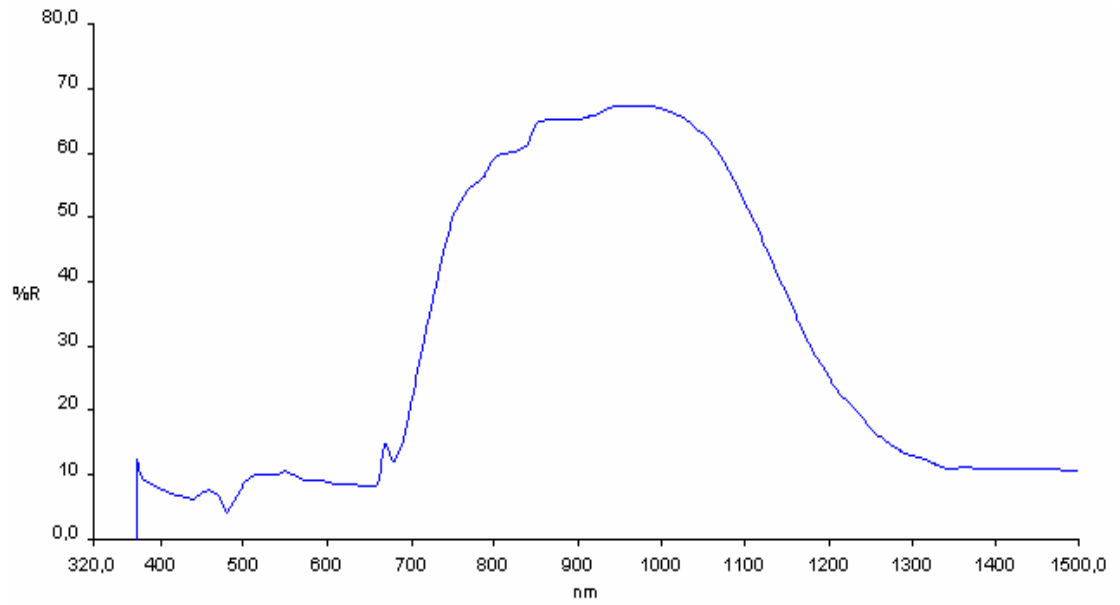


Şekil 8.12. 4A-3 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-2

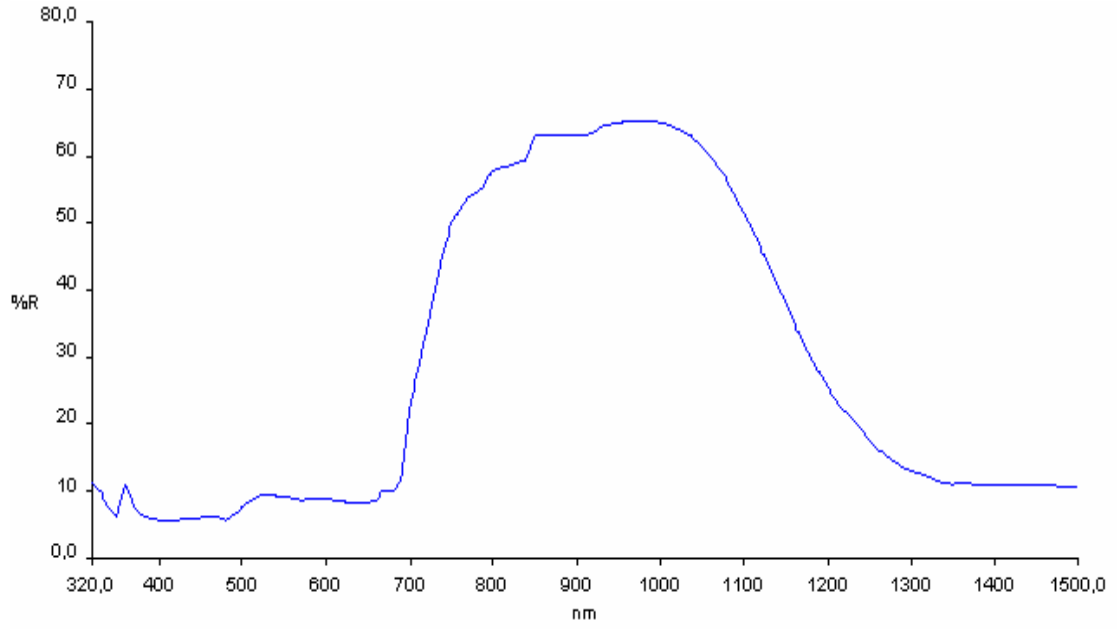


Şekil 8.13. 5A-1 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

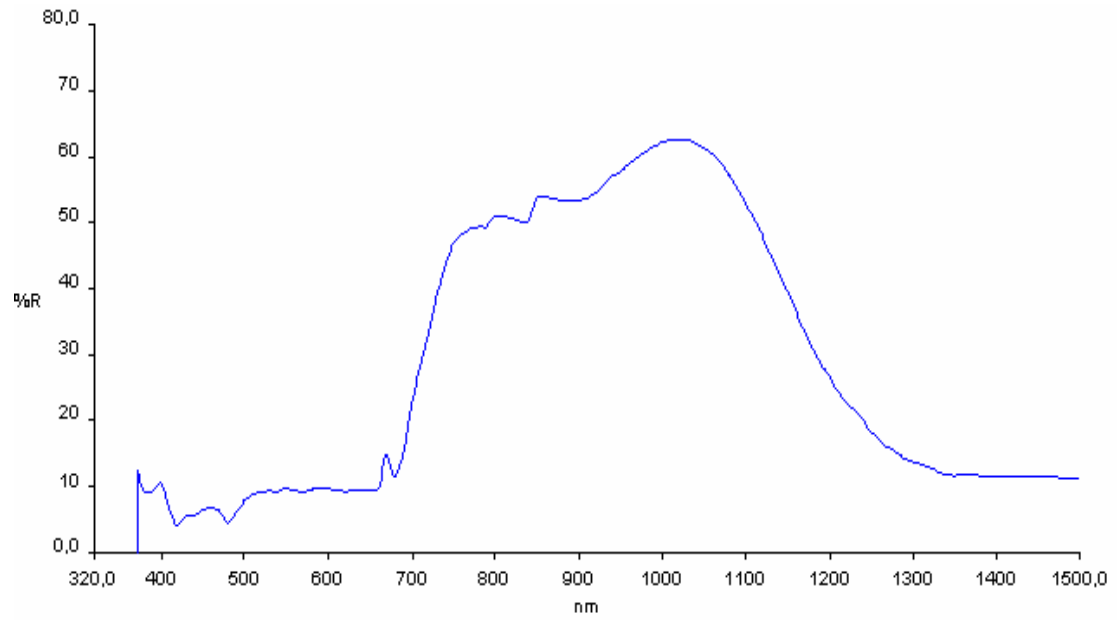


Şekil 8.14. 5A-2 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-2

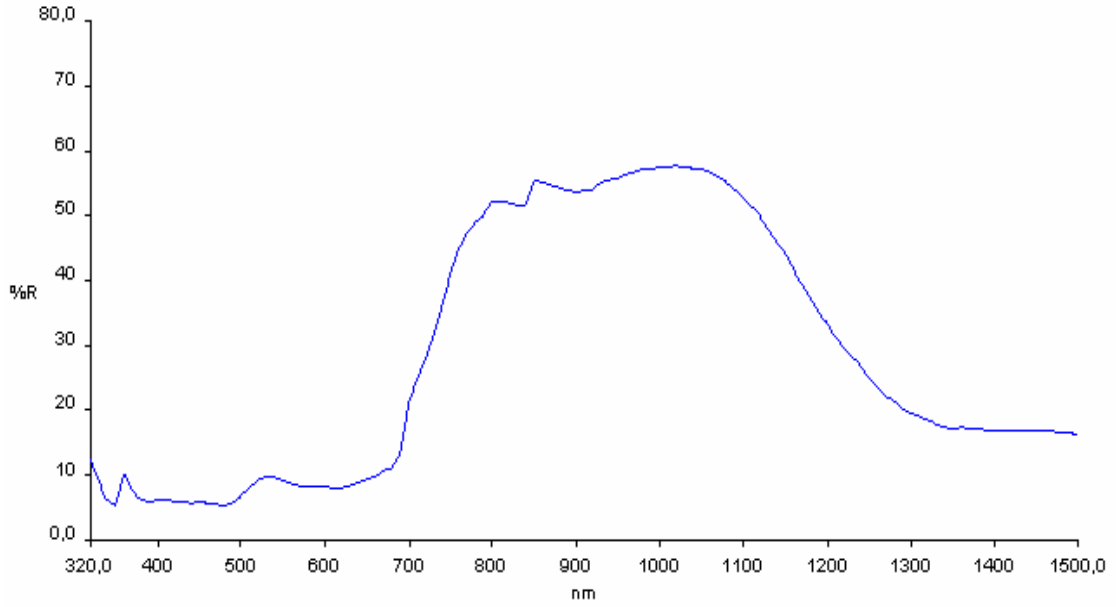


Şekil 8.15. 5A-3 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

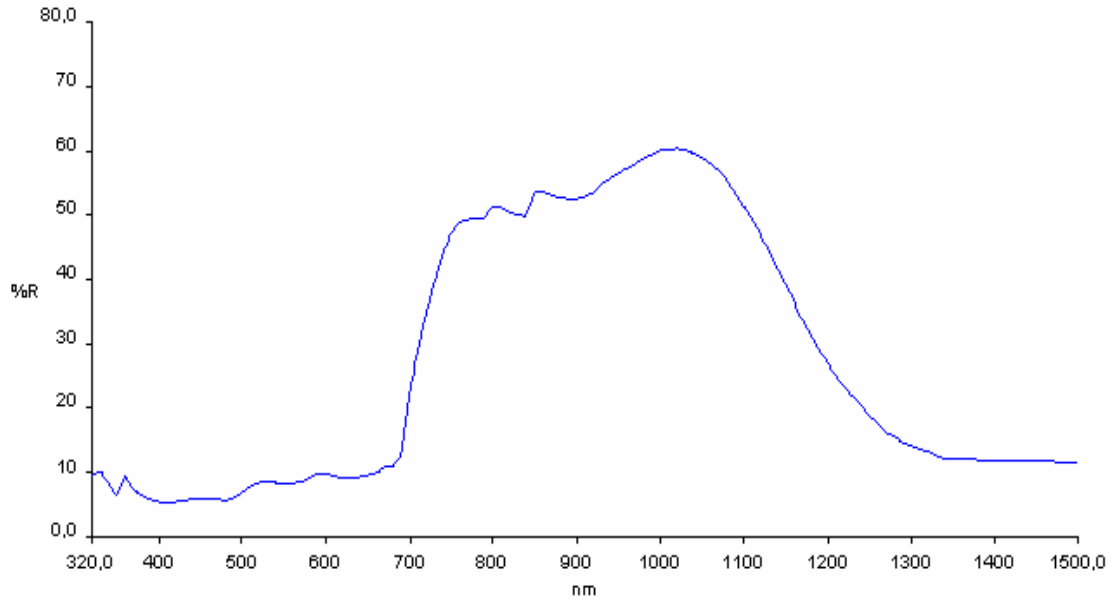


Şekil 8.16. 6A-1 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-2

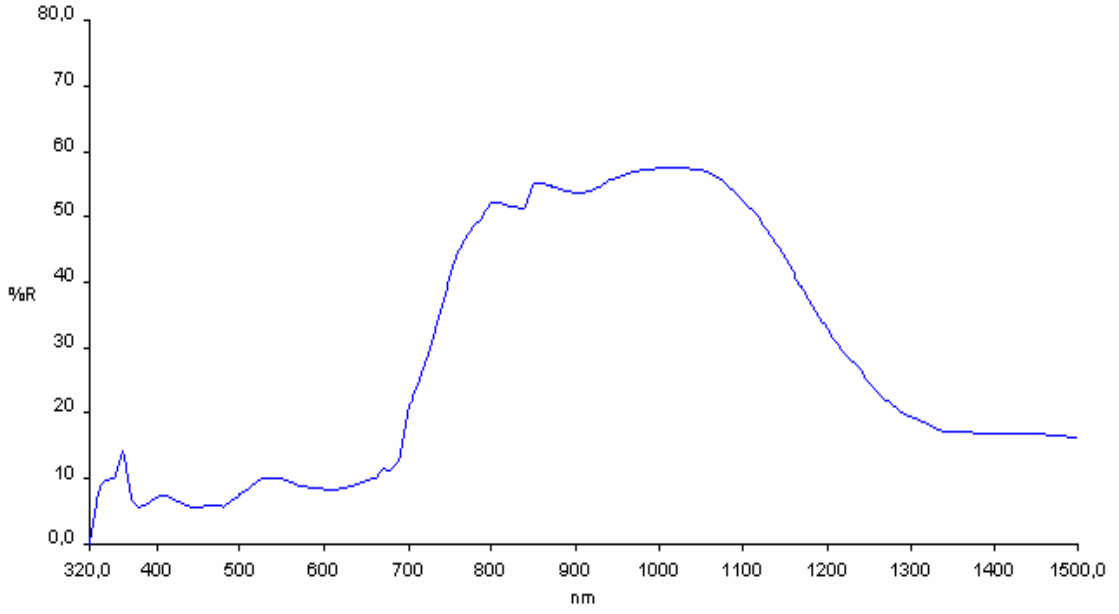


Şekil 8.17. 6A-2 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

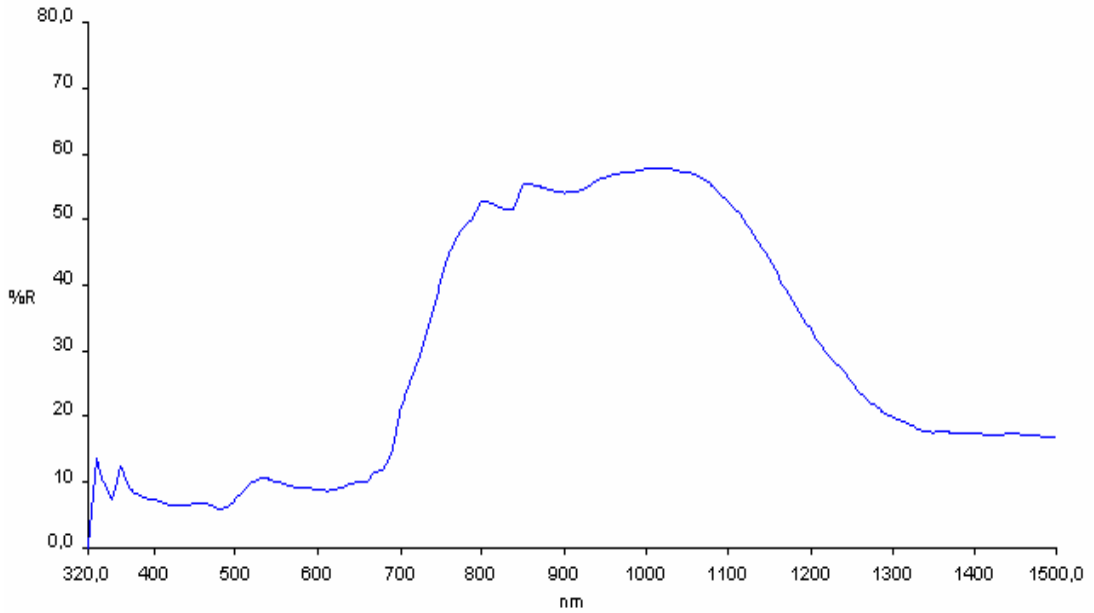


Şekil 8.18. 6A-3 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-2

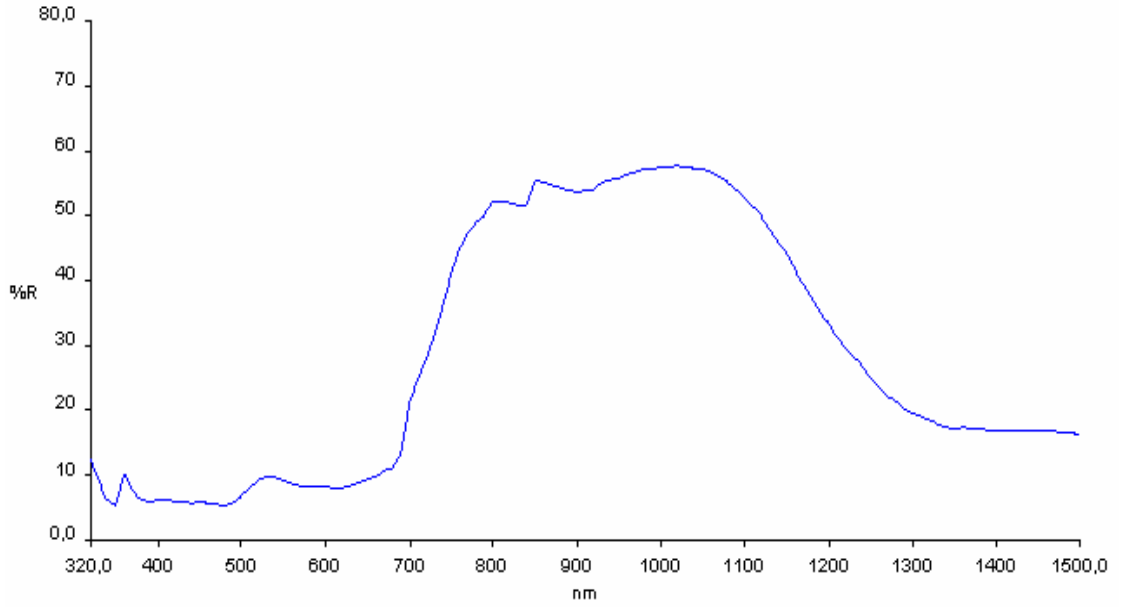


Şekil 8.19. 7A-1 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

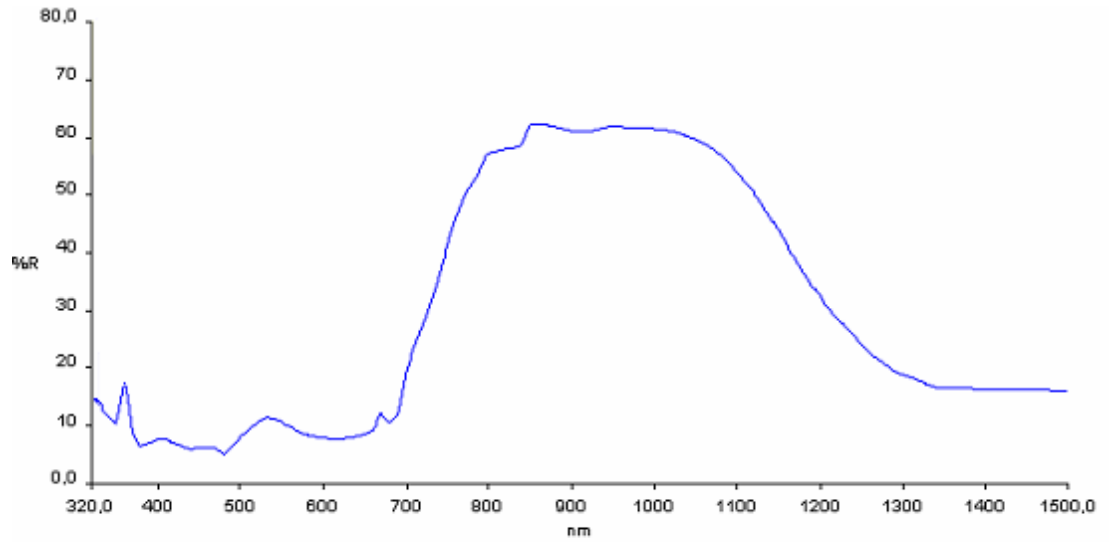


Şekil 8.20. 7A-2 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-2

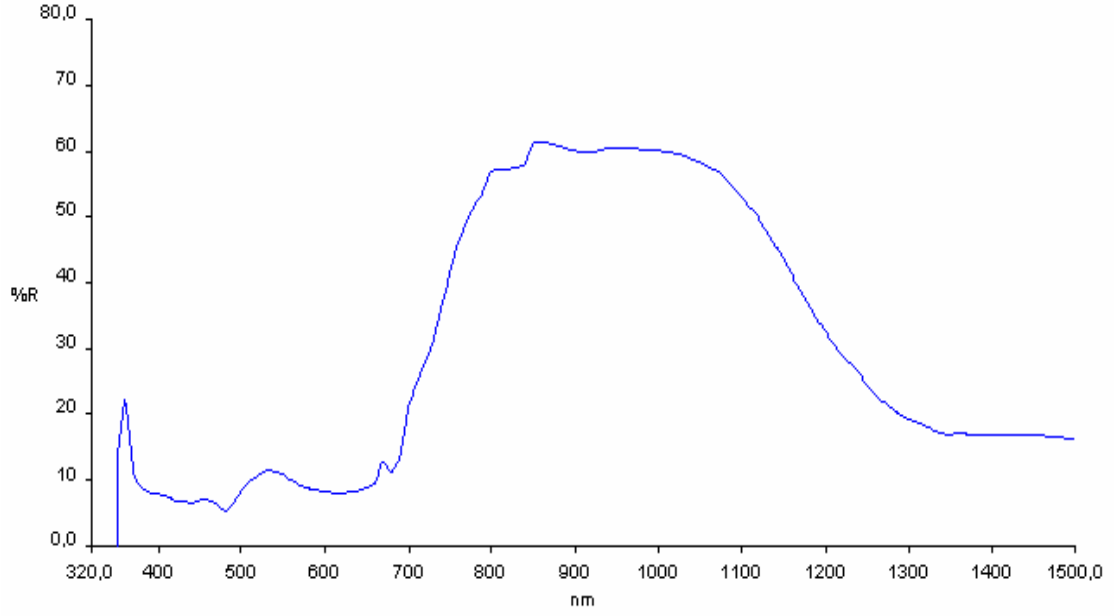


Şekil 8.21. 7A-3 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

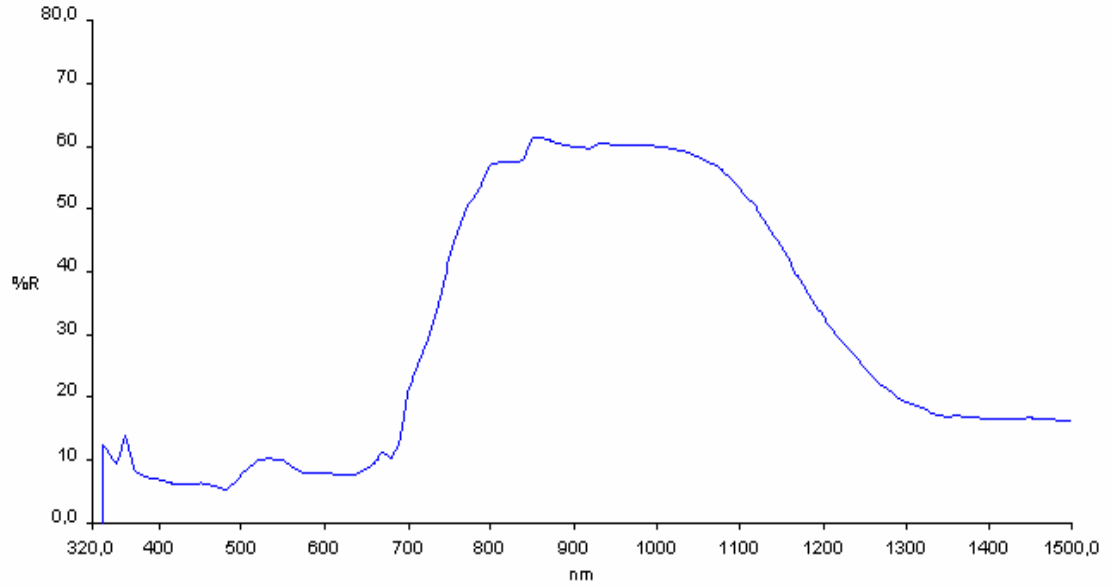


Şekil 8.22. 8A-1 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

EK-8 (Devam) İnfared yansımaya diyagramları-2



Şekil 8.23. 8A-2 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı



Şekil 8.24. 8A-3 numaralı çalışmaya ait yansımaya diyagramı

EK-9 Silisyum dioksit miktarının hesaplanması ile ilgili işlemler.

Şekil 4.3 –Şekil 4.10'da silisyum dioksit miktarı ile % parlaklık arasındaki bağıntı sırasıyla;

1A kodlu deneyler için; $y = -0,8568 \cdot \ln(3,5) + 3,3784$

2A kodlu deneyler için; $y = -0,8537 \cdot \ln(3,5) + 3,2868$

3A kodlu deneyler için; $y = -0,8082 \cdot \ln(3,5) + 3,1729$

4A kodlu deneyler için; $y = -0,7687 \cdot \ln(3,5) + 3,1446$

5A kodlu deneyler için; $y = -0,9253 \cdot \ln(3,5) + 3,5703$

6A kodlu deneyler için; $y = -0,7789 \cdot \ln(3,5) + 3,1439$

7A kodlu deneyler için; $y = -0,9577 \cdot \ln(3,5) + 3,4457$

8A kodlu deneyler için $y = -0,9069 \cdot \ln(3,5) + 3,4063$

olarak elde edilmiştir. Formülasyonlarda;

x değeri % parlaklık miktarını, y değeri ise silisyum dioksit miktarını (%) temsil etmektedir.

Maksimum % parlaklık değeri (MIL-C-46168 Tablo 8) için %3,5 kabul edilerek, deneylerde kullanılması gereken Silisyum dioksit miktarı (%) yukarıdaki eşitliklerde x'yerine 3,5 değerinin konulmasıyla hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları şu şekildedir;

$y = -0,8568 \cdot \ln(3,5) + 3,3784 \Rightarrow y = 2,31$

$y = -0,8537 \cdot \ln(3,5) + 3,2868 \Rightarrow y = 2,22$

$y = -0,8082 \cdot \ln(3,5) + 3,1729 \Rightarrow y = 2,16$

$y = -0,7687 \cdot \ln(3,5) + 3,1446 \Rightarrow y = 2,18$

$y = -0,9253 \cdot \ln(3,5) + 3,5703 \Rightarrow y = 2,41$

$y = -0,7789 \cdot \ln(3,5) + 3,1439 \Rightarrow y = 2,17$

$y = -0,9577 \cdot \ln(3,5) + 3,4457 \Rightarrow y = 2,25$

$y = -0,9069 \cdot \ln(3,5) + 3,4063 \Rightarrow y = 2,27$

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : İNAL,Alpay
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 03.12.1971 Üsküdar/İSTANBUL
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 247 34 64
Faks : ———
e-mail : alpayinal@yahoo.com

Eğitim Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet tarihi

Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi/ Kimya Mühendisliği Bölümü	1996
Lise	İzmit Lisesi	1989

İş Deneyimi Yıl

Yer

Görev

1999-2001	Birlik Boya A.Ş.	Üretim Müh.
2001-	MSB Klt.Ynt.D.Bşk.lığı	Klt.Güv.Uzm.

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Masa Tenisi, Futbol.