

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SU BAZLI BOYALARDA SÜREÇ KOŞULLARININ DAĞILIM
KALİTESİNE VE BOYA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisi Elif Asude BEKİRCAN

Anabilim Dalı: Kimya Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Veli Deniz

KOCAELİ, 2007

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SU BAZLI BOYALARDA SÜREÇ KOŞULLARININ DAĞILIM
KALİTESİNE VE BOYA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisi Elif Asude BEKİRCAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 4 Haziran 2007

Tezin Savunulduğu Tarih: 18 Temmuz 2007

Tez Danışmanı

Prof.Dr.Veli DENİZ



Üye

Prof.Dr.Güngör GÜNDÜZ



Üye

Prof.Dr.Alpaslan FIĞLALI



KOCAELİ, 2007

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Boya sektöründe, şirketlerin pazarda üstünlük sağlayabilmesi için daha verimli çalışarak daha yeni ve daha kaliteli ürünlerle müşteri beklentilerini en iyi şekilde karşılayabilmeleri gerekmektedir. Bu doğrultuda, şirketler teknolojilerini yenilemekte ve kapsamlı AR-GE çalışmaları yaparak sürekli gelişim yolunda ilerlemektedirler. Bu nedenle, AR-GE yönünde yapılan her çalışma, bu gelişim için büyük önem kazanmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasını yapmam için beni teşvik eden, çalışma süresince bana danışmanlık yapan ve beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Veli Deniz'e, bu çalışmayı yapabilmem için Marshall Boya ve Vernik San. A.Ş. laboratuvarlarında her türlü imkanı kullanmamı sağlayan, çalışma boyunca değerli bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşarak bana destek veren Marshall Boya Ar-Ge Müdürü Dr. İsmail Yiğinsu'ya, laboratuvar testleri süresince bana her türlü teknik desteği sağlayan Marshall Boya AR-GE Şefi Sn. Nevin Altınçapa'ya benim üzerimdeki emeklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışmayı Marshall Boya ve Vernik San. A.Ş.'de yapmam için bana destek veren Marshall Boya Üretim ve Lojistik Müdürü Sn. Atilla Dişçioğlu'na ve bu çalışmayı bitirebilmem için sabırla beni destekleyen ve her zaman hoşgörü gösteren Sn. Şefim Yusuf Tosun'a ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu çalışmayı yaparken, yoğun iş temposuna rağmen, bana her zaman destek olan sevgili eşim Suat Hayri Bekircan'a, hayatım boyunca sevgilerini esirgemeyen ve hep yanımda olan annem Sabahat Özdemir ve babam Orhan Özdemir'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ÖZET.....	xi
İNGİLİZCE ÖZET.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. BOYA.....	5
2.1. Boya Nedir?.....	5
2.2. Boya Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	5
2.3. Boyanın Ana Bileşenleri.....	6
2.3.1. Bağlayıcı.....	6
2.3.2. Renkveren ve dolgu maddeleri.....	7
2.3.2.1. Anarenkverenler.....	8
2.3.2.2. İşlevsel renkverenler.....	9
2.3.2.3. Çoğaltıcı renkverenler (dolgu maddeler – extenders).....	9
2.3.2.4. Renverensel katkı maddeleri.....	9
2.3.3. İnceltici(Çözücü).....	9
2.3.4. Katkı maddeleri.....	10
2.3.4.1. Yüzey ıslatıcıları.....	11
2.3.4.2. Kalınlaştırıcılar (thickeners).....	11
2.3.4.3. Köpük kesiciler.....	11
2.3.4.4. Film oluşturucular.....	11
2.3.4.5. Özel amaçlı katkı maddeleri.....	11
2.4. Renkveren Hacim Derişimi – RHD (Pigment Volume Concentration-PVC).....	12
2.5. Su Bazlı Boyaların Üretimi.....	15
2.6. Dağılım.....	16
2.6.1. Ezilme.....	16
2.6.2. Renkveren ve dolgu maddelerinin bağlayıcı tarafından ıslatılması.....	17
2.6.3. Dağılımın kararlı kılınması.....	18
2.6.3.1. Topaklanma oluşumu (flokulasyon).....	20
2.6.4. Yüzey ıslatıcıları ile ıslatma ve kararlı kılma.....	20
2.6.4.1. Anyonik yüzey ıslatıcıları.....	21
2.6.4.2. Katyonik yüzey ıslatıcıları.....	21
2.6.4.3. İyonik olmayan yüzey ıslatıcıları.....	21
2.6.4.4. Amfoterik yüzey ıslatıcıları.....	21
2.6.5. Yüzey etkin maddelerin seçimi.....	21
2.6.6. Dağılım ekipmanları.....	22
2.6.6.1. Yüksek hızlı karıştırıcılar.....	22
2.7. Boyanın Reolojisi.....	24
2.7.1. Su bazlı boyalarda kullanılan kalınlaştırıcılar.....	26
2.7.1.1. Selülozik kalınlaştırıcılar –HEC (cellulosic thickeners).....	26

2.7.1.2. Anyonik tipi birleştirici kalınlaştırıcılar (anionic associative thickeners).....	27
2.7.1.3. İyonik olmayan birleştirici kalınlaştırıcılar (nonionic associative thickeners)...	27
2.8. Boyanın Estetik Özellikleri.....	28
2.8.1. Parlaklık, örtücülük ve renk gücü.....	28
2.8.2. Parlaklık ve örtücülük.....	28
2.8.3. Renkveren miktarının artışı.....	30
2.8.4. Renkveren dağılımının iyi bir şekilde sağlanması.....	32
3. İSTATİSTİKSEL TEKNİKLER.....	33
3.1. Giriş.....	33
3.2. Varsayım (Hipotez) Testleri.....	34
3.3. Varsayım Testleri Seçimi.....	38
3.4. İstatistiksel Teknikler.....	41
3.4.1. İki örneklem t testi (2 sample t test).....	41
3.4.2. Mann-Whitney testi.....	42
3.4.3. Değişkenlik çözümlemesi (ANOVA).....	43
3.5. Deney Tasarımı.....	44
3.5.1. Etkensel deney tasarımları.....	45
3.5.2. Yanıt yüzeyi tasarımları.....	46
3.5.3. Karışım deney tasarımları.....	46
3.5.4. Taguchi deney tasarımları.....	47
4. MALZEMELER VE YÖNTEM.....	48
4.1. Çalışma Alanlarının Belirlenmesi.....	48
4.2. Süreç Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi.....	48
4.2.1. Ezilme.....	48
4.2.2. Örtücülük.....	49
4.2.3. Parlaklık.....	50
4.3. Süreç Girdi Değişkenlerinin Belirlenmesi.....	50
4.3.1. Renkveren hacim derişimi.....	51
4.3.2. İslatıcı tipi.....	51
4.3.3. Son ürün akmazlık değeri.....	51
4.3.4. Dağılım sıcaklığı.....	52
4.3.5. Çevresel hız.....	52
4.3.6. Dağılım süresi.....	52
4.4. Süreç Girdilerine Göre Formülasyonların Ayarlanması.....	52
4.5. Üretim Yapılması.....	53
4.6. Deneylerde Kullanılan Test Yöntemleri.....	55
4.6.1. Ezilme testi.....	55
4.6.2. Örtücülük testi.....	56
4.6.3. Parlaklık testi.....	58
4.7. Oluşturulan Deney Bileşimleri.....	59
4.7.1. Dağılım koşulları çalışması.....	59
4.7.1.1. RHD %30 – anyonik ıslatıcı tipi.....	59
4.7.1.2. RHD %30 – iyonik olmayan ıslatıcı tipi.....	60
4.7.1.3. RHD %60 – anyonik ıslatıcı tipi.....	61
4.7.1.4. RHD %60 – iyonik olmayan ıslatıcı tipi.....	61
4.7.1.5. İslatıcı tipi ve %RHD etkisi.....	62
4.7.2. Dağılım süresi çalışılması.....	62

5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	63
5.1. Dağılım Deneyleri Çözümlemeleri.....	63
5.1.1. Ezilme.....	63
5.1.1.1. RHD %30 ve %60 – ezilme karşılaştırmaları.....	65
5.1.2. Örtücülük.....	66
5.1.2.1. RHD %30 örtücülük temel etkileşimleri.....	66
5.1.2.2. RHD %30 örtücülük ıslatıcı tipi etkisi.....	67
5.1.2.3. RHD %30 deney tasarımı çalışmaları.....	69
5.1.2.3.1 RHD %30 anyonik ıslatıcı deney tasarımı çalışması.....	70
5.1.2.3.2. RHD %30 iyonik ıslatıcı deney tasarımı çalışması.....	72
5.1.2.4. RHD %60 örtücülük temel etkileşimleri.....	75
5.1.2.5. RHD %60 örtücülük ıslatıcı tipi etkisi.....	76
5.1.2.6. RHD %60 örtücülük deney tasarımı çalışmaları.....	78
5.1.2.6.1. RHD %60 anyonik ıslatıcısı deney tasarımı çalışması.....	78
5.1.2.6.2. RHD %60 iyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı çalışması.....	81
5.1.2.7. Anyonik ıslatıcı – RHD %30 ve %60 örtücülük karşılaştırmaları.....	83
5.1.2.8. İyonik olmayan ıslatıcı – RHD %30 ve %60 örtücülük karşılaştırmaları.....	85
5.1.3. Parlaklık.....	87
5.1.3.1. RHD %30 parlaklık temel etkileşimleri.....	87
5.1.3.2. RHD %30 parlaklık ıslatıcı tipi etkisi.....	88
5.1.3.3. RHD %30 parlaklık deney tasarımı çalışmaları.....	90
5.1.3.3.1. RHD %30 anyonik ıslatıcı deney tasarımı çalışması.....	90
5.1.3.3.2. RHD %30 iyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı çalışması.....	92
5.1.3.4. RHD %60 parlaklık temel etkileşimleri.....	94
5.1.3.5. RHD %60 parlaklık ıslatıcı tipi etkisi.....	95
5.1.3.6. RHD %60 parlaklık deney tasarımı çalışmaları.....	97
5.1.3.6.1 RHD %60 anyonik ıslatıcı deney tasarımı çalışması.....	97
5.1.3.6.2. RHD %60 iyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı çalışması.....	99
5.1.3.7. Anyonik ıslatıcı – RHD %30 ve %60 parlaklık karşılaştırmaları.....	101
5.1.3.8. İyonik olmayan ıslatıcı RHD %30 ve %60 parlaklık karşılaştırmaları.....	102
5.2. Dağılım Süresinin Dağılım Kalitesine Olan Etkisi.....	103
5.2.1. Grup 1: Anyonik ıslatıcı, RHD %30 dağılım süreleri karşılaştırmaları.....	103
5.2.1.1. Ezilme.....	103
5.2.1.2. Örtücülük.....	104
5.2.1.3. Parlaklık.....	104
5.2.2. Grup 2: Anyonik ıslatıcı – RHD %60 dağılım süreleri karşılaştırmaları.....	105
5.2.2.1. Ezilme.....	105
5.2.2.2. Örtücülük.....	106
5.2.2.3. Parlaklık.....	106
5.2.3. Grup 3: İyonik olmayan ıslatıcı -RHD %30 dağılım süreleri karşılaştırmaları.....	107
5.2.3.1. Ezilme.....	107
5.2.3.2. Örtücülük.....	108
5.2.3.3. Parlaklık.....	108
5.2.4. Grup 4: İyonik olmayan ıslatıcı -RHD %60 dağılım süreleri karşılaştırmaları.....	109
5.2.4.1. Ezilme.....	109
5.2.4.2. Örtücülük.....	109
5.2.4.3. Parlaklık.....	110
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	111
6.1. Dağılım Deneyleri Çözümlemeleri Sonuçlar ve Öneriler.....	111

6.1.1. Ezilme.....	111
6.1.3. Örtücülük.....	112
6.1.3. Parlaklık.....	114
6.2. Dağılım Süresi Etkisi.....	115
KAYNAKLAR.....	117
EKLER.....	120
ÖZGEÇMİŞ.....	126

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Renkveren ve dolgu maddeleri ile bağlayıcının kritik hacimdeki şematik görüntüsü.....	12
Şekil 2.2. Renkveren ve dolgu maddeleri ile bağlayıcının çeşitli RHD değerinde şematik görüntüsü.....	13
Şekil 2.3. Boya Özelliklerinin RHD ile değişimi.....	14
Şekil 2.4. Boya üretimi genel akım şeması.....	15
Şekil 2.5. Renkveren dolgu maddeleri birikinti ve topak görünümü örneği.....	16
Şekil 2.6. A: Birikinti ve topaklar, B: Dağılım sonrası, C: Bağlayıcı karışımı ile renkverenlerin ıslatılması, D: Kararlı kılma sırasında topaklanma (flokulasyon) oluşumu.....	17
Şekil 2.7. Bağlayıcının renkvereni sarması.....	18
Şekil 2.8. a: Elektrostatik kararlılık b: Sterik kararlılık.....	19
Şekil 2.9. Yüksek hızlı karıştırıcı ve dağılım bıçağı.....	22
Şekil 2.10. Yüksek hızlı karıştırıcı ve dağılım kazanı.....	23
Şekil 2.11. Yüksek hızlı karıştırıcı dağılım geometrisi.....	23
Şekil 2.12. Yüksek hızlı karıştırıcıda burgaç görüntüsü.....	24
Şekil 2.13. Kesme hızı uygulandığında boya akamazlık davranışları.....	24
Şekil 2.14. Boya filmine gelen ışınların davranışı.....	29
Şekil 2.15. Bir ışın demetinin film yüzeyinden geri yansması.....	30
Şekil 2.16. Parlak filmde yansıyan ışınlar.....	31
Şekil 2.17. Yarı-parlak filmde yansıyan ışınlar.....	31
Şekil 2.18. Parlak olmayan - mat filmde yansıyan ışınlar.....	32
Şekil 3.1. A ve B anakütlelerinden alınmış olan örneklerin temsili dağılımı.....	35
Şekil 3.2. A ve B kümesi arasında gerçekte bir farklılık yoktur, iki küme beraber ele alınabilir.....	36
Şekil 3.3. A ve B kümeleri arasında sadece alınan örnekte değil gerçekte de farklılık vardır.....	36
Şekil 3.4. Örtücülük değerlerinin histogram dağılımı.....	39
Şekil 3.5. Örtücülük değerlerinin normallik testi.....	40
Şekil 3.6. a.Genel Karma (Kompozit) Tasarım.....	46
Şekil 3.6. b.Box Behnken Modeli.....	46
Şekil 4.1. Yüksek Devirli Karıştırıcı (High Speed Dispenser).....	54
Şekil 4.2. Dişli Karıştırıcı Bıçağı.....	55
Şekil 4.3. Grindometre (Ezilme Taşı).....	55
Şekil 4.4. Otomatik Film Çekme Cihazı.....	56
Şekil 4.5. Siyah beyaz örtücülük kartına çekilmiş bir örnek.....	57
Şekil 4.6. Spektrofotometre.....	57
Şekil 4.7. Cam yüzeye çekilmiş bir parlaklık film örneği.....	58
Şekil 4.8. Refraktometre.....	58
Şekil 5.1. RHD % 30 ezilme değerlerinin süreç girdileri ile değişimi.....	63
Şekil 5.2. RHD % 60 ezilme değerlerinin süreç girdileri ile değişimi.....	64
Şekil 5.3. RHD %30 ve %60 ezilme değerleri karşılaştırması.....	65
Şekil 5.4. RHD %30 Akmazlık-İslatıcı Tipi-Soğutma-Çevresel Hız Temel Etkileri.....	67

Şekil 5.5. RHD %30 Islaticı Tipi Karşılaştırması.....	68
Şekil 5.6. RHD %30 Islaticı Tipi Etkisi.....	68
Şekil 5.7. RHD %30 Anyonik Islaticı, Akmazlık-Soğutma-Çevresel Hız Genel Etkileri.....	70
Şekil 5.8. RHD %30 Anyonik Islaticı, Akmazlık - Soğutma Etkileşim Grafiği.....	71
Şekil 5.9. RHD %30 – Anyonik Islaticı Koşulların Etki Yüzdesi.....	72
Şekil 5.10. RHD %30-İyonik olmayan Islaticı, Akmazlık-Soğutma-Çevresel Hız Genel Etkileri	73
Şekil 5.11. RHD %30 İyonik olmayan Islaticı, Akmazlık -Soğutma- Çevresel Hız Etkileşimleri.....	74
Şekil 5.12. RHD %30 İyonik olmayan Islaticı, Soğutma - Çevresel Hız Etkileşimleri.....	74
Şekil 5.13. RHD %30 – İyonik olmayan Islaticı Koşulların Etki Yüzdesi.....	75
Şekil 5.14. RHD %60 Akmazlık - Islaticı Tipi – Soğutma - Çevresel Hız Temel Etkileri.....	76
Şekil 5.15. RHD % 60 Islaticı Tipi Karşılaştırması.....	77
Şekil 5.16. RHD % 60 Islaticı Tipi Etkisi.....	78
Şekil 5.17. RHD %60 Anyonik Islaticı, Akmazlık – Soğutma – Çevresel Hız Genel Etkileri	79
Şekil 5.18. RHD %60 Anyonik Islaticı, Akmazlık - Soğutma Etkileşimleri.....	80
Şekil 5.19. RHD %60 Anyonik Islaticı, koşulların etki yüzdesi.....	80
Şekil 5.20. RHD %60 İyonik olmayan Islaticı, Akmazlık-Soğutma-Çevresel Hız Genel Etkileri	81
Şekil 5.21. RHD %60 İyonik olmayan Islaticı, Akmazlık - Çevresel Hız Etkileşimleri.....	82
Şekil 5.22. RHD %60 – İyonik olmayan Islaticı Koşulların Etki Yüzdesi.....	83
Şekil 5.23. Anyonik Islaticı – RHD %30 ve RHD %60 Karşılaştırması.....	84
Şekil 5.24. Anyonik Islaticı – RHD %30 ve RHD %60 Etkisi.....	84
Şekil 5.25. İyonik olmayan Islaticı – RHD %30 ve RHD %60 Karşılaştırması.....	86
Şekil 5.26. İyonik olmayan Islaticı – RHD %30 ve RHD %60 Etkisi.....	86
Şekil 5.27. RHD %30 Akmazlık - Islaticı Tipi - Soğutma - Çevresel Hız Temel Etkileri.....	88
Şekil 5.28. RHD %30 Islaticı Tipi Karşılaştırması.....	89
Şekil 5.29. RHD %30 Islaticı Tipi Etkisi.....	89
Şekil 5.30. RHD %30 Anyonik Islaticı, Akmazlık - Soğutma - Çevresel Hız Etkileşimleri.....	91
Şekil 5.31. RHD %30 – Anyonik Islaticı Tipi Koşulların Etki Yüzdesi.....	92
Şekil 5.32. RHD %30 İyonik olmayan Islaticı, Soğutma-Çevresel Hız Etkileşimleri ..	93
Şekil 5.33. RHD %30 – İyonik olmayan Islaticı Koşulların Etki Yüzdesi.....	94
Şekil 5.34. RHD %60 Akmazlık - Islaticı Tipi – Soğutma - Çevresel Hız Temel Etkileri.....	95
Şekil 5.35. RHD % 60 Islaticı Tipi karşılaştırması.....	95
Şekil 5.36. RHD % 60 Islaticı Tipi Etkisi.....	96
Şekil 5.37. RHD % 60 Anyonik Islaticı, Akmazlık - Çevresel Hız Etkileşimleri.....	98
Şekil 5.38. RHD % 60 – Anyonik Islaticı Tipi Koşulların Etki Yüzdesi.....	98
Şekil 5.39. RHD % 60 İyonik olmayan Islaticı, Akmazlık- Soğutma Etkileşimleri.....	99
Şekil 5.40. RHD % 60 – İyonik olmayan Islaticı Koşulların Etki Yüzdesi.....	100
Şekil 5.41. Anyonik Islaticı – RHD %30 ve RHD %60 Karşılaştırması.....	101
Şekil 5.42. İyonik olmayan Islaticı – RHD %30 ve RHD %60 Karşılaştırması.....	102

Şekil 5.43. Anyonik Islatıcı RHD %30–Dağılım Süreleri Ezilme Karşılaştırması.....	103
Şekil 5.44. Anyonik Islatıcı RHD %30–Dağılım Süreleri Örtücülük Karşılaştırması.	104
Şekil 5.45. Anyonik Islatıcı RHD %30–Dağılım Süreleri Parlaklık Karşılaştırması..	105
Şekil 5.46. Anyonik Islatıcı RHD %60–Dağılım Süreleri Ezilme Karşılaştırması.....	105
Şekil 5.47. Anyonik Islatıcı RHD %60–Dağılım Süreleri Örtücülük Karşılaştırması.	106
Şekil 5.48. Anyonik Islatıcı , RHD %60–Dağılım Süreleri Parlaklık Karşılaştırması.	107
Şekil 5.49. İyonik olmayan Islatıcı , RHD %30 – Dağılım Süreleri Ezilme Karşılaştırması.....	107
Şekil 5.50. İyonik olmayan Islatıcı , RHD %30 – Dağılım Süreleri Örtücülük Karşılaştırması.....	108
Şekil 5.51. İyonik olmayan Islatıcı , RHD %30 – Dağılım Süreleri Parlaklık Karşılaştırması.....	108
Şekil 5.52. İyonik olmayan Islatıcı , RHD %60 – Dağılım Süreleri Ezilme Karşılaştırması.....	109
Şekil 5.53. İyonik olmayan Islatıcı , RHD %60 – Dağılım Süreleri Örtücülük Karşılaştırması.....	110
Şekil 5.54. İyonik olmayan Islatıcı , RHD %60 – Dağılım Süreleri Parlaklık Karşılaştırması.....	110

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Bazı hammaddeler ve kırımım indisleri.....	8
Tablo 3.1. Veri (değişken) türlerinin sınıflandırılması.....	34
Tablo 3.2. İstatistiksel tekniğin seçimi.....	34
Tablo 3.3. Araştırma ve anakütle sonuçlarına ilişkin çapraz liste.....	37
Tablo 3.4. İstatistiksel test seçim tablosu.....	41
Tablo 4.1. Süreç girdileri ve düzeyleri.....	51
Tablo 4.2. Anyonik ıslatıcı RHD %30 ve RHD %60 formülasyonu.....	53
Tablo 4.3. İyonik olmayan ıslatıcı RHD %30 ve RHD %60 formülasyonu.....	53
Tablo 4.4. Ezilme taşı göstergeleri.....	56
Tablo 4.5. Tam etkensel deney tasarımı süreç girdileri ve düzeyleri.....	59
Tablo 4.6. RHD %30, anyonik ıslatıcı tipi için tam etkensel deney tasarımı üretimleri.....	60
Tablo 4.7. RHD %30, iyonik olmayan ıslatıcı tipi için tam etkensel deney tasarımı üretimleri.....	60
Tablo 4.8. RHD % 60, anyonik ıslatıcı tipi için tam etkensel deney tasarımı üretimleri.....	61
Tablo 4.9. RHD % 60, iyonik olmayan ıslatıcı için tam etkensel deney tasarımı üretimleri.....	62
Tablo 5.1. RHD %30, anyonik ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri.....	70
Tablo 5.2. RHD %30, iyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri.....	73
Tablo 5.3. RHD %60, Anyonik ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri.....	79
Tablo 5.4. RHD %60, İyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri.....	81
Tablo 5.5. RHD %30, Anyonik ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri.....	90
Tablo 5.6. RHD %30, İyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri.....	93
Tablo 5.7. RHD %60, Anyonik ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri.....	97
Tablo 5.8. RHD %60, İyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri.....	99
Tablo 5.9. RHD / KRHD oranları.....	102

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

2^k	: İki seviyeli
Anova	: Analysis of variance (değişkenlik analizi)
DOE	: Design of experiment (deney tasarımı)
RHD	: Renkveren hacim derişimi
KRHD	: Kritik renkveren hacim derişimi
$V_{yüzey}$: Renkveren yüzey gözeneklerinin tümüne tutunan bağlayıcı hacmi
$V_{bağlayıcı}$: Renkveren taneciklerini ayırmak için gerekli olan en düşük seviyedeki bağlayıcı hacmi
α	: Alfa seviyesi
β	: Beta seviyesi
H_0	: Sıfır varsayımı (hipotezi)
H_a	: Seçenek varsayımı (hipotezi)
P	: Olasılık (probability) değeri
σ	: Değişkenlik
μ	: Ortalama
KU	: Krebs birimi (unit)

SU BAZLI BOYALARDA SÜREÇ KOŞULLARININ DAĞILIM KALİTESİNE VE BOYA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Elif Asude BEKİRCAN

Anahtar Sözcükler: Boya, su bazlı boya, boya kalitesi, deney tasarımı, istatistiksel çözümlenme teknikleri, yüzey ıslatıcı, ezilme, örtücülük, parlaklık, dağılım, boya kararlılığı, renkveren hacim derişimi

Özet: Şirketler, müşteri gereksinimlerini en iyi şekilde karşılayabilmek ve pazar rekabetinde ayakta kalmak için daha verimli çalışıp daha az enerji ve iş gücü kullanarak daha kaliteli ürünler üretmeyi hedeflemektedirler. Bu nedenle, işletmeler için üretim koşullarını en iyi şekilde kullanarak istenilen özellikte ürün elde edebilmek çok önem kazanmıştır. Bu çalışmada, su bazlı boya üretiminin en önemli aşaması olan dağılım işlemindeki süreç koşul değışikliklerinin boyanın özellikleri üzerindeki etkileri incelenerek boya özellikleri eniylenmiştir.

Dağılım süreç girdileri olarak; renkveren hacim derişimi (RHD), ıslatıcı tipi, son ürün akmazlığı, dağılım sıcaklığı, dağılım çevresel hızı ve dağılım süresi üzerinde çalışılmıştır. Süreç çıktıları ise ezilme, örtücülük ve parlaklık değerleri olarak belirlenmiştir. % RHD ve ıslatıcı tipi süreç girdilerinin ürün özellikleri üzerindeki etkileri 2 örneklem t testi, ya da Mann-Whitney testi ile karşılaştırılmıştır. Akmazlık, dağılım sıcaklığı ve çevresel hızın etkileri tam etkensel deney tasarımı yapılarak belirlenmiştir. En son olarak da, dağılım süresinin boya özelliklerine etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmaların sonunda, belirlenen dağılım süreç koşullarının değışimi ile boyanın özelliklerinin nasıl etkilendiğı ayrıntılı bir şekilde ortaya konulmuştur. Böylece, istenilen boya özelliklerinin sağlanabilmesi ve müşteri beklentilerinin karşılanabilmesi için, dağılım sürecinin en uygun şekilde gerçekleştirilmesine olanacak sağlayacak temel veri ve bilgiler elde edilmiştir.

THE EFFECTS OF PROCESS CONDITIONS ON DISPERSION QUALITY AND THE PROPERTIES OF THE WATER BASED PAINT

Elif Asude BEKİRCAN

Keywords: Paint, water based paints, paint quality, design of experiment (DOE), statistical analysis, wetting agent, finesse, hiding power, gloss, dispersion, paint stabilization, pigment volume concentration (PVC)

Abstract: In order to meet the customer requirements in a best way and to survive in the market competition, companies are aiming to produce products, which have better quality, by improving productivity and using less energy and manpower. Therefore, for the operations it became very important to optimize the process conditions in order to obtain the required properties. In this study, the effect of dispersion process conditions, which is the most important process of water based paint production, on the properties of paint is determined and optimized.

Dispersion process inputs are determined as pigment volume concentration, end product viscosity, dispersion temperature, peripheral speed and dispersion time. The finesse, hiding power and gloss of the paint are defined as process outputs to study in this work. The effects of the %PVC and surfactant type on the properties of the paint are compared with 2 sample t test or Mann-Whitney test. The effects of viscosity, dispersion temperature and peripheral speed are determined with full factorial design of experiment. At last, the performances of different dispersion time products are compared.

At the end of all these studies, the behaviors of the paint properties with the change of the determined process inputs are revealed in detail. Therefore, in order to obtain the required properties and meet the customer requirements, fundamental data and knowledge, which will enable the realization of the dispersion process in the best way, is formed.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Boya, koruma ve estetik amaçlı kaplama olarak kullanılan; renkveren (pigment) taneciklerinin sıvı bir ortamda dağıtıldığı emülsiyonlardan oluşan bir gruptur. Boya temel anlamda bağlayıcı, çözücü, renkveren ve dolgu maddeleri ile katkı maddeleri olmak üzere 4 ana bileşenden oluşur. Bağlayıcılar, yüksek molekül ağırlıklı, uzun zincirli polimerler olup renkverenleri, boyanın içindeki diğer maddeleri bir arada tutar ve boyanın uygulandığı yüzeye bağlanmasını sağlar. Renkverenler, bağlayıcının içerisinde ince toz tanecikleri halinde dağılmış olarak bulunan, boya içerisinde renklendirme, örtücülük, dolgu ve bazı özel amaçlar için kullanılan çoğu zaman inorganik esaslı katı maddelerdir. Çözücüler; boyanın reolojisinin uygun bir şekilde ayarlanmasını sağlayarak boyanın yüzeye sürülebilmesini sağlar ve boyanın içindeki diğer maddeleri bir arada tutar. Katkı maddeleri boyanın bileşiminde sadece ortalama %1 oranında bulunan fakat boyanın üretiminde, depolanmasında ve uygulanmasında önemli etkinlikleri olan hammaddelerdir.

Boya, ilk defa 30,000 yıl önce ortaya çıkmıştır. Mağara adamları ham boya kullanarak yaşamlarını anlatan tasvirler yapmışlardır. Bu tasvirler bugün hala kaya duvarlarını süslemektedir (Çelebisoy, 2007).

Mısır uygarlığı insanları M.Ö 3000-600 yıllarında ekşimiş süttten ve kireçten boya yapmış, sütün içindeki kazein reçine işlevi görmüş, kireç de direncin artmasını sağlamıştır. Yumurta akı ve sarısının da bağlayıcı olarak kullanıldığı bilinmektedir. Yunan ve Roma Uygarlığı insanları M.Ö.600-M.S.400 yılları arasında boyanın sadece bir görsel araç olmadığını aynı zamandan uygulandıkları yüzeyi korumaya da yol açtıklarını keşfetmişlerdir (Boyex, 2007).

Onsekizinci yüzyılın sonlarından itibaren her türden boyaya gösterilen talep artmış ve boya sanayi ilk kez oluşmaya başlamıştır. Sanayi Devrimi ile birlikte demir ve çelik

endüstrisinin de gelişmesi, korozyon önleyici astarlara gereksinim duyulmuş, kurşun ve çinko esaslı korozyon önleyici astar boyalar ilk kez üretilmeye başlanmıştır.

Birinci Dünya Savaşı kimya endüstrisinin gelişimini hızlandırmıştır. Petrol yan ürünleri hidrokarbonların, alkollerin esterlerin ve ketonların keşfedilmesi bağlayıcı teknolojisinin gelişmesine olanak vermiştir. İkinci Dünya Savaşı'ndan önce, boyada kullanılan kurşun renkverenlerin daha güvenli ve ekonomik seçenekleri çıkınca çevre ve insan sağlığına zarar verdiği düşüncesi ile ürün kimyası değişmeye başlamıştır. 1978 yılında Tüketici Ürün Güvenliği Komisyonu (Consumer Product Safety Commission) tarafından yasaklanmıştır (Boyex, 2007). Bu nedenle, daha sonraki yıllarda titandioksit, beyaz kurşun renkveren maddesinin yerini almıştır. Polimer kimyasının gelişimi, renkveren teknolojisindeki yeni buluşlar, boya bilimini geliştirmiş, inşaat sanayinin gelişmesi, otomobil ve medya iş kollarının büyümesi, boya üretimini dev bir sanayi kolu haline getirmiştir. Boyada aynı niteliği sürekli tutturabilme, boya başarımının iyileştirilmesi ve kalite bilinci bugünkü boya pazarının temelini oluşturmaktadır.

Son yıllarda hızlı bir büyüme eğilimi gösteren Türkiye dekoratif boya pazarına baktığımızda, kişi başına düşen dekoratif boya tüketim sadece 3 litre seviyelerinde yer almaktadır. Türkiye'de 3-3,5 litre olan bu tüketim oranı Batı Avrupa'da 8 litre, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise 9 litre seviyelerindedir. Bu oranlardaki temel fark, ülkemizde “boya ve boyama” genelde temizlik amaçlı bir olgu iken yurtdışında “boya ve boyama” dekoratif bir anlam içermektedir. Bütün bunları göz önünde bulundurduğumuzda, 2006 yılında ülkemizdeki dekoratif boya sektörü 220 milyon litre ile 250 milyon litre arasında bir büyüklüğe sahiptir diyebiliriz. Sektörün büyüklüğü tam net olarak belirlenmemektedir, bunun arkasında yatan temel neden sektörde “merdiven altı” olarak adlandırılan irili ufaklı birçok firmanın faaliyet göstermesidir. Ancak bu firmaların sadece 50'si BOSAD'a (Boya Sanayicileri Derneği) üyedir. BOSAD'a üye bu firmaların dışında ülkenin farklı illerinde faaliyet gösteren farklı ölçeklerde 650'ye yakın firmanın olduğundan söz etmek mümkündür.

Dünyada küreselleşme eğilimini sonucu olarak gelişen üretim sektöründeki büyük rekabet, şirketleri daha verimli çalışarak maliyetleri düşürmeye ve pazar paylarını

arttırmaya zorlamaktadır. Bu durum, şirketleri daha az enerji ve iş gücü kullanarak daha kaliteli ürünler üretmeye yönlendirmektedir.

Boya üretimi; sırasıyla dağılım (dispersiyon), renklendirme, dolmu ve paketleme olmak üzere üç aşamadan meydana gelir. En önemli aşama ise, toz halindeki renkveren ve dolgu maddelerinin daha küçük parçacıklara ayrılarak çözücü içinde homojen bir şekilde dağıtıldığı dağılım aşamasıdır. Dağılım kalitesi, boyanın koruyuculuk özelliğinin yanında, örtücülük ve parlaklık gibi estetik özelliklerini de belirleyen ölçüttür. Dağılım kalitesi ne kadar iyi olursa, koruyuculuk ve estetik özellikleri o kadar iyi boya elde edilmesi sağlanır.

Bunun yanında, dağılım aşaması boya üretiminin kapasitesini de etkiler. Dağılım sırasında ezilme, ıslatma ve kararlı kılma (stabilizasyon) olmak üzere birbiri içine geçmiş üç aşama gerçekleşir. Dağılım sırasında dağılım koşulları ayarlanarak, yüksek miktarda renkveren ve dolgu maddesi bağlayıcı içerisinde homojen olarak dağıtılsa ve sistemin kararlılığı ne kadar iyi gerçekleştirilirse, o kadar üstün özelliklere sahip boya elde edilmesi sağlanır. Böylece, mevcut ekipmanların kapasitesi zorlanmadan, daha az enerji ve insan gücü kullanılarak daha yüksek miktarlarda ve daha yüksek başarıma sahip boya elde edilmeye çalışılır.

Bu çalışmada, boya üretiminde dağılım koşullarının, dağılım kalitesine ve boyanın belirlenen başarımlarına olan etkileri istatistiksel teknikler kullanılıp, çözümlenerek boyanın başarımlarının eniyelenmesi ele alınmıştır.

Renkveren hacim derişimi, yüzey ıslatıcısı tipi, son ürün akmazlığı, dağılım sıcaklığı, dağılım çevresel hızı süreç girdileri olarak belirlenmiştir. Bu süreç girdileri değiştirilerek 15 dakika dağılım sonucunda elde edilen ürünlerin başarımları karşılaştırılmıştır. Bunun yanında, belirlenen her koşulda üretim yapılırken, dağılımın beşinci ve onuncu dakikalarında örnekler alınarak nitelikleri belirlenmiş ve böylece farklı dağılım süresi ile elde edilen ürünlerin başarımları karşılaştırılmıştır.

Süreç girdilerinin boyanın başarımlarına olan etkilerinin çözümlenerek eniyelenmesi için “Tam Etkensel Deney Tasarımı” uygulanmıştır. Süreç girdilerinde

yapılan değişiklik sonucu iki küme arasında istatistiksel olarak karşılaştırma yapılabilmesi için verilerin normallik durumuna bağlı olarak “2 Örneklem t Testi”, ya da “Mann Whitney” istatistiksel testleri uygulanarak karşılaştırma yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan istatistiksel çözümleme yöntemleri hakkında genel bilgi Bölüm 2’de verilmiştir. Bölüm 3’de genel olarak boya ve dağılım kuramları anlatılmıştır. Bölüm 4’de uygulanan deney tasarımları, bu deney tasarımlarına göre yapılan deneysel çalışmalar, üretilen boyaların incelenmesi için kullanılan deneysel yöntemler ve kullanılan ölçüm cihazları hakkında genel bilgi verilmiştir. Bölüm 5’de yapılan tüm çözümler ve bu çözümler sonucunda ulaşılan bulgulara ve yorumlara yer verilmiştir. Bölüm 6’da ise elde edilen bulgular değerlendirilip sonuçlar belirtilmiştir.

BÖLÜM 2. BOYA

2.1 Boya Nedir?

Boya; uygulandığı yüzeyi korozyona ve bakterilere karşı koruyarak, yüzeyin paslanmasını ve küflenmesini engelleyen ve aynı zamanda uygulandığı yüzeye estetik katan çok önemli bir kaplama malzemesidir.

Boyama işlemi belirli bir sistem dahilinde uygulanır. En mükemmel sonuca bu şekilde ulaşılır. Boyama işleminde şu aşamalar izlenir:

- 1- Yüzey hazırlığı ve temizliği
- 2- Birinci kat astar
- 3- Macun ve ikinci kat astar
- 4- Son kat boya

Fakat, boyanın cinsine ve uygulandığı yüzeyin cinsine göre ikinci ve üçüncü aşamaların uygulanmasına gerek olmadığı durumlar da olabilir.

2.2 Boya Sistemlerinin Sınıflandırılması

Genel olarak boya sistemleri için kullanım yerlerine göre ve içerdiği reçine cinsine göre sınıflandırma yapılabilir (Paksoy, 1999). Kullanım yerlerine göre boya sistemleri şöyle sınıflandırılabilir;

1. Dekoratif Boyalar
2. İnşaat Boyaları
3. Sanayi ve Korozyon Boyaları
2. Mobilya Boyaları
5. Oto Boyaları
6. Deniz Boyaları
7. Ambalaj Boyaları

8. Püskürtmeli Boyalar (Aerosol Boyalar)

İçerdiği reçine cinsine göre ise boya sistemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir;

1. Selülozik Boyalar
2. Alkid veya Sentetik Boyaları
3. Akrilik Boyalar
2. Poliüretan Boyalar
5. Epoksi Boyalar

Bu çalışma dekoratif su bazlı boyalar üzerine yapılmıştır. Dekoratif boyalar içerdiği çözücü cinsine göre iki ana sınıfa ayrılabilir.

1. Çözücü (Solvent) bazlı boyalar; bağlayıcı olarak çoğunlukla alkid reçineleri kullanılır. Kullanılan çözücüler ise organik hidrokarbon karışımlarıdır.
2. Su bazlı boyalar; bağlayıcı olarak akrilik ve vinil emülsiyon reçineleri kullanılır. Çözücü olarak su kullanılır.

2.3 Boyanın Ana Bileşenleri

Boya temel anlamda;

1. Bağlayıcı,
2. İnceltici (Çözücü)
3. Renkveren ve dolgu maddeleri
4. Katkı maddeleri

olmak üzere 4 ana bileşenden oluşur.

2.3.1 Bağlayıcı

Bağlayıcılar, yüksek molekül ağırlığına sahip uzun zincirli polimerler olup hem renkverenleri ve boyanın içindeki diğer maddeleri bir arada tutar; hem de boyanın uygulandığı yüzeye bağlanmasını ve yapışmasını sağlar. Boya, bir bağlayıcı içine çeşitli maddeler katılarak elde edilen bir malzemedir. Bu nedenle, bağlayıcının yapısı boyanın tüm özelliklerini etkiler.

Boya filminin sertliği, dolayısıyla dış etkenlere karşı olan direnci doğrudan kullanılan bağlayıcının camsı geçiş sıcaklığı ile ilgilidir. Bu nedenle, yüksek dayanımlı boya elde edilmek istendiğinde, polimerin camsı geçiş sıcaklığının yüksek olması istenir. Boyanın yzeyeye iyi yapışması, bağlayıcı polimerinin esnekliği, düz zincir, ya da ağ yapıda olup olmaması ile ilgilidir. Polimer ne kadar düz zincirli olursa boyanın yüzey ile ilişkisi o kadar fazla olur ve o kadar iyi yapışması beklenir.

Su bazlı boya sanayisinde en yaygın olarak kullanılan reğineler; akrilik reçine, vinil reçine ve bunların kopolimerleridir. Vinil Reçineleri, vinil ($CH_2 = CRX$) monomerlerinin katılma polimerleşmesi ile elde edilir. Akrilik Reçineleri ise, ester ($CH_2 = CR-COOR'$) veya asit grubu ($CH_2 = CR-COOH$) iğereren monomerlerin katılma polimerleşmesinden oluşur. Fakat akrilik reçineleri, vinil reğinelerine göre, ester gruplarının daha iyi yapışma özelliğinden dolayı boya yapmaya daha elverişlidir (Gündüz, 2005).

Bağlayıcıya istenilen özellik kazandırılabilmesi iğerin birden fazla monomer kullanılarak kopolimer yapılır. İstenilen esneklikte boya elde edilebilmesi iğerin yüksek camsı geçiş sıcaklığına sahip bir monomer ile, düşük camsı geçiş sıcaklığına sahip monomer kopolimerleştirilerek istenilen esneklik elde edilir (Gündüz, 2005).

Bu ęalıřmada yapılan tüm üretimlerde vinil ve akrilat monomerlerinin kopolimerleşmesinden elde edilen stiren-akrilik kopolimer tipi bir bağlayıcı kullanılmıştır.

2.3.2 Renkveren ve dolgu maddeleri

Reğinenin içerisinde ince toz tanecikleri halinde dağılmış olarak bulunan, boya içerisinde renklendirme, örtücülük, dolgu ve bazı özel amaçlar iğerin kullanılan ęođu zaman inorganik esaslı katı maddelere renkveren denir.

Boyanın rtclğn etkileyen en önemli etken renkverenlerin kırınım indisleridir. Kırınım indisi ışığın boşluktaki hızının söz konusu madde içerisindeki hızına olan orandır ve birimsizdir. Tablo 2.1'de boyanın içerisinde kullanılan ęeřitli maddelerin

kırınım indisleri verilmiştir. En yüksek kırınım indisi olan 2.76 değeri ile rutil titandioksittir. Bunun yanında, renkverenlerin tanecik büyüklüğü ve dağılımı; örtücülük, renk gücü ve parlaklık gibi başarımların ölçütlerini önemli ölçüde etkiler.

Tablo 2.1: Bazı hammaddeler ve kırınım indisleri (Hare, 1994)

Hammadde	Kırınım İndisi
Vinil Reçine	1,50
Akrilik Reçine	1,27
Anataz Titandioksit (TiO ₂)	2,55
Rutil Titandioksit (TiO ₂)	2,76
Çinko Oksit (ZnO)	2,02
Kalsit (Kalsiyum Karbonat-CaCO ₃)	1,60
Magnezyum Silikat (MgSi)	1,59
Barit	1,62
Silika	1,55
Su	1,33

Renkverenler ve dolgu maddeleri boya içerisindeki görevlerine göre temel anlamda dört sınıfa ayrılırlar.

2.3.2.1 Ana renkverenler

Ana renkverenler; boyaya renk verme, örtücülük kazandırma ve boyanın morötesi ışınlarına karşı olan direncini arttırmaya yarayan renkverenler olup renkverenlerin en önemli sınıfını oluştururlar. En sık kullanılan ana renkverenler titandioksit, demiroksit, kromoksit ve çinko oksit'dir. Kırınım indisi en yüksek renkveren olan titandioksit boya sektöründe en çok tercih edilen renkverendir (Rollinson, 1987).

Titandioksitin kristal yapısı itibariyle rutil ve anataz olmak üzere iki çeşidi vardır. Rutil TiO₂ daha sıkı molekül yerleşimine sahip olduğu için yoğunluğu ve kırınım indisi daha yüksektir. Rutil titandioksitin kırınım indisi 2,76 iken, anataz titandioksitin kırınım indisi 2,55'dir. Buna göre, rutil titandioksit tipinin anataz tipe göre örtme gücü %20-30 daha fazladır. Bunun yanında, anataz titandioksitin güneş ışığına karşı duyarlılığı fazla

olup, güneş ışığının etkisi ile etrafını saran bağlayıcıyı bozma etkisi gösterebilir (fotodegradasyon) (Gündüz, 2005).

2.3.2.2 İşlevsel renkverenler

İşlevsel renkverenler korozyona karşı dayanıklılık, yanmaya karşı dayanıklılık gibi çeşitli özel görevleri olan renkverenlerdir. Bakıroksit, çinko oksit, fosfat ve kromat özel amaçlı renkverenlere örnektir (Hare, 1994).

2.3.2.3 Çoğaltıcı renkverenler (dolgu maddeleri - extenders)

Çoğaltıcı renkverenler, boyanın renkveren hacmini kontrol için kullanılırlar. Boyanın renkveren hacim derişiminin (RHD) kritik renkveren hacim değişimine olan oranını istenilen ölçüde ayarlanmasını sağlar. Sisteme çoğaltıcı renkveren eklenerek boyanın RHD'si yükseltilebilir. Bu nedenle, çoğaltıcı renkverenlerin miktarı boyanın doğrudan parlaklığını, reolojisini, uygulama sırasında yayılma (levelling) özelliğini ve mekanik özelliklerini etkiler. Çoğaltıcı renkverenleri, alüminyum, kalsiyum, baryum gibi metallerin silikatları, sülfatları ve karbonatları oluşturur (Broad ve diğ., 1993).

2.3.2.4 Renkverensel katkı maddeleri

Boya üretiminde reolojik denetimi sağlamak, bakteri oluşumunu önlemek gibi amaçlar için kullanılan renkveren yapısındaki katkı maddeleridir.

2.3.3 İnceltici (Çözücü)

Boya sistemlerinde çözücüler; boyanın reolojisinin uygun bir şekilde ayarlanmasını sağlayarak boyanın yüzeye sürülebilmesini sağlar ve boyanın içindeki diğer maddeleri bir arada tutar. Boya yüzeye sürüldükten sonra, çözücü tamamen uçar ve geri kalan maddeler film oluşturur. Bu nedenle, çözücü boyanın yüzeye uygulanırken boyanın yayılmasını (levelling), kuruma zamanını, ve yüzeye yapışma gücünü etkiler.

Boya içerisinde çözücü, polimer zincirlerinin çeşitli yerlerine yapışarak ağ yapıdaki zincirleri açmaya çalışır. Çözücü, polimer zincirlere ne kadar çok yerden bağlanırsa zincirleri o kadar çok açar ve polimer, yüzeyi o kadar çok noktadan kavrayarak boyanın yüzeye iyi yapışmasını sağlar.

Çözücünün buharlaşma hızı, boyanın fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Çözücü çok çabuk buharlaşırsa, polimer zincirlerinin birleşerek yüzeyi kaplaması için ve yüzeye yapışması için yeterli zaman bulunmadan çözücü uçar ve boyanın yayılma özelliği düşer. Bunun yanında, çok geç buharlaşırsa boya yüzeyde akma (sagging) yapar ve yüzeyin üst kısımları daha ince olurken alt bölümleri daha kalın olur.

Su bazlı boyalarda havanın nemi buharlaşma hızını oldukça fazla etkiler. Çünkü, havadaki nem artışı, suyun buharlaşmasını engeller. Bu nedenle, boya formülasyonlarında plastikleyici maddeler kullanılır. Bu maddeler, polimer moleküllerinin yumuşamasını sağlayarak, polimerlerin içinde kalan suyun dışarı çıkmasını kolaylaştırırlar (Gündüz, 2005).

2.3.4 Katkı maddeleri

Katkı maddeleri boya formülasyonunda sadece ortalama %1 oranında bulunan fakat boyanın üretiminde, depolanmasında ve uygulanmasında önemli etkinlikleri olan hammaddelerdir.

Boyanın üretimi ve depolanması esnasında katkı maddeleri kullanılarak, bağlayıcı ve renkverenlerin yüzey gerilimi ve boyanın reolojisi üzerinde etkin olarak, boyanın çökmesi, akması ve köpük oluşturması engellenir. Yüzey ıslatıcıları ve yardımcı dağıtıcılar (dispersants) ile dağılım kalitesi iyileştirilir. Uygulama esnasında; yayılmayı arttırıcılar, film oluşturucular, kurutucular ile daha düzgün film oluşturulması sağlanır. Yapışmayı arttırıcılar ile boya içinde bulunan polimerin yüzeye daha iyi yapışması sağlanır. Bunun yanında, daha özel etkinliği olan katkı maddeleri de bulunur. Tüm bunlar, boyanın başarımlı ölçütlerini önemli ölçüde etkiler.

2.3.4.1 Yüzey ıslatıcıları

Dağılım esnasında, bağlayıcının yüzey gerilimini düşürerek, bağlayıcının renkverenleri daha iyi sarmasını sağlayarak dağılım kalitesini yükselten ve depolanma esnasında renkverenlerin birbirleri ile tekrar bağ yapmasını engelleyen katkı maddeleridir. Yüzey ıslatıcıları Bölüm 2.6.2’de daha ayrıntılı açıklanmıştır.

2.3.4.2 Kalınlaştırıcılar (thickeners)

Kalınlaştırıcılar, boyanın reolojisini ayarlayan katkı maddeleridir. Boyanın kıvamını arttırarak renkveren ve dolgu maddelerinin dibe çökmesini engellerler. Uygulama esnasında, boyanın akma ve yayılma özelliğini önemli ölçüde etkiler.

2.3.4.3 Köpük kesiciler

Dağılım esnasında, moleküllerin içerisine giren hava kabarcıkları dışarı atılamazsa boyada köpük oluşumu gerçekleşir. Köpük kesiciler, köpüğü oluşturan moleküllerin arasına girer ve yüzey gerilimini azaltarak köpüğün patlayarak yok olmasını sağlarlar. Organofosfatlı bileşikler bu amaç için kullanılırlar.

2.3.4.4 Film oluşturucular

Boya yüzeye uygulandıktan sonra çözücü buharlaşırken polimer parçacıkları renkverenlerin etrafını sararak yayılır ve boya filmi oluşur. Yayılmayı arttırıcı maddeler polimerin yumuşamasını sağlayarak polimerlerin renkveren etrafını daha rahat sarması sağlanır.

2.3.4.5 Özel amaçlı katkı maddeleri

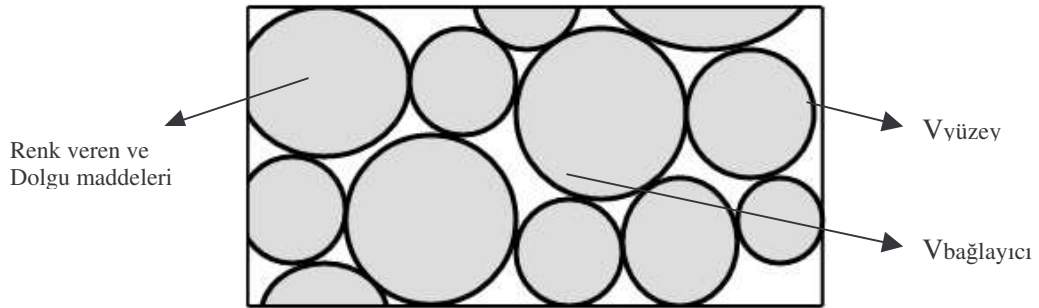
Yukarıda anlatılan katkı maddelerinin dışında; pas önleyiciler, donuklaştırıcılar, mantar önleyiciler, ışığa karşı koruyucular, alev önleyiciler ve bunun gibi istenilen özelliğe göre boyaya eklenen katkı maddeleri bulunmaktadır.

2.4 Renkveren Hacim Derişimi - RHD (Pigment Volume Concentration - PVC)

Bir boyanın formülasyonunda, boyanın özelliklerini belirleyen en önemli ölçütlerden biri renkveren hacim derişimi ve renkveren hacim derişiminin kritik renkveren hacim derişimine olan oranıdır.

Bir kuru boya filminin içindeki tüm renkveren ve dolgu maddeleri uçucu olmayan bağlayıcı tarafından ince bir kılıf halinde sarılır. Bu bağlayıcı renkverenlerin ve dolgu maddelerinin yüzeyine ve yüzeyinde bulunan gözeneklere (porlara) $V_{yüzey}$ kadar tutunur (Şekil 2.1). $V_{yüzey}$; belirli bir tanecik büyüüğü ve dağılımındaki renkveren, dolgu maddelerinin yapısı ve bağlayıcıya özel olarak sabittir. Eğer renkveren ve dolgu maddelerinin yüzey alanı daha büyük ve daha gözenekli bir yapıya sahip ise, $V_{yüzey}$ daha büyüktür.

Renkveren parçacıklarının yüzeyine tutunmuş bağlayıcının yanında, birbirine en yakın iki renkverenin arasındaki boşluk da bağlayıcı tarafından doldurulur. Renkveren taneciklerini birbirinden ayırmak için gerekli olan en düşük seviyedeki bağlayıcı hacmine de $V_{bağlayıcı}$ denir. (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Renkveren ve dolgu maddeleri ile bağlayıcının kritik hacimdeki görüntüsü

Renkveren ve dolgu maddelerinin toplam hacmine $V_{renkveren}$ dersek, bir boya formülasyonunun kritik renkveren hacim derişimi (KRHD);

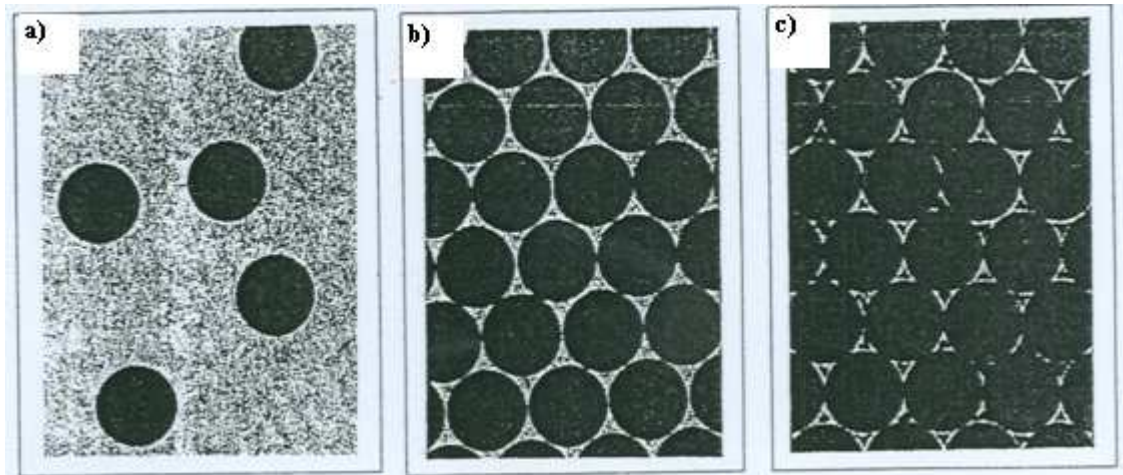
$$KRHD = \left[\frac{V_{renkveren}}{V_{renkveren} + V_{yüzey} + V_{bağlayıcı}} \right] \quad (2.1)$$

formülünden hesaplanır.

Kritik renkveren hacim derişimi, renkveren ve dolgu maddelerinin yapısına, tanecik büyüklüğüne, ve bağlayıcının yapısına göre değişir. Belirli bir renkveren ve bağlayıcı tipi için kritik renkveren hacim derişimi sabittir (Hare, 1994).

Renkveren hacim derişimi (RHD) ise boyanın kuru filmdeki renkveren hacminin toplam hacme olan o anki gerçek oranıdır. RHD isteğe bağlı olarak kolayca ayarlanabilir. KRHD değiştirilmeden, uçucu olmayan kısım (bağlayıcı) miktarı, ya da renkveren-dolgu maddeleri miktarı değiştirilerek RHD değeri değiştirilebilir.

Bir boya formülasyonu için KRHD değiştirilmeden, RHD değiştirildiğinde formülasyon 3 şekilde karakterize edilebilir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Renkveren ve dolgu maddeleri ile bağlayıcının çeşitli RHD değerinde şematik görüntüsü, a) RHD/KRHD < 1 ; b) RHD/KRHD = 1 ; c) RHD/KRHD > 1

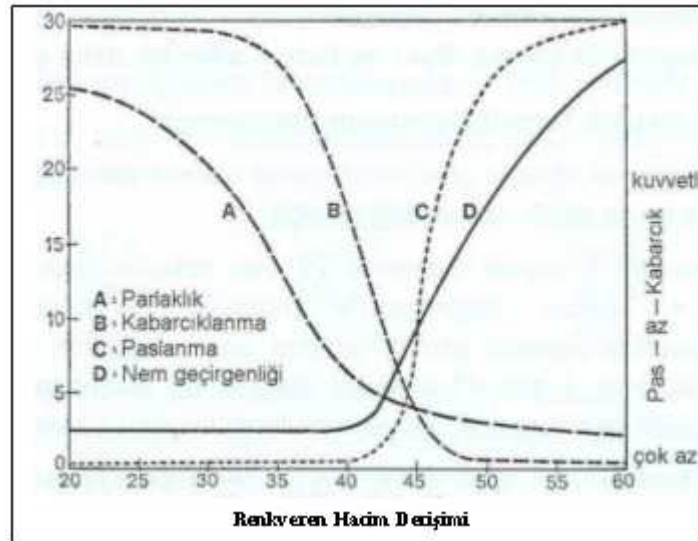
1. $RHD/KRHD < 1$ ise, sistemde renkveren ve dolgu maddelerinin yüzeylerinin ve aralarında kalan boşlukların fazlasıyla bağlayıcı ile dolu olduğunu gösterir. Bu tip boya, yabancı madde geçirgenliği ve kabarcıklanması düşük, korozyona karşı dayanıklılığı ve parlaklığı oldukça yüksektir (Şekil 2.2.a)

2. $RHD/KRHD = 1$ ise, sistemde renkveren ve dolgu maddelerinin yüzeylerinin ve aralarının tam olarak bağlayıcı ile kaplandığı boyalardır (Şekil 2.2.b).

3. $RHD/KRHD > 1$ ise, sistemde renkverenlerin yüzeyini ve renkveren aralarını dolduracak kadar yeterli bağlayıcı olmadığını gösterir. Bu durumda, boyanın yabancı madde geçirgenliği ve kabarcıklanmaya karşı eğilimi artarken, korozyona karşı dayanıklılığı ve parlaklığı düşer (Şekil 2.2.c).

Sistemde bağlayıcı miktarı azaldıkça yani RHD değeri arttıkça, boya filmi daha fazla gözenekli bir yapıya sahip olur ve bu durum da boyanın nem geçirgenliğini artırarak koruyuculuk özelliğini (barrier property) düşürür (Topçuoğlu ve diğ., 2006)

Şekil 2.3'de bir boyanın parlaklık, korozyona karşı dayanıklılık, kabarcıklanma ve geçirgenlik özelliklerinin RHD değerine göre nasıl değiştiği gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Boya Özelliklerinin RHD ile değişimi (Asbeck ve Van Loo, 1949)

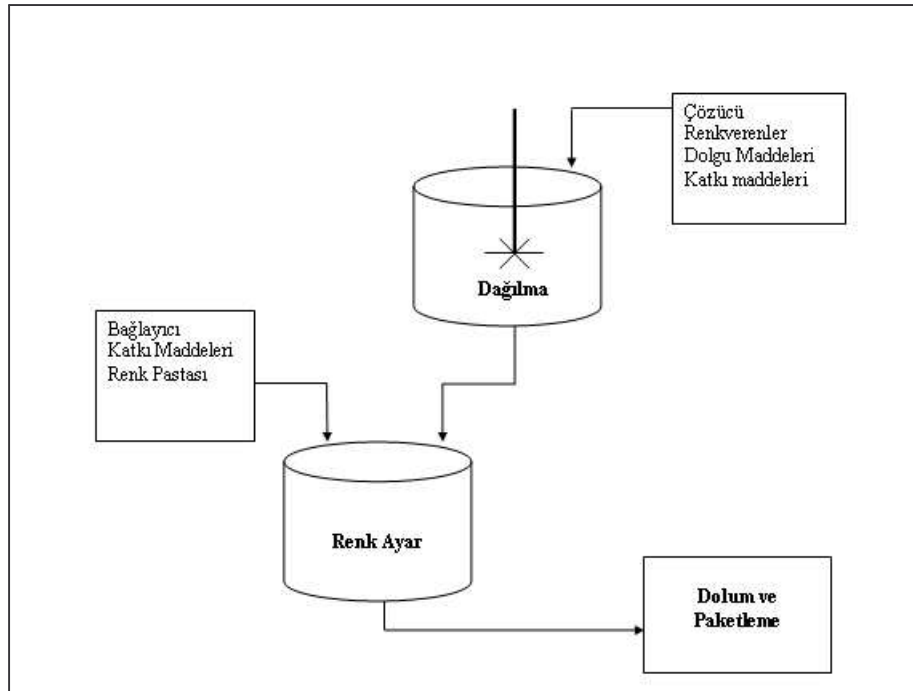
2.5 Su Bazlı Boyaların Üretimi

Boya üretimi; sırasıyla dağılım, renk ayar, dolum ve paketleme olmak üzere üç aşamadan meydana gelir (Şekil 2.4).

Dağılım, renkveren ve katkı maddelerinin yüksek hızlı karıştırıcılarda çözücü içerisinde dağıtıldığı aşamadır. Dağılım kazanına önce çözücü ve katkı maddeleri konularak sürekli karıştırma ile başlanır. Sonra renkverenler ve dolgu maddeleri eklenerek yüksek hızlı dağılım başlatılır. Yüksek devirde belirli bir süre dağıtıldıktan sonra ezilme kontrolü yapılır. Ezilme değeri öngörülen sınırların içinde ise renk ayar kazanlarına yollanır.

Renklendirme aşamasında; boyaya bağlayıcı, renk pastaları ve çeşitli katkı maddeleri eklenerek düşük devirli karıştırıcılarda belirli bir süre karıştırılır. İstenilen rengin elde edildiği onaylandıktan sonra ürün dolum bölümüne yollanır.

Daha sonra elde edilen boya, dolum makinalarına yollanarak istenilen ambalajlara dolumu yapıldıktan sonra paketlenerek sevk edilmeye hazır hale getirilir.



Şekil 2.4: Boya üretimi genel akım şeması

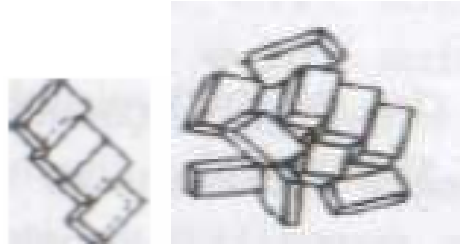
Boya üretiminde en önemli aşama dağılım (dispersiyon) aşamasıdır.

2.6 Dağılım

Dağılım toz halindeki renkveren ve dolgu maddelerinin daha küçük parçacıklara ayrılarak çözücü içinde homojen bir şekilde dağıtılma işlemidir. Dağılım sırasında ezilme, ıslatma ve kararlı kılma (stabilizasyon) olmak üzere birbiri içine geçmiş üç aşama gerçekleşir.

2.6.1 Ezilme

Renkverenler ve dolgu maddeleri kuru halde birincil (primer) tanecikler, birikinti (aggregat) ve topaklardan (agglomerat) oluşur. Birincil tanecikleri, renkveren ve dolgu maddelerinin en küçük birimleridir. Birikinti, birincil parçacıklarının birbirlerinin yüzeyleri üzerinde toplanarak oluşturduğu bir kümedir. Topaklar (agglomeratlar) ise, birincil parçacıkların ve birikintilerin köşeleri ve kenarları üzerine toplanarak meydana getirdikleri kümelerdir (Paksoy, 1999). Şekil 2.5’de kübik yapılu bir renkveren tipinin birikinti ve topak hali görülmektedir.



Şekil 2.5: Renkveren ve dolgu maddeleri birikinti ve topak görünümü örneği

Renkverenler, sahip oldukları renkveren yüzey serbest enerjilerinin etkisiyle birbirlerine çekim kuvveti uygularlar. Bu çekim kuvvetlerinin etkisi ile renkverenler birbirlerine ikincil valens kuvvetleri (van der Waals) ile bağlanırlar. Renkveren parçacıklarının büyüklüğü arttıkça ve parçacıklar arasındaki uzaklık azaldıkça, van der Waals kuvvetleri ile parçacıkların birbirini çekme gücü artar ve birincil parçacıklara dönüşmüş renkverenlerin tekrar birikinti ve topaklara dönüşmesi kolaylaşır.

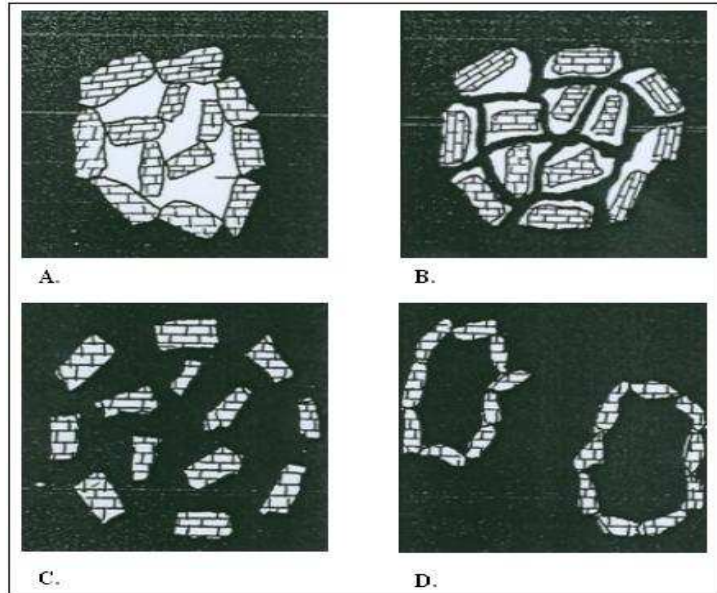
Dağılım ile bu kuvvetlerin tersine, renkverenlere bir kesme hızı (shear rate) uygulanarak bu bağlar kırılır. Böylece, topakların ve birikintilerin birbirinden ayrılarak birincil parçacıklara bölünmesi sağlanır.

Renkveren ve dolgu maddelerinin birincil parçacıkları küçük kristallerdir. Bu kristal yapılar, dağılım sırasında aşırı ezilmeye tabi tutulup parçalanmamalıdır. Kristal yapıların parçalanması renkverenlerin yapısal özelliklerinin istenmeyen bir şekilde değişmesine neden olur.

2.6.2 Renkveren ve dolgu maddelerinin bağlayıcı tarafından ıslatılması

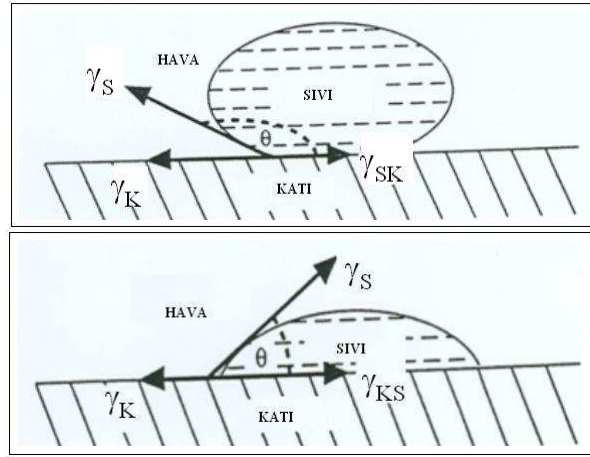
Boyanın dağılımı sırasında renkveren parçacıklarının bağlayıcı tarafından sarılması aşamasına 'ıslatma' denir. Renkverenlerin iyi bir şekilde ıslatılması ve sarılması boyanın dağılım ve yapışma kalitesini doğrudan olumlu bir şekilde etkiler.

Dağılım sırasında renkveren birikinti ve topakları ne kadar birincil parçacıklara çevirilirse, bağlayıcının renkverenleri sarması o kadar iyi gerçekleşir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: A: Birikinti ve topaklar, B: Dağılım sonrası, C: Bağlayıcı karışımı ile renkverenlerin ıslatılması, D: Kararlı kılma sırasında topaklanma (flokulasyon) oluşumu (Hare, 1994)

Bağlayıcının renkveren parçacıklarını sarması katı-sıvı serbest yüzey enerjilerinin etkileşimi ile açıklanır. Her katı-sıvı, içindeki moleküllerini dağılımına ve aralarında kurdukları bağa bağlı olarak bir yüzey gerilimi oluşturur. Bir renkveren bağlayıcı ile karşılaştığı zaman, renkveren yüzeyi, yüzey gerilimine bağlı olarak sıvıyı dağıtma eğilimi gösterirken, sıvı molekülleri ise yüzey alanını minimuma düşürme eğilimi gösterirler (Zisman, 1964). Bu durumda, bağlayıcının yüzey gerilimi ne kadar düşük ise renkveren ile yaptığı açı o kadar düşer ve renkvereni o kadar kolay sasar. (Şekil 2.7)



Şekil 2.7: Bağlayıcının renkvereni sarması

Bağlayıcının renkverenleri daha kolay bir şekilde sarması için bağlayıcının yüzey ile yaptığı açının düşürülmesi ve yüzey geriliminin azaltılması gerekir. Yüzey geriliminin azaltılması yüzey ıslatıcıları adı verilen ve eklendikleri ortamın yüzey gerilimini düşüren maddeler ile sağlanır. Yüzey geriliminin azaltılması ile, uygulama sırasında köpük oluşumu ve yüzey gerilimleri farkından kaynaklanabilecek film hataları engellenir (Hellgren ve diğ., 1999)

2.6.3 Dağılımın kararlı kılınması

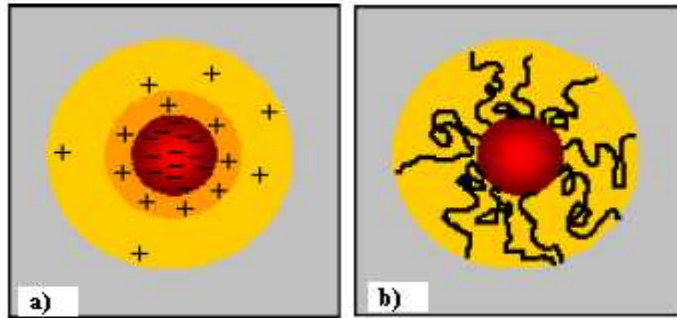
Yeni dağılıma uğramış boyada bulunan renkveren parçacıkları sürekli bir hareket halindedir. Bu harekete Brownian Hareketi denir. Bu hareketin etkisi ile renkveren parçacıkları arasında sürekli bir çarpışma (collision) gerçekleşir (Mikulgek ve diğ., 1997). Bu çarpışma ile renkveren parçacıkları birbiri ile çarpışırken tekrar aralarında bağ kurarak topaklanma (flokulasyon) oluştururlar. Sıvı fazda yüksek akma değeri ile

renkverenlerin hareketleri kısıtlanır ve topaklanma bir derece engellenmiş olur. Fakat, sadece akmazlık ayarı ile topaklanmanın engellenmesi mümkün değildir. Topaklanmanın engellenmesi için bazı enerji engellerinin kurulması gerekmektedir (Patton, 1970). Bu nedenle, renkverenlerin ıslatma aşamasında aktif olarak görev alan ve aynı zamanda kararlı kılma aşamasında da etkin olan yüzey ıslatıcıları (yüzey aktif maddeleri) kullanılır.

İki adet renkveren taneciği karşı karşıya geldiği zaman iki tip kuvvet ile Van der Waals çekme kuvvetlerine karşı gelirler;

1. Elektrostatik kuvvetler: Renkveren taneciklerinin içinde ve yüzeyinde bulunan yüklerin enerjisinden ortaya çıkar. Bu elektrostatik yükler, dağılım sırasında dışarıdan eklenen ve renkverenlerin yüzeyine yapışarak iyonize olabilecek maddeler olan ıslatıcılar ile artırılır. Renkveren yüzeyinde pozitif, ya da çoğunlukla negatif yükler birikir ve renkverenlerin birbirini itmesi sağlanır (Şekil 2.8.a).

2. Sterik Engel Kuvvetleri (Steric Hindrance Kuvvetleri): Renkveren parçacıklarını birbirinden iten kuvvetlerdir. Dışardan eklenen çok büyük ve karmaşık şekilli polimer molekülleri dağılım sırasında ve dağılım sonrasında renkveren parçacıklarının yüzeyine tutunarak, renkverenleri birbirinden uzaklaştırır ve renkverenlerin aralarında tekrar bağ yapılmasını engellerler (Şekil 2.8.b).



Şekil 2.8: a) Elektrostatik kararlılık b) Sterik kararlılık (Borchers, 2007)

2.6.3.1 Topaklanma oluşumu (flokulasyon)

Boya üretiminde dağılım iyi bir şekilde sağlanmaz ise, ya da uygun katkı maddeleri kullanılmaz ise, boyada topaklanmalar oluşur. Topaklanma, birincil parçacıkların zamanla birbirleriyle birleşerek tekrar birikinti ve topaklara dönüşmesi anlamına gelir.

Boyanın ıslak ve kuru film estetik özellikleri topaklanma derecesi ile değişir. Dağılımdan sonra kararlı kılma aşamasında topaklanmamış boya, boyanın en uygun dağılıma sahip olduğunu gösterir. Bu tip boyanın, en iyi optik özelliklere (örtücülük ve parlaklık) sahip olması ve boyanın yayılma özelliğinin çok iyi olması beklenir. Topaklanmaya uğramış boyada ise, sistemde parçacık büyüklüğü arttığından ve homojen dağılımın bozulmasından örtücülük, parlaklık gibi optik özelliklerinin ve yayılma özelliğinin kötüleşme eğilimi göstermesi beklenir (Tiarks ve diğ., 2003).

2.6.4 Yüzey ıslatıcıları ile ıslatma ve kararlı kılma

Yüzey ıslatıcıları; elektrostatik kuvvet veya sterik engel kuvvetlerini kullanarak, renkverenlerin bağlayıcı tarafından kolayca sarılmasını ve renkverenlerin birbirlerini itmelerini sağlar. Yüzey ıslatıcıları çift karaktere sahip olup tek tarafı polar diğer tarafı apolardır. Polar kısmı susever (hidrofilik) tarafını oluşturur ve renkveren taneciğine tutunur, apolar kısmı ise susevmez (hidrofobik) tarafı oluşturur ve sıvı kısım, ya da bağlayıcı tarafına tutunur (Vash, 1987).

Yüzey ıslatıcıları yapıları itibariyle dört ana sınıfa ayrılır. Bunlar;

1. Anyonik yüzey ıslatıcılar
2. Katyonik yüzey ıslatıcılar
3. İyonik olmayan yüzey ıslatıcılar
4. Amfoterik yüzey ıslatıcılar

2.6.4.1 Anyonik yüzey ıslatıcıları

Anyonik yüzey ıslatıcıları, çözeltinin içinde iyonize olarak eksi yüklü susevmez gruplar ortaya çıkarırlar. Tipik anyonik yüzey ıslatıcıları; sodyum tuzları, yağ asitleri

(palmitik, stirik ve oleik asit), sülfat ve sülfonat grupları ile fosfat esterleridir (Hellgren ve diğ., 1999).

2.6.4.2 Katyonik yüzey ıslatıcıları

Katyonik yüzey ıslatıcıları ise, çözeltinin içinde iyonize olarak artı yüklü susevmez gruplar ortaya çıkarılırlar. Artı yüklü kısım renkveren yüzeyine yapışarak renkverenin çok uzun süre askıda kalması sağlanır. En çok kullanılan katyonik yüzey ıslatıcısı kuaterner amonyum tuzudur.

2.6.4.3 İyonik olmayan yüzey ıslatıcıları

Anyonik ve katyonik ıslatıcılar gibi, iyonik olmayan yüzey ıslatıcıları çözelti içerisinde iyonize olmazlar. Susever karakteri, molekülün bir tarafına hidroksil ve eter gibi organik moleküller bağlanarak sağlanır. Susever molekülün zincir uzunluğu değiştirilerek, molekülün suseverlik özelliği güçlendirilebilir. En çok kullanılan iyonik olmayan ıslatıcılar, polietilen oksitfenil türevleri ve polivinil alkollerdir.

2.6.4.4 Amfoterik yüzey ıslatıcıları

Amfoter yüzey ıslatıcıları ortamın asitlik değerine bağlı olarak anyon, ya da katyon gibi davranırlar. Boya formülasyonlarında ıslatıcı olarak çok fazla tercih edilmez (Hellgren ve diğ., 1999).

2.6.5 Yüzey etkin maddelerin seçimi

Yüzey ıslatıcılarının seçimi oldukça özeldir ve tipi ile miktarı açısından deneme yanılma yönteminin uygulanmasını gerektirir. Su bazlı boya sistemlerinde çoğunlukla anyonik ve iyonik olmayan sistemler birlikte kullanıldığında daha etkili bir dispersiyon elde edilebilir (Hoshida ve diğ.,2006). Sadece belirli bir miktarda anyonik ıslatıcı renkveren yüzeyine tutunabilir. Belirli bir miktardan fazlası renkverenler arasındaki itme kuvvetini önemli ölçüde etkilemez. Bu durumda, iyonik olmayan ıslatıcı eklenmesi boyanın kararlılığı açısından önemlidir (Fordyce ve diğ., 1987).

2.6.6 Dağılım ekipmanları

Dağılımın gerçekleştiği çok çeşitli ekipmanlar bulunur.

- Karıştırıcılar (Mikserler)
- Boncuk Değirmenleri (Per Mill)
- Bilyalı değirmenler
- Yüksek Hızlı Karıştırıcılar

Son yıllarda dağılımın daha kolay, daha ekonomik ve başarımının daha yüksek olması nedeniyle “Yüksek Hızlı Karıştırıcılar”a eğilim artmıştır. Bu çalışma yüksek hızlı karıştırıcılarda yapılmıştır.

2.6.6.1 Yüksek hızlı karıştırıcılar

Yüksek hızlı karıştırıcılar, temel olarak dağılımı sağlayan bir dağılım bıçağı, dağılım bıçağını döndüren bir motor, ve karıştırmanın sağlandığı bir dağılım kazanından oluşur (Şekil 2.9 ve Şekil 2.10). Genel olarak dağılım sırasında en az 20 metre/saniye’lik çevresel hız kullanılır (Daniel, 1970).

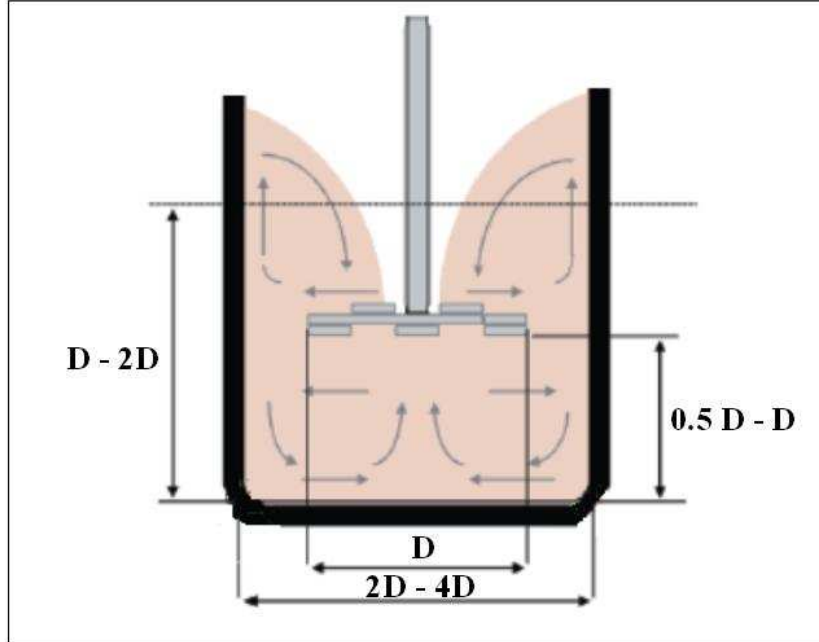


Şekil 2.9: Yüksek hızlı karıştırıcı ve dağılım bıçağı (Niemann, 2007)



Şekil 2.10: Yüksek hızlı karıştırıcı ve dağılım kazanı (Niemann, 2007)

Dağılım bıçağı ile dağılım kazanı arasında bir geometri vardır (Şekil 2.11). Bu geometriye uyulduğunda renkveren parçacıklarının en iyi seviyede birbirine çarpıtıldığı düşünülür. Bu nedenle, bu geometrik şekil ortaya çıkarıldığında sistem en iyi seviyede dağılıma uğrar.



Şekil 2.11: Yüksek hızlı karıştırıcı dağılım geometrisi (Patton, 1979).

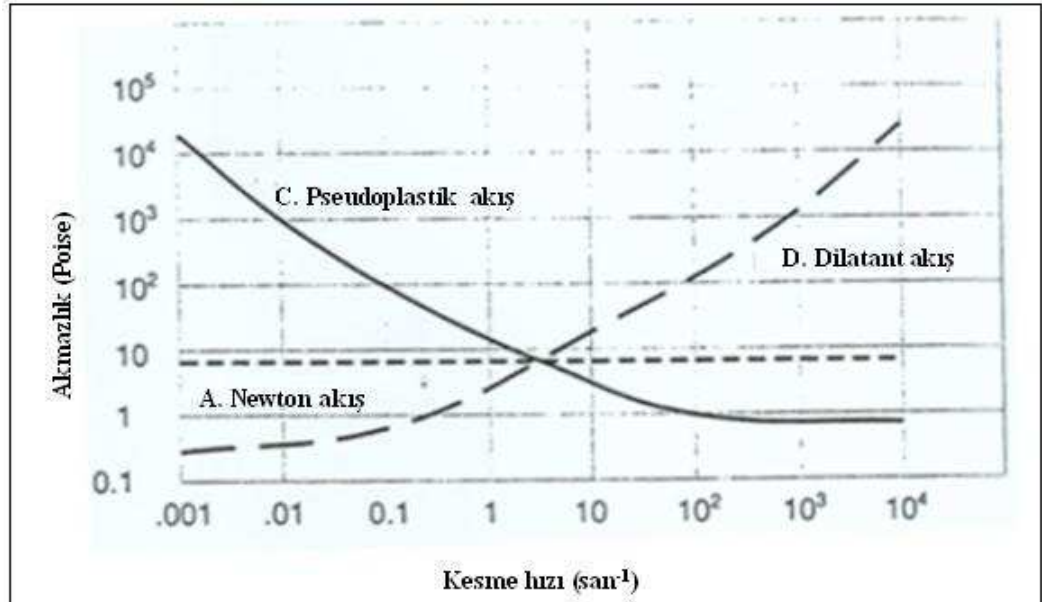
Dağılım sırasında Şekil 2.12’da görünen ürün hareketine ‘burgaç (vortex) hareketi’ denir. Dağılım yapılırken burgaç oluşumu gözleniyorsa mekanik olarak taneciklerin birbirine en iyi şekilde çarptırıldığı düşünülür.



Şekil 2.12: Yüksek hızlı karıştırıcıda burgaç görüntüsü (Niemann, 2007)

2.7 Boyanın Reolojisi

Boya sıvı haldeyken, boyaya kesme hızı uygulandığında farklı akma davranışları sergilerler (Şekil 2.13)



Şekil 2.13: Kesme hızı uygulandığında boya akma davranışları (Paksoy, 1999)

Newton akışkanlı boyalarda artan kesme hızı ile akma hızı değişmez, sabit kalır.

Yapısal (pseudoplastik) akma hızı davranışına sahip boyalar, artan kesme hızı ile akma hızı azalan boyalardır. Birçok boyada rastlanan ve istenen bir özelliktir. Boyanın dağılımı sırasında artan çevresel hız ile boya karışımına uygulanan kesme kuvvetinin artması ile önce akma hızında artış daha sonra düşüş gözlemlenir. Tiksotropi olarak da adlandırılan bu davranış, boyaya hareketli haldeyken düşük akma hızı, durgun haldeyken yüksek akma hızı özelliği kazandırır. Bu davranış, boya hareket haldeyken içindeki renkveren ve dolgu maddelerinin düzenli bir şekilde sıralanması ve saçaklı polimerlerin hareket halindeyken hizaya gelmeleri ile iç sürtünmenin düşerek kesme hızının artması sonucu oluşur. Böylece akma hızı düşer (Gündüz, 2005).

Dilatant akışkanlı boyalarda ise; artan kesme hızı ile iç sürtünme artar ve akma hızı yükselir. Bu durum ise, hareket halindeyken boyanın içindeki makromoleküllerin aralarındaki çekme kuvvetlerinin yükselmesi ile açıklanabilir.

Boyanın dağılımı sırasında boyaya yüksek kesme hızı uygulanır. Fakat, pasta akma hızı değerinin (mill-base viscosity) dağılım ekipmanının motorunu ve dağılım bıçağını zorlamaması için ve pastanın aktarımının kontrol edilebilmesi için çok yüksek olmamalıdır. Böylece, yüksek kesme hızında akma hızının istenilen seviyeye düşmesi istenir.

Boya üretimi tamamlandıktan sonra kutulara dolun yapılarak, boyanın uzun bir süreci olan depolanma aşaması başlar. Depolanma aşamasında, boya çok çok düşük kesme hızı etkisi altında kalır ve bu durumda boyanın renkverenlerinin birbirleri ile tekrar bağ kurarak topraklar oluşturması ve çökmesi söz konusu olabilir. Bu aşamada, boyanın akma hızı renkverenlerin çökmesini engelleyecek kadar yüksek seviyede tutulmalıdır (yapısal akma hızı davranışı). Bu da kalınlaştırıcı katkı maddeleri ile sağlanır. Newton ve dilatant karakterli boyalarda, depolama aşamasında çökmeler meydana gelir ve uygulama hataları oluşur.

Uygulama için hazırlık, boya kutusunun kapağının açılması ve el ile karıştırılarak uygulamaya hazır hale getirilmesi aşamasıdır. Bu aşamada, boya eğer depolanma

sırasında renkveren çökmesine uğradıysa akma hızı önemli ölçüde artar ve karıştırılması zorlaşır. Bu aşamada yapısal akma davranışına sahip boyalarda olduğu gibi, belirli bir kesme hızı uygulandığında boyanın akma hızının düşmesi istenir. Newton ve dilatant boyalarda bu durum gerçekleşmez.

Boyanın yüzeye uygulandıktan sonra yayılması aşamasında düşük kesme hızı altında çok düşük akma hızına sahip olursa boyanın akma (sagging) durumu yaşanır ve boya yüzeyi alacalı olur. Boyanın akma hızı çok yüksek olduğu durumlarda ise boya yeterli derecede yayılmadan kurur ve yüzeyde fırça izleri kalır.

Kullanılan kalınlaştırıcılar ile boyaya yapısal akma (pseudoplastic) karakteri kazandırılır. Farklı kalınlaştırıcı tipleri ile boyaya farklı akma ve farklı yayılma özelliği kazandırılabilir ve bu durum boyanın örtücülük ve parlaklık gibi estetik özelliklerini etkiler (Kastner, 2001).

2.7.1 Su bazlı boyalarda kullanılan kalınlaştırıcılar

2.7.1.1. Selülozik kalınlaştırıcılar - HEC (cellulosic thickeners)

Lateks boyalarda en çok kullanılan kalınlaştırıcı tipi iyonik olmayan selülozik eter bazlı kalınlaştırıcılardır. Selülozlar suda çözünmezler ve çok karmaşık ve yüksek derecede hidrosile edilmiş moleküller olmalarına rağmen, çok düzenli hidrojen bağlarına sahip moleküllerdir. Bu düzenli yapı, selülozik polimerlerin ana yapılarına, hidroksi-etil, hidroksi-propil gibi gruplar bağlanarak bozulur. Bu bozulma selülozik zincirlerin açılmasını ve suyun zincirler arasına girerek selülozik polimerin su içinde çözünmesini sağlar (Blake, 1987).

Yüksek moleküllü selülozik kalınlaştırıcılar, dağılım sırasında sisteme eklenir ve bu moleküller su ile hidrojen bağları kurarak çözeltinin akma hızının artmasını sağlarlar. Bu bağlar çok kuvvetli olmadığı için dağılımda uygulanan yüksek kesme hızında, kolay bir şekilde birbirinde ayrılır ve boyanın akma hızı düşer. Bu nedenle, HEC tipi kalınlaştırıcıların yapısal akma özelliği çok yüksektir (Kastner, 2001). Bunun

yanında, selülozik kalınlaştırıcılar, renkverenlerin etrafında kolloitisel bir tabaka oluşturarak, dağılım sonrasında boyanın kararlı kılınmasını da sağlarlar.

Selülozik kalınlaştırıcılar kullanıldığında, oluşan boyanın düşük kesme kuvveti altında akma özelliği oldukça yüksek iken, yüksek kesme kuvveti akma özelliği ise oldukça düşüktür (Kastner, 2001). Düşük kesme kuvvetinde yüksek akma özelliği, boyanın bekleme döneminde renkveren çökme direncini ve uygulama sırasında boyanın akma direncini artırır. Fakat, bitmiş filmde, yüksek akma özelliği boyanın akmasını düşürürken, yayılma özelliğini de düşürür. Bu çalışmada hidroksi-etil-selüloz (HEC) tipi kalınlaştırıcı kullanılmıştır.

2.7.1.2. Anyonik tipi birleştirici kalınlaştırıcılar (anionic associative thickeners)

Anyonik kalınlaştırıcılar, polikarboksilik asit bazlı poliakrilat kalınlaştırıcılar olup suda çözünürler. Selülozik kalınlaştırıcılara göre biraz daha farklı bir kalınlaştırma mekanizması bulunur. Polimerin susevmez akrilat ana yapısı genellikle 10-20 karbon uzunluğunda alkil ya da aril molekül zincirleri ile değiştirilir. Bu susevmez zincirler renkveren yüzeyinde ve bağlayıcı polimeri üzerinde bulunan diğer susevmez moleküllerle birleşir. Bu kalınlaştırıcılara susevmez olarak değiştirilmiş alkali çözümler emülsiyonları denir (HASE) (Shay, 1989).

HASE tipi kalınlaştırıcıların susevmez zincirleri iki veya daha fazla renkveren parçacıklarına bağlanarak akma özelliği artırır. Zincirler arası çapraz bağlar da oluştuğu için, düşük kesme hızında (boya durgun halde iken) akma özelliği yüksek iken, yüksek kesme hızında da (dağılım sırasında) akma özelliği HEC tipi kalınlaştırıcılarda olduğu kadar düşmez (Kastner, 2001).

2.7.1.3 İyonik olmayan birleştirici kalınlaştırıcılar (nonionic associative thickeners)

Anyonik Birleştirici tipi kalınlaştırıcılar gibi polimerin ana yapısına uzun alkil ve aril molekülleri bağlanmış olup diğer susevmez moleküller ile hidrojen bağları kurarak kalınlaştırma sağlar. İyonik olmayan birleştirici kalınlaştırıcılara, susevmez olarak

değiştirilmiş etilen-oksit üretan blok kopolimeri (HEUR) denir (Schaller ve Sperry, 1992).

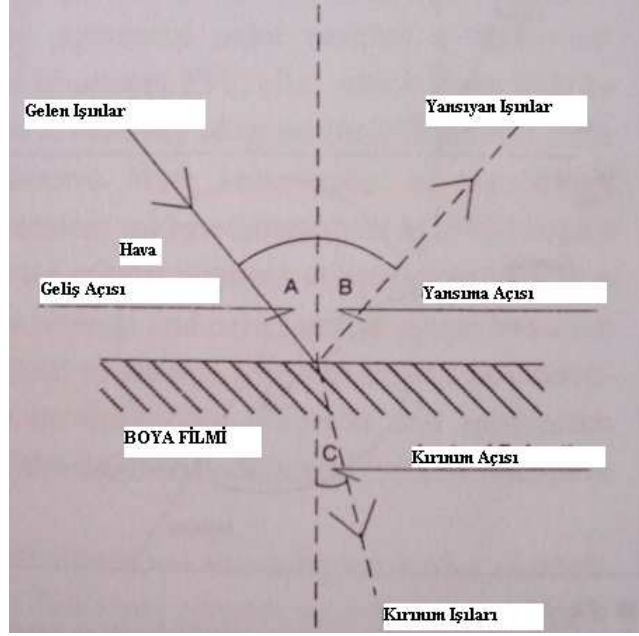
2.8 Boyanın Estetik Özellikleri

2.8.1 Parlaklık, örtücülük ve renk gücü

Her ne kadar boyanın temel amacının yüzeyi korumak olsa da boyanın estetiğine de oldukça önem verilmektedir. Bu nedenle, boyanın koruyuculuk özelliği düşünülürken, parlaklık, örtücülük ve renk gibi estetik özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Boyanın parlaklık, örtücülük ve renk özelliği boyanın korozyona dayanıklılığı ile doğrudan bağlantılıdır.

2.8.2 Parlaklık ve örtücülük

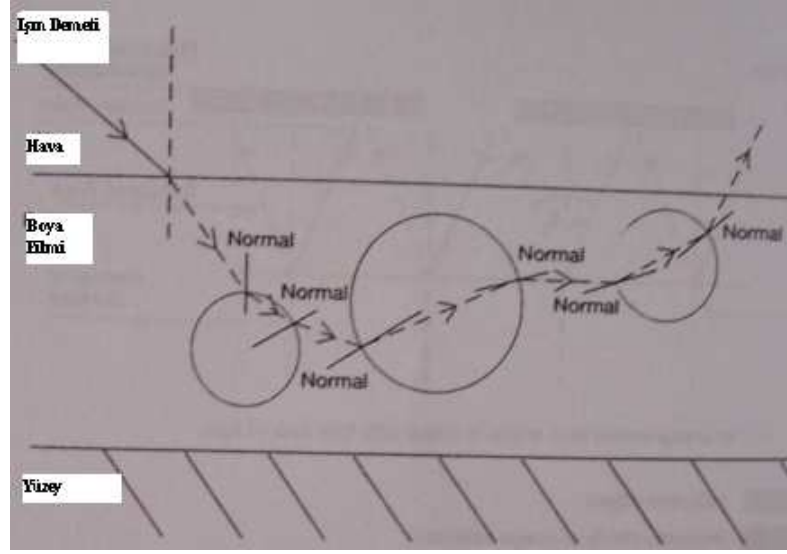
Bir ışık demeti boya filminin üzerine düştüğü zaman, bir kısım ışık demeti film yüzeyinden geri yansır, bir kısım soğurur ve diğer kısım ise film içinde kırınım uğrar. Beyaz boyalarda, soğurma çok az olduğundan dolayı sadece yansıma ve kırınım gerçekleşir denilebilir. Renkli boyalarda ise çoğunlukla renge göre seçici olarak, ya da siyah boyalarda tamamı olmak üzere soğurma gerçekleşir. Yüzeye gelen ışın demetinin bir kısmı yansır ve ışığın yüzeyin normali ile yaptığı açı ile yansıma açısı birbirine eşittir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: Boya filmine gelen ışınların davranışı

Film içinde kırınıma uğrayan ışık demeti boya filmi içerisinde kırınım indisi daha yüksek taneciklere çarparak sürekli kırınıma uğrar ve boya filminin yüzeyinden geri yansır. Bu durum boyanın geçirgenliğini düşürerek boyaya örtücülük kazandırır (Hare 1994).

Bir ışık demeti bir boya filminin içinde ne kadar çok kırınıma uğrar ise boya filminin içine giren ışınlar yüzeyden o kadar çok geri gönderilir. Başka bir deyişle, ortamların kırınım indisi farkı ne kadar çok olursa ve boya filminin içindeki dağılmış tanecik sayısı ne kadar homojen olursa boya filmi o kadar örtücü olur (Şekil 2.15).



Şekil 2.15: Bir ışın demetinin film yüzeyinden geri yansımaları

Bağlayıcıların kırınım indisi genelde birbirine çok yakındır ve 1.5 ile 1.6 arasında değişir. Bu nedenle, bir boya filminde bağlayıcıyı değiştirmek boya filminin örtücülük özelliği anlamında çok fazla değişiklik yaratmaz.

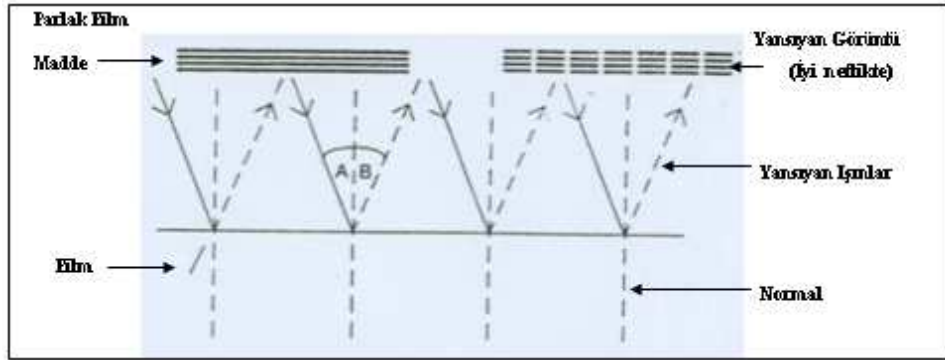
Dolgu maddeleri ve bağlayıcılar ile hemen hemen aynı kırınım indisine sahiptir. Bu nedenle boya içerisinde dolgu maddelerini arttırmak örtücülüğü önemli düzeyde etkilemez. Titan dioksit ise oldukça yüksek kırınım indisine sahiptir ve boyaya asıl örtücülük özelliği katan renkverendir. Fakat, titandioksit pahalı bir hammadde olduğundan, boyada yeterli optik özellikler sağlandığı sürece titandioksit en az miktarda kullanılmaya çalışılır. Bunun için, titandioksit ile birlikte farklı tipte kaolin ve silika kullanılarak boyanın optik özelliklerini iyileştirmek de mümkündür (Sare ve diğ., 2007).

2.8.3 Renkveren miktarının artışı

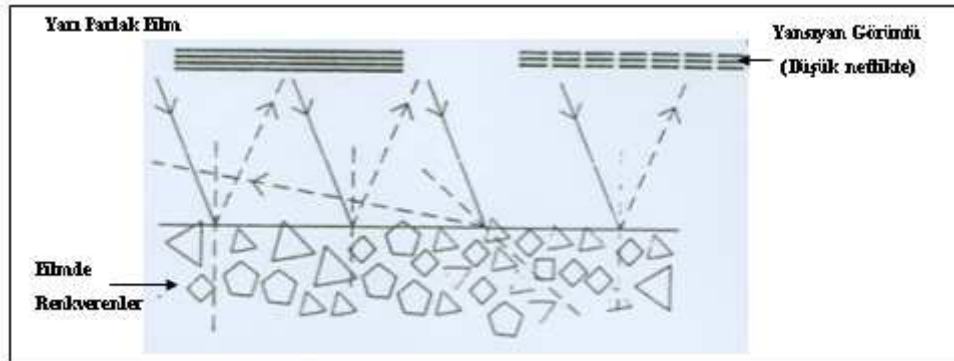
Örtücülüğü arttırmanın en kolay yollarından birisi formülasyondaki titan miktarını arttırmaktır. Titandioksit kullanılan bir boyada, boyanın optik özellikleri RHD %20 ile %30 değerlerinde en iyi değere ulaşır (Braun, 1993). Fakat, titandioksit pahalıdır ve belirli bir RHD %30'dan sonra sisteme titandioksit eklemek sistemin örtücülüğünü arttırmaz. 0,25 μm büyüklüğündeki titandioksit tanecikleri birbirlerine çok yaklaşarak

ışık ile karşılaşma yüzdeleri düşer. Bu nedenle, titandioksit tanecikleri belirli aralıklarla dağıtılmalıdır. Bu amaç için dolgu maddesi olarak kaolin kullanılır. Bunun yanında, silika hammaddesi de titandioksit taneciklerinin yüzeyine tutunarak, tanecikler arası uzaklığın artmasını sağlar. Bu durum, artan RHD ile örtücülüğün düşmesini engeller (Bolt, 1999).

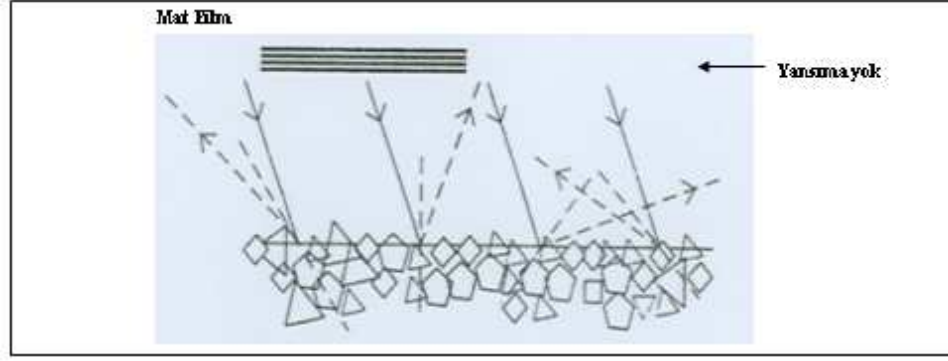
Kritik renkveren hacim derişimi değerine yaklaştıkça, boyanın esneklik, darbe dayanımı, geçirgenlik, korozyon dayanımı gibi fiziksel başarımlar özellikleri kötüleşmeye başlar. Akma çok yükselir ve uygulama zorlukları ortaya çıkar. Bunun yanında, renkveren taneciklerinin kritik renkveren hacim derişimi değerinden fazla artırılması, renkveren taneciklerinin yüzeyden dışarıya taşmasını sağlayarak yüzeyin düzenli ve düz olmasını engeller. Yüzeye gelen paralel ışınların farklı açılarda yansımalarını sağlar ve parlaklığı düşürür.



Şekil 2.16: Parlak filmde yansıyan ışınlar



Şekil 2.17: Yarı-parlak filmde yansıyan ışınlar



Şekil 2.18: Parlak olmayan - donuk filmde yansıyan ışınlar (Hare 1994).

Bir filmin parlak olabilmesi için film yüzeyine gelen ışınların paralel olarak geri yansıması gerekmektedir. Bu durum da film yüzeyinin oldukça düzgün olmasını gerektirir (Şekil 2.16). Parlak bir boya formülasyonuna bağlayıcısını değiştirmeden renkveren eklemeye başlandığında boya formülasyonu kritik renkveren hacim derişimine yaklaşır ve yarı parlak hale gelir (Şekil 2.17). Renkveren eklemeye devam edildiğinde boya formülasyonu kritik renkveren hacim derişiminin üstüne çıkar ve boya filmi donuklaşmaya başlar (Şekil 2.18).

2.8.4 Renkveren dağılımının iyi bir şekilde sağlanması

Boyanın içerisindeki renkveren taneciklerinin iyi bir şekilde dağılıma uğramasını sağlamak, renkverenlerin yüzey alanını büyümesini sağlar. Bu durum, yüzeyden kırınıma uğrayarak boya filminin içine giren ışınların sürekli kırınıma uğrayarak yüzeyden geri yansımasını sağlar, hem de yüzeyin daha düzgün olmasını sağlayarak parlaklık değerini de artırır.

BÖLÜM 3. İSTATİSTİKSEL TEKNİKLER

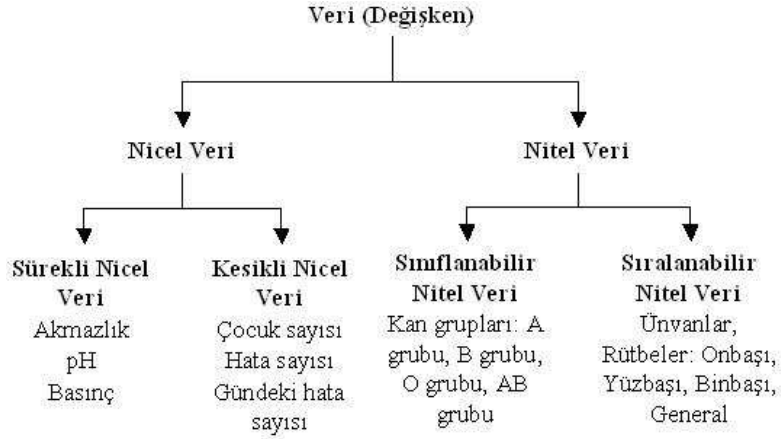
3.1 Giriş

Bilimsel çalışmalardaki sonuç çıkarımı ve kararların en sağlıklıları, verilere dayalı olan sonuç ve kararlardır. Ana amacı kıyaslama yapmak, tahmin yürütmek ve durum tespiti yapmak olan istatistik, sonuç çıkarma ve karar verme aşamalarında kullanılabilecek en temel ve güvenilir araçtır.

İstatistik, firma içinde üretilen veya firma dışından ara ürün olarak gelen ürünlerin tamamını denetlemek yerine, söz konusu anakütleden (yığından, partiden) örnek almak suretiyle, kalite özelliğine ilişkin elde edilen gözlem değerlerine dayanarak anakütlenin tamamı hakkında çıkarımda bulunmak (genelleme yapmak) için de kullanılan bir araçtır (Işığışok, 2005).

Veriler üzerine kurulmuş olan istatistikte, veriler nicel ve nitel veriler olmak üzere iki farklı bölüme ayrılmaktadır. Nicel veriler kendi içinde sürekli (continuous), ya da kesikli (discrete) olarak ikiye ayrılırken, nitel veriler ise sınıflanabilir (nominal) ve sıralanabilir (ordinal) olarak ikiye ayrılmaktadır. Tablo 3.1'de verilerin sınıflaması verilmektedir.

Tablo 3.1: Veri (değişken) türlerinin sınıflandırılması



Bir süreçteki girdi ve çıktı değişkenleri nicel, ya da nitel olabilmektedir. Süreçlerin çözümlemesinin yapılmasında girdi ve çıktıların nicel ya da nitel olmasına göre farklı türde istatistiksel teknikler kullanılabilir. Girdi ve çıktıların veri tiplerine göre hangi tekniklerin seçilebileceği Tablo 3.2’de verilmektedir.

Tablo 3.2: İstatistiksel tekniğin seçimi (Işığışık, 2005)

		ÇIKTILAR	
		Nitel	Nicel
GİRDİLER	Nitel	Oran testleri, Ki Kare Testi	T testi, F testi, Değişkenlik Çözümlemesi (ANOVA), Deney Tasarımı, İlinti (regresyon)
	Nicel	Lojistik regresyon, Diskriminant çözümlemesi	Uygunluk, Çoklu ilinti (regresyon)

3.2 Varsayım (Hipotez) Testleri

Bir araştırma ile elde edilen verilerin, istatistiksel açıdan önem taşıyıp taşımadığı sonucuna varmak için başvurulan yöntemlere önemlilik testleri, ya da varsayım

(hipotez) testleri denir. Varsayım testlerinde ana amaç anakütleden alınan örneklem sayesinde anakütle hakkında karar vermektir. Bu kararlar varsayım testlerinde çıkan sonuçlara göre alındığı için verilere doğru varsayım testinin seçilmesi önemlidir.

Geneli temsil etmesi amacıyla alınan örneklerde her zaman sıra dışı örnek alma riski vardır. Tanımlayıcı istatistik yardımıyla sıra dışı örnek seçme olasılığını tahmin edebiliriz (Cömert ve Arıtürk, 2004). Örneklemelerin çekildiği anakütle değişkenleri ile ilgili önermelere istatistiksel varsayım denir. İstatistikte kullanılan iki tür varsayım vardır:

H_0 : Sıfır Varsayımı, Farksızlık Varsayımı, ya da Yokluk Varsayımı olarak,

H_a : Seçenek Varsayımı, Alternatif Varsayım olarak isimlendirilmektedir.

Test sonunda H_0 kabul edilirse H_a reddedilir. H_0 reddedilirse edilirse, H_a kabul edilir.

Örneğin;

$H_0 : \mu_A = \mu_B$ A kümesi ile B kümesi ortalamaları arasında fark yoktur. (3.1)

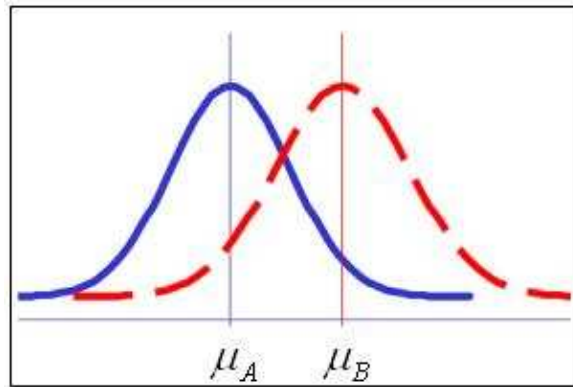
$H_a : \mu_A \neq \mu_B$ A kümesi ile B kümesi ortalamaları farklıdır. (3.2)

Ya da

H_0 : Sıcaklık ile Basınç değişkenleri arasında ilişki yoktur. (3.3)

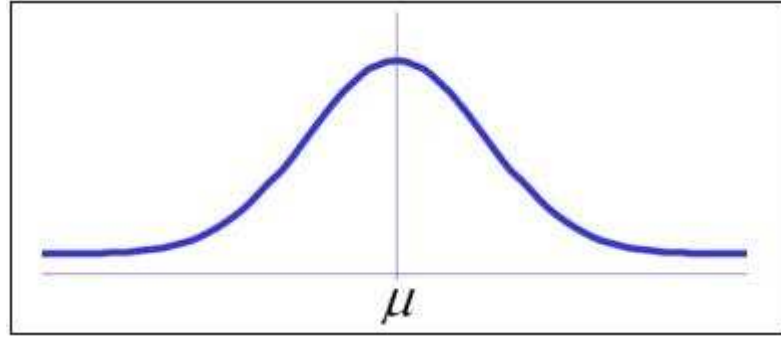
H_a : Sıcaklık ile Basınç değişkenleri arasında ilişki vardır. (3.4)

Örneğin (3.1) ve (3.2) denklemlerindeki A ve B kümelerini ele alalım. A kümesindeki anakütleden belirli sayıda örnek alınsın. Aynı şekilde B kümesindeki anakütleden de belirli sayıda örnek alınsın (Şekil 3.1).



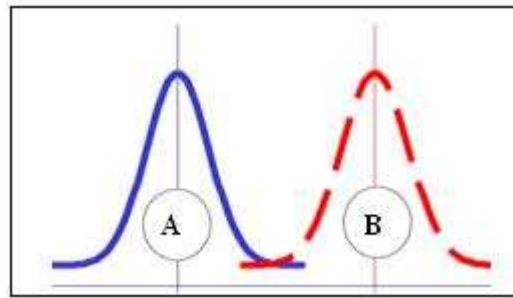
Şekil 3.1: A ve B anakütlelerinden alınmış olan örneklemelerin temsili dağılımı

İki kümenin ortalamaları arasındaki farklılık gerçekten anakütle kaynaklı mı, yoksa görünen farklılık tamamen örneklemden mi kaynaklıdır? Yukarıda kurulmuş olan (3.1) varsayımı doğruysa A ve B kümeleri arasında fark yoktur. Yani sıfır varsayımı farklılık olmadığını ve herhangi bir ölçütün kümeler arası gerçekte de değişmediğini gösterir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: A ve B kümeleri arasında gerçekte bir farklılık yoktur, iki küme beraber ele alınabilir

Eğer seçenek varsayımı yani 3.2 varsayımı doğruysa A kümesi B'ye göre farklıdır (Şekil 3.3). Seçenek varsayımı bize herhangi bir ölçütün kümeler arasında gerçekte de farklı olduğunu gösterir. İstatistiksel testlerde genellikle H_0 'yu reddetmek ve H_a 'yı kabul etmek için uğraşılır. H_0 'yu reddetmek için elde yeterli kanıt bulunması gereklidir (Cömert ve Arıtürk, 2004).



Şekil 3.3: A ve B kümeleri arasında sadece alınan örnekleme değil gerçekte de farklılık vardır

Bir karar verileceği zaman alınacak olan risk α ile belirtilmektedir. H_0 reddedilerek, H_a kabul edildiği zaman alınan riske α riski denir ve bu durum Tip I hatası olarak tanımlanır. α riskine yanılma düzeyi veya önemlilik seviyesi de denebilir. α risk düzeyi

düşükse o kadar güvenle H_a seçenek varsayımı kabul edilir. α risk seviyesi endüstriyel alanların birçoğunda %5 (0,05) olarak alınmaktadır. Bu tez kapsamında yapılan çözümlenmelerde de α risk %5 seviyesinde alınmıştır.

H_0 kabul edildiği zaman alınan riske ise β riski denmektedir. β seviyesi, gerçekte bir fark olduğu halde yapılan araştırma sonucunda bir fark bulunmamasından kaynaklanan Tip II hatasının oluşma olasılığı olarak da tanımlanabilir. $1-\beta$ ise testin gücünü ifade etmektedir. Tablo 3.3’de araştırma ve anakütle sonuçlarına ilişkin çapraz liste verilmiştir.

Tablo 3.3: Araştırma ve anakütle sonuçlarına ilişkin çapraz liste

ARAŞTIRMA SONUCU	GERÇEK (Anakütle)	
	Kümeler farklı	Kümeler farklı değil
Kümeler farklı	Doğru ($1-\beta$)	Tip I Hata (α)
Kümeler farklı değil	Tip II Hata ($1-\beta$)	Doğru

İstatistiksel çözümlenmelerde α seviyesi yerine P değeri kullanılmaktadır. P değeri İngilizce’deki “Probability” yani olasılık sözcüğünün baş harfini simgelemektedir. P değeri istatistiksel testin uygulanmasından sonra elde edilen bir değer olup, Minitab gibi istatistik paket programları sonuç aşamasında elde edilen test istatistiklerine ilişkin olarak doğrudan vermektedir.

P değeri $< \alpha$ ise, H_a varsayımı kabul edilir. (3.5)

P değeri $> \alpha$ ise, H_0 varsayımı kabul edilir. (3.6)

Örneğin; $\alpha = 0.05$ ise ve varsayım testleri 3.1 ve 3.2’de olduğu gibi oluşturulursa ve

$$H_0 : \mu_A = \mu_B$$

$$H_a : \mu_A \neq \mu_B$$

$P = 0,03$ çıkarsa H_a varsayımı kabul edilir ve iki kümenin ortalamaları arasında farklılık vardır denir. H_a varsayımı kabul edildiğinde alınacak olan risk %3’dür.

$P = 0,28$ çıkarsa H_0 varsayımı kabul edilir ve iki kümenin ortalamaları arasında farklılık yoktur denir. H_a varsayımı kabul edilip iki küme arasında fark vardır denirse alınacak olan risk %28'dir.

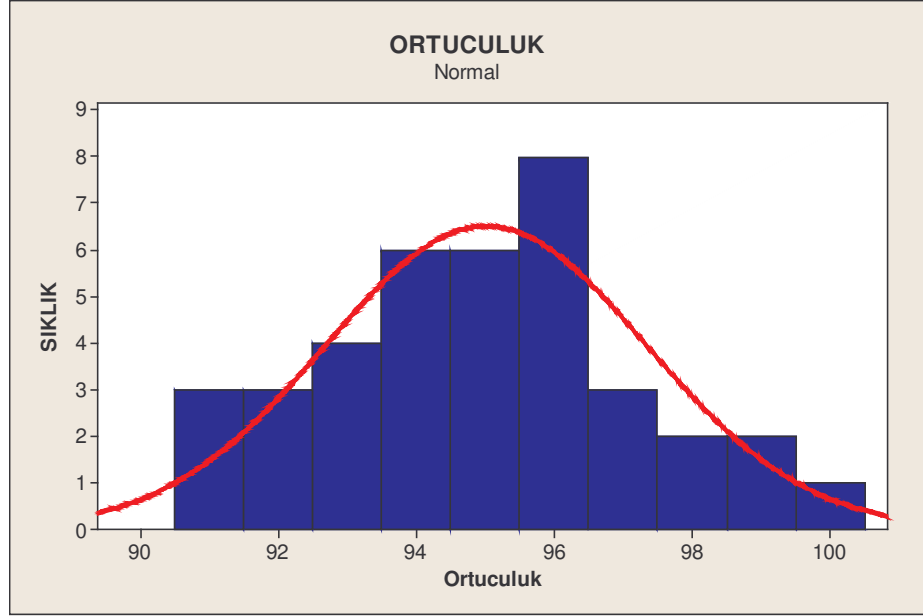
3.3 Varsayım Testleri Seçimi

Varsayım testleri temel anlamda parametrik ve parametrik olmayan testler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Parametrik testlerde ham veriler üzerinden ortalama, değişkenlik gibi ölçütler elde edilerek işlemler yapılır. Parametrik olmayan testlerde ise ham veriler sıralanır ve sıra numaraları verilir. İşlemler bu sıra numaraları üzerinden yapılır. Parametrik testler, parametrik olmayan testlere göre daha güçlü testlerdir. Fakat kullanılabilmesi için bazı varsayımların sağlanması gerekir.

Doğru varsayım testinin seçilmesi aşağıda belirtilen özelliklere göre yapılmaktadır:

1. Veri tipi: Veri tipleri ve veri tiplerine göre istatistiksel teknik seçimi üzerinde sırasıyla Tablo 3.1 ve 3.2'de durulmuştur.
2. İncelenen veri kümelerinin bağımlı, ya da bağımsız olması: Bir örnek üzerinde birden fazla inceleme yapıldığında kümeler bağımlı olur. Örneğin anakütleden alınmış örneklerle hem cetvel ile hem de elektronik kumpas ile kalınlık ölçümü yapıldığında ve iki ölçümün sonuçları karşılaştırılmak istendiğinde burada bir bağımlılık söz konusu olur.
3. Verilerin dağılımı (Normal- Normal değil): İstatistiksel çözümlere yapılırken dağılımın özelliği çok önemlidir. Çünkü parametrik testlerin uygulanabilmesi için dağılımın normal ya da normale yakın olması gerekir.

Genellikle ölçümle elde edilen sürekli veriler normal dağılıma uyma eğilimi gösterirler. Ancak ölçüm biçimi sıralanabilir nitel olan bir değişkenin küme sayısı altıdan büyükse ve denek sayısı yeterliyse normal dağılıma uyma olasılığı büyüktür (Öztuna ve Elhan, 2007).



Şekil 3.4: Örtücülük değerlerinin histogram dağılımı

Yukarıdaki grafikte verilmiş olan örtücülük ölçümlerine bakıldığında ölçümlerin büyük bölümünün ortalama etrafında dağıldığı ve ortalamadan uzaklaştıkça sıklığın (frekans sayılarının) azaldığı görülmektedir. Sürekli nicel veri tipinde olan değişkenlerin çoğu (özellikle denek sayısı arttıkça) bu tür bir dağılım gösterme eğilimindedir. Şekil olarak “çan” a benzeyen ve simetrik bir yapıya sahip olan bu tür dağılıma “normal dağılım” denir (Öztuna ve Elhan, 2007).

Bir veri kitlesinin dağılımının normal olup olmadığına Minitab istatistiksel programındaki “Normallik Testi” kullanılarak bakılabilmektedir. Normallik testi sonucunda yine bir P değeri hesaplanmaktadır ve yapılan test yine bir varsayım üzerine kurulmaktadır.

$$H_0: \text{Normal dağılım yoktur} \quad (3.7)$$

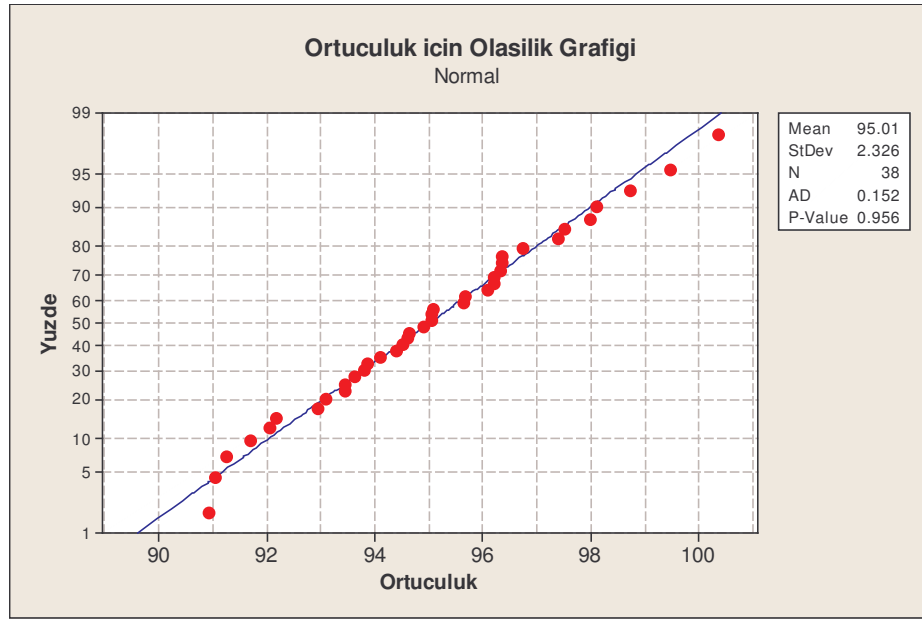
$$H_a: \text{Normal dağılım vardır} \quad (3.8)$$

Normallik testinde dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta vardır. Varsayım testlerinin tersine

P değeri $< \alpha$ ise, H_0 varsayımı kabul edilir. (3.9)

P değeri $> \alpha$ ise, H_a varsayımı kabul edilir. (3.10)

Aşağıdaki grafikte Şekil 3.4'deki örtücülük verilerinin normal dağılıp dağılmadığı test edilmiş ve P değeri olarak 0,956 sonucu alınmıştır (Şekil 3.5). α değerinin standart olarak %5 (0,05) alındığı düşünülürse (3.9) denklemine göre H_a varsayımı kabul edilir ve (3.8) varsayımına göre dağılımın normal olduğu kabul edilir.



Şekil 3.5: Örtücülük değerlerinin normallik testi

4. Örneklem büyüklüğü: Kümelerdeki denek sayısı arttıkça kullanılan testin gücü ve güvenilirliği artar. Kümelerdeki denek sayısı fazla ise verilerin normal dağılıma uyma olasılığı artar dolayısıyla parametrik test kullanma şansı artmış olur. Kümelerdeki denek sayısı az olduğunda ise genellikle parametrik olmayan testler tercih edilir (Öztuna ve Elhan, 2007).

Tablo 3.4'de bağımlı-bağımsız veri ve normal-normal olmayan dağılım tiplerine göre istatistiksel test seçim tablosu verilmektedir.

Tablo 3.4: İstatistiksel test seçim tablosu (Motulsky, 1995)

Amaç	Normal dağılım	Normal olmayan dağılım
Bir kümenin tanımlanması	Ortalama ve Standart sapma	Ortanca, Çeyrek aralıklar
Bir kümenin bir değerle karşılaştırılması	Tek örneklem t testi	Wilcoxon Testi
Bağımsız iki kümenin kıyaslanması	2 örneklem t testi	Mann-Whitney Testi
Bağımlı iki kümenin kıyaslanması	Eşlemeli t testi	Wilcoxon Testi
Bağımsız ikiden fazla kümenin kıyaslanması	Tekli ANOVA	Kruskal Wallis Testi
Bağımlı ikiden fazla kümenin kıyaslanması	Tekrarlanan ANOVA	Friedman Testi

3.4 İstatistiksel Testler

Bu bölümde Bölüm 5’de kullanılacak olan istatistiksel testlerle ilgili açıklamalara yer verilmektedir.

3.4.1 İki örneklem t testi (2 sample t test)

Verileri nicel, bağımsız ve normal dağılan iki veri kümesinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılık olup olmadığının incelenmesi iki örneklem t testi ile yapılır. İki örneklem t testinin yapılışı şu şekilde özetlenebilir:

1. Verilerin normal dağılıp dağılmadığı kontrol edilir. Normallik testinin nasıl yapıldığı Bölüm 3.3’deki (varsayım testlerinin seçimi) “Verilen dağılımı” kısmında anlatılmıştır.
2. Denklem (3.1) ve (3.2)’deki gibi varsayımlar oluşturulur.
3. İki örneklem t testinin yapılabilmesi için verilerin değişkenliklerinin eşit olup olmadığının incelenmesi gerekir. Verilerin değişkenliklerinin (standart sapmalarının) eşit olup olmadığı, Minitab programındaki “eşit değişkenlik testi” (test for equal variances) ile kontrol edilir. İki örneklem t testinde kurulan 3.1 ve 3.2 varsayımları gibi değişkenlikler için de benzer varsayımlar kurulur.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad (3.11)$$

$$H_a : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \quad (3.12)$$

Eşit değişkenlik testi, kendi içinde iki ayrı testin sonucunu verir. Bunlar F testi ve Levene testidir. Eğer veriler normal dağılıma sahipse F testine bakılır, normal dağılmıyorsa ise; Levene testine bakılır. Sonucuna bakılacak testin P değeri önemlidir. Eğer P değeri %5'den (0,05) küçükse H_0 varsayımı reddedilir ve H_a varsayımı kabul edilir. Yani incelenen verilerin değişkenlikleri arasında farklılık olduğu kabul edilir. Eğer P değeri %5'den büyükse H_0 varsayımı kabul edilir ve dolayısıyla verilerin değişkenlikleri arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı kabul edilir.

3. Minitab programında iki örneklem t testi seçilir. Verilerin değişkenliklerinin eşit olup olmadığı bilgisi programa işaretlenir ve program çalıştırılır.

4. Elde edilen sonucun P değeri önemlidir. Eğer P değeri 0,05'den küçükse H_0 varsayımı reddedilir ve H_a varsayımı kabul edilir. Yani, ortalamalar arasında istatistiksel bir farklılık olduğu kabul edilir. Eğer P değeri 0,05'den büyükse H_0 varsayımı kabul edilir yani ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı kabul edilir (Bekircan, 2006).

3.4.2 Mann-Whitney testi

İki örneklem t testinin parametrik olmayan karşılığı Mann-Whitney testidir. Test için sıfır varsayımı iki kümenin ortancalarının (medyanları) eşitliğine dayanmaktadır. Seçenek (alternatif) varsayım ise iki kümenin ortancalarının farklılığına dayanmaktadır (Uwe Bristol, 2006). Yani,

$$H_0 : \text{Ortanca}_1 = \text{Ortanca}_2 \quad (3.13)$$

$$H_a : \text{Ortanca}_1 \neq \text{Ortanca}_2 \quad (3.14)$$

Minitab istatistik programındaki Mann-Whitney testine P değeri yerine “significance” değeri verilmektedir. Bu değer aynı (3.5) ve (3.6) denklemlerindeki gibi değerlendirilir ve buna göre H_a , ya da H_0 seçilir.

$P < \alpha$ ise, H_a varsayımı kabul edilir.

$P > \alpha$ ise, H_0 varsayımı kabul edilir.

3.4.3 Değişkenlik çözümlemesi (ANOVA)

Girdi değişkenlerinin ikiden fazla olması durumunda veri kümelerinin ortalamalarının birbirinden farklılığını bulmak için değişkenlik çözümlemesi olarak da bilinen ANOVA (analysis of variance) testi uygulanır. Adı değişkenliklerin çözümlemesi olsa da gerçekte ortalamaları kıyaslar. Ancak test, değişkenliklerden yola çıkarak hesaplama yaptığı için değişkenliklerin çözümlemesi (ANOVA) adını almıştır. ANOVA çözümlemesinde aşağıdaki varsayımları sağlanması istenir (Işığışık, 2005):

1. Örneklem verileri süreklidir.
2. Örneklem verileri bağımsızdır.
3. Anakütle normal dağılıma sahiptir.
4. İki anakütle karşılaştırılmasında anakütlelerin değişkenlikleri birbirinden farklı değildir.

k sayıda örneklem ortalamasına ilişkin varsayım testi ANOVA aşağıdaki şekilde kurulmaktadır.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \quad (3.15)$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k \text{ (en az biri farklı)} \quad (3.16)$$

ANOVA testinin varsayımlarından biri olan eşit değişkenlik için aşağıdaki varsayımlar kurulmaktadır.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 \quad (3.17)$$

$$H_a : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq \sigma_k^2 \text{ (en az biri farklı)} \quad (3.18)$$

İkiden fazla veri kümesinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılık olup olmadığının incelenmesi için yapılan ANOVA testinin yapılışı şu şekilde özetlenebilir:

1. Verilerin normal dağılıp dağılmadığı kontrol edilir.
2. Minitab programında tek yönlü (one way ANOVA) testi seçilir ve program çalıştırılır.
3. Elde edilen sonucun P değeri önemlidir. Eğer P değeri 0,05'den küçükse H_a varsayımı kabul edilir. Yani veri kümelerinin ortalamaları arasında istatistiksel bir farklılık olduğu kabul edilir. Eğer P değeri 0,05'den büyükse H_0 varsayımı kabul edilir ve ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı kabul edilir.
4. ANOVA testinin sonucunun sağlıklı olması için için artıkların (residuals) normal dağılım göstermesi, uygunlaştırılmış verilerin ise (fits) değişkenliklerinin farklı olmaması istenir. Bu test, kendi içinde iki ayrı testin sonucunu verir. Bunlar Bartlett testi ve Levene testidir. Eğer veriler normal dağılıma sahipse Bartlett teste bakılır, normal dağılmıyor ise de Levene testine bakılır. Sonucuna bakılacak testin P değeri önem arzeder. Eğer P değeri %5'den (0,05) küçükse incelenen verilerin değişkenlikleri arasında farklılık vardır. Eğer P değeri %5'den büyükse verilerin değişkenlikleri arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur denebilir. ANOVA'nın sonucunun sağlıklı olması için değişkenlikler arasında farklılık olmaması gerekir. (Bekircan, 2006). .

3.5 Deney Tasarımı

Birden fazla süreç değişkeninin çıktı veya çıktılar üzerindeki etkilerini sistematik bir şekilde incelemek için en çok kullanılan yöntem deney tasarımıdır. Deney tasarımları süreçleri iyileştirmek için çıktıları oluşturan sebepleri bulmak ve nasıl davrandıklarını görmek için gerekli bir yöntemdir.

Tasarlanmış deneyler bilgi verici bir olayın oluşmasını sağlamak için yapılan işlemlerdir. Bu deneylerde olası girdilerin farklı derecelerinde değişiklik yaparak olayın açığa çıkması sağlanır.

Deney tasarımları, çeşitlerine göre dört bölüm altında incelenebilir:

1. Etkensel deney tasarımları
2. Yanıt yüzeyi deney tasarımları
3. Karışım deney tasarımları
4. Taguchi deney tasarımları

3.5.1 Etkensel deney tasarımları

Araştırmacı tarafından seçilmiş olan etkenler ve bu etkenlerin düzeyleri, tüm deneme bileşimleri üzerine kurulduğu durumdaki düzene etkensel deney tasarımı denir. Etkensel deney tasarımları kendi içinde üç bölüme ayrılabilir: Tam etkensel tasarımlar, 2^k tam etkensel tasarımlar, 2^k kesirli etkensel tasarımlar.

1. Tam etkensel deney tasarımları: Tam etkensel deneyler, etkenlerin bütün düzeylerinde tüm bileşimleri incelediği için, ana etkiler hakkında bilgi verdiği gibi, tüm etkileşimler hakkında da bilgi verirler. Her seferinde bir etkenin ele alındığı deneylerden daha etkilidirler ve kolayca planlanabilir, gerçekleştirilir ve çözümlenebilirler. Çok sayıda etken ve düzey olduğunda deney bileşimleri artacağından deney uzun sürebilir. $3 \times 2 \times 4$ gösterimi, birinci etkeni 3, ikinci etkeni 2, üçüncü etkeni ise 4 düzeye sahip olan toplam 3 etkenli ve 24 deney bileşemi olan bir tasarım anlamına gelir.

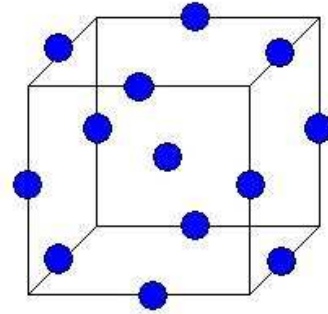
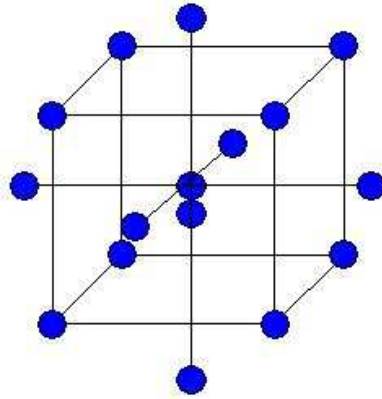
2. (2^k) tam etkensel deney tasarımları: k kadar etkeni ve bu etkenlerin her birinin ikişer düzeyi bulunan tasarımlara denir. 3 etkeni bulunan bir 2^k deneyinde $2^3=8$ adet bileşim denir. 8 bileşimden 1 serbestlik derecesi çıkarttığımızda 3 ana etki, 3 ikili etkileşim, 1 de üçlü etkileşim bulunur.

3. (2^k) kesirli etkensel deney tasarımları: Bir deneyin yalnız bir kısmı uygulandığı zaman elde edilen düzene kesirli etkensel düzen adı verilir. Örneğin, etken sayısının 5 olduğu bir tasarımda $2^5=32$ deney yapılması gerekirken, $\frac{1}{2}$ kesirli 2^5 etkensel tasarımda 16 deney, $\frac{1}{4}$ kesirli 2^5 etkensel tasarımda ise 8 deney yapılması gerekmektedir. Bu etkensel düzenler, kalite denetimi ve ürün gelişiminin çeşitli aşamaları başta olmak üzere endüstride sıkça kullanılır (Erbaş ve Olmuş, 2006). Faydalı yanları zamandan ve maddi kaynaklardan tasarruf sağlamasıdır. Olumsuz yanı ise, herbir ana etki ve

etkileşim etkisi bir veya daha fazla sayıdaki diğer etki ve etkileşim etkileri ile karışacağından ayrı tahmin edilememeleridir.

3.5.2 Yanıt yüzeyi deney tasarımları

2^k tam etkensel ve kesirli etkensel deney tasarımlarında bir etkenin iki farklı düzeyi test edilmektedir. Bu deneylere bir merkez noktası ilave edilerek, düzeyler arasındaki noktaların doğrusal mı, yoksa eğrisel mi olduğunu incelemek olanaklıdır. Sistemde eğrisellik etkili ise büyük olasılıkla eniyi noktanın civarında bir yerlerdeyiz demektir. Böyle durumda tasarıma yıldız noktalar ekleyerek sistemin ikinci dereceden modelini türetebiliriz. Bu tip tasarımlara genel karma (kompozit) tasarım denir (Şekil 3.6.a). Gerekli tanımlama ve eniyileme tasarımları yapılmadan, yani sistem hakkında fazla fikir sahibi olmadan yanıt yüzeyi uygulanmak istenirse yıldız noktaları olmaksızın sistemin her tarafını inceleyen Box Behnken modeli kullanılabilir (Şekil 3.6.b).



Şekil 3.6.a: Genel Karma (Kompozit) Tasarım

Şekil 3.6.b: Box Behnken Modeli

3.5.3 Karışım deney tasarımları

Karışım deney tasarımları yanıt yüzeyi deney tasarımlarının bir çeşididir. Bu deneylerde, incelenmekte olan ürün karışımı birçok maddeden oluşmaktadır. Çıktıya etki edecek girdilerin düzeyleri karışımdaki maddelerin oranlarıdır. Bileşenlerin miktarları birbirine eklendiğinde bir toplam oluşmaktadır. Örneğin: Limonata tadı; limon, su ve şeker oranlarına bağlıdır.

3.5.4 Taguchi deney tasarımları

Sayıda çok etkenin olduğu durumlarda Taguchi deney tasarımı, zaman ve maliyet açısından önemli üstünlükler sağlamaktadır. Çok az sayıda deney ile sonuca varmak üzere tasarlanan kesirli deneylerde, dikey (ortogonal) diziler kullanılmakta ve değişkenliği azaltmak için başarıml ölçütü olarak, uygulamadaki sorunlara göre sinyal gürültü oranları (S/G) tanımlanmaktadır. Böylece bu yöntem ile çok karmaşık etkileşim seviyelerine inmeden ana etkilere yoğunlaşarak düşük maliyetli deney tasarımları oluşturulmaktadır.

BÖLÜM 4. MALZEMELER VE YÖNTEM

4.1 Çalışma Alanlarının Belirlenmesi

Bu çalışmanın amacı, boya üretiminde en önemli ve en kritik aşama olan dağılım koşullarının, dağılım kalitesine ve boyanın belirlenen özelliklerine olan etkilerinin incelenmesidir.

Kritik renkveren hacim derişimleri birbirine çok yakın, renkveren hacim derişimleri % 30 ve % 60 olmak üzere temel 2 adet su bazlı boya formülü oluşturulmuştur. Buna göre, dağılım aşamasının en önemli etkenleri olan, renkveren hacim derişimi, ıslatıcı tipi, akma, dağılım sıcaklığı (soğutma suyu), çevresel hız ve dağılım süresi çalışmanın süreç girdileri olarak belirlenmiştir. RHD %30 ve %60 formülasyonları üzerinden, diğer girdiler için gerekli ayarlamalar yapılarak tüm parti (batch) ağırlıklarının eşit olduğu toplam 48 adet üretim yapılarak çözümlenmiştir. Ayrıca, tüm üretimler 15 dakikalık dağılıma tabi tutulmuş ve üretim sırasında dağılımın beşinci, onuncu ve onbeşinci dakikalarında örnek alınarak çözümlenmiştir.

Bu çalışma için yapılan tüm üretimler ve çözümlenmeler Marshall Boya ve Vernik Sanayi A.Ş. laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

4.2 Süreç Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Uygulandığı yüzeyi korozyona karşı koruyan ve dekoratif güzellik katan boyanın, bu çalışma kapsamında 3 tip fiziksel özelliği üzerinde çözümlenmeler yapılmıştır.

4.2.1 Ezilme

Boyanın ezilme değeri, kullanılan toprak ve birikinti halindeki renkverenlerin dağılım sırasında ne ölçüde birincil parçacıklara dönüştüğünün ve ne kadar homojen

dağıtılabildiğinin ölçüsüdür. Ezilme, boyanın tüm özelliğini önemli ölçüde belirleyen temel göstergedir. Dağılım sırasında, renkverenler ve dolgu madderi ne kadar çok birincil parçacıklara dönüştürülürse, boyanın renk gücünün, örtücülüğünün ve parlaklığının o kadar artması beklenir. Bunun yanında, boyanın dış etkenlere karşı olan direnci, korozyonu önleme gücü ve çatlama karşı olan direnci gibi koruyucu özelliklerini de iyileştirir. Renkverenin çökme hızını azaltır ve dağılım kararlılığının daha kolay gerçekleşmesini sağlar.

Dağılım sonucunda ulaşılmak istenen ezilme değeri talep edilen ürünün özelliklerine göre değişir. Pazarda kabul gören ezilme değerleri; otomotiv boyaları için yaklaşık 5 mikrometre (Hegman Ölçeği:7-8), iç cephe boyaları için yaklaşık 50 mikrometre (Hegman Ölçeği:4-5), dış cephe boyaları için yaklaşık 100 mikrometre (Hegman Ölçeği:0-1)'dir.

Bu çalışmada; ortalama birincil renkveren çapı 0,2 µm olan rutil tip titandioksit (TiO₂) ve ortalama birincil renkveren çapı 2 µm olan kalsit (CaCO₃) kullanılmış ve çeşitli dağılım koşullarında ezilme değerleri ölçülmüştür.

4.2.2 Örtücülük

Örtücülük, kuru boya film yüzeyinde kırınımına uğrayan ışık demetinin ne ölçüde geri yansıtıldığının ölçüsüdür. Film içinde kırınımına uğrayan ışık demeti boya filmi içerisinde kırınım indisi daha yüksek renkveren parçacıklarına çarparak sürekli kırınımına uğrar ve boya filminin yüzeyinden geri yansır. Renkveren kendi içinden geçen ışık ile ne kadar çok etkileşimde bulunursa ışığı yolundan o kadar çok saptırır. Bu da boyanın örtme gücünü artırır. Buna göre, renkveren ve dolgu maddelerin mümkün olduğunca birincil parçalara ayrılması, homojen bir şekilde dağıtılması ve renkverenlerin iyi bir şekilde dağılım kararlılığının sağlanması istenir ve boyanın örtücülüğünün artması beklenir.

Boya pazarında istenilen özellikteki ürüne göre kabul gören örtücülük değerleri değişebilir. TSE, dekoratif boyaları örtücülük değerlerine göre sınıflara ayırmıştır. Örtücülüğü 99,5 ve üstü boyalar 1. sınıf, örtücülüğü 98.0 ile 99,5 arası olan boyalar 2.

sınıf, 95 ile 98 arası 3. sınıf, örtücülüğü 95'den küçük olan boyalar ise 4. sınıf boya olarak sınıflandırılmıştır.

Bu çalışmada, dağılım koşulları değiştirilerek, bu değişkenlerin ürünlerin örtücülük değerlerine olan etkileri çözümlenmiştir.

Buna göre, tüm RHD %30 ve RHD %60 formülasyonlarında aynı oranda TiO₂ kullanılarak, TiO₂'in miktar değişkenliğinden gelecek örtücülük farkı engellenerek sadece belirlenen süreç girdilerinin etkileri çözümlenmiştir.

4.2.3 Parlaklık

Parlaklık, kuru boya film yüzeyine gelen ışık demetinin ne ölçüde birbirine yakın açılarla geri yansıtıldığına ölçüsüdür. Parlaklık için, renkverenlerin birincil parçacıklara ayrılması ve homojen dağıtılmasının yanında, film yüzeyinin de düzgün olması oldukça önemlidir.

Parlaklık için de talep edilen ürüne göre parlaklık ayarlanabilir. TSE boya parlaklık düzeyine göre 3 sınıfa ayırmıştır. Parlaklığı, 60 birimden yüksek olan ürünler parlak, 10 ile 60 birim arasındaki ürünler yarı mat ve 10 birimden düşük olan ürünler ise mat sınıfına girmektedir.

Bu çalışmada, tüm ürünlerin parlaklık değerleri ölçülerek, belirlenen dağılım koşullarının boyanın parlaklığına olan etkileri çözümlenmiştir.

4.3 Süreç Girdi Değişkenlerinin Belirlenmesi

Dağılım kalitesini etkileyebilecek 6 adet süreç girdisi belirlenmiştir. Bu girdiler ve düzeyleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Süreç girdileri ve düzeyleri

Süreç Girdileri	Birim	Düzy 1	Düzy 2	Düzy 3
Renkveren Hacim Derişimi	% RHD	30	60	
Son Ürün Akmazlık	KU	135	120	105
Yüzey Islaticısı Tipi	-	Anyonik	İyonik olmayan	
Dağılım Sıcaklığı (Soğutma Suyu)	-	Soğutma var	Soğutma Yok	
Dağılım Çevresel Hızı	Devir/Dakika	1750	4500	
Dağılım Süresi	Dakika	5	10	15

4.3.1 Renkveren hacim derişimi

Titan miktarları sabit tutularak, kritik renkveren hacim derişimleri birbirine çok yakın olan RHD %30 ve RHD %60 olmak üzere iki adet formül oluşturulmuştur.

4.3.2 Islaticı tipi

Renkverenlerin etrafında elektrostatik itme kuvvetleri oluşturarak dağılım kararlılığı sağlayan anyonik ıslaticı tipi ile renkverenlerin etrafında sterik engel kuvvetleri oluşturan iyonik olmayan ıslaticı tipi kullanılarak üretilen boya ların başarımları karşılaştırılmıştır.

4.3.3 Son ürün akmazlık değeri

RHD %30 ve RHD %60 formülasyonları için kullanılan kalınlaştırıcı miktarı değiştirilerek 3 çeşit son ürün akmazlık değeri oluşturulmuştur. Yüksek bir son ürün akmazlık değeri olarak kabul edilen 135 KU (4600 centipoise), düşük olarak kabul edilen 105 KU (2150 centipoise) ve ikisinin ortasında bir akmazlık olarak da 120 KU (3200 centipoise) seçilerek başarımları karşılaştırılmıştır. Her ürün üretildikten sonra akmazlığı test edilerek kontrol edilmiştir.

4.3.4 Dağılım sıcaklığı

Dağılımın yapıldığı yüksek hızlı karıştırıcı kabında 15 dakikalık dağılım boyunca soğutma suyu kullanılarak ve soğutma suyu kullanılmayarak dağılım sıcaklığı değiştirilmiştir. Soğutma suyu kullanıldığı durumlarda dağılım boyunca sıcaklık yaklaşık 25°C ile 30°C arasında sabit tutulmuştur. Dağılım sırasında soğutma suyu kullanılmadığı üretimlerde ise dağılım sonunda sıcaklık 45 °C ile 55 °C'ye arasında ölçülmüştür.

4.3.5 Çevresel hız

15 dakikalık dağılım süresince yüksek hızlı karıştırıcının çevresel hızı sabit tutularak 1750 devir/dakika (13 metre/saniye) ve 4500 devir/dakika (22 metre/saniye) ile dağılım yapılarak ürünlerin başarımları karşılaştırılmıştır.

4.3.6 Dağılım Süresi

Boya üretiminde tanımlanmış dağılım süresi en az 15 dakikadır. Bu çalışmada tüm üretimlerin dağılımı sırasında, dağılımın 5. dakika ve 10. dakikalarında da eşit miktarda örnek alınarak çözümlenmiş ve 5 dakika, 10 dakika ve 15 dakika dağılıma tabi tutulmuş ürünlerin başarımları karşılaştırılmıştır.

4.4 Süreç Girdilerine Göre Formülasyonların Ayarlanması

Tüm giren hammaddelerin tipinin sabit tutulduğu RHD %30 ve RHD %60 olan iki adet formülasyon oluşturulmuştur (Tablo 4.2-4.3).

Tablo 4.2 ve 4.3 de görüldüğü gibi , son ürün akmazlık değeri 135 Ku için belirlenen yüksek miktarda kalınlaştırıcı, 120 Ku için orta miktarda, 105 Ku için ise düşük miktar kalınlaştırıcı kullanılmıştır.

Formülasyonlarda, deney tipine göre anyonik, ya da iyonik olmayan ıslatıcı tipi kullanılmış ve formülasyonlarda gerekli ayarlamalar yapılmıştır.

Tablo 4.2: Anyonik ıslatıcı RHD %30 ve RHD %60 formülasyonu

Hammaddeler	RHD %30 Formülasyonu % ağırlık/ağırlık	RHD %60 Formülasyonu % ağırlık/ağırlık
Su	18,18 / 18,34 / 18,49	29,94 / 30,01 / 30,24
Renkveren – Rutil TiO ₂	15	15
Dolgu Maddesi - CaCO ₃	15,6	29,8
Bağlayıcı	45	20
Kalınlaştırıcı	0,7 / 0,55 / 0,4	0,85 / 0,7 / 0,55
Yüzey Islatıcısı	0,224	0,328
Film Oluşturucu	2,17	0,968
Donmayı Önleyici	2	2
Yardımcı Dağıtıcı	0,1	0,1
Köpük Kesici	0,2	0,2
Kutu İçi Bakteri ve Küf Önleyici -1	0,130	0,130
Kutu İçi Bakteri ve Küf Önleyici -2	0,193	0,193
Film Yüzeyi Küf ve Yosun Önleyici	0,386	0,386
pH Ayarlayıcı	0,1	0,1
Toplam	%100	%100

Tablo 4.3: İyonik olmayan ıslatıcı RHD %30 ve RHD %60 formülasyonu

Hammaddeler	RHD %30 Formülasyonu % ağırlık/ağırlık	RHD %60 Formülasyonu % ağırlık/ağırlık
Su	17,89 / 18,05 / 18,19	29,49 / 29,64 / 29,79
Renkveren – Rutil TiO ₂	15	15
Dolgu Maddesi - CaCO ₃	15,6	29,8
Bağlayıcı	45	20
Kalınlaştırıcı	0,62 / 0,47 / 0,33	0,77 / 0,62 / 0,47
Yüzey Islatıcısı	0,589	0,862
Film Oluşturucu	2,183	0,965
Donmayı Önleyici	2	2
Yardımcı Dağıtıcı	0,1	0,1
Köpük Kesici	0,2	0,2
Kutu İçi Bakteri ve Küf Önleyici -1	0,130	0,130
Kutu İçi Bakteri ve Küf Önleyici -2	0,193	0,193
Film Yüzeyi Küf ve Yosun Önleyici	0,386	0,386
pH Ayarlayıcı	0,1	0,1
Toplam	%100	%100

4.5 Üretimin Yapılması

Tüm üretimler laboratuvar tipi yüksek devirli karıştırıcılarda yapılmıştır (Şekil 4.1). Tüm üretimlerin parti büyüklüğü bağlayıcıyla birlikte 2500 gram olarak belirlenmiş ve



Şekil 4.1: Yüksek Devirli Karıştırıcı (High Speed Disperser)

2 litrelik paslanmaz karıştırıcı kaplarında üretim yapılmıştır. Dağılım aşamasında, ilgili formüldeki oranlara göre hammaddeler belirli bir üretim tanımına (prosedüre) göre alınarak 15 dakika dağılım yapılmıştır. Tüm üretimlerde Şekil 4.2’de görülen dişli dağılım bıçağı kullanılmıştır.

Deney üretimleri 15 dakika dağılım ve bağlayıcının karıştırılması olmak üzere 2 aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlgili deney koşuluna göre dağılım çevresel hızı 1750 devir/dakika, ya da 4500 devir/dakika olarak ayarlanarak çevresel hız dağılım boyunca sabit tutulmuştur. Yine ilgili deney koşuluna göre yüksek devirli karıştırıcı kabının ceketinden geçirilen soğutma suyu kullanılarak, ya da kullanılmayarak dağılım yapılmış ve boya pastası hazırlanmıştır.

Her ürün için, dağılımın 5. dakika, 10 dakika ve 15. dakikalarında oluşan dağılım boya pastasından eşit miktarlarda örnek alınmıştır.

15 dakikalık dağılım aşaması tamamlandıktan sonra, her deney koşulu için 5. dakika, 10. dakika ve 15. dakika dağılım pastalarına, formülasyona göre gerekli miktarda bağlayıcı eklenerek aynı karıştırıcıda bağlayıcının yapısının bozulmaması için 300 devir/dak ile 10 dakika karıştırılmıştır.



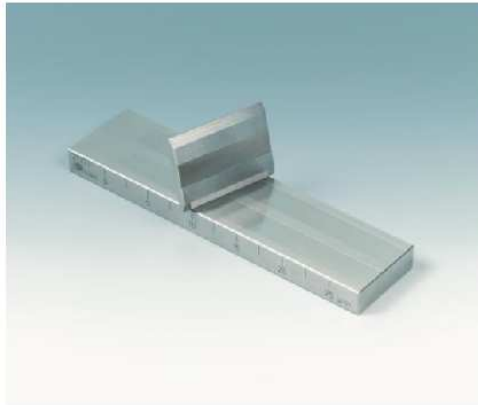
Şekil 4.2: Dişli Karıştırıcı Bıçağı

4.6 Deneylerde Kullanılan Test Yöntemleri

Çalışma için belirlenen tüm üretimler laboratuvarında üretilerek 1 gün laboratuvar ortamında plastik boya ambalajları içinde bekletildikten sonra testleri yapılmıştır.

4.6.1. Ezilme testi

Tüm ezilme testleri EN ISO 1524 standardına göre yapılmıştır. Ezilme tayini yaklaşık 175 mm uzunluğunda, 65mm genişliğinde paslanmaz çelikten yapılmış bir blok olan grindometre (ezilme taşı) adı verilen bir cihaz ile yapılır (Şekil 4.3). Bu bloğun üzerinde Hegman ölçeği ve bu ölçeklere karşılık gelen tanecik mikron büyüklüğü bulunur (Tablo 4.4).



Şekil 4.3 : Grindometre (Ezilme Taşı)

Tablo 4.4: Ezilme taşı göstergeleri

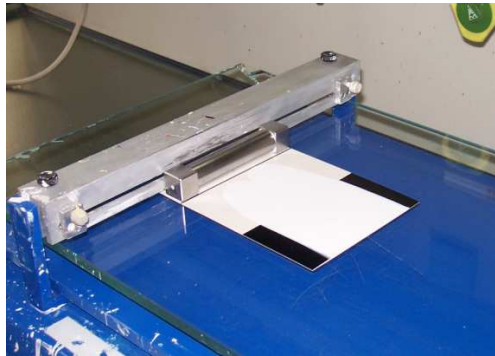
Hegman Ölçeği	Tanecik Mikron Büyüküğü (Mikrometre)
0	100
1	90
2	75
3	65
4	50
5	40
6	25
7	15
8	0

Test edilecek örnek, grindometre üzerine belirli bir miktar dökülür ve paslanmaz uygulayıcı ile film çekilir. Bu çekilen filmde katı taneciklerin gözle görülmeye başlandığı nokta o örneğin ezilme değeri olarak belirlenir. Bu çalışmada her örnek için tüm ezilme testleri 2 kez tekrarlanmıştır.

4.6.2 Örtücülük testi

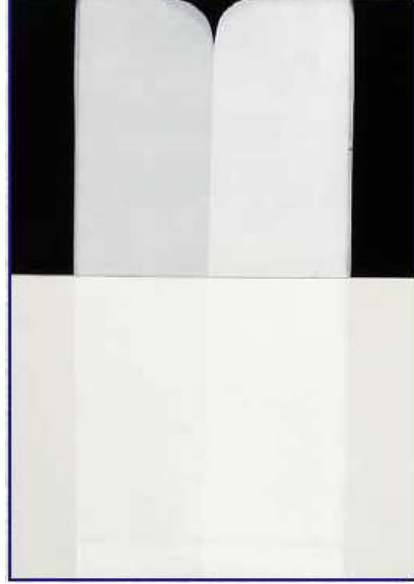
Üretilen ürünlerin örtücülük değeri siyah beyaz örtücülük kartlarına çekilmiş boya filminin spektrofotometre’de zıtlık oranı ölçülerek belirlenmiştir.

Örtücülüğü ölçülecek olan örnek, 120 mikronluk uygulayıcı (aplikatör) ile siyah-beyaz örtücük kartına eşit film kalınlığı sağlanacak şekilde otomatik film çekme cihazları ile karta film çekilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Otomatik Film Çekme Cihazı

Şekil 4.5’de örtücülük kartına çekilmiş herhangi bir boya film örneği görülmektedir. Çalışma sıcaklığı 23 ± 1 °C ve 50 ± 5 % bağıl nem olan odada veya tozsuz bir ortamda yatay konumda 24 saat bekletilip filmin kuruması sağandıktan sonra spektrofotometrede ölçüm yapılır (Şekil 4.6).



Şekil 4.5 : Siyah beyaz örtücülük kartına çekilmiş bir örnek

Spektrofotometrede, bu karta çekilmiş filme çeşitli dalga boylarında ışın demeti yollanır. Farklı dalga boylarındaki ışınların boya filminin siyah ve beyaz kısımlarındaki yansımalarından bir zıtlık değeri (contrast ratio) bulunur. Bu değer, boya filminin örtücülük değeridir. Bu çalışmada, her örnekten 2 adet örtücülük kartı çekilmiş ve her karttan 2 değer okunarak her kartın ortalama değeri alınmıştır.



Şekil 4.6 : Spektrofotometre

4.6.3 Parlaklık testi

Tüm parlaklık testleri EN ISO 2813 standardına göre yapılmıştır. Parlaklığı ölçülecek olan örnekten bir miktar standart ölçülerdeki cam yüzeye dökülerek 60 mikrometrelik uygulayıcılar ile otomatik film çekme cihazlarında film çekilir (Şekil 4.7). Bu film, çalışma sıcaklığı 23 ± 1 °C ve $\%50\pm 5$ bağıl nem olan odada ve tozsuz bir ortamda yatay konumda 24 saat bekletilip filmin kurumması sağlandıktan sonra, refraktometre cihazında film yüzeyine 60° ve 85° ışınlar yolanarak parlaklık değeri bulunur (Şekil 4.8).

Bu çalışmada, her örnekten 2 adet parlaklık filmi çekilmiş ve her filminden 3 değer okunarak her filmin ortalaması alınmıştır.



Şekil 4.7: Cam yüzeye çekilmiş bir parlaklık film örneği



Şekil 4.8 : Refraktometre

4.7 Oluşturulan Deney Bileşimleri

Tablo 4.1’de verilen 5 adet süreç girdilerine göre sistem ikiye ayrılmıştır. Birincisinde, tüm ürünler renkveren hacim derişimi, son ürün akmazlık, ıslatıcı tipi, çevresel hız ve dağılım sıcaklığı koşulları değiştirilerek 15 dakika dağılım ile üretimler yapılarak bu koşulların belirlenen süreç çıktılarına olan etkileri çözümlenmiştir. İkincisinde, tüm üretimlerin 5. ve 10. dakika dağılım aşamalarında örnek alınarak dağılım süreleri başarımları arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

4.7.1 Dağılım koşulları çalışması

Bu çalışmada, renkveren hacim derişimi ve ıslatıcı tipine göre RHD %30-anyonik ıslatıcı tipi, RHD %30-iyonik olmayan ıslatıcı tipi , RHD %60-anyonik ıslatıcı tipi, RHD %60-iyonik olmayan ıslatıcı tipi olarak sistem 4 formülasyona ayrılmıştır.

4.7.1.1 RHD % 30-anyonik ıslatıcı tipi

RHD % 30, anyonik ıslatıcı tipinin kullanıldığı formülasyon için son ürün akmazlık değeri, dağılım sıcaklığı ve dağılım çevresel hızı süreç girdilerinin belirlenen süreç çıktılarına olan etkisinin çözümlenmesi için tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımı süreç girdileri Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5: Tam etkensel deney tasarımı süreç girdileri ve düzeyleri

Girdiler	Düzyey 1	Düzyey 2	Düzyey 3
Akmazlık (Ku)	105	120	135
Soğutma	Sağutma var	Soğutma Yok	-
Çevresel Hız (d/dak)	1750	4500	-

Tablo 4.6’de 3 adet süreç girdisi ile oluşturulan tam etkensel deney tasarımına göre RHD %30, anyonik ıslatıcı tipi için yapılan 12 adet üretim verilmiştir.

Tablo 4.6: RHD %30, anyonik ıslatıcı tipi için tam etkensel deney tasarımı üretimleri

RHD	Islatıcı Tipi	Deney No	Son Ürün Akmazlık (Ku)	Dağılım Sıcaklığı	Çevresel Hız d/dak
30%	Anyonik	1	135	Sogutma var	1750
		2	135	Sogutma var	4500
		3	135	Sogutma yok	1750
		4	135	Sogutma yok	4500
		5	120	Sogutma var	1750
		6	120	Sogutma var	4500
		7	120	Sogutma yok	1750
		8	120	Sogutma yok	4500
		9	105	Sogutma var	1750
		10	105	Sogutma var	4500
		11	105	Sogutma yok	1750
		12	105	Sogutma yok	4500

4.7.1.2 RHD % 30 - iyonik olmayan ıslatıcı tipi

RHD % 30, iyonik olmayan ıslatıcı tipi formülasyonu için son ürün akmazlık değeri, dağılım sıcaklığı ve dağılım çevresel hızı süreç girdileri için tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımı süreç girdileri Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.7’de 3 adet süreç girdisi ile oluşturulan tam etkensel deney tasarımına göre yapılan 12 adet üretim verilmiştir.

Tablo 4.7: RHD %30, iyonik olmayan ıslatıcı tipi için tam etkensel deney tasarımı üretimleri

RHD %	Islatıcı Tipi	Deney No	Son Ürün Akmazlık (KU)	Dağılım Sıcaklığı	Çevresel Hız (d/dak)
30%	iyonik olmayan	13	135	Sogutma var	1750
		14	135	Sogutma var	4500
		15	135	Sogutma yok	1750
		16	135	Sogutma yok	4500
		17	120	Sogutma var	1750
		18	120	Sogutma var	4500
		19	120	Sogutma yok	1750
		20	120	Sogutma yok	4500
		21	105	Sogutma var	1750
		22	105	Sogutma var	4500
		23	105	Sogutma yok	1750
		24	105	Sogutma yok	4500

4.7.1.3. RHD % 60 – anyonik ıslatıcı tipi

RHD % 60, anyonik ıslatıcı tipi formülasyonu için son ürün akmazlık değeri, dağılım sıcaklığı ve dağılım çevresel hızı süreç girdileri için tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımı süreç girdileri Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.8’de 3 adet süreç girdisi ile oluşturulan tam etkensel deney tasarımına göre yapılan 12 adet üretim verilmiştir.

Tablo 4.8: RHD % 60, anyonik ıslatıcı tipi için tam etkensel deney tasarımı üretimleri

RHD %	Islatıcı Tipi	Deney No	Son Ürün Akmazlık (KU)	Dağılım Sıcaklığı	Çevresel Hız (d/dak)
60%	Anyonik	25	135	Sogutma var	1750
		26	135	Sogutma var	4500
		27	135	Sogutma yok	1750
		28	135	Sogutma yok	4500
		29	120	Sogutma var	1750
		30	120	Sogutma var	4500
		31	120	Sogutma yok	1750
		32	120	Sogutma yok	4500
		33	105	Sogutma var	1750
		34	105	Sogutma var	4500
		35	105	Sogutma yok	1750
		36	105	Sogutma yok	4500

4.7.1.4 RHD % 60 - iyonik olmayan ıslatıcı tipi

RHD % 60, iyonik olmayan ıslatıcı tipi formülasyonu için son ürün akmazlık değeri, dağılım sıcaklığı ve dağılım çevresel hızı süreç girdileri için tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımı süreç girdileri Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.9’da 3 adet süreç girdisi ile oluşturulan tam etkensel deney tasarımına göre yapılan 12 adet üretim verilmiştir.

Tablo 4.9: RHD % 60, iyonik olmayan ıslatıcı için tam etkensel deney tasarımı üretimleri

RHD %	Islatıcı Tipi	Deney No	Son Ürün Akmazlık (KU)	Dağılım Sıcaklığı	Çevresel Hız (d/dak)
60%	İyonik olmayan	37	135	Sogutma var	1750
		38	135	Sogutma var	4500
		39	135	Sogutma yok	1750
		40	135	Sogutma yok	4500
		41	120	Sogutma var	1750
		42	120	Sogutma var	4500
		43	120	Sogutma yok	1750
		44	120	Sogutma yok	4500
		45	105	Sogutma var	1750
		46	105	Sogutma var	4500
		47	105	Sogutma yok	1750
		48	105	Sogutma yok	4500

4.7.1.5. Islatıcı tipi ve % RHD etkisi

Islatıcı tipi etkileri ve % RHD süreç girdilerinin belirlenen süreç çıktılarına olan etkilerinin çözümlenebilmesi için yapılan 4 adet tam etkensel deney tasarımı grupları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. 2 grup karşılaştırılırken değişkenlik çözümleme tekniği (2 örneklem t testi ya da Mann-Whitney testi) kullanılmıştır.

4.7.2 Dağılım süresi çalışması

Yapılan 4 grup tam etkensel deney tasarımı sonucunda 15 dakika dağılım yapılan, 2500g parti büyüklüğünde toplam 48 adet üretim yapılmıştır. Her bir üretim için, dağılımın 5. ve 10. dakikasında örnek alınmıştır.

Alınan tüm örnekler çözümlenmiş, 5 dakika, 10 dakika ve 15 dakika dağılım ile üretilen ürünlerin özellikleri karşılaştırılmıştır.

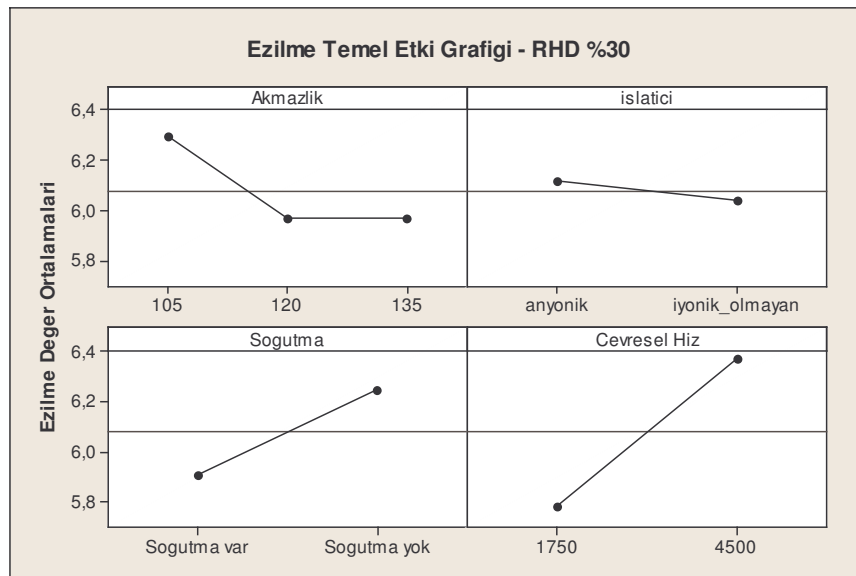
BÖLÜM 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5. 1. Dağılım Deneyleri Çözümlemeleri

5.1.1 Ezilme

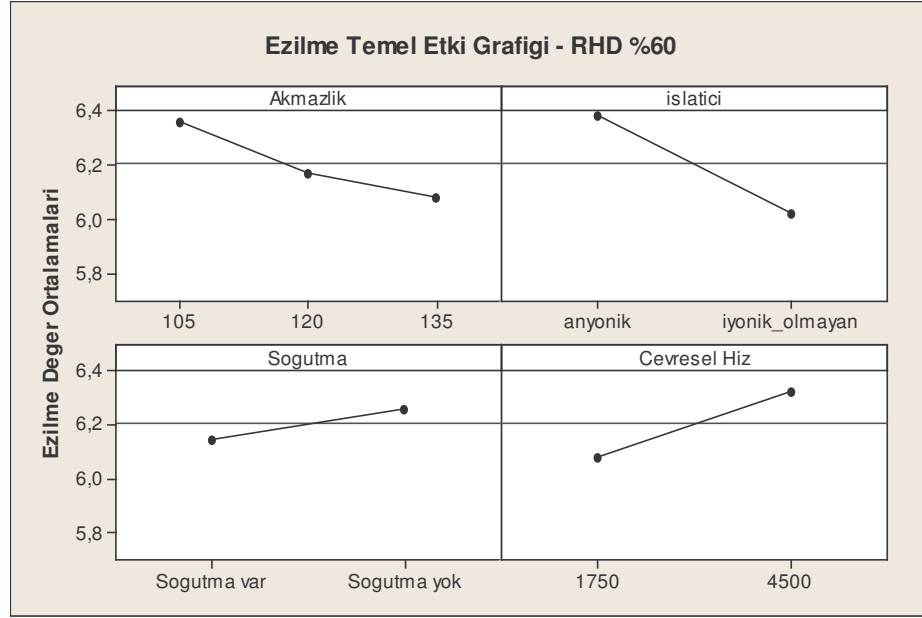
Tüm deney koşullarında, oluşturulan boya pastası istenilen koşullarda 15 dakika dağılıma tabi tutulduktan sonra elde edilen ezilme verileri incelendiğinde, Hegman ölçeğine göre minimum 5,5 (30-35 mikrometre) ezilme değerinin elde edildiği ve 15 dakika dağılım sonunda ezilme değerlerinin birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Bu durum, tüm koşullarda renkveren birikinti ve topakların birbirinden ayrılarak en az 30-35 mikrometre inceliğe kadar ezilmesi için sisteme yeterli derecede enerji verildiğini göstermektedir.

Şekil 5.1 ve 5.2’de, formülasyonu RHD %30 ve RHD %60 olan üretimlerin ortalama ezilme değerlerinin akmazlık, ıslatıcı tipi, dağılım sıcaklığı (soğutma suyu) ve çevresel hız ile değişimi gösterilmiştir. Ortalama ezilme değerleri her iki grafikte de birbirine yakın olmasına rağmen doğrular aynı eğilimleri göstermiştir.



Şekil 5.1: RHD % 30 ezilme değerlerinin süreç girdileri ile değişimi

Hem RHD %30 hem de RHD %60 grafikleri incelendiğinde, boyanın akma değeri yani akmaya karşı olan direnci arttıkça ezilme ortalamalarında azalma eğilimi olduğu görülmektedir.



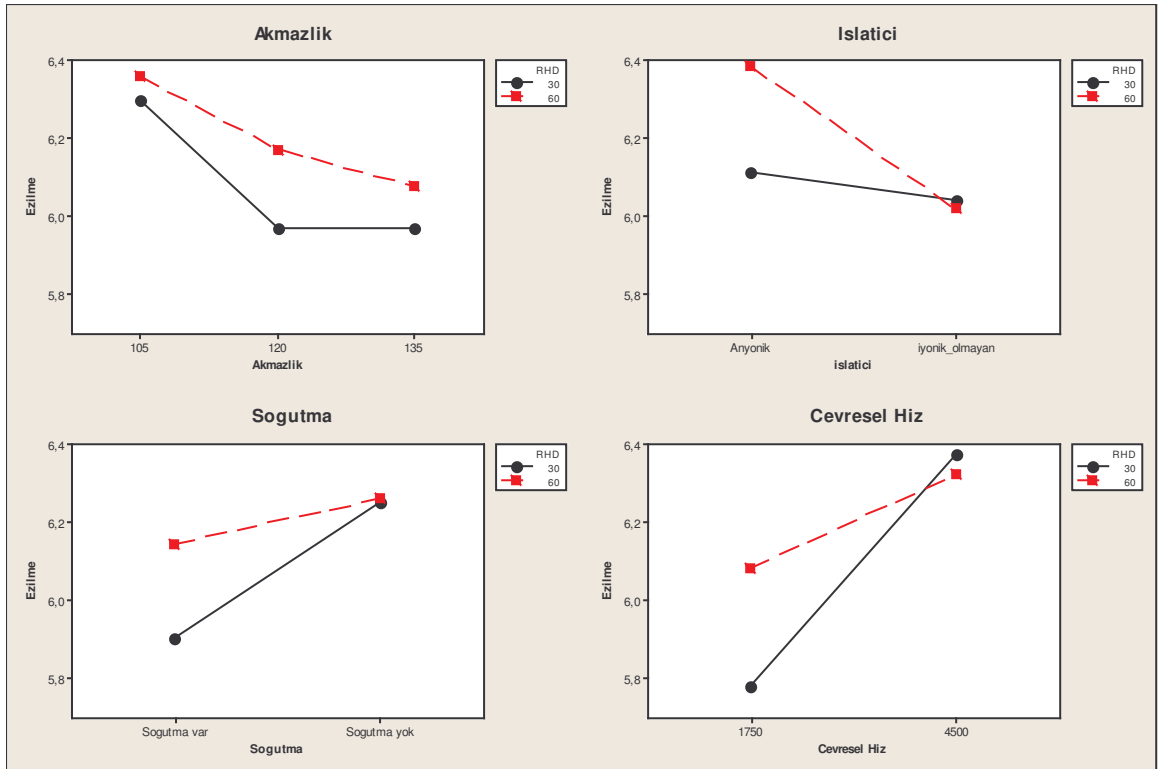
Şekil 5.2: RHD % 60 ezilme değerlerinin süreç girdileri ile değişimi

Dağılım sırasında renkverenler birbirleri ile çarpışırken Van der Waals kuvvetleri ile birbirlerini çekerler. Bu çekim kuvveti ile renkverenlerin birbirleri ile bağ yapmasını engellemek ve birikinti ile toprakların birincil parçacıklara bölünmesini sağlamak için, yüksek hızlı karıştırıcı bıçağının çevresel hızının etkisi ile sisteme bir momentum aktarımı gerçekleştirilir. Akma arttıkça karışıma aktarılan momentum azaldığından, birikinti ve toprakların parçalanması daha güç hale gelir. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de görüldüğü gibi akma arttıkça ezilme azalır.

Anyonik ıslatıcı tipi ile elde edilen ezilme değerleri iyonik olmayan ıslatıcı tipine göre daha yüksek ezilme ortalamaları göstermektedir. Anyonik ıslatıcı tipi, renkverenlerin içinde barındırdığı enerjiden gelen ve renkverenlerin yüzeyinde biriken yüklerden doğan elektrostatik itme kuvvetini kullanır. Elektrostatik kuvvetlerin renkverenleri birbirinden daha kuvvetli bir şekilde itmesi ezilmenin daha iyi bir şekilde gerçekleşmesine yardımcı olur.

Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de görüldüğü gibi, hem RHD %30 hem RHD %60 için sıcaklık ve çevresel hız arttıkça ezilmenin artması eğilimi görülmektedir. Soğutma suyu kullanıldığı durumlarda, soğuyan karışım dağılım bıçağına yapışma eğilimi gösterir ve momentum kaybına neden olur. Bu durum, soğutma suyu kullanıldığı durumlarda, ezilmenin daha zor gerçekleşmesini sağlar. Bunun yanında, dağılım sırasında uygulanan çevresel hız arttıkça da renkverenlere aktarılan enerji artar, renkverenler daha hızlı ve daha sık bir şekilde birbirlerine çarparlar. Bu durumda da, renkverenler daha kolay birincil parçacıklara dönüşürler.

5.1.1.1 RHD %30 ve %60 – ezilme karşılaştırmaları



Şekil 5.3: RHD %30 ve %60 ezilme değerleri karşılaştırması

Yapılan tüm üretimler için renkveren hacim derişimi temel etki karşılaştırması yapıldığında (Şekil 5.3), 15 dakika dağılım sonucunda, RHD %30 ve %60 formülasyonlarının ezilme değerleri birbirine oldukça yakın fakat, RHD %60 ezilme değerleri, RHD %30’a göre biraz daha yüksek seyrettiği görülmektedir.

Her iki formülasyonda da titandioksit miktarı %15 olarak sabit tutulurken, dolgu maddesi olan kalsit (CaCO_3) miktarı RHD %30 için %15,6 iken, RHD %60 için ise %29,8 olarak oluşturulmuştur. Bu durumda, RHD %60 formülasyonunda toplam renkveren miktarı ağırlıkça %44,8 iken, RHD %30 için %30,6'dır. Bu durumda, dağılım sırasında, RHD %60 için daha fazla renkveren ve dolgu maddesi kullanıldığından sistemin elastik özelliği artmıştır. Sistemin elastik özelliğinin artması, dağılım sırasında momentum kaybının daha az olmasını sağlar ve bu nedenle RHD %60 formüllerinde daha etkin ezilme sağlanır.

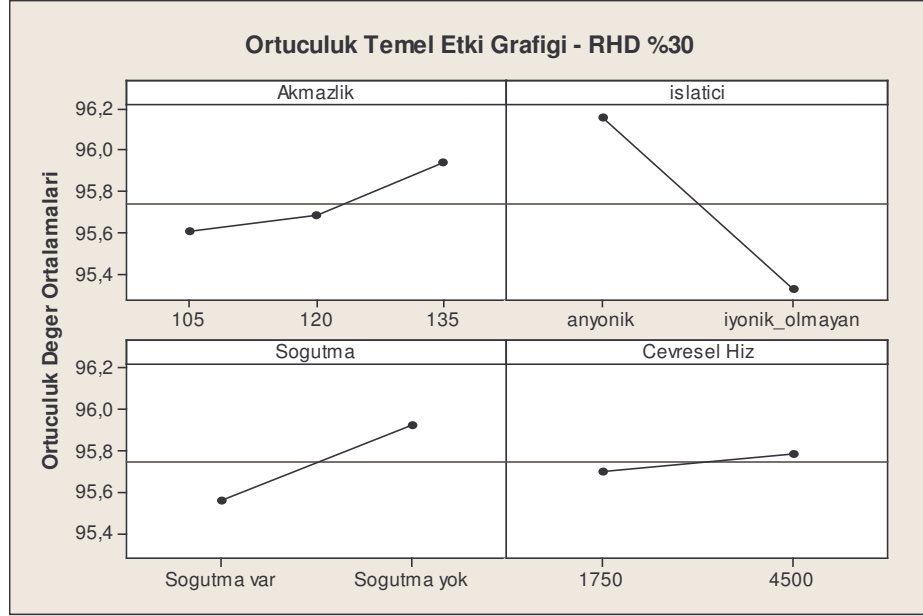
Şekil 5.3 incelendiğinde, akmazlık, ıslatıcı tipi, dağılım sıcaklığı ve çevresel hız değiştirildiğinde, RHD %30 ve %60 formülasyonlarının temel etki grafiğinde aynı ezilme ortalamaları değişimi gösterdiği görülmektedir. Her iki formülasyonda da, son ürün akmazlık değeri 105 KU olan üretimlerin 135 KU akmazlık değeri olan üretilere göre daha yüksek ezilme değeri gösterirken, iyonik olmayan ıslatıcı ile yapılan üretimlerde daha düşük ezilme değerleri görülmektedir. Her iki formülasyonda da, sıcaklık ve çevresel hız artarken ezilme kalitesi de artmaktadır.

5.1.2. Örtücülük

Örtücülük değerleri RHD %30 ve %60 üretimleri olmak üzere iki grupta incelenmiştir.

5.1.2.1 RHD %30 örtücülük temel etkileşimleri

Son ürün akmazlık değerlerinin, ıslatıcı tipinin, sıcaklığın ve çevresel hız süreç girdilerinin değiştirilerek üretilen tüm RHD %30 formülasyonları ile yapılan ürünlerin, öncelikli olarak temel etki grafiği ile değişen süreç girdilerine karşılık sistemin örtücülük değerlerinin genel davranışı incelenmiştir. Şekil 5.4 incelendiğinde, genel olarak örtücülüğün yüksek akmazlık değerlerine doğru artış gösterdiği, anyonik ıslatıcı tipinin örtücülük değer ortalamasının, iyonik olmayan ıslatıcı tipine göre yaklaşık 1 birim daha yüksek olduğu, sıcaklık arttıkça örtücülüğün arttığı görülürken, çevresel hızın ise bu sistem için örtücülüğü etkilemediği görülmektedir.



Şekil 5.4: RHD %30 Akmazlık-İslatıcı Tipi-Soğutma-Çevresel Hız Temel Etkileri

5.1.2.2 RHD %30 - örtücülük ıslatıcı tipi etkisi

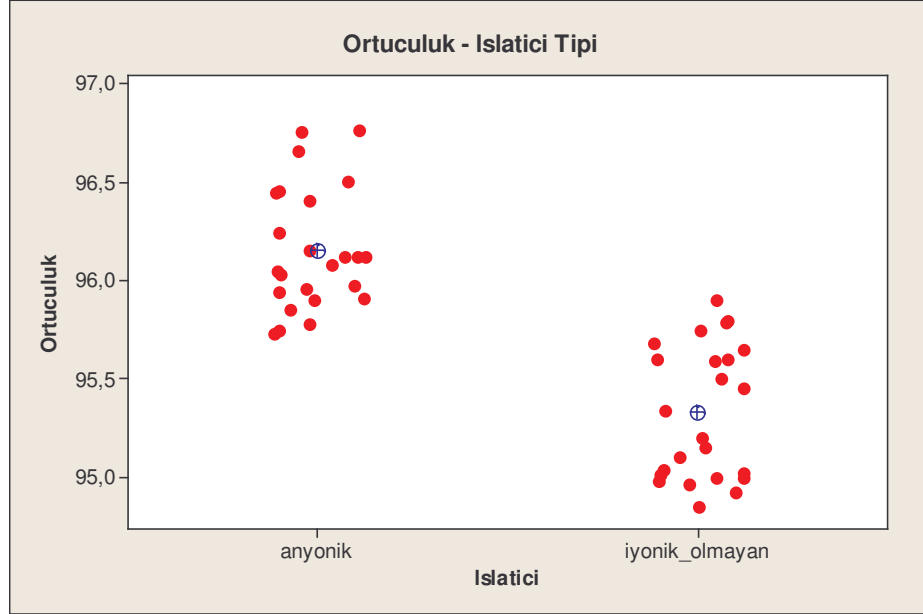
RHD %30 formülasyonunda anyonik ve iyonik olmayan ıslatıcı tipi verileri arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığının tespit edilebilmesi için öncelikli olarak 2 örneklem t testinin (2 sample t test) gerekliliği olan normallik testi uygulanmıştır. Anyonik ıslatıcı ve iyonik olmayan ıslatıcı örtücülük verilerine ayrı ayrı normallik testi yapıldığında; anyonik ıslatıcı tipi verilerinin normallik testi p değeri 0,01; iyonik olmayan ıslatıcı tipi verilerinin p değeri ise 0,09 bulunmuştur. Anyonik ıslatıcı tipinin normallik p değeri 0,05'den küçük olduğundan dolayı veriler normal değildir. Bu nedenle, iki grup arasında istatistiksel karşılaştırma yapılabilmesi için Mann-Whitney testi uygulanmıştır. Bu ve ilerleyen bölümlerde Mann-Whitney ya da 2 örneklem t testleri için varsayımlar şu şekilde kurulmuştur.

$$H_0 = \mu_A \text{ (Birinci durum ortalaması)} = \mu_B \text{ (İkinci durum ortalaması)} \quad (5.1)$$

$$H_a = \mu_A \text{ (Birinci durum ortalaması)} \neq \mu_B \text{ (İkinci durum ortalaması)} \quad (5.2)$$

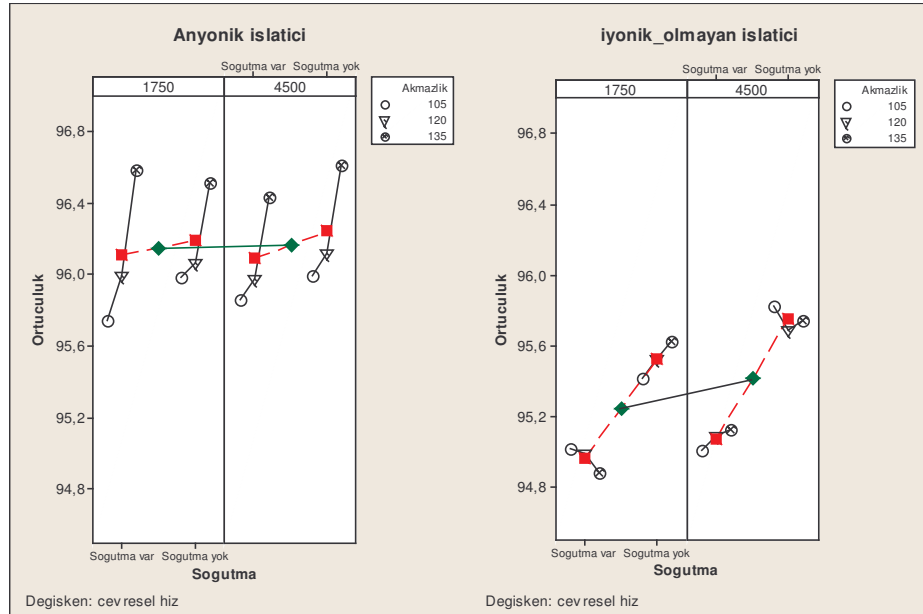
Anyonik ıslatıcı ve iyonik olmayan ıslatıcı için Mann-Whitney testi uygulandığında p değeri 0,00 çıkmıştır. P değeri 0,05'den küçük olduğundan dolayı H_a varsayımı kabul

edilerek iki grubun örtücülük ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark olduğu kanıtlanmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5: RHD %30 Islatici Tipi Karşılaştırması

RHD %30 anyonik ıslatici ve iyonik olmayan ıslatici örtücülük ortalamalarının farklı olduğu kanıtlandıktan sonra, Şekil 5.5’deki veriler koşullara göre ayrılarak Şekil 5.6 çoklu değişken grafiği çizilmiştir.



Şekil 5.6: RHD %30 Islatici Tipi Etkisi

Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 incelendiğinde, anyonik ıslatıcı ile yapılan tüm ürünlerin örtücülük değer ortalamalarının, iyonik olmayan ıslatıcı tipi ile yapılan ürünlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

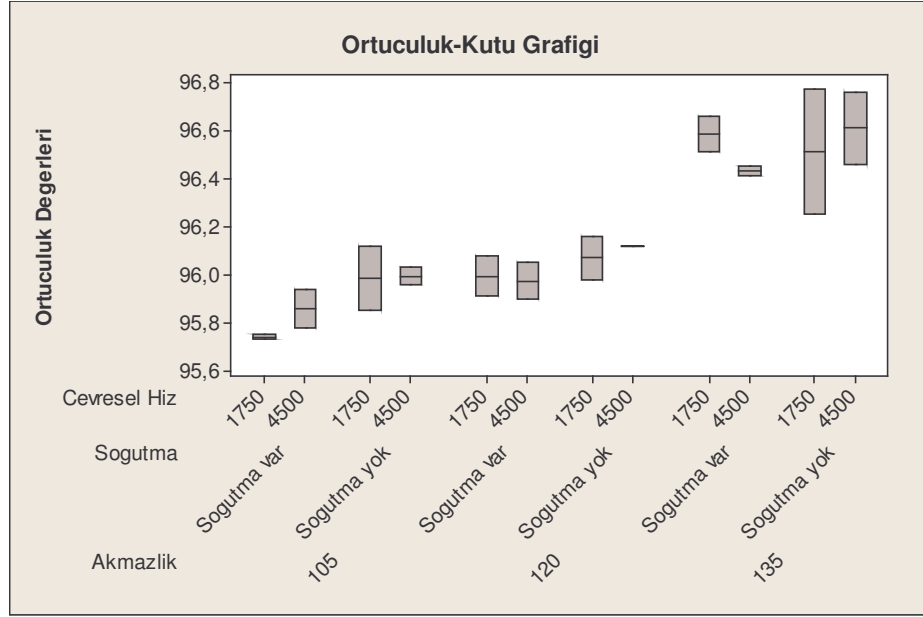
Anyonik ıslatıcı tipi ile elde edilen örtücülük ortalama değeri 96,1 iken, iyonik olmayan ıslatıcı tipi ile elde edilen örtücülük değeri 95,2 değeri ile her iki ıslatıcı örtücülük ortalamaları arasında yaklaşık 0,9 birim fark görülmüştür. Bunun yanında, Şekil 5.6 incelendiğinde iyonik olmayan ıslatıcı tipi ile yapılan üretimlerde koşullar (akmazlık, çevresel hız, soğutma) ne olursa olsun anyonik ıslatıcı tipi ile yapılan ürünlerin örtücülük değerlerine göre düşük kalmıştır. Bunun nedeni, Şekil 5.1'e görüldüğü gibi anyonik ıslatıcı tipi ile yapılan ürünlerin daha yüksek ezilme değeri eğilimini olmasının yanında, asıl önemli etken, dağılımın kararlı kılma aşamasında; anyonik ıslatıcı ile daha etkin bir şekilde renkverenlerin topaklanma oluşturmasının engellendiği sonucu çıkarılabilir. İki renkveren taneciği karşı karşıya geldiğinde, Van der Waals kuvvetleri ile birbirlerini çekerken, ıslatıcılar aracılığı ile ya elektrostatik kuvvetler, ya da sterik engel kuvvetleri ile birbirlerini itmesi sağlanarak Van der Waals kuvvetlerine karşı gelinmesi sağlanır. Bu durumda, bu sistem için anyonik ıslatıcının oluşturduğu elektrostatik itme kuvvetlerinin, iyonik olmayan ıslatıcı ile oluşturulan sterik engel kuvvetlerinden daha etkin bir şekilde renkverenlerin birbirini itmesi sağlanmış ve daha homojen bir şekilde renkveren dağılımı elde edilmiştir sonucuna varılabilir. Daha homojen boya filmine gelen ışın demeti film boyunca daha çok renkveren parçacığı ile karşılaşarak daha çok ışın film yüzeyinden geri gönderildiğinden dolayı anyonik ıslatıcı tipi kullanılan ürünler yüksek örtücülüğe sahiptir.

5.1.2.3. RHD %30 örtücülük deney tasarımı çalışmaları

RHD %30 formülasyonları için 2 adet deney tasarımı yapılarak akma, dağılım sıcaklığı ve çevresel hız süreç girdilerinin sistemin örtücülük değerlerini nasıl etkilediği incelenmiştir.

5.1.2.3.1 RHD %30 - anyonik ıslatıcı deney tasarımı çalışması

Tablo 4.5’de verilen süreç girdileri kullanılarak tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Tablo 4.6’da verilen deney tasarımına göre 12 farklı dağılım koşulunda üretilen ürünlerin örtücülük değerlerine genel olarak bakıldığında, akmaazlığı 135 KU olan ürünlerin örtücülüğünün daha iyi olduğu görülmektedir (Şekil 5.7).



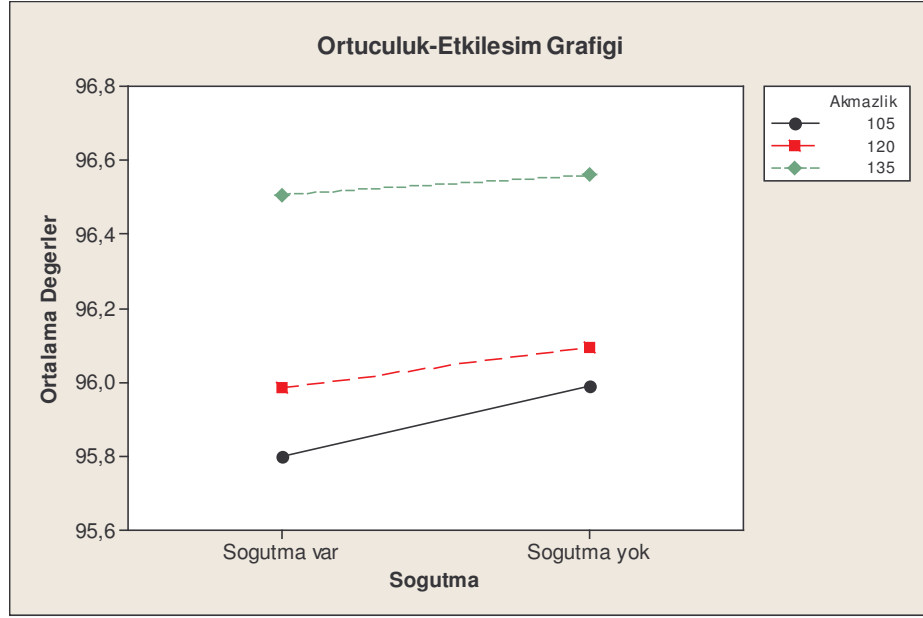
Şekil 5.7: RHD %30 Anyonik ıslatıcı, Akmaazlık-Soğutma-Çevresel Hız Genel Etkileri

Tam etkensel deney tasarımı çözümlenmesi uygulanıp elde edilen p değerleri incelendiğinde akmaazlık ve soğutma girdilerinin p değerleri 0,05’den küçük olduğu için, bu girdilerin örtücülük üzerinde etkisi var diyebiliriz (Tablo 5.1). Buna karşılık, çevresel hızın p değeri ise 0,75 bulunmuştur. Bu durumda, çevresel hızın sisteme etkisi yoktur diyebiliriz.

Tablo 5.1: RHD%30, anyonik ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri

Girdiler	P değeri
Akmaazlık	0,000
Soğutma Suyu	0,043
Çevresel Hız	0,750

Buna göre, çevresel hız süreç girdisi etkisiz kabul edilerek sistemden çıkarılmış ve akma ve soğutma süreç girdilerinin örtücülük etkileşim grafiği çizilmiştir (Şekil 5.8)



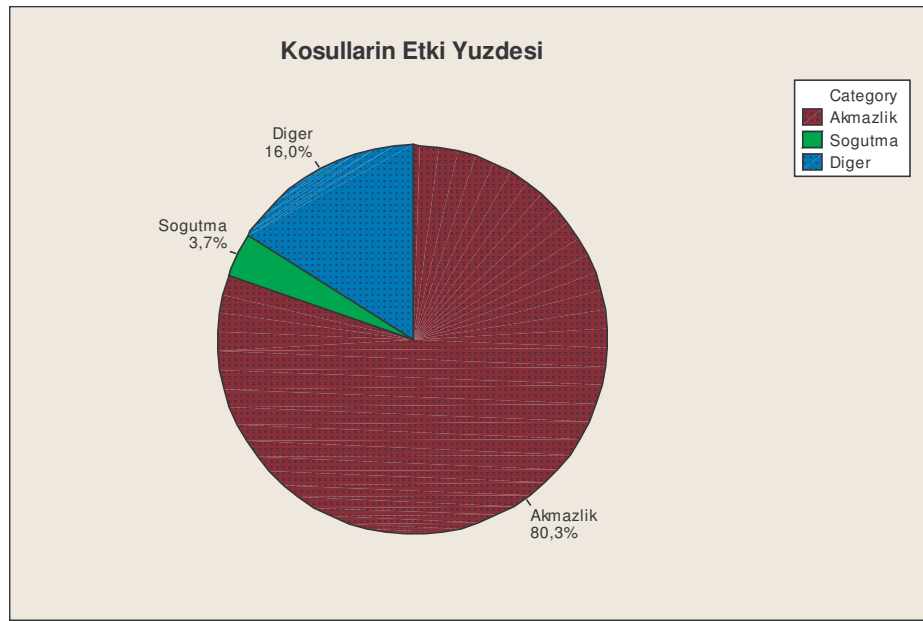
Şekil 5.8: RHD %30 Anyonik Islatıcı, Akma - Soğutma Etkileşim Grafiği

Şekil 5.1’de akma değerlerinin, 105 KU, 120 KU ve 135 KU olduğu ürünlerde ezilme ortalamalarının birbirine çok yakın olduğu, hatta akma arttıkça ezilme değerlerinde azalma eğilimi olduğunu görmüştük. Şekil 5.8 incelendiğinde, ürünlerin akması arttıkça örtücülüğün arttığı görülmektedir. Akma 135 KU olduğunda 96,5 örtücülük ortalama değeri; 105 KU olduğunda ise 95,7 ortalama değeri elde edilmiştir. Akma kalınlaştırıcı ile ayarlandığından kullanılan kalınlaştırıcı belli bir oranda yapışmayı önler, bu da topraklanmayı azaltır. Başka bir deyişle, sisteme eklenen kalınlaştırıcı tıpkı anyonik ısıtıcılara benzer bir etki ile taneciklerin biraraya gelmesini engelleyerek topraklanmayı azaltır. Bu durum, yüksek akma değerine sahip ürünlerin daha homojen dağılması ve örtücülük değerlerinin yükselmesini açıklar.

Bunun yanında, üretim sırasında soğutma suyu kullanılmadığı durumlarda sistemin örtücülük değerlerinde artış eğilimi görülmektedir. Soğutma suyu kullanılmadığı durumlarda, dağılım sıcaklığı daha fazla arttığından sistemin momentum kaybı daha düşük olmakta, birikinti ve toprakların ezilmesi daha iyi gerçekleşmektedir. Bu nedenle,

renkveren birikinti ve topakları parçalandıkça aralarındaki boşluklar küçülmekte ve dolayısıyla boya filminin örtücülüğü artmaktadır. Ancak, renkveren taneciklerinin boyutları belli bir değerin altına düşerse ($< \lambda/20$), boyada renk kaymaları ve/veya örtücülük azalır, boyanın ışık geçirgenliği artar.

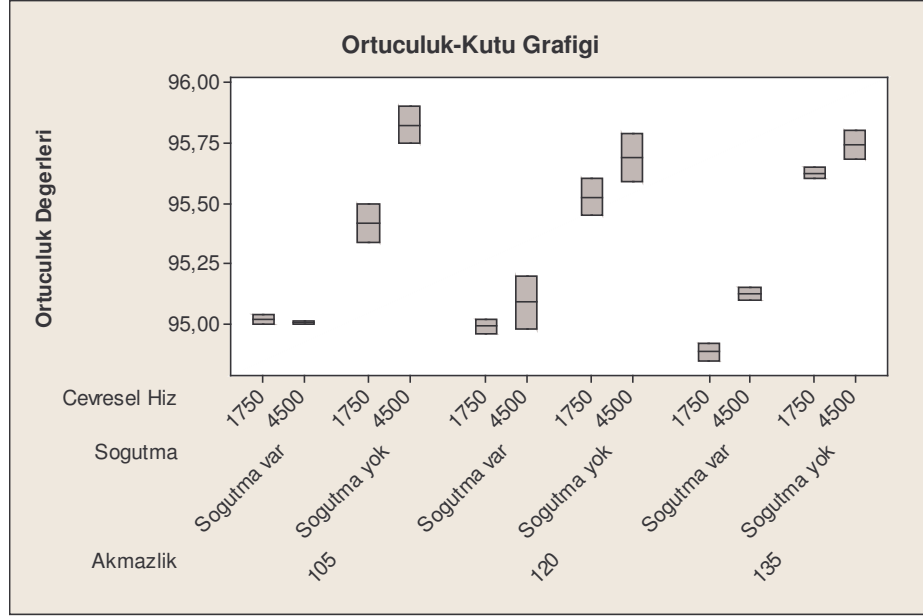
Bu girdilerin örtücülüğü hangi seviyede etkilediğini daha net görebilmek için, Şekil 5.9'da koşulların etki yüzdesi grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre, akmaçlık süreç girdisi 80,3 yüzde değeri ile en önemli etken olarak görülmektedir.



Şekil 5.9: RHD %30 – Anyonik İslatıcı Koşulların Etki Yüzdesi

5.1.2.3.2 RHD %30 - iyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı çalışması

Tablo 4.5'de verilen süreç girdileri kullanılarak tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Tablo 4.7'de verilen deney tasarımına göre 12 farklı dağılım koşulunda üretilen ürünlerin örtücülük değerlerine genel olarak bakıldığında, soğutma ve çevresel hız süreç girdilerinin etkin olduğu görülmektedir (Şekil 5.10).



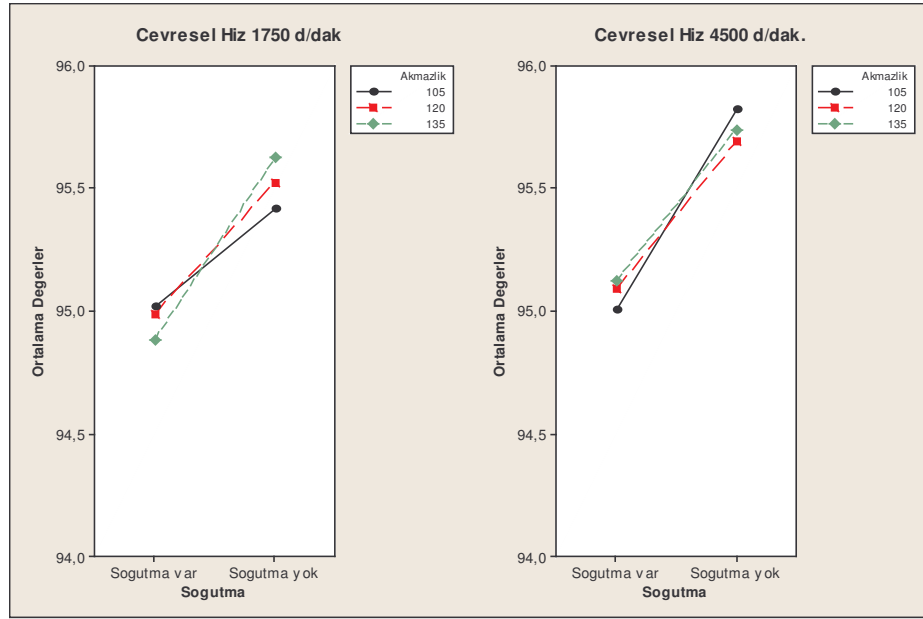
Şekil 5.10: RHD %30-İyonik olmayan Islatici, Akmazlık-Soğutma-Çevresel Hız Genel Etkileri

Tablo 5.2’de, deney tasarımı çözümlenmelerinin sonucunda elde edilen p değerlerine bakıldığında, soğutma suyu ve çevresel hızın sistem üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Akmazlık p değeri ise 0,87 bulunmuştur. Bu durumda, akmazlığın bu sistemde örtücülük üzerinde etkisi yoktur.

Tablo 5.2: RHD%30, iyonik olmayan ıslatici deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri

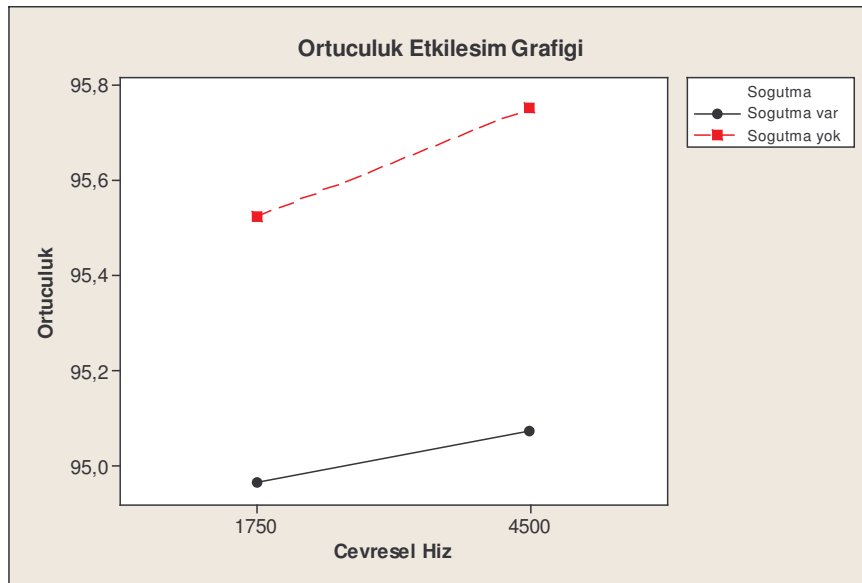
Girdiler	P değeri
Soğutma	0,000
Çevresel Hız	0,001
Akmazlık	0,870

Şekil 5.11’de akmazlık, çevresel hız ve soğutma süreç girdilerinin etkileşimleri görülmektedir. Buna göre, akmazlığın sistemi hiç etkilemediği görülmektedir.



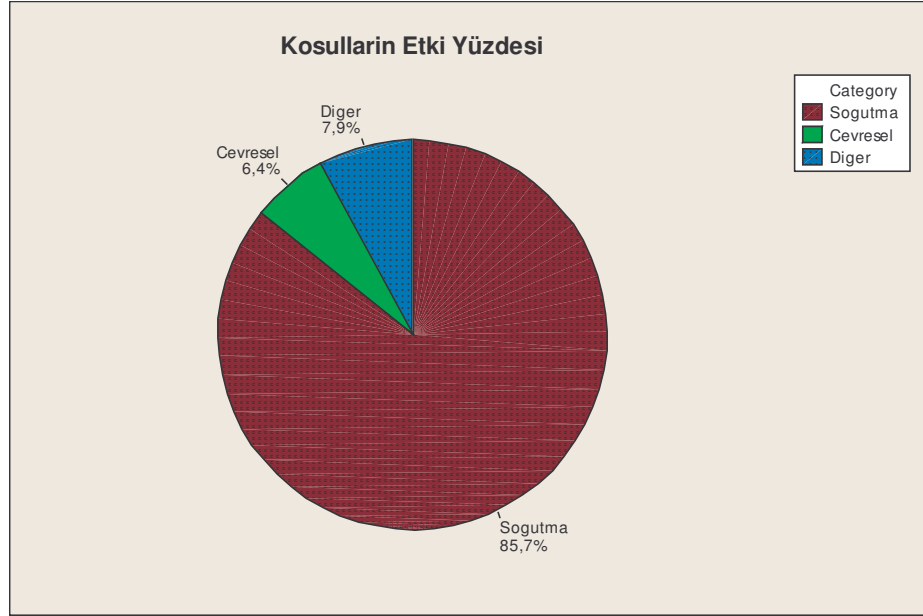
Şekil 5.11: RHD %30 İyonik olmayan Islatici, Akmazlık -Soğutma- Çevresel Hız Etkileşimleri

Akmazlığın bu sistemin örtücülüğüne etkisi olmadığından, akmazlık süreç girdisi çıkarılarak Şekil 5.12 çizilmiştir. Şekil 5.12’de, soğutma suyu kullanılmayan ürünlerin örtücülük ortalamalarının 0,6-0,75 birim daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, soğutma suyu kullanılmayan ürünlerde ezilme değerinin daha yüksek olmasına ve renkverenler arasındaki boşlukların daha fazla doldurulmasına bağlanabilir. Çevresel hız arttıkça da ezilme artışına bağlı olarak örtücülük değerlerinde artış eğilimi görülmektedir.



Şekil 5.12: RHD %30 İyonik olmayan Islatici, Soğutma - Çevresel Hız Etkileşimleri

Koşulların etki yüzdelere bakıldığında ise (Şekil 5.13), bu sistem için, %85,7 ile soğutma suyu (dağılım sıcaklığı) süreç girdisinin en önemli etken olduğu görülmektedir.

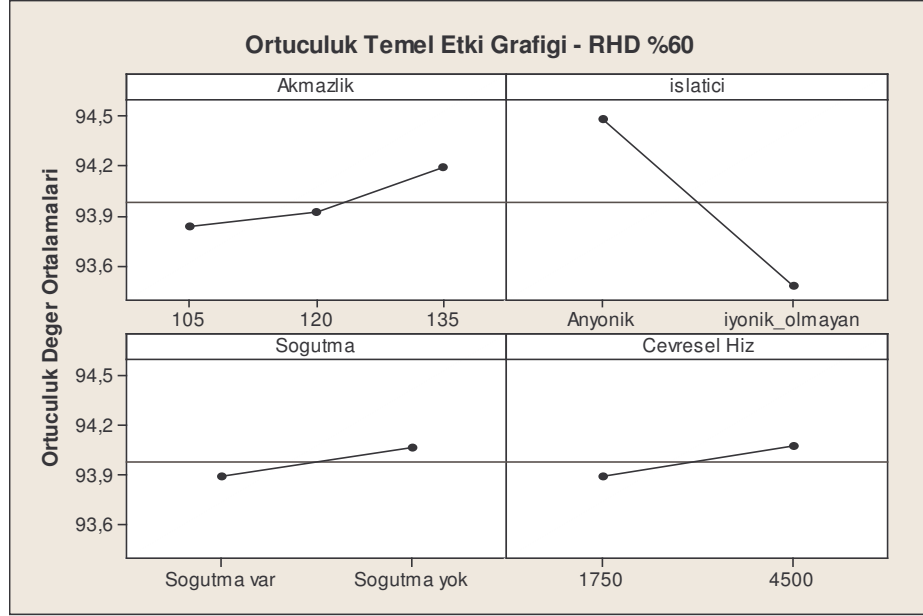


Şekil 5.13: RHD %30 – İyonik olmayan Islatici Koşulların Etki Yüzdesi

5.1.2.4 RHD %60 – örtücülük temel etkileşimleri

RHD %60 formülasyonları ile yapılan tüm üretimlerin örtücülük değerleri çözümlenmeleri için RHD %30 bölümünde yapılan çözümlene sistematiği izlenmiştir. Öncelikli olarak, temel etki grafiği ile koşullar değiştirildiğinde sistemin örtücülük değerlerinin gösterdiği davranış incelenmiştir.

Şekil 5.14 RHD %60 örtücülük temel etki grafiği incelendiğinde, sistemin süreç girdilerinin örtücülük üzerinde genel etkileri Şekil 5.4'de RHD %30 temel etki grafiğinde görülen etkiler ile paralellik gösterdiği gözlenmektedir.

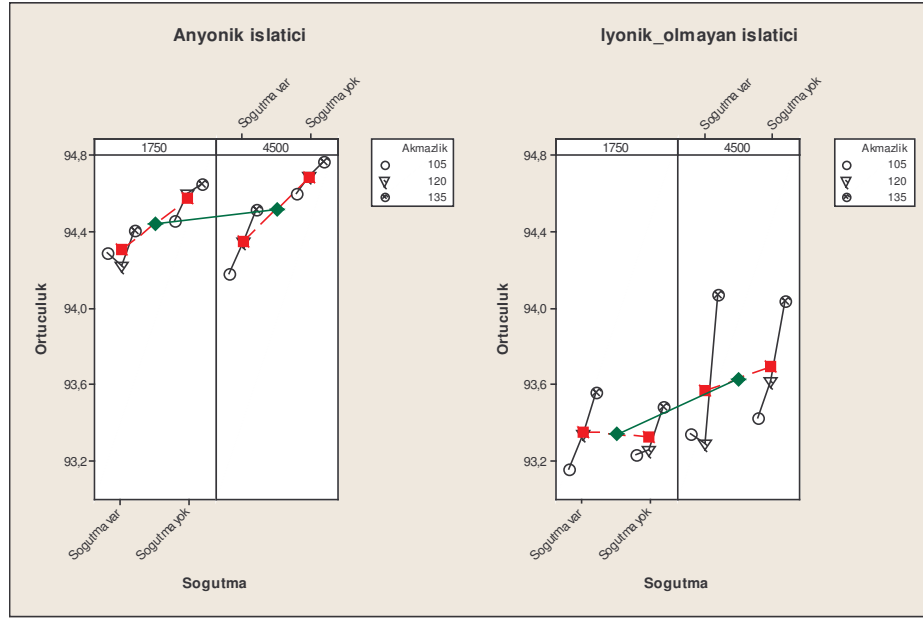


Şekil 5.14: RHD %60, Akmazlık - Islatıcı Tipi – Soğutma - Çevresel Hız Temel Etkileri

5.1.2.5 RHD %60 - örtücülük ıslatıcı tipi etkisi

RHD %60 formülasyonunda anyonik ve iyonik olmayan ıslatıcı tipi verilerinin istatistiksel olarak karşılaştırılabilmesi için anyonik ıslatıcı ve iyonik olmayan ıslatıcı örtücülük verilerine ayrı ayrı normallik testi yapılmıştır. Verilerin normal olmadığı tespit edilmiştir ve bu nedenle, iki grup arasında istatistiksel karşılaştırma yapılabilmesi için Mann-Whitney testi uygulanmıştır.

Mann-Whitney testi uygulandığında p değeri 0,00 çıkmıştır. P değeri 0,05'den küçük olduğundan dolayı H_0 varsayımı kabul edilerek iki kitlenin örtücülük ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark olduğu kanıtlanmıştır (Şekil 5.15).



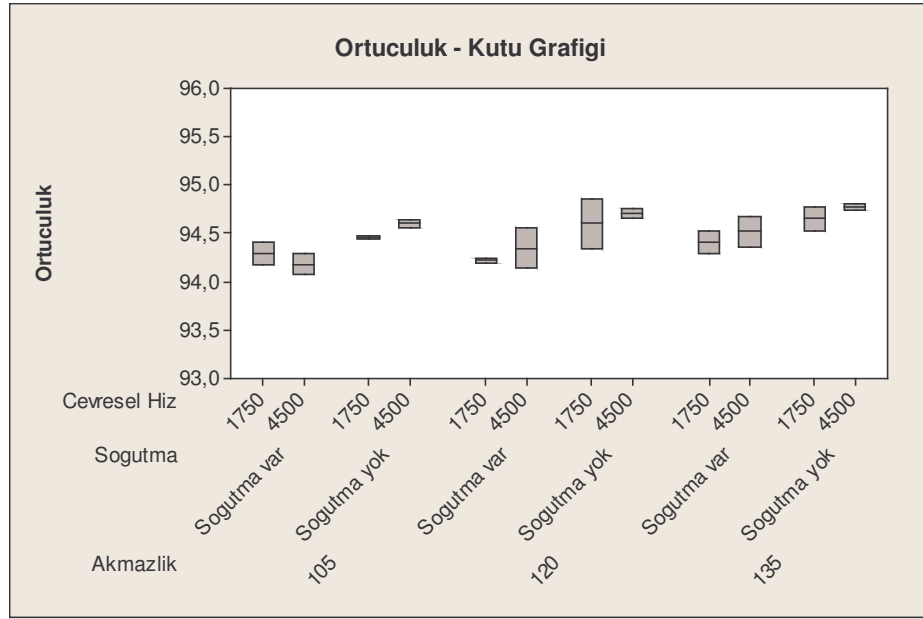
Şekil 5.16: RHD % 60 Islatıcı Tipi Etkisi

5.1.2.6. RHD %60 örtücülük deney tasarımı çalışmaları

RHD %60 formülasyonları için 2 adet deney tasarımı yapılarak akmaizlik, dağılım sıcaklığı ve çevresel hızın sistemin örtücülük değerlerine olan etkisi incelenmiştir.

5.1.2.6.1 RHD %60 - anyonik ıslatıcı deney tasarımı çalışması

Tablo 4.5’de verilen süreç girdileri kullanılarak tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Tablo 4.8’de verilen deney tasarımına göre 12 farklı dağılım koşulunda üretilen ürünlerin, Şekil 5.15 kutu grafiği ile sistemin örtücülük değerlerine genel olarak bakıldığında, farklı koşullarda tüm örtücülük değerlerinin 94,2 ile 94,7 arasında değiştiği görülmektedir. Bu durum, RHD %60 anyonik ıslatıcı ile üretilen ürünler için koşulların sistemin örtücülüğünü gözle görülebilir bir seviyede etkilemediğini göstermektedir.



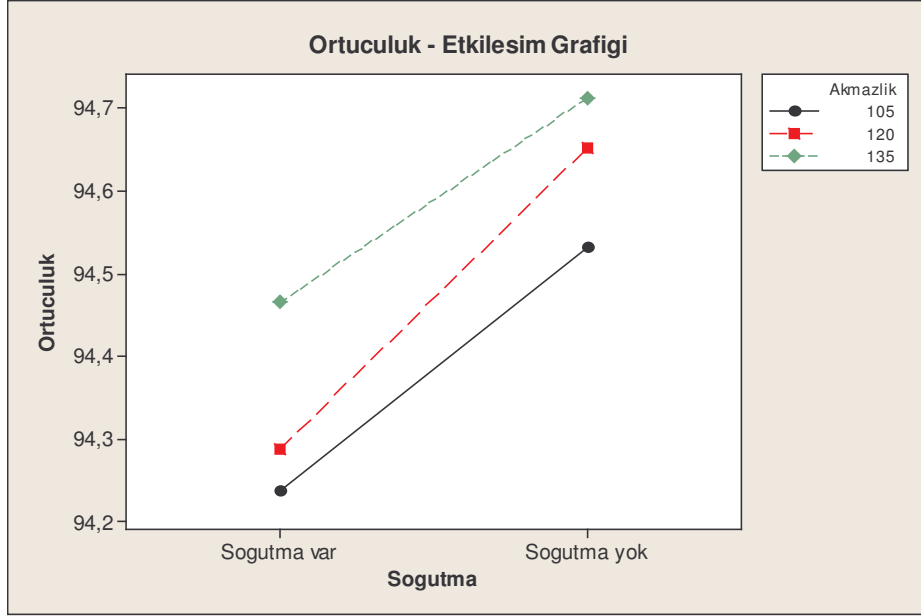
Şekil 5.17: RHD %60 Anyonik Islatici, Akmazlık – Soğutma – Çevresel Hız Genel Etkileri

Tam etkensel deney tasarımı çözümlenmeleri uygulanıp, elde edilen p değerlerine bakıldığında, 0,000 ve 0,045 p değerleri ile soğutma suyu (dağılım sıcaklığı) ve çevresel hız süreç girdilerinin sistemin örtücülüğü üzerinde etkili olduğu görülmektedir (Tablo 5.3). Çevresel hız p değeri ise 0,215 bulunmuştur. 0,215 p değeri 0,05'den büyük olduğu için çevresel hız süreç girdisinin bu sistemin örtücülüğüne etkisi olmadığı kabul edilmiştir.

Tablo 5.3: RHD%60, Anyonik ıslatici deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri

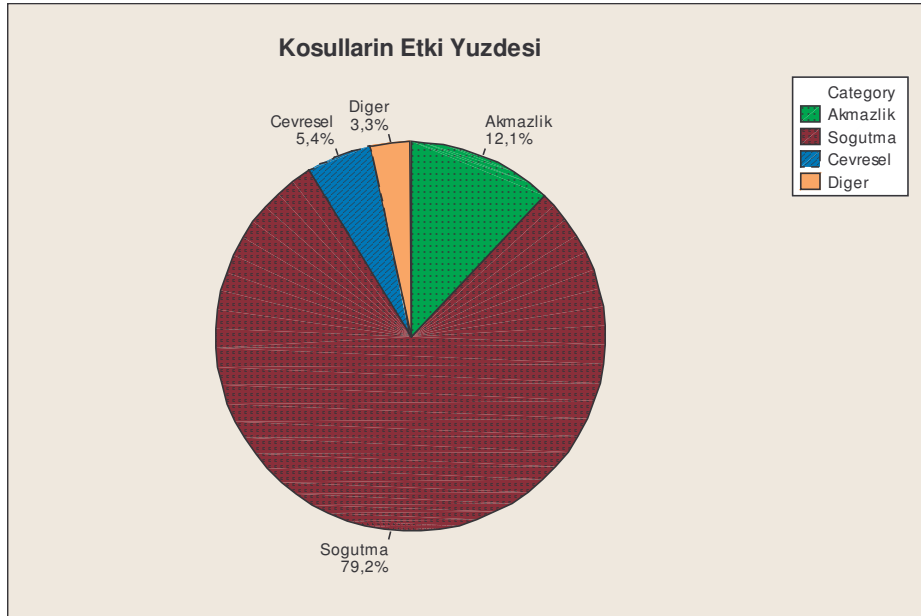
Girdiler	P değeri
Soğutma Suyu	0,000
Akmazlık	0,045
Çevresel Hız	0,215

Şekil 5.18'de, soğutma suyu kullanılmadığı durumlarda ve son ürün akmazlık değeri arttıkça sistemin örtücülük ortalama değerlerinde artış eğilimi gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5.18: RHD %60 Anyonik Islatıcı, Akmazlık - Soğutma Etkileşimleri

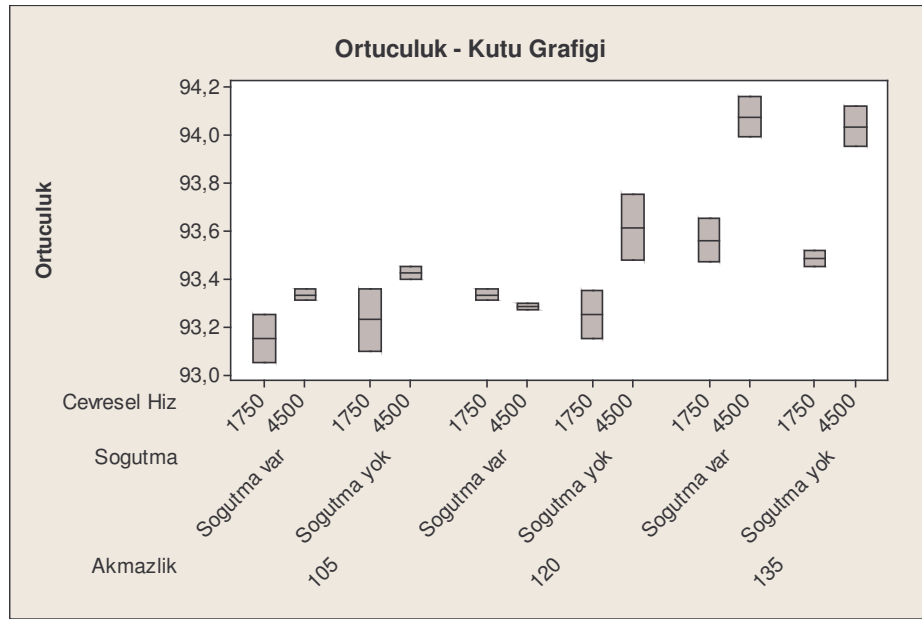
Şekil 5.19’da girdilerin etki yüzdelere bakıldığında, %79,2 ile soğutma suyu (dağılım sıcaklığı) koşulunun sistemi etkileyen en önemli koşul olduğu görülmektedir.



Şekil 5.19: RHD %60 – Anyonik Islatıcı Koşulların Etki Yüzdesi

5.1.2.6.2 RHD %60 - iyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı çalışması

Tablo 4.5’de verilen süreç girdileri kullanılarak tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Tablo 4.9’da verilen deney tasarımına göre 12 farklı dağılım koşulunda üretilen ürünlerin örtücülük değerlerine Şekil 5.20 kutu grafiği ile genel olarak bakıldığında, örtücülük değerlerinin 93,0 ile 94,2 arasında gözle görülebilir seviyede değiştiği görülmektedir.



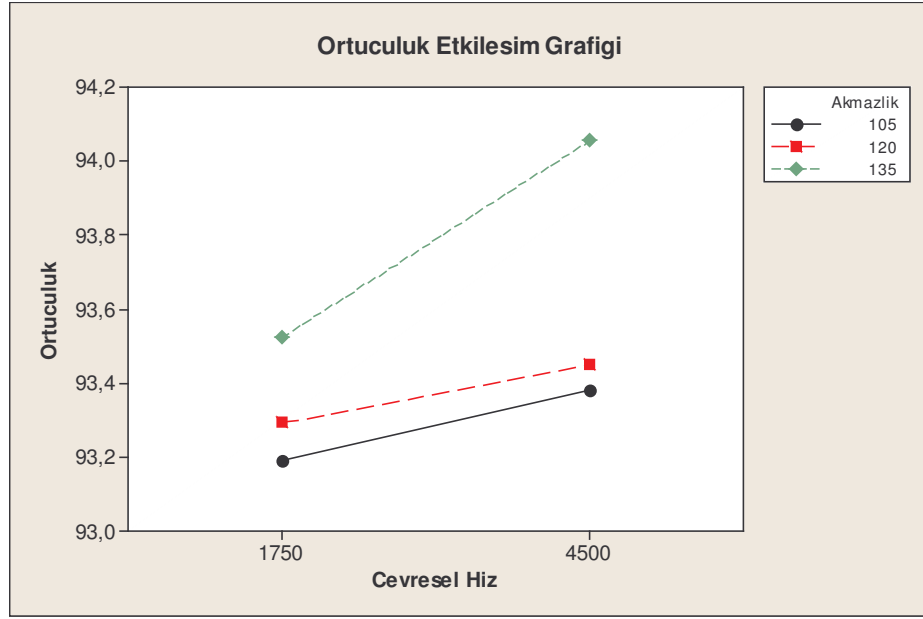
Şekil 5.20: RHD %60 İyonik olmayan ıslatıcı, Akmazlık-Soğutma-Çevresel Hız Genel Etkileri

RHD %60 İyonik olmayan ıslatıcı için deney tasarımı çözümlenmesi uygulandığında, Tablo 5.4’de verilen 0,000 p değerleri ile akma ve çevresel hızın etkili olduğu görülmektedir. Soğutma (dağılım sıcaklığı) süreç girdisinin p değeri ise 0,440 olarak bulunmuştur. Soğutma süreç girdisinin sistemin örtücülüğü üzerinde etkisi olmadığı kabul edilmiştir.

Tablo 5.4: RHD%60, İyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri

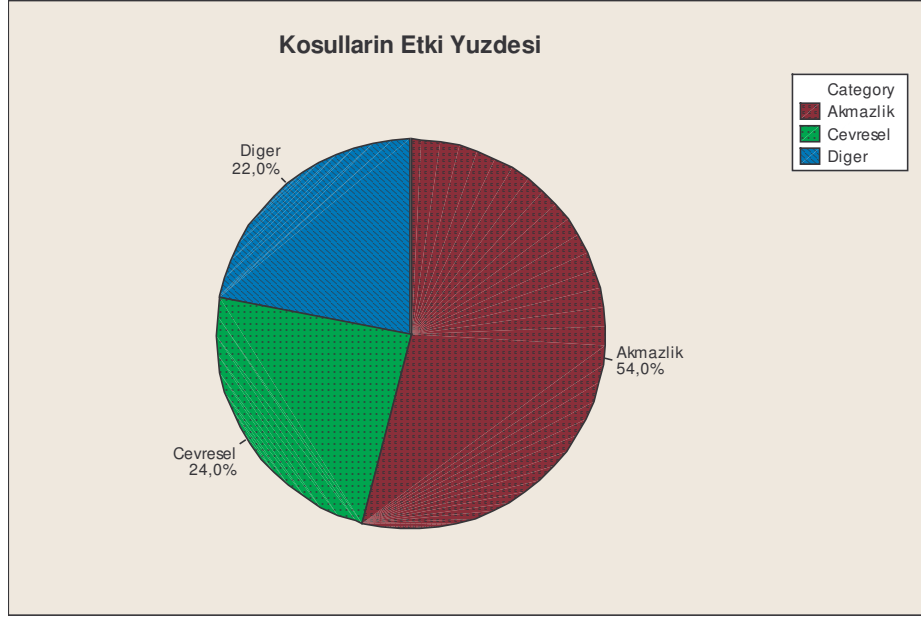
Girdiler	P değeri
Akmazlık	0,000
Çevresel Hız	0,000
Soğutma Suyu	0,440

Şekil 5.21’de görüldüğü gibi, yüksek akmazlık değeri ile daha etkin bir kararlı kılma sağlandığından dolayı, akmazlık arttıkça örtücülük değeri iyileşmektedir. Bunun yanında, çevresel hız 4500 d/dak iken 1750 d/dak’ya göre renkverenlere çok daha yüksek kesme hızı uygulanmakta ve renkveren toprakları daha yüksek bir kuvvetle birbirine çarparak daha iyi bir şekilde parçalanmaktadır. Bunun sonucunda daha iyi ezilme değeri elde edilmesi boyanın örtücülüğünün artma eğilimi göstermesine sebep olmaktadır.



Şekil 5.21: RHD %60 İyonik olmayan Islatıcı, Akmazlık - Çevresel Hız Etkileşimleri

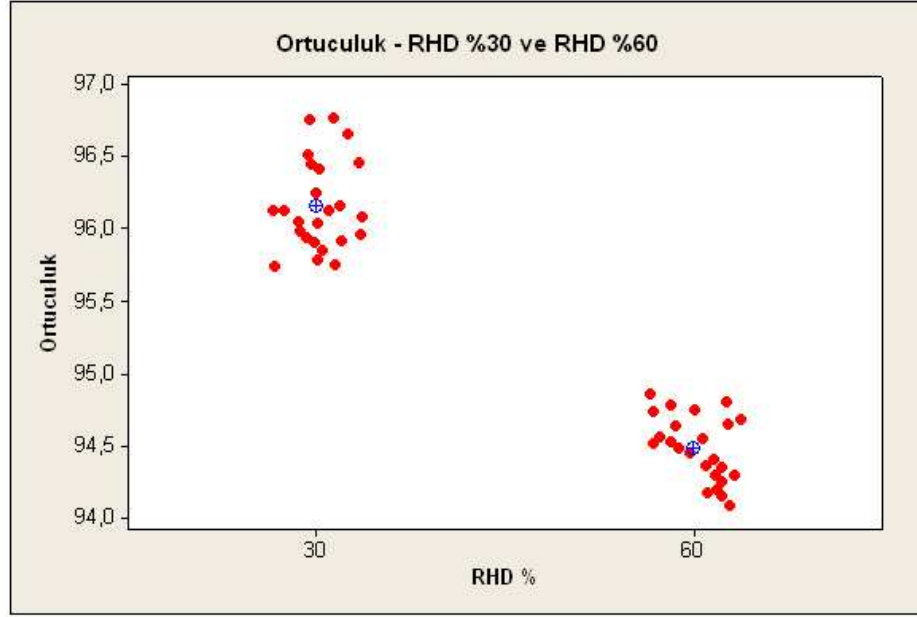
Koşulların etki yüzdesine bakıldığında, %54 değeri ile akmazlık, %24 değer ile çevresel hızın örtücülük üzerinde etkisi olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.22: RHD %60 – İyonik olmayan Islatici Koşulların Etki Yüzdesi

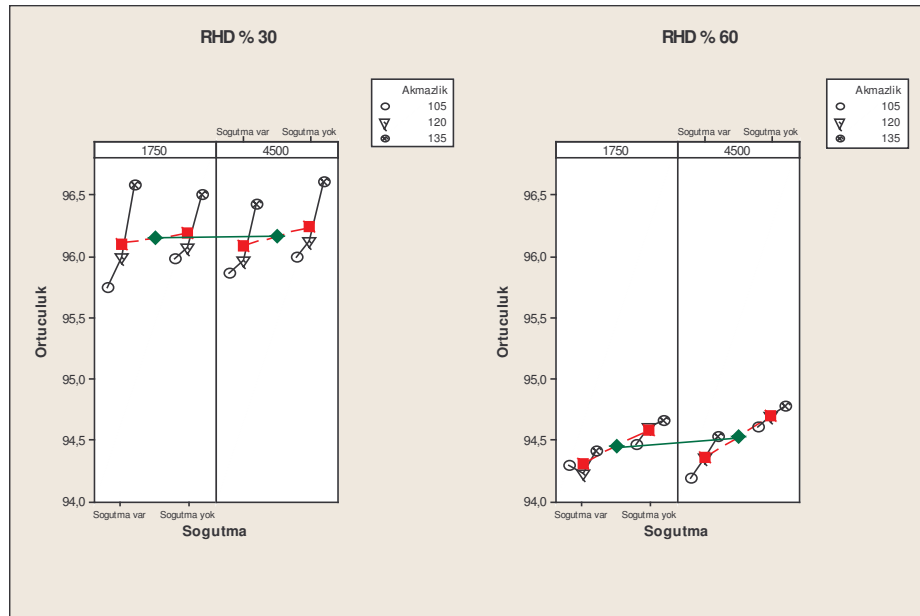
5.1.2.7 Anyonik ıslatici – RHD %30 ve %60 örtücülük karşılaştırmaları

Anyonik ıslatici kullanılan RHD %30 ve RHD %60 formülasyonlarının örtücülük verilerinin istatistiksel olarak karşılaştırılabilmesi için RHD %30 ve RHD %60 formülasyonları örtücülük verilerine ayrı ayrı normallik testi yapılmıştır. Verilerin normal olduğu tespit edildikten sonra eşit değişkenlik testi (test for equal variances) uygulanmıştır. Bu testin sonucunda elde edilen 0,138 p değeri 0,05’den büyük olduğu için her iki formülasyon verilerinin değişkenlikleri arasında fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda, eşit değişkenlikler göz önünde bulundurularak 2 örneklem t testi (two sample t test) uygulandığında p değeri 0,00 çıkmıştır. P değeri 0,05’den küçük olduğundan dolayı H_0 varsayımı kabul edilerek iki grubun örtücülük ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark olduğu kanıtlanmıştır (Şekil 5.23)



Şekil 5.23: Anyonik Islatıcı – RHD %30 ve RHD %60 Karşılaştırması

Anyonik ıslatıcı kullanılan RHD %30 ve RHD %60 formülasyonlarının örtücülük ortalamalarının farklı olduğu kanıtlandıktan sonra, Şekil 5.23'deki veriler koşullara göre ayrılarak Şekil 5.24'de çoklu değişken grafiği çizilmiştir.



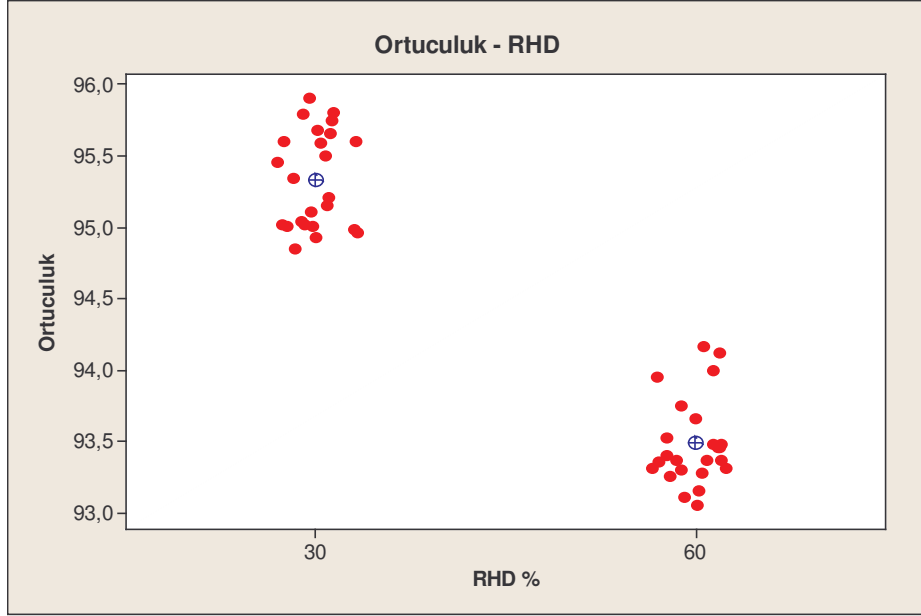
Şekil 5.24: Anyonik Islatıcı – RHD %30 ve RHD %60 Etkisi

Şekil 5.24’de RHD %30 ve %60 formülasyonlarının ortalama örtücülük değerlerine bakıldığında, RHD %30’da 96,4 , RHD %60’da ise 94,6’ değerleri ile örtücülük ortalamaları arasında yaklaşık 1,8 birim gibi önemli bir fark görülmektedir. Bunun yanında, Şekil 5.23 ve 5.24’e bakıldığında farklı akmazlık, soğutma ve çevresel hız koşullarında iki formülasyonun örtücülük değerlerinde herhangi bir çakışma görülmemektedir.

Her iki formülasyonun da titandioksit miktarının aynı, ezilme değerlerinin birbirine çok yakın olduğu düşünülürse, bu örtücülük farkı bağlayıcının renkverenlerin etrafını sarma farkından gelmektedir. RHD %30 formülasyonunun kritik renkveren hacim derişimi %57,8 iken RHD %60 formülasyonunun % 58,6 olarak hesaplanmıştır. Başka bir deyimle, RHD %30 formülasyonu kritik RHD’nin oldukça altında iken, RHD %60 formülasyonu kritik RHD’nin biraz üstündedir. Bu durumda, RHD %30 formülasyonlarında, bağlayıcı renkverenleri tamamen sarıp renkverenlerin etrafını fazlasıyla doldururken, RHD %60 formülasyonunda bağlayıcı yetersiz olduğundan dolayı renkverenler yeterli derecede sarılamamaktadır. Bu durum, boyanın dağılım sonrası topaklanma oluşumunu destekler ve renkverenler arasındaki boşlukların artmasına neden olur ve ve boya filminin örtücülüğünü düşürür. Bu durum, “Topçuoğlu ve diğ, 2006” tarafından yapılan boyanın nem geçirgenliği ve koruyuluk özelliği çalışmada, daha az bağlayıcı kullanıldığında daha fazla gözenekli boya filminin elde edilmesi sonucu ile uyum içindedir..

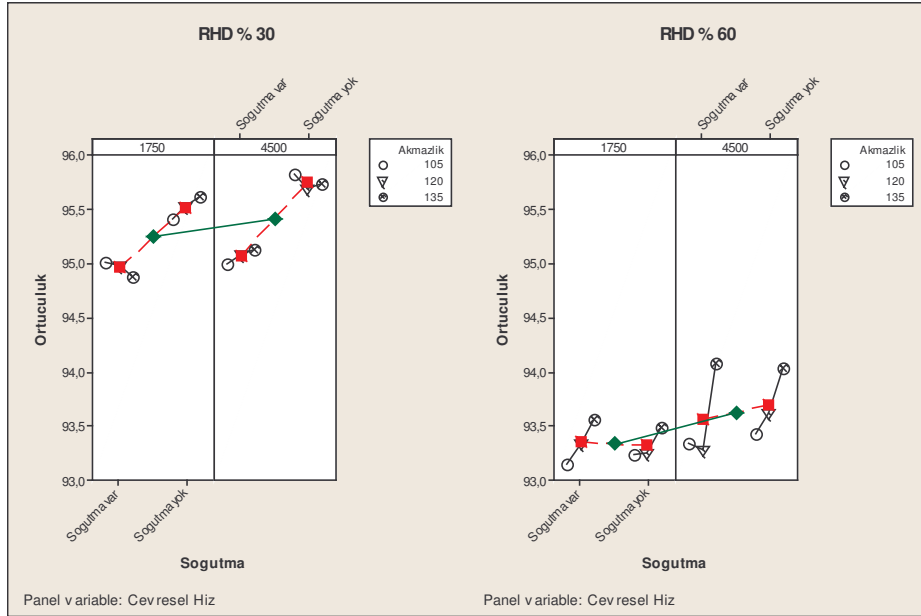
5.1.2.8 İyonik olmayan ıslatıcı – RHD %30 ve %60 örtücülük karşılaştırmaları

İyonik olmayan ıslatıcı kullanılan RHD %30 ve RHD %60 formülasyonlarının örtücülük değerleri karşılaştırılmıştır. Her iki formülasyonun verileri de normal bulunmadığı için Mann-Whitney testi uygulanmış ve p değeri 0,00 ile her iki grubun örtücülük ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark olduğu kanıtlanmıştır (Şekil 5.25).



Şekil 5.25: İyonik olmayan ıslatıcı – RHD %30 ve RHD %60 Karşılaştırması

İyonik olmayan ıslatıcı kullanılan RHD %30 ve RHD %60 formülasyonlarının örtücülük ortalamalarının farklı olduğu kanıtlandıktan sonra, Şekil 5.25’deki veriler koşullara göre ayrılarak Şekil 5.26’da çoklu değişken grafiği çizilmiştir



Şekil 5.26: İyonik olmayan ıslatıcı – RHD %30 ve RHD %60 Etkisi

Şekil 5.26 çoklu değişken grafiği incelendiğinde, RHD %30 formülasyonlarında, ortalama örtücülük değeri 95,2 iken, RHD %60 ortalama örtücülük değeri 93,3 değeri ile, iki formülasyon arasında 1,9 birim fark görülmektedir. Bu fark , bölüm 5.1.2.7'deki gibi, RHD %30 formülasyonunda bağlayıcının renkverenlerin etrafını çok daha iyi ıslatmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.24 ve 5.26 incelendiğinde, her iki ıslatıcı tipi için de, RHD %30 ve %60 arasında örtücülük farkı ortaya çıkmaktadır. Bu fark RHD %30 formülasyonu ile üretilen ürünlerde renkverenlerin bağlayıcı tarafından daha iyi sarılmasından ve dolayısıyla renkverenlerin dağılım kararlılığının daha iyi sağlanmasından kaynaklanmaktadır.

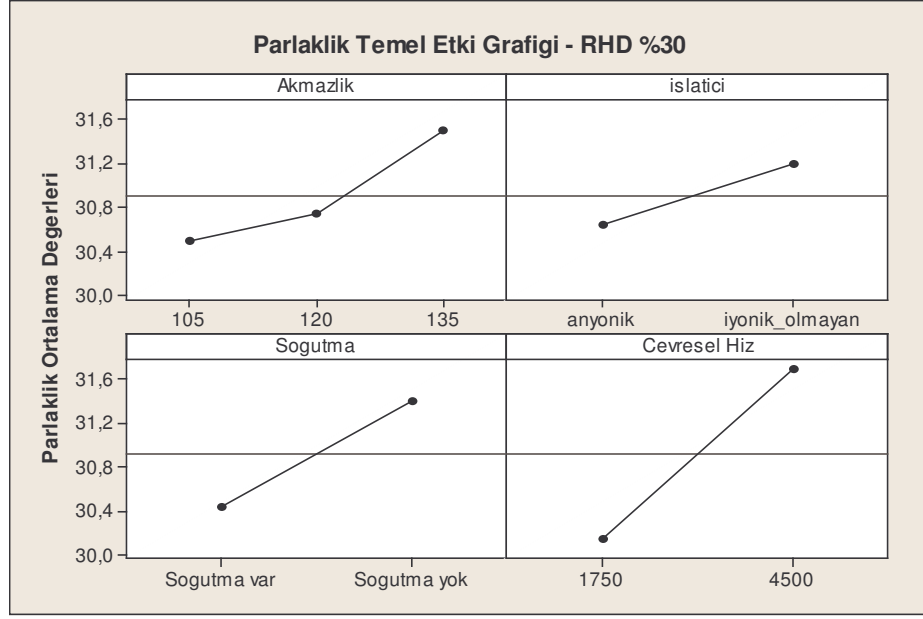
5.1.3 Parlaklık

Dağılım koşullarının parlaklık değerleri ile etkileşimi incelenirken, örtücülük çözümüleme sistemi ile aynı sistematik izlenerek, RHD %30 ve RHD %60 olmak üzere sistem 2 grupta incelenmiştir.

5.1.3.1 RHD %30 parlaklık temel etkileşimleri

RHD %30 formülasyonları ile yapılan ürünlerin öncelikli olarak temel etki grafiği ile değişen süreç girdilerine karşılık sistemin ortalama parlaklık değerlerinin davranışı incelenmiştir.

Şekil 5.27 temel etki grafiği incelendiğinde, genel olarak son ürün akmazlık arttıkça parlaklığın artış eğilimi gösterdiği, anyonik olmayan ıslatıcı tipinin parlaklık değerleri ortalamasının, anyonik ıslatıcıya göre daha yüksek olduğu ve sıcaklık ile çevresel hız arttıkça parlaklığın artma eğilimi gösterdiği görülmektedir.

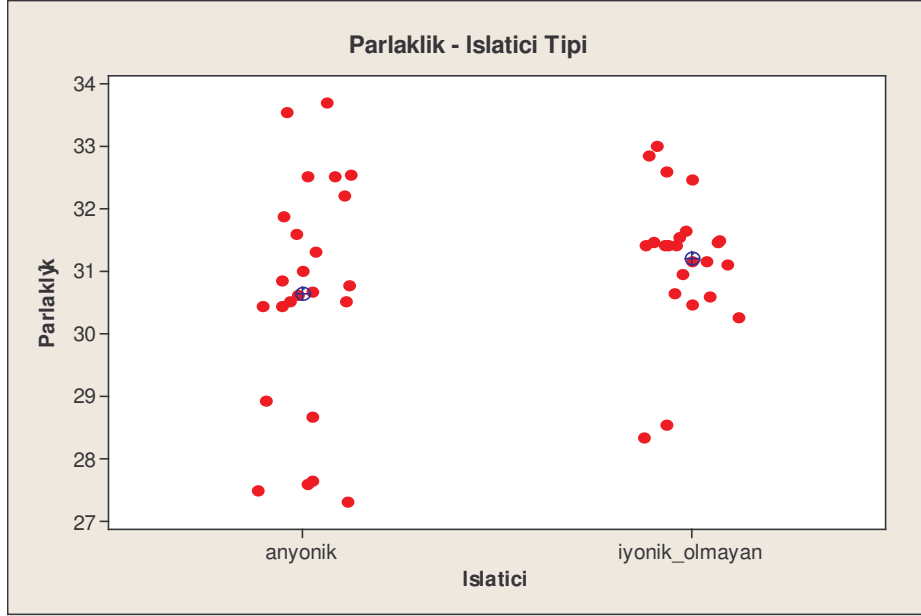


Şekil 5.27: RHD %30, Akmazlık - ıslatici Tipi - Soğutma - Çevresel Hız Temel Etkileri

5.1.3.2 RHD %30 - parlaklık ıslatici tipi etkisi

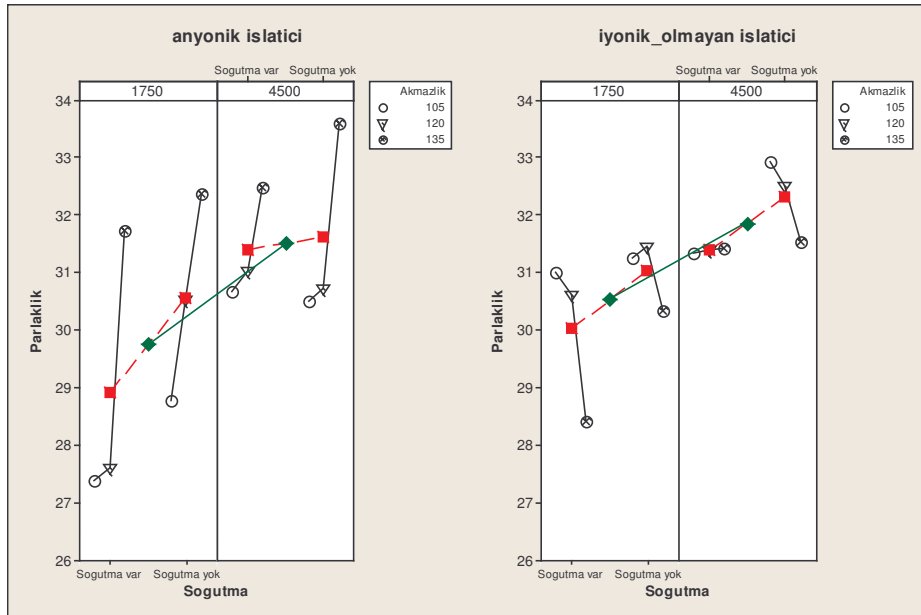
Anyonik ıslatici ve iyonik olmayan ıslatici parlaklık verilerine ayrı ayrı normallik testi yapıldığında; anyonik ıslatici tipi verilerinin normal olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, iki grup arasında istatistiksel karşılaştırma yapılabilmesi için Mann-Whitney testi uygulanmıştır.

Anyonik ıslatici ve iyonik olmayan ıslatici verileri için Mann-Whitney testi uygulandığında p değeri 0,22 çıkmıştır. P değeri 0,05'den büyük olduğundan dolayı H_0 varsayımı kabul edilerek iki grubun parlaklık ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı görülmüştür (Şekil 5.28).



Şekil 5.28: RHD %30 Islatici Tipi Karşılaştırması

RHD % 30 anyonik ıslatici ve iyonik olmayan ıslatici parlaklık ortalamaları arasında fark olmadığı kanıtlandıktan sonra, Şekil 5.28'deki veriler koşullara göre ayrılarak Şekil 5.29'da çoklu değişken grafiği çizilmiştir.



Şekil 5.29: RHD %30 Islatici Tipi Etkisi

Şekil 5.29 çoklu değişken grafiğine bakıldığında, anyonik ıslatıcı ve iyonik olmayan ıslatıcı tipi parlaklık ortalamaları arasında önemli bir fark görülmemektedir. Anyonik ıslatıcı tipi 135 KU akmazlık değerlerinde diğerlerine göre daha yüksek parlaklık başarımı gösterirken, iyonik olmayan ıslatıcı 105 KU değerleri de daha iyi parlaklık sonuçları vermektedir. Fakat, anyonik ıslatıcı tipi ile yapılan ürünlerde, parlaklığın akmazlık süreç girdisine karşı oldukça duyarlı olduğu görülmekte, akmazlık değiştiğinde parlaklığın iyonik olmayan ıslatıcı tipine göre daha fazla değiştiği görülmektedir. Bu durum, yüklü ve yüksüz taneciklerin bulunduğu ortamların ışığı farklı kırmalarından ileri gelmektedir.

5.1.3.3. RHD %30 parlaklık deney tasarımı çalışmaları

RHD %30 formülasyonları için 2 adet deney tasarımı yapılarak akmazlık, soğutma suyu (dağılım sıcaklığı) ve çevresel hızın süreç girdilerinin sistemin parlaklık değerlerini nasıl etkilediği incelenmiştir.

5.1.3.3.1 RHD %30 – anyonik ıslatıcı deney tasarımı çalışması

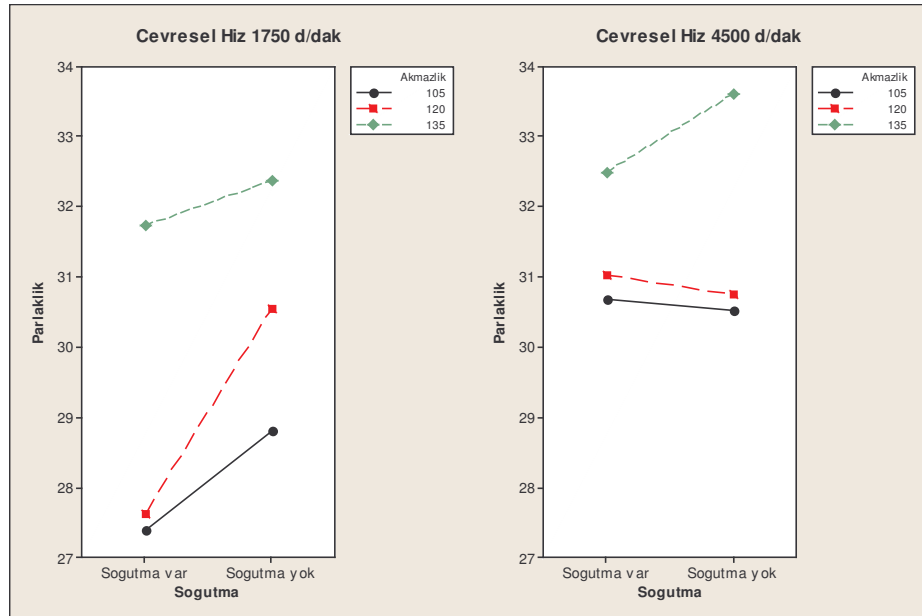
Tablo 4.5’de verilen süreç girdileri kullanılarak tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Tablo 4.5’de verilen deney tasarımına göre 12 farklı dağılım koşulunda üretilen ürünlerin deney tasarımı çözümlenmeleri sonucunda elde edilen p değerlerine bakıldığında bütün koşulların sistemi etkilediği görülmektedir (Tablo 5.5).

Tablo 5.5: RHD%30, Anyonik ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri

Girdiler	P değeri
Akmazlık	0,000
Soğutma Suyu	0,000
Çevresel Hız	0,000
Akmazlık*Soğutma	0,020
Akmazlık*Çevresel Hız	0,000
Soğutma*Çevresel Hız	0,000
Akmazlık*Soğutma*Çevresel Hız	0,000

Buna göre, akmazlık, çevresel hız ve soğutma girdilerinin birbirleri arasındaki etkileşimlerinin görülebilmesi için Şekil 5.30 etkileşim grafikleri çizilmiştir. Bu grafiğe göre, hem 1750 devir/dakika ile üretilen, hem de 4500 devir/dakika ile üretilen ürünlerde akmazlık arttıkça parlaklığın artma eğilimi gösterdiği görülmektedir.

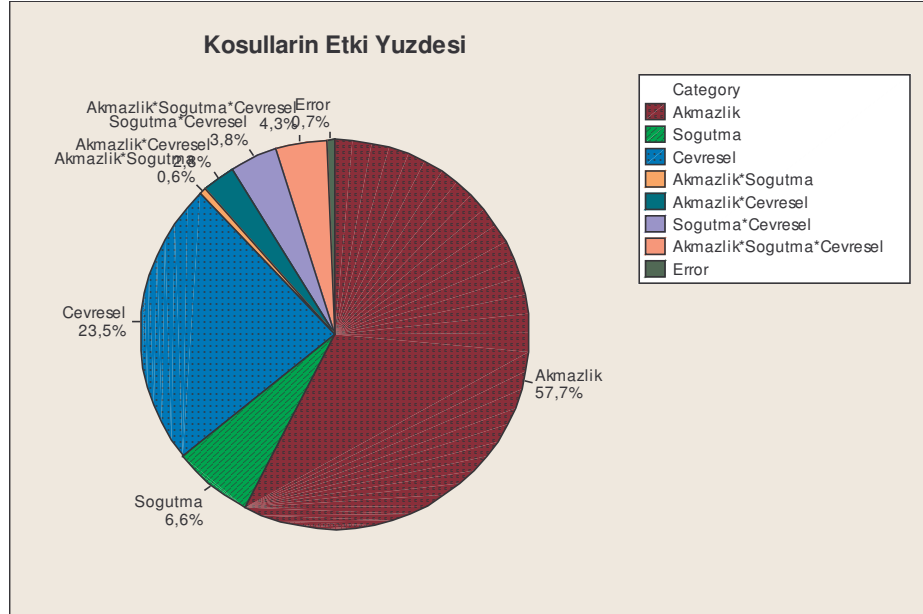
Bunun yanında, soğutma suyunun dağılım sırasında kullanılmaması 4500 devir/dakika ile yapılan üretimlerde sadece 135 KU akmazlık üretiminde parlaklığı 1 birim arttırırken, 1750 devir/dakika ile yapılan üretimlerde parlaklık değerini 105 KU'da 1 birim, 120 KU'da 2 birim, 135 KU'da ise yaklaşık 1 birim arttırmıştır. 4500 devir/dakika ile yapılan üretimlerde sisteme kazandırılan momentum zaten yüksek olduğundan, dağılım sıcaklığının etkisi belirgin bir şekilde görülmezken, 1750 d/dak. ile yapılan üretimlerde, yüksek dağılım sıcaklığı momentum kaybını engellediğinden düşük çevresel hız değerinde dağılım sıcaklığı daha belirgin bir şekilde etkisini göstermiştir. Buna göre, yüksek çevresel hız ve yüksek sıcaklık, sistemde daha iyi ezilme ve renkverenlerin daha homojen bir şekilde boya içerisinde dağılmasını sağlayarak, daha düzgün bir kuru film yüzeyi oluşumu ve daha yüksek parlaklık değeri elde edilmesini sağlamıştır.



Şekil 5.30: RHD %30 Anyonik Islatıcı, Akmazlık - Soğutma - Çevresel Hız Etkileşimleri

RHD %30 anyonik ıslatıcı tipi ile yapılan üretimlerde, koşulların parlaklık değerine olan etki yüzdelere gösteren Şekil 5.31 incelendiğinde, sistemi en fazla %57,7 ile akmazlığın etkilediği görülmektedir. Daha sonra, %23,5 ile çevresel hızın etkilediği ve % 6,6 ile soğutma suyunun diğer girdilere göre çok daha az miktarda etkilediği görülmektedir.

Buna göre, RHD %30, anyonik ıslatıcı için akmazlığın dağılımı kararlı kılma aşaması sırasında önemli derecede etkili olduğu ve RHD %30 formülasyonunda sistemde renkverenlerin etrafının sarılabilmesi için yeterli derecede bağlayıcı olduğu düşünülürse, akmazlık arttıkça kuru film yüzeyinin daha düzgün olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 5.31: RHD %30 – Anyonik Islatıcı Tipi Koşulların Etki Yüzdesi

5.1.3.3.2 RHD %30 – İyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı çalışması

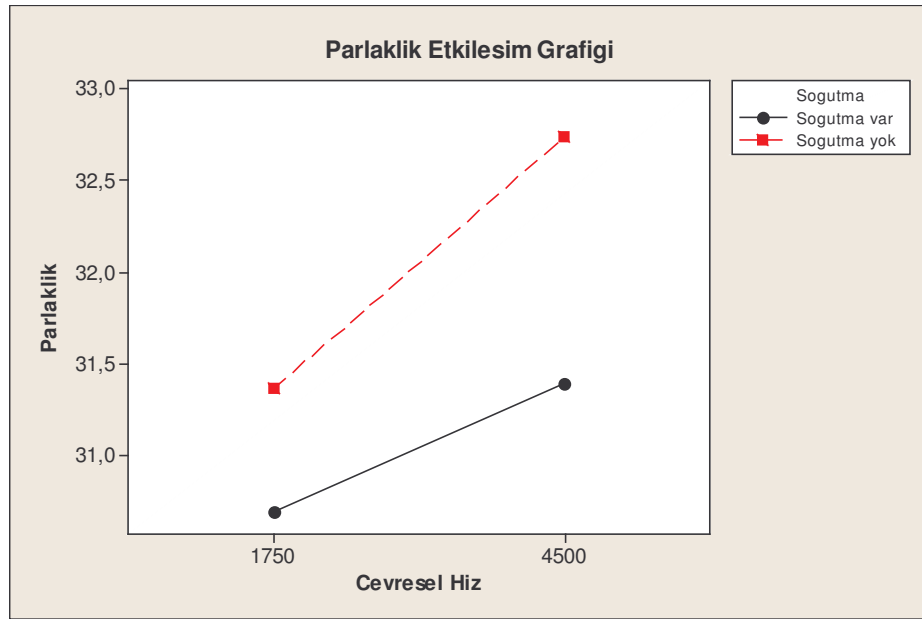
Tablo 4.5’de verilen süreç girdileri kullanılarak tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Tablo 4.9’da verilen deney tasarımına göre 12 farklı dağılım koşulunda üretilen ürünlerin deney tasarımı çözümlenmeleri sonucunda elde edilen p değerleri Tablo 5.6’da verilmiştir.

Tablo 5.6’de elde edilen p değerleri incelendiğinde; soğutma suyu çevresel hız ve soğutma suyu*çevresel hız etkileşiminin sistemin parlaklığı üzerinde etkin olduğu görülmektedir.

Tablo 5.6: RHD%30, İyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri

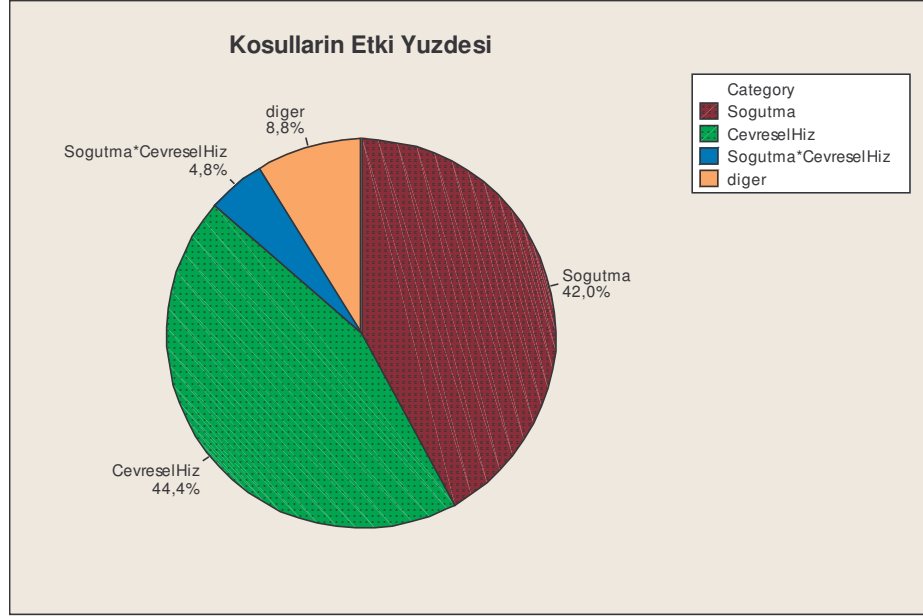
Girdiler	P değeri
Soğutma Suyu	0,000
Çevresel Hız	0,000
Soğutma*Çevresel Hız	0,004

Şekil 5.32 incelendiğinde, soğutma suyu kullanılmadığı ve çevresel hızın artırıldığı durumlarda ezilme değerlerinin artışından dolayı film yüzeyi daha düzgün olmakta ve parlaklık artmaktadır. “Tiarks ve diğ., 2003”, benzer şekilde çalışmalarında dağılımın iyi yapılması ile boya filmi yüzeyindeki pürüzlerin azaldığını gözlemişlerdir.



Şekil 5.32: RHD %30 İyonik olmayan Islatıcı, Soğutma-Çevresel Hız Etkileşimleri

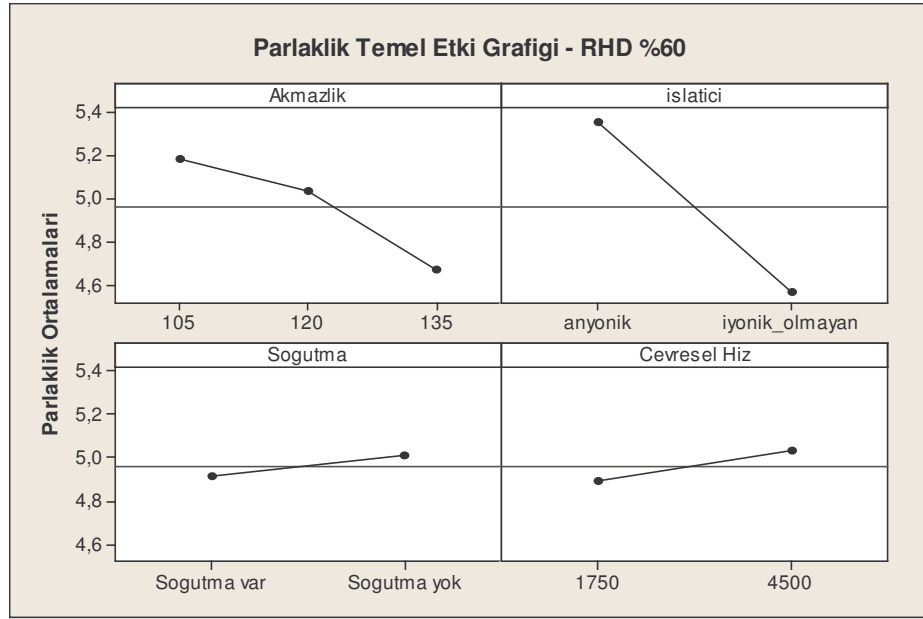
Şekil 5.33’de koşulların etki yüzdelere bakıldığında ise, %42 ile soğutma suyunun , %44,4 ile çevresel hızın parlaklığı etkiledikleri görülmektedir.



Şekil 5.33: RHD %30 – İyonik olmayan Islatici Koşulların Etki Yüzdesi

5.1.3.4 RHD %60 – parlaklık temel etkileşimleri

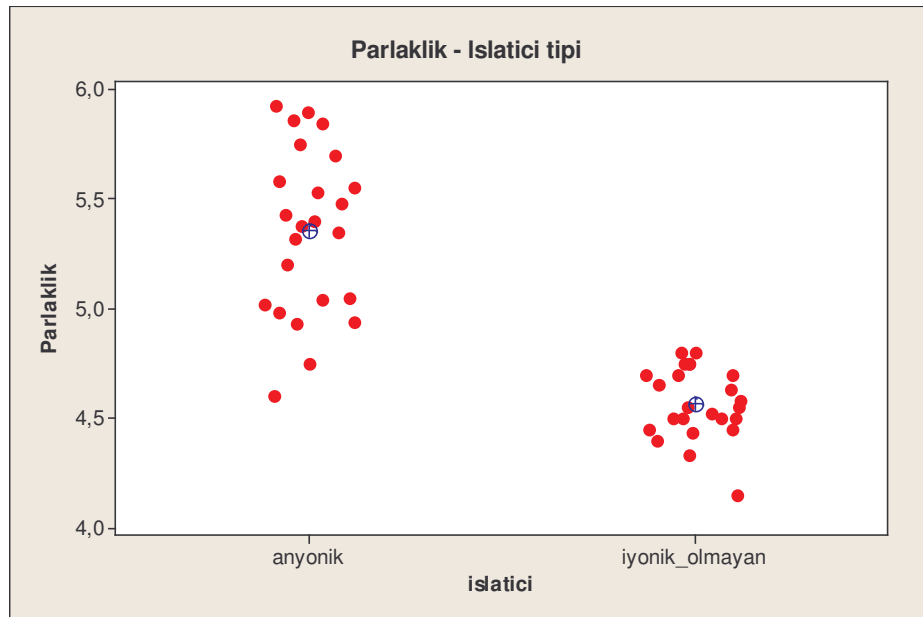
Şekil 5.34 temel etki grafiği incelendiğinde, Şekil 5.27 RHD %30 temel etkilerinin tersine, son ürün akmaazlık değeri arttıkça parlaklığın azalma eğilimi gösterdiği, iyonik olmayan ıslatici tipinin parlaklık değerleri ortalamasının, anyonik ıslaticiya göre daha düşük olduğu görülmektedir. Sıcaklık ile çevresel hız süreç girdilerinin ise RHD %30 üretimleri parlaklık değerlerinde olduğu kadar etkin olmadığı görülmektedir.



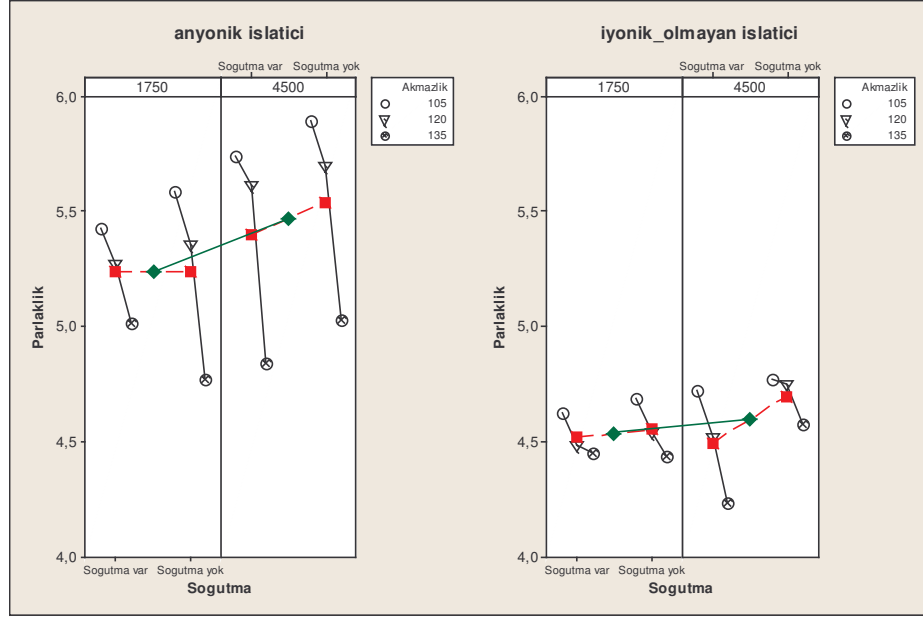
Şekil 5.34: RHD %60, Akmazlık - İslatıcı Tipi – Soğutma - Çevresel Hız Temel Etkileri

5.1.3.5 RHD %60 – parlaklık ıslatıcı tipi etkisi

RHD %60 ıslatıcı tipi verilerinin karşılaştırılması için farklı değişkenlikler göz önünde bulundurularak 2 örneklem t testi yapılmış ve p değeri 0,00 bulunmuştur. Buna göre, anyonik ıslatıcı ile iyonik olmayan ıslatıcı tipi parlaklık değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. (Şekil 5.35).



Şekil 5.35: RHD % 60 İslatıcı Tipi karşılaştırması



Şekil 5.36: RHD % 60 İslatıcı Tipi Etkisi

Şekil 5.35 ve 5.36 incelendiğinde, anyonik ıslatıcı tipi kullanılan ürünlerin parlaklık değerlerinin ortalama değeri 5.4 iken, anyonik olmayan ıslatıcı tipinin ortalama değeri ise 4.5'dur. Bununla birlikte, farklı koşullarda anyonik ıslatıcı tipi ile yapılan ürünlerin ortalama parlaklık değerleri, farklı koşullardaki anyonik olmayan ıslatıcı ile yapılan ürünlerin parlaklık değerlerine düşmemiştir. Bu durum iki şekilde açıklanabilir. Şekil 5.2'de RHD %60 ezilme ortalama değerlerine bakıldığında, anyonik ıslatıcı ezilme değerlerinin ortalaması, anyonik olmayan ıslatıcı tipi ezilme değerleri ortalamasına göre daha yüksek eğilim göstermektedir. Bununla birlikte, kararlı kılma aşamasında anyonik ıslatıcı çok daha kuvvetli bir güçle renkverenleri birbirlerinden iterek ayırdığı ve topaklanmaların oluşmasını daha iyi engellediği sonucuna varılabilir. Buna göre, anyonik ıslatıcı ile ezilme ve dağılım kararlılığı daha iyi sağlandığı için ürünlerin yüzeyi daha düzgün ve pürüzsüzdür. Bununla birlikte, tıpkı RHD %30 formülasyonunda görüldüğü gibi (Şekil 5.29), RHD % 60 formülasyonunda da anyonik ıslatıcı tipi ile yapılan ürünlerin parlaklıkları, akmazlık değişimine karşı anyonik olmayan ıslatıcı tipine göre daha duyarlı olduğu görülmektedir (Şekil 5.36). Akmazlık değişimi HEC (hidroksi-etil-selüloz) hammaddesi ile sağlandığından, anyonik ıslatıcı tipi ile HEC arasında bir etkileşim olduğu düşünülebilir.

Şekil 5.29’da RHD %30 iken ıslatıcı tipi parlaklık üzerinde fark yaratmazken, RHD %60 için parlaklık ortalama değerlerinde fark görülmektedir. RHD %60’da bağlayıcı miktarı daha düşük olduğundan, ıslatıcı tipinin etkisi daha belirgin gözlenmektedir.

5.1.3.6. RHD %60 parlaklık deney tasarımı çalışmaları

RHD %60 formülasyonları için 2 adet deney tasarımı yapılarak akma hızı, dağılım sıcaklığı ve çevresel hızın sistemin parlaklık değerlerini nasıl etkilediği incelenmiştir.

5.1.3.6.1 RHD %60 – anyonik ıslatıcı deney tasarımı çalışması

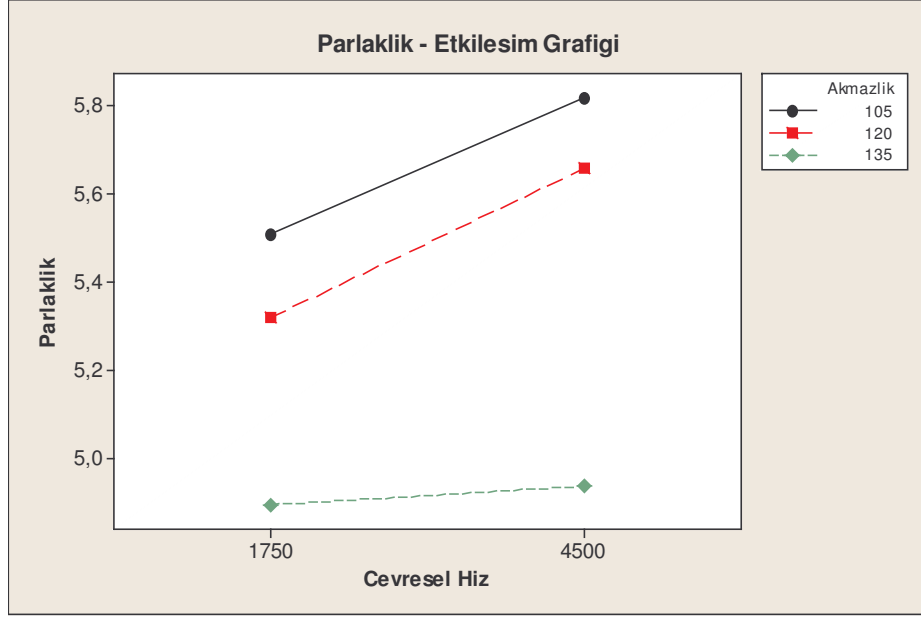
Tablo 4.5’de verilen süreç girdileri kullanılarak tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Tablo 4.9’da verilen deney tasarımına göre 12 farklı dağılım koşulunda üretilen ürünlerin deney tasarımı çözümlenmeleri sonucunda elde edilen p değerleri Tablo 5.7’de verilmiştir.

Elde edilen p değerleri incelendiğinde, akma hızı ve çevresel hız girdilerinin sistemin parlaklığı üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Soğutma suyu süreç girdisinin ise p değeri 0,29 bulunmuştur. Buna göre, soğutma suyu girdisi bu sistemin parlaklık değeri üzerinde etkili değildir.

Tablo 5.7: RHD %60, Anyonik ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri

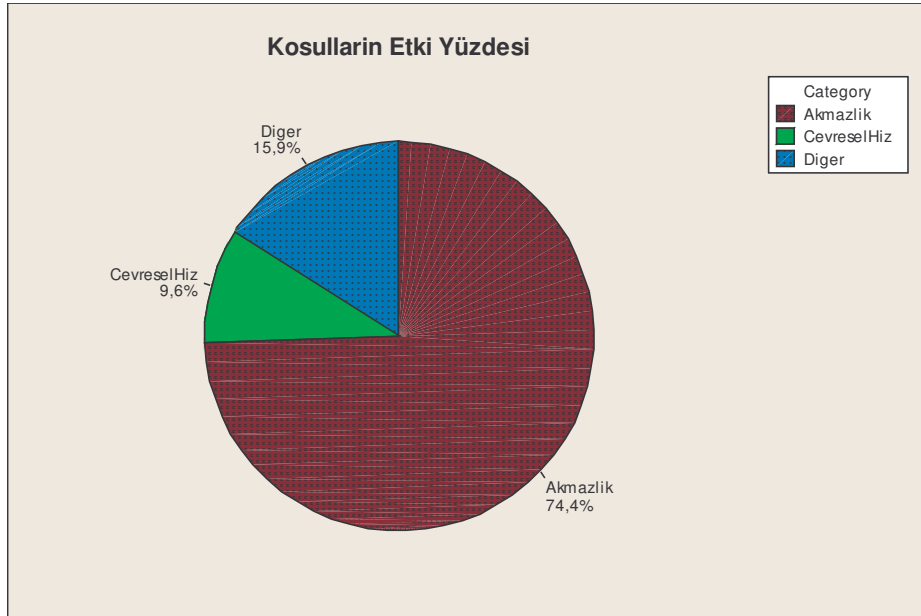
Girdiler	P değeri
Akma hızı	0,000
Çevresel Hız	0,002
Soğutma Suyu	0,290

Şekil 5.37’de parlaklık ile akma hızı-çevresel hız etkileşimleri görülmektedir. Akma hızı 105 KU iken ortalama parlaklık değeri 5,7 , akma hızı 120 KU iken parlaklık değeri 5,45, akma hızı 135 KU iken parlaklık değeri 4,9 ile akma hızı artarken parlaklık ortalamalarında düşme eğilimi görülmüştür. Fakat, RHD %60 formülasyonu ürünleri çok düşük parlaklığa sahip ürünler olduğundan dolayı, akma hızı değişimi ile görülen bu 0,8 birimlik parlaklık farkı gözle görülebilir önemli bir fark değildir.



Şekil 5.37: RHD % 60 Anyonik Islatıcı, Akmazlık - Çevresel Hız Etkileşimleri

Şekil 5.38 incelendiğinde, bu sistemde %74,4 değeri ile akmazlık parlaklık üzerinde en etkili süreç girdisi olarak görülürken, çevresel hız %9,6 ile akmazlık girdisinin yanında parlaklık üzerinde çok az etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 5.38: RHD % 60 – Anyonik Islatıcı Tipi Koşulların Etki Yüzdesi

5.1.3.6.2 RHD %60 – iyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı çalışması

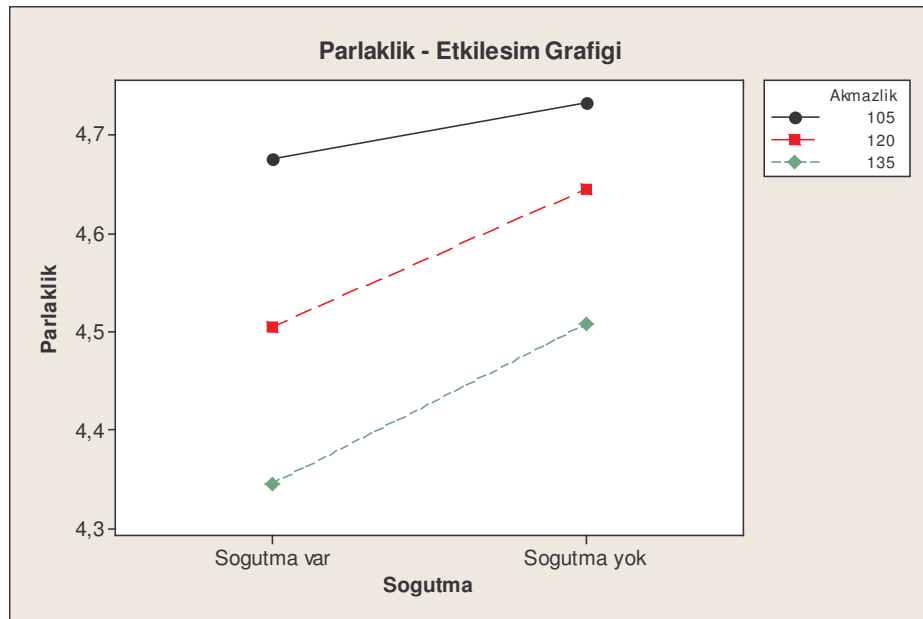
Tablo 4.5’de verilen süreç girdileri kullanılarak tam etkensel deney tasarımı yapılmıştır. Tablo 4.9’da verilen deney tasarımına göre 12 farklı dağılım koşulunda üretilen ürünlerin deney tasarımı çözümlenmeleri sonucunda elde edilen p değerleri Tablo 5.9’de verilmiştir.

Elde edilen p değerleri incelendiğinde akma ve soğutma girdilerinin etkili olduğu görülmektedir (Tablo 5.8). Çevresel hız girdisinin p değeri ise 0,149 bulunmuştur. Bu nedenle çevresel hızın bu sistemin parlaklığı üzerinde etkisi olmadığı kabul edilmiştir.

Tablo 5.8: RHD%60, İyonik olmayan ıslatıcı deney tasarımı sonucu elde edilen p değerleri

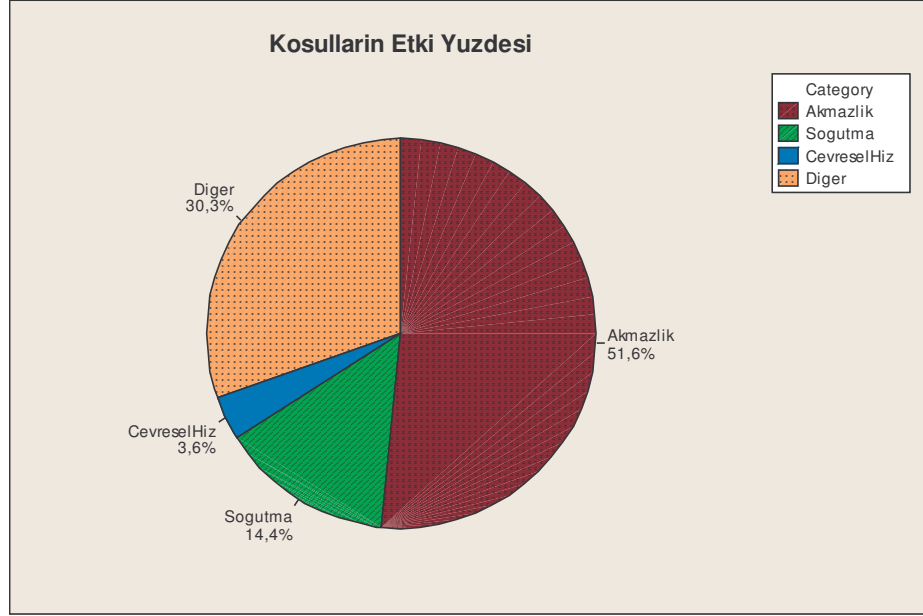
Girdiler	P değeri
Akma	0,000
Soğutma Suyu	0,007
Çevresel Hız	0,149

Şekil 5.39’da görüldüğü gibi, akma artarken parlaklığın azalma eğilimi gösterdiği ve dağılım sıcaklığı artarken parlaklığın artma eğilimi gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5.39: RHD % 60 İyonik olmayan Islatıcı, Akma - Soğutma Etkileşimleri

Şekil 5.40'a bakılığında, % 51,6 değeri ile akmaçlık süreç girdisinin parlaklık üzerinde en etkili girdi olduğu görölmektedir.

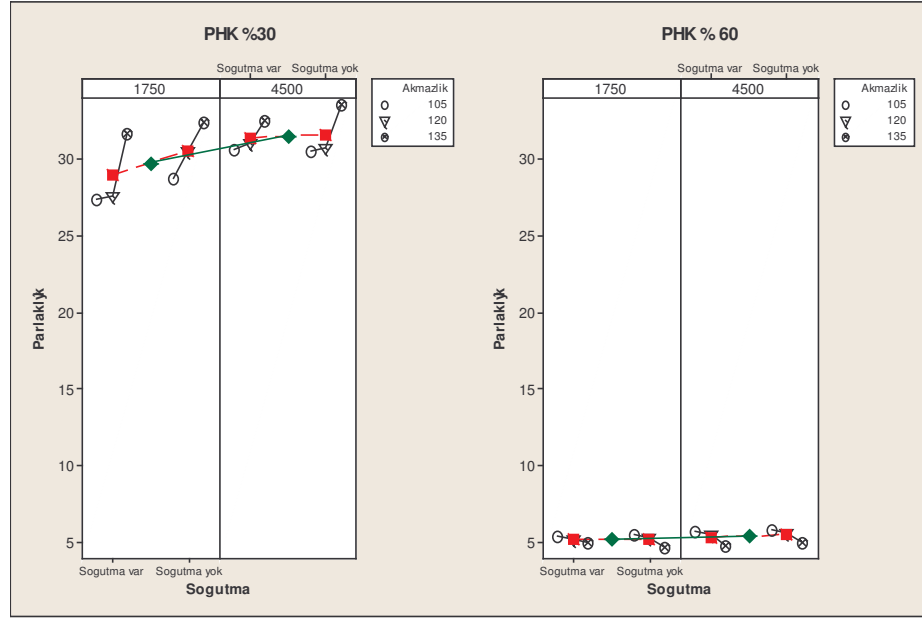


Şekil 5.40: RHD % 60 – İyonik olmayan Islatici Koşullarin Etki Yüzdesi

Şekil 5.37 ve 5.39 incelendiğinde RHD %60 formülasyonundan her iki ıslatici için de akmaçlık değeri arttıkça, parlaklık değerinin düştüğü gözlenmektedir. RHD %30 formülasyonunda bağlayıcı miktarı %45 iken, RHD %30 formülasyonunda ise %20'dir. RHD %60 formülasyonu için renkverenlerin etrafının sarılabilmesi için sistemde daha az bağlayıcı bulunmaktadır ve bağlayıcı miktar farkından dolayı film oluşum hareketliliği RHD %30 formülasyonuna göre daha zayıftır. Bunun yanında, akmaçlık değeri de arttıkça boya yüzeyindeki hareketliliği biraz daha azalmakta ve boya yüzeye sürüldükten sonra yeterince film oluşumunu gerçekleştirilmeden boya filmi kurumaya başlamaktadır. Bu nedenle, bu durum boya filminin yüzeyinin 135 KU akmaçlık değerinde, 105 KU akmaçlık değerine göre biraz daha pürüzlü olması ve parlaklığın düşmesi şeklinde açıklanabilir.

5.1.3.7 Anyonik ıslatıcı – RHD %30 ve %60 parlaklık karşılaştırmaları

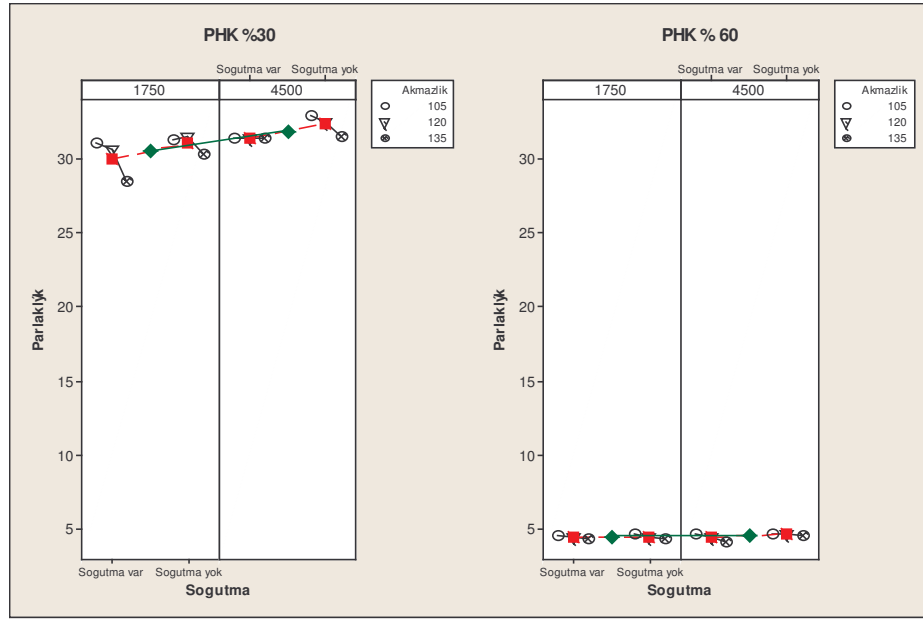
Şekil 5.41’de tüm anyonik ıslatıcı tipi için RHD%30 ve RHD %60 formülasyonlarının parlaklık değerleri karşılaştırılmıştır. RHD %30 parlaklık ortalamaları 30,5 iken, RHD %60 ortalamaları 5,3 değeri ile iki formülasyon arasında çok büyük bir fark olduğu görülmektedir. .



Şekil 5.41: Anyonik ıslatıcı – RHD %30 ve RHD %60 Karşılaştırması

5.1.3.8 İyonik olmayan ıslatıcı – RHD %30 ve %60 parlaklık karşılaştırmaları

Şekil 5.42’de ise tüm iyonik olmayan ıslatıcı tipi için RHD %30 ve RHD %60 formülasyonlarının parlaklık değerleri karşılaştırılmıştır. RHD %30 parlaklık ortalamaları 31,1 iken, RHD %60 ortalamaları 4,5 değeri ile arada çok büyük bir fark olduğu görülmektedir.



Şekil 5.42: İyonik olmayan Islatici – RHD %30 ve RHD %60 Karşılaştırması

Şekil 5.41 ve Şekil 5.42’de görülen RHD %30 ile RHD %60 formülasyonları parlaklık değerleri arasındaki temel fark formülasyonların renkveren hacim derişiminin (RHD) kritik renkveren hacim derişimine (KRHD) olan oran farklarıdır.

Tablo 5.9: RHD / KRHD oranları

Formülasyon	RHD / KRHD
RHD %30	0,52
RHD %60	1,02

Tablo 5.9’da görüldüğü gibi RHD %30 0,52 oranı ile kritik renkveren hacim derişiminin oldukça altındadır. Bu durum, sistemde renkverenlerin sarılması için gerekli olan bağlayıcı miktarından çok daha fazla bağlayıcı bulunduğundan dolayı dağılım kararlılığının ve film oluşumunun çok daha iyi sağlanarak film yüzeyininin daha düzgün ve pürüzsüz olmasını sağlamıştır. RHD %60 ise 1,02 oranı ile kritik renkveren hacim derişiminin üstündedir. Bu durum, sistemde renkverenlerin sarılması için yeterli bağlayıcı olmadığından dolayı renkverenler bağlayıcı tarafından yeterince iyi sarılamamaktadır. Bu da, sistemin dağılım kararlılığını ve film oluşum kalitesini etkiler ve film yüzeyinin daha pürüzlü olmasını sağlar.

5.2 Dağılım Süresinin Dağılım Kalitesine Olan Etkisi

Bu çalışmada, tüm üretimlerde 15 dakika dağılım yapılarak 48 adet üretim yapılmıştır. Her üretimin beşinci ve onuncu dakikalarında örnek alınarak dağılım süreleri arasında başarımların karşılaştırması yapılmıştır.

Dağılım sürelerinin çözümlenmesi yapılırken tüm üretimler 4 gruba ayrılmıştır.

Grup 1: Anyonik ıslatıcı, RHD %30

Grup 2: Anyonik ıslatıcı, RHD %60

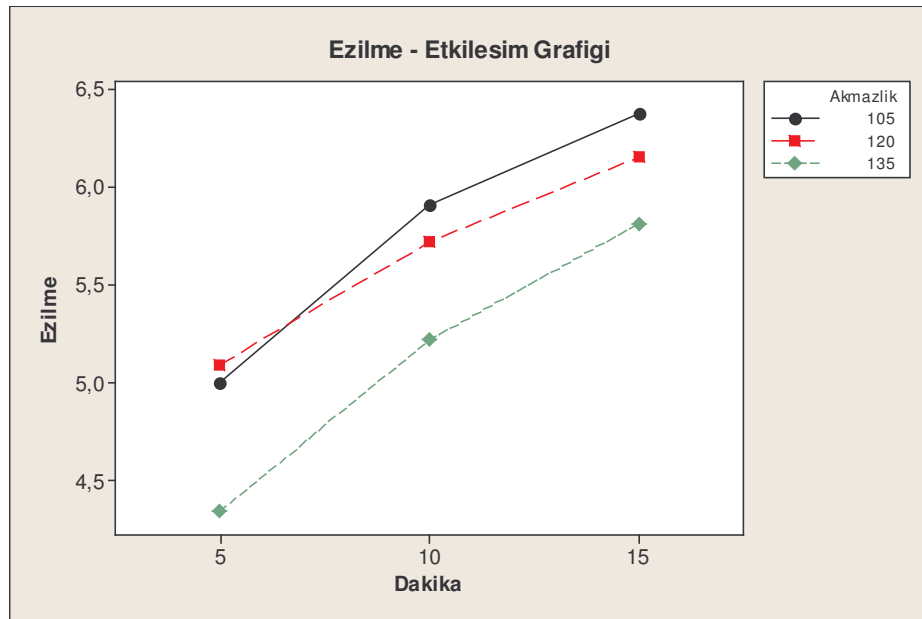
Grup 3: İyonik olmayan ıslatıcı, RHD %30

Grup 4: İyonik olmayan ıslatıcı, RHD %60

5.2.1 Grup 1: Anyonik ıslatıcı, RHD %30 dağılım süreleri karşılaştırmaları

5.2.1.1 Ezilme

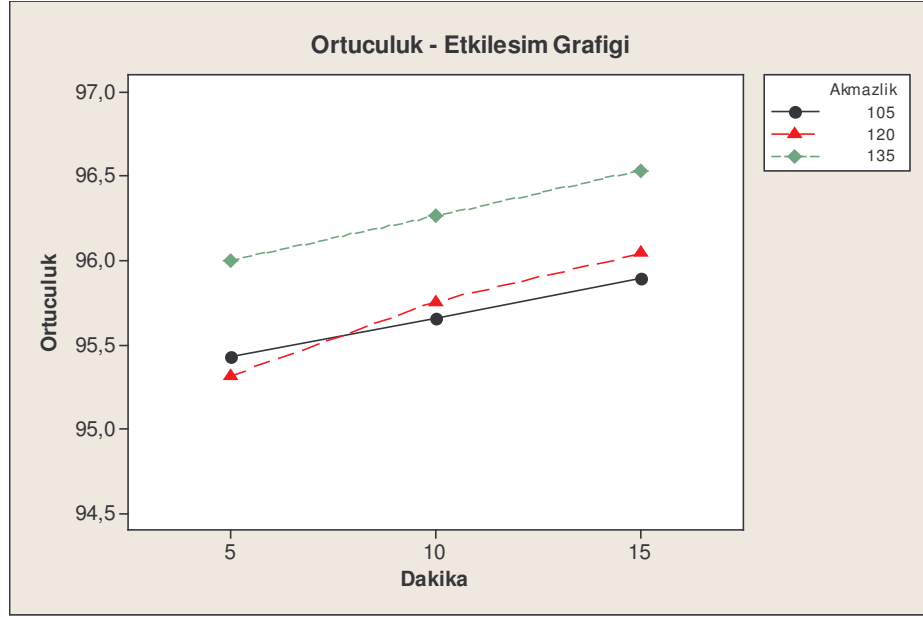
Şekil 5.43 ezilme grafiğine bakıldığında, 5 dakika dağılım ile 15 dakika dağılım arasında tüm akmazlık değerlerinde ortalama 1-1,5 birim arası artış görülmektedir. Bu ezilme artışının boyanın örtücülük ve parlaklık değerlerini iyileştirmesi beklenir.



Şekil 5.43: Anyonik Islatıcı , RHD %30 – Dağılım Süreleri Ezilme Karşılaştırması

5.2.1.2 Örtücülük

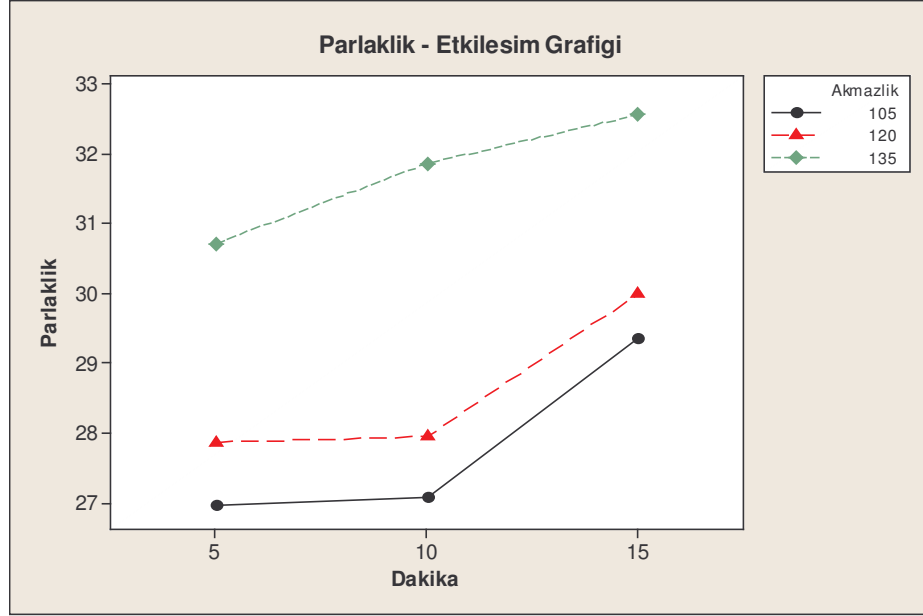
Örtücülük ortalamaları, 5 dakika dağılım ile 15 dakika dağılım arasında tüm akma zlık değerlerinde ortalama 0,5 birim kadar artmıştır (Şekil 5.44). Şekil 5.43’de görülen dağılım süresi ile artan ezilme artışına karşılık sistemin örtücülük ortalamalarında da iyileşme eğilimi görülmektedir.



Şekil 5.44: Anyonik Islatıcı , RHD %30 – Dağılım Süreleri Örtücülük Karşılaştırması

5.2.1.3 Parlaklık

Parlaklık, 5. dakika ile 15 dakika dağılım arasında, 135 KU akma zlık için 1,8 birim, 120 KU için 2,2 birim, 105 KU için ise 2,4 birim artmıştır (Şekil 5.45). Bu durum, dağılım süresi 5 dakikadan 10 ve 15 dakikaya uzatıldıkça ezilmenin arttığı ve dolayısıyla parlaklığında artış eğilimi gösterdiği şeklinde açıklanabilir.

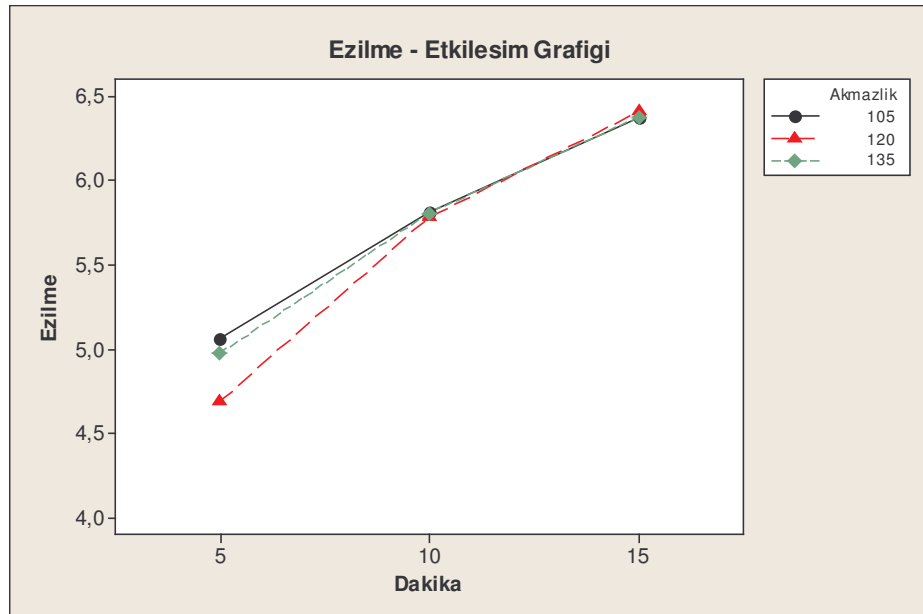


Şekil 5.45: Anyonik İslatıcı , RHD %30 – Dağılım Süreleri Parlaklık Karşılaştırması

5.2.2 Grup 2: Anyonik ıslatıcı - RHD %60 dağılım süreleri karşılaştırmaları

5.2.2.1 Ezilme

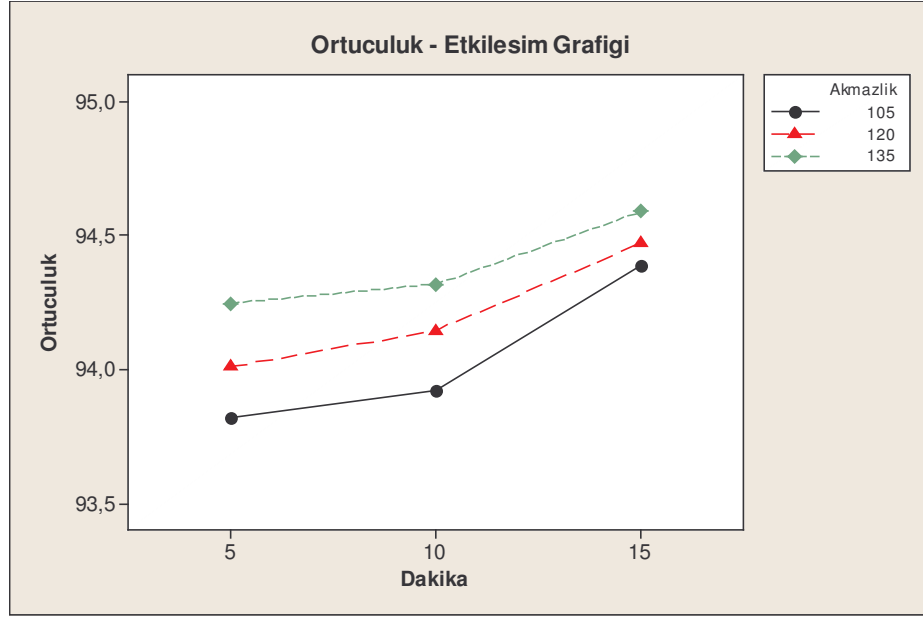
Şekil 5.46 ezilme grafiğine bakıldığında, 5 dakika dağılım ile 15 dakika dağılım arasında tüm akmazlık değerlerinde ortalama 1,5 birim artış görülmektedir.



Şekil 5.46: Anyonik İslatıcı , RHD %60 – Dağılım Süreleri Ezilme Karşılaştırması

5.2.2.2 Örtücülük

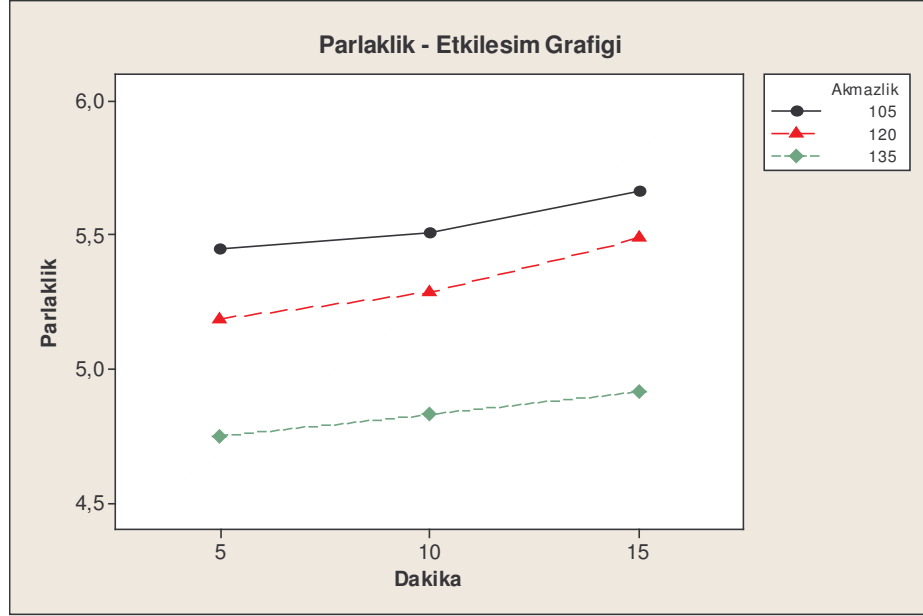
Örtücülük, 5 dakika dağılım ile 15 dakika dağılım arasında tüm akmazlık değerlerinde ortalama 0,5 birim arası artmıştır (Şekil 5.47). Şekil 5.46'da görülen ezilme artışı örtücülük üzerinde yaklaşık 0,5 birim iyileştirme oluşturmuştur.



Şekil 5.47: Anyonik Islatıcı , RHD %60 – Dağılım Süreleri Örtücülük Karşılaştırması

5.2.2.3 Parlaklık

Parlaklık, 5. dakika ile 15 dakika dağılım arasında, tüm akmazlık değerlerinde ortalama 0,2-0,3 birim arası artmıştır (5.48). RHD %60 formülasyonu parlaklık değerleri düşük olan mat boya olduğundan dolayı ezilme artışına karşılık parlaklık değerlerinde önemli değişiklik görülmemektedir.

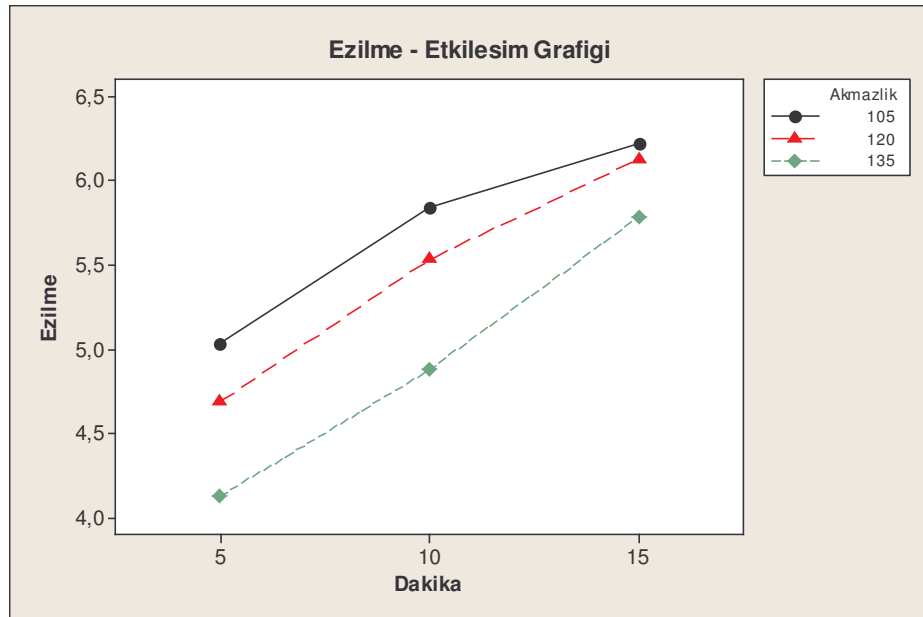


Şekil 5.48: Anyonik İslatıcı , RHD %60 – Dağılım Süreleri Parlaklık Karşılaştırması

5.2.3 Grup 3: İyonik olmayan ıslatıcı- RHD %30 dağılım süreleri karşılaştırmaları

5.2.3.1 Ezilme

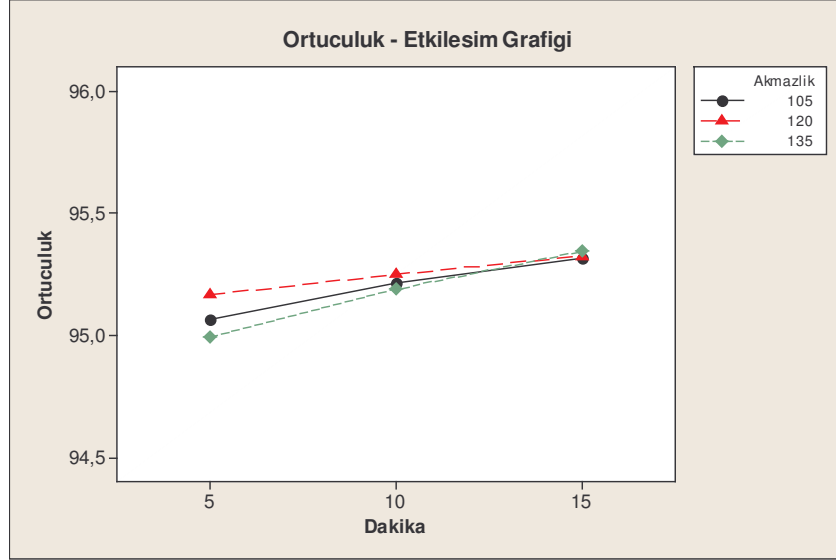
Şekil 5. 49 ezilme grafiğine bakıldığında, 5 dakika dağılım ile 15 dakika dağılım arasında tüm akmazlık değerlerinde ortalama 1-1,5 birim arası artış görülmektedir.



Şekil 5.49: İyonik olmayan İslatıcı , RHD %30 – Dağılım Süreleri Ezilme Karşılaştırması

5.2.3.2 Örtücülük

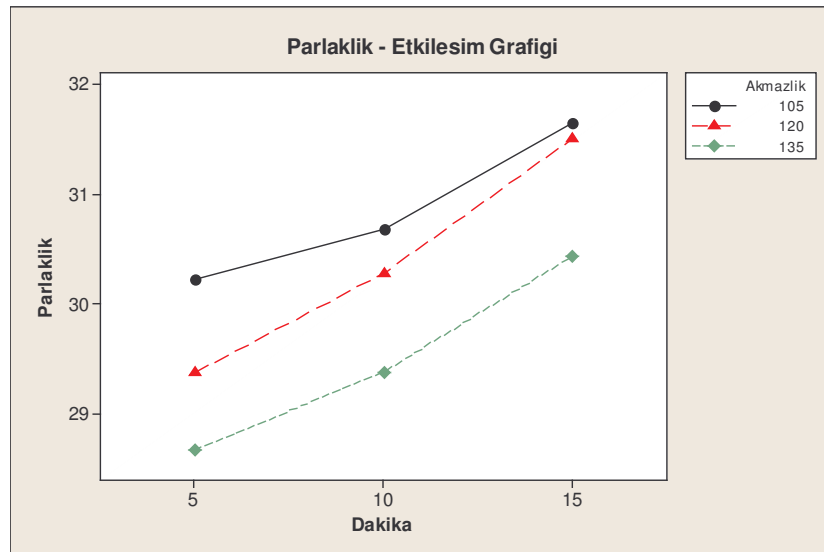
Örtücülük değerlerinde, tüm akmaזlık değerleri için, dağılım süreleri arasında önemli bir fark görülmemektedir. (Şekil 5.50).



Şekil 5.50: İyonik olmayan Islatıcı , RHD %30 – Dağılım Süreleri Örtücülük Karşılaştırması

5.2.3.3 Parlaklık

Parlaklık, 5. dakika ile 15 dakika dağılım arasında, 135 KU akmaזlık için 1,8 birim, 120 KU için 2,2 birim, 105 KU için ise 1,4 birim artmıştır (Şekil 5.51). Buna göre, ezilme artışına karşılık parlaklık değerlerinin artış eğilimi gösterdiği görülmektedir.

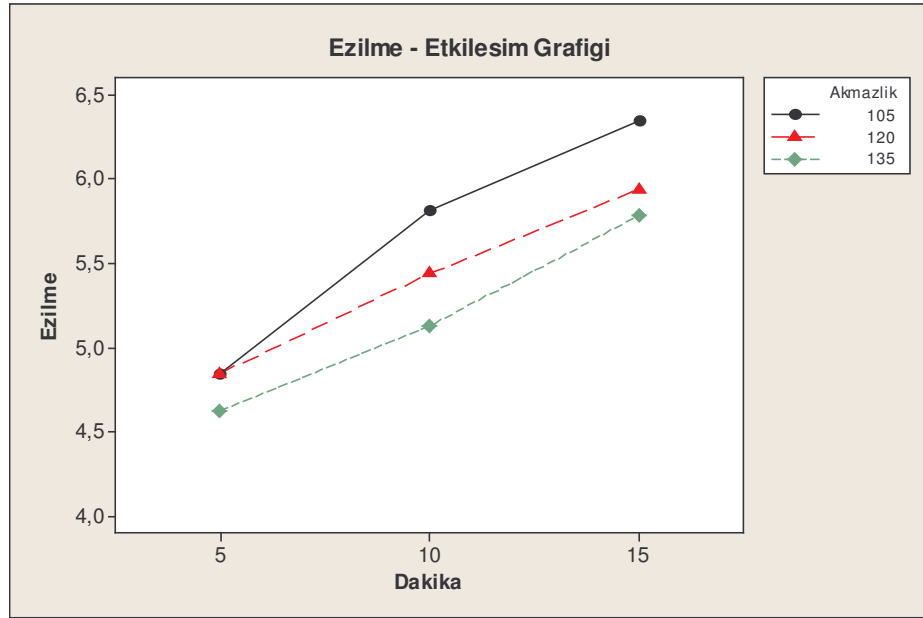


Şekil 5.51: İyonik olmayan Islatıcı , RHD %30 – Dağılım Süreleri Parlaklık Karşılaştırması

5.2.4 Grup 4: İyonik olmayan ıslatıcı, RHD %60 dağılım süreleri karşılaştırmaları

5.2.4.1 Ezilme

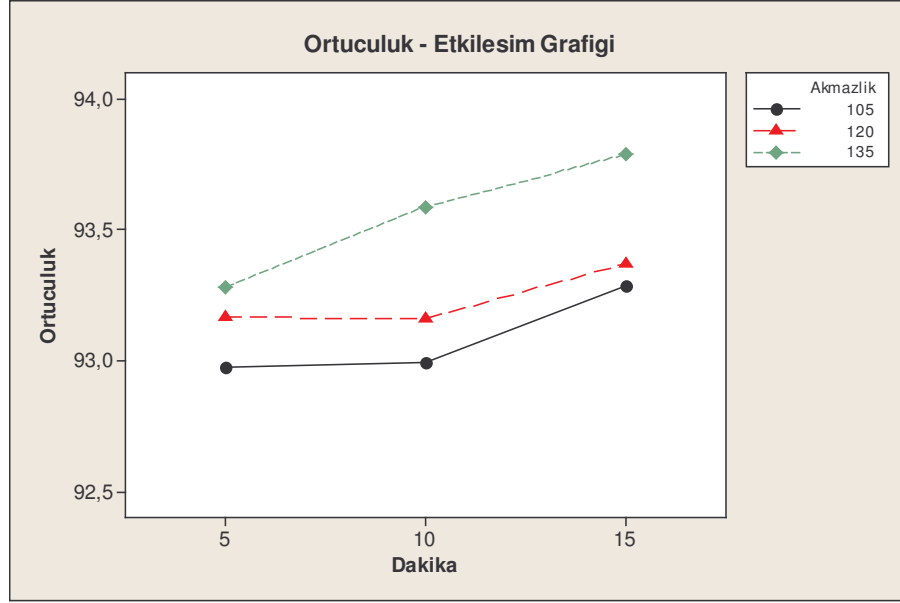
Şekil 5.52 ezilme grafiğine bakıldığında, 5 dakika dağılım ile 15 dakika dağılım arasında tüm akmaazlık değerlerinde ortalama 1-1,5 birim arası artış görülmektedir. Tüm gruplarda tespit edilen dağılım süresi ile boyanın ezilme değerlerindeki artış, “Klanjsek ve diğ, 2003” çalışmasında boncuk değirmeni ile yapılan öğütme süresi çalışmasında elde edilen, artan öğütme süresi ile daha küçük parçacıklar elde edildiği sonucu ile paralellik göstermektedir.



Şekil 5.52: İyonik olmayan ıslatıcı , RHD %60 – Dağılım Süreleri Ezilme Karşılaştırması

5.2.4.2 Örtücülük

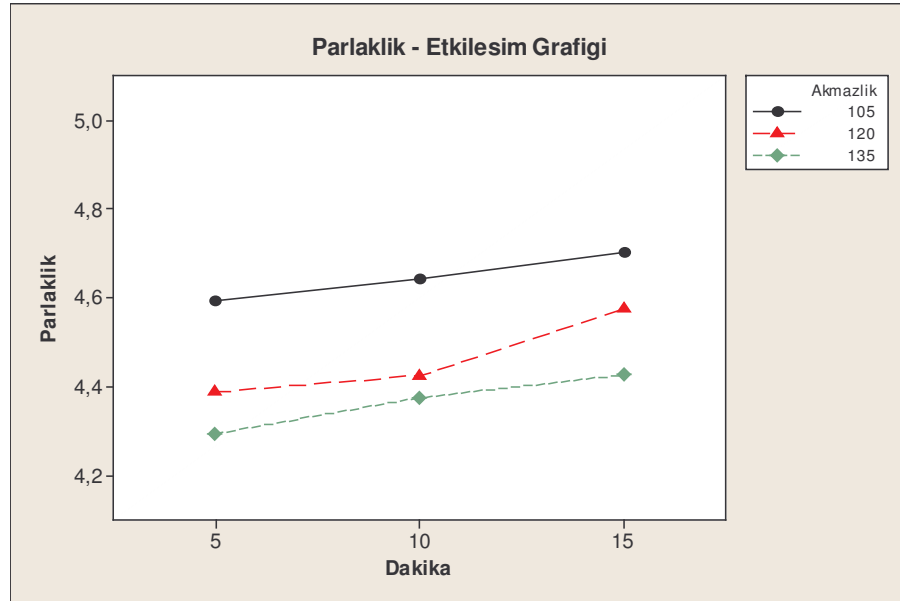
Örtücülük, 5 dakika dağılım ile 15 dakika dağılım arasında tüm akmaazlık değerlerinde ortalama 0,3 ile 0,5 birim arası artış gözlenmektedir (Şekil 5.53).



Şekil 5.53: İyonik olmayan Islatıcı , RHD %60 – Dağılım Süreleri Örtücülük Karşılaştırması

5.2.4.3 Parlaklık

Parlaklık, 5. dakika ile 15 dakika dağılım arasında, tüm akmaazlık değerlerinde ortalama 0,1-0,2 birim arası artış eğilimi göstermiştir (5.54). Tıpkı anyonik ıslatıcı RHD %60 formülasyonunda olduğu gibi (Şekil 5.48), RHD %60 iyonik olmayan ıslatıcı formülasyonu parlaklık değerleri düşük olan mat boya olduğundan ezilme artışına karşılık parlaklık değerlerinde önemli değişiklik görülmemektedir.



Şekil 5.54: İyonik olmayan Islatıcı , RHD %60 – Dağılım Süreleri Parlaklık Karşılaştırması

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı dağılım koşullarının dağılım kalitesine ve boyanın örtücülük ile parlaklığına olan etkisi çözümlenerek boyanın özellikleri eniyileştirilmiştir.

KRHD değerleri %57,8 ve %58,6 olan ve RHD değerleri % 30 ve % 60 olmak üzere temel iki adet su bazlı boya formülü oluşturulmuştur. Buna göre, dağılım aşamasının en önemli etkenleri olan, renkveren hacim derişimi, ıslatıcı tipi, akmazlık, dağılım sıcaklığı, çevresel hız ve dağılım süresi çalışmanın süreç girdileri olarak belirlenmiştir. Sistemin süreç çıktısı olarak boyanın ezilme, örtücülük ve parlaklık değerleri kabul edilmiştir. Sistemin çözümlenmeleri, dağılım sonucunda elde edilmiş ürünlerin başarımlarını karşılaştırması ve dağılımın 5. ve 10. dakika çözümlenmeleri ile dağılım süresi karşılaştırması olmak üzere iki sınıfta incelenmiştir.

6.1 Dağılım Deneyleri Çözümlenmeleri Sonuçlar ve Öneriler

15 dakika dağılım sonucunda elde edilmiş ürünlerin ezilme, örtücülük ve parlaklık değerleri çözümlenmiştir.

6.1.1 Ezilme

Sistemin ezilme değerlerinin değişen süreç koşulları ile değişimi, temel etki grafikleri ile belirlenmiştir. Hem RHD %30 hem de RHD %60 ezilme grafikleri incelendiğinde, boyanın akmazlık değeri arttıkça ezilme ortalamalarında azalma olduğu görülmüştür. Düşük akmazlığa sahip boya pastasına daha yüksek momentum aktarıldığından, akmazlık azaldıkça ezilmenin daha iyi sağlandığı belirlenmiştir.

Anyonik ıslatıcı tipi ile elde edilen ezilme değerleri iyonik olmayan ıslatıcı tipine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Anyonik ıslatıcı tipinin renkverenleri birbirinden itmek için kullandığı elektrostatik kuvvetlerin bu sistem için daha kuvvetli olduğu ve

renkverenlerin birbirleri arasında bağ yapmaları daha etkin bir şekilde engellendiği sonucuna varılabilir.

Hem RHD %30 hem RHD %60 formülasyonları için, sıcaklık ve çevresel hız arttıkça ezilmenin artması eğilimi görülmektedir. Bu durum, dağılım sıcaklığı arttıkça topaklanma eğilimi azalacağından momentum aktarımı da artar. Bu nedenle, yüksek sıcaklıkta (soğutma yapılmadığında) daha iyi ezilme değerleri elde edilmiştir. Dağılım sırasında çevresel hız arttıkça da sisteme aktarılan momentumun artması ile, renkverenlerin daha kolay birincil parçacıklara dönüştürüldüğü sonucuna varılmıştır. Bunun yanında, RHD %60 formülasyonu ile üretilen ürünler RHD %30 formülasyonu ile üretilen ürünlere göre elastik özelliklerinin daha yüksek olmasından daha yüksek ortalama ezilme değerleri göstermektedir.

6.1.2 Örtücülük

RHD %30 ve RHD %60 formülasyonları ile yapılan ürünlerin anyonik ıslatıcı ve iyonik olmayan ıslatıcı tipi başarımlarını karşılaştırmaları Mann-Whitney testi ile incelenmiştir. RHD %30 ve RHD %60 formülasyonları anyonik ıslatıcı ile yapılan tüm ürünlerin örtücülük ortalamalarının, iyonik olmayan ıslatıcı tipi ile yapılan ürünlere göre gözle görülür bir şekilde daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumda, bu sistem için anyonik ıslatıcının oluşturduğu elektrostatik itme kuvvetlerinin, iyonik olmayan ıslatıcı ile oluşturulan sterik engel kuvvetlerinden daha etkin olduğu ve dağılımın kararlılık aşamasının daha etkin bir şekilde sağlandığı sonucuna varılabilir.

Anyonik ıslatıcı tipi ve iyonik olmayan ıslatıcı tipi ile üretilen ürünlerde RHD %30 ve RHD %60 formülasyonlarının örtücülük karşılaştırmaları için 2 örneklem t testi ve Mann-Whitney testi uygulanmıştır. Buna göre her iki ıslatıcı tipi için RHD %30 örtücülük değerleri RHD %60 örtücülük değerlerine göre daha yüksektir. Örtücülükteki bu değişiklik çıplak gözle bile farkedilebilmektedir. RHD %30 formülasyonu kritik RHD'nin oldukça altında iken, RHD %60 formülasyonu kritik RHD'nin biraz üstündedir. Bu durumda, RHD %30 formülasyonlarında, bağlayıcı renkverenleri tamamen sarıp renkverenlerin etrafını fazlasıyla doldururken, RHD %60 formülasyonunda bağlayıcı yetersiz olduğundan dolayı renkverenleri yeterli derecede

sarmamaktadır. Bu durum, boyanın dağılım sonrası topaklanma oluşumunu desteklediğinden dolayı RHD %30 formülasyonunda daha homojen bir film sağlandığı ve bu nedenle örtücülüğün arttığı sonucuna varılmıştır.

Akmazlık, çevresel hız ve dağılım süreç girdilerinin sistemin örtücülüğüne olan etkilerinin çözümlenmesi için RHD %30 anyonik ıslatıcı, RHD %30 iyonik olmayan ıslatıcı, RHD %60 anyonik ıslatıcı, RHD %60 iyonik olmayan ıslatıcı formülasyonları ile yapılan üretimler olmak üzere 4 adet deney tasarımı yapılmıştır. Genel olarak deney tasarımı sonuçları incelendiğinde, akmazlık ve dağılım sıcaklığının örtücülük üzerinde çevresel hıza göre daha etkin olduğu görülmüştür. Akmazlık ve dağılım sıcaklığı arttıkça, örtücülüğün arttığı sonucuna varılmıştır.

Anyonik ıslatıcı RHD %30 ile RHD %60 ve iyonik olmayan ıslatıcı RHD %60 formülasyonları ile yapılan ürünlerde sistemin örtücülüğü akmazlık arttıkça artma eğilimi göstermiştir. Bu durum, akmazlık değeri yükseldikçe dağılımın kararlı kılma esnasında renkverenlerin hareketlilikleri düştüğünden dolayı topaklanma oluşumu daha etkin bir şekilde engellenerek, yüksek akmazlığa sahip ürünlerin daha homojen dağılması sonucu örtücülük değerlerinin yükseldiği sonucuna varılmıştır. İyonik olmayan ıslatıcı %30 formülasyonunda ise akmazlık etkisi gözlenmemiştir. Bundan sonraki çalışmalarda, daha geniş akmazlık değer aralığı kullanılarak iyonik olmayan ıslatıcı %30 formülasyonu için akmazlık etkisi çalışması yapılabilir.

Dağılım sıcaklığı arttırıldıkça sistemin örtücülük değerlerinde de artış olduğu gözlenmiştir. Bu durumda, soğutma yapılmadığında sistemin daha yüksek ezilme eğilimi göstermesi ve renkverenlerin arasındaki boşlukların daha fazla doldurulmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

En yüksek örtücülük değerleri RHD %30, anyonik ıslatıcı tipinin kullanıldığı, son ürün akmazlık değerinin 135 KU olduğu, dağılım sıcaklığının yüksek olduğu ve çevresel hızın 4500 devir/dakika olduğu üretimlerle yapılan ürünlerde elde edildiği tespit edilmiştir.

6.1.3 Parlaklık

RHD %30 ve RHD %60 formülasyonları ile yapılan ürünlerin anyonik ıslatıcı ve iyonik olmayan ıslatıcı tipi başarımlarını karşılaştırmaları Mann-Whitney ve 2 örneklem t testi ile yapılmıştır. RHD %30 formülasyonları için anyonik ıslatıcı ve iyonik olmayan ıslatıcı tipi parlaklık ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. RHD %60 formülasyonları için ise anyonik ıslatıcı tipinin başarımları daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, hem RHD %30 hem de RHD %60 formülasyonları ile yapılan ürünlerde, anyonik ıslatıcı tipi kullanılan ürünlerin, iyonik olmayan ıslatıcı tipine göre parlaklık değerlerinin akmazlık süreç girdisi değişimine karşı daha çok değiştiği görülmüştür. Bundan sonraki aşamalarda, anyonik ıslatıcı ile akmazlığın ayarlandığı HEC kalınlaştırıcı tipi arasındaki etkileşim daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilir.

Her iki ıslatıcı tipi için de, RHD %30 ve RHD %60 formülasyonları parlaklıkları karşılaştırıldığında parlaklık değerleri arasında çok önemli bir fark görülmüştür. Bu fark, RHD %30 formülasyonunun kritik renkveren hacim derişiminin oldukça altında kalması ve buna bağlı olarak film yüzeyinin çok daha düzgün olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Buna göre, parlaklık için en önemli girdinin formülün RHD değeri olduğu sonucuna varılmıştır.

Akmazlık, çevresel hız ve dağılım süreç girdilerinin, sitemin örtücülüğüne olan etkilerinin çözümlenmesi için RHD %30 anyonik ıslatıcı, RHD %30 iyonik olmayan ıslatıcı, RHD %60 anyonik ıslatıcı, RHD %60 iyonik olmayan ıslatıcı formülasyonları ile yapılan üretimler olmak üzere 4 adet deney tasarımı yapılmıştır

Yapılan deney tasarımı çözümlenmeleri genel olarak incelendiğinde en etkin süreç girdisinin akmazlık olduğu görülmüştür. Fakat, RHD %30 anyonik ıslatıcı formülasyonlarında akmazlık artarken parlaklık artmış, RHD %30 iyonik olmayan ıslatıcı formülasyonlarında akmazlık etkisi gözlenmemiş ve RHD %60 anyonik ıslatıcı, RHD %60 iyonik olmayan ıslatıcı formülasyonlarında akmazlık artarken sistemin parlaklık değerlerinde azalma eğilimi görülmüştür. RHD %60 formülasyonu için sistemde RHD %30'a göre daha az bağlayıcı bulunması ve bunun yanında, akmazlık

değeri de arttıkça boya yüzeyindeki film oluşum hareketliliğinin azalması akmazlık arttıkça parlaklığın azalmasını desteklemektedir. Bu durum, belirli bir RHD değerine kadar, akmazlığın artışı sistemin parlaklığını arttırırken, belirli bir RHD değerinden sonra akmazlığın sistemin parlaklığını olumsuz yönde etkilediği sonucu çıkarılabilir. Bundan sonraki aşamalarda, bu sistem için akmazlığın etkisinin farklı yönde değiştiği RHD değerinin tespit edilmesi amacıyla yeni çalışmalar yapılabilir.

Bunun yanında, akmazlığın; boyanın ezilmesi, örtücülüğü ve parlaklığını önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Bundan sonraki aşamalarda, farklı kalınlaştırıcı tipleri kullanıldığında akmazlık değişiminin boyanın özelliklerini nasıl etkilediği üzerine çalışılabilir.

RHD %30 formülasyonu için, en yüksek parlaklık değerleri anyonik ıslatıcı tipinin kullanıldığı, son ürün akmazlık değerinin 135 KU olduğu, dağılım sıcaklığının yüksek olduğu ve çevresel hızın 4500 devir/dakika olduğu üretimlerle yapılan ürünlerde elde edilmiştir. RHD %30 formülasyonu için ise, anyonik ıslatıcı tipinin kullanıldığı, dağılım sıcaklığının yüksek olduğu ve çevresel hızın 4500 devir/dakika olduğu fakat RHD %30 formülasyon ile üretilen ürünlerin tersine sonürün akmazlık değerinin 105 KU olduğu üretimlerle yapılan ürünlerde elde edilmiştir

6.2 Dağılım Süresi Etkisi

Dağılım süresinin ezilme, parlaklık ve örtücülük üzerinde etkisi incelenirken tüm ürünler anyonik ıslatıcı-RHD %30, anyonik ıslatıcı-RHD %60, iyonik olmayan ıslatıcı-RHD %30, iyonik olmayan ıslatıcı-RHD %60 olmak üzere 4 bölümde incelenmiştir.

4 bölümde de, 5 dakika dağılım ile 15 dakika dağılım arasında tüm akmazlık değerlerinde ortalama 1-1,5 birim arası artış görülmektedir. Sistemin ezilme değerlerinde görülen bu artış, sistemin örtücülük değerlerinde en fazla 0,5 birim artış şeklinde iyileştirme sağlamıştır. Parlaklık ortalama değerlerinde, RHD %30 formülasyonu ile üretilen ürünlerin parlaklık ortalmalarında 1,4 ile 2,4 birim gibi önemli bir artış gözlenmiştir. Fakat, RHD %60 formülasyonları ile üretilen ürünlerin parlaklığı çok düşük olduğundan dağılım süresi bu ürünlerin parlaklığını etkilemediği

tespit edilmiştir. Bu durum örtücülüğün çok kritik olmadığı durumlarda, 5 dakika ya da 10 dakika dağılım yapılmasının örtücülük ve parlaklık ölçütü açısından yeterli olduğu anlamına gelmemektedir. Kısa dağılım süresi, boyanın uzun süreli kararlılığını etkileyebileceğinden dolayı, kısa dağılım süresi ile üretilen boyanın hem zamanla kararlılığındaki değişim gözlenmeli, hem de diğer başarımlar ölçütleri incelenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Paksoy, A.S., “Boya el kitabı”, **TMMOB Kimya Mühendisleri Odası**, (1999).
2. Gündüz, G., “Boya Bilgisi”, **TMMOB Kimya Mühendisleri Odası**, (2005).
3. Hare, C.H., “Protective Coatings – Fundamentals of Chemistry and Composition” **Technology Publishing Company**, (1994).
4. Tiarks, F., Frechen T., Kirsch S., Leuninger J., Melan M., Pfau, A. Richter, F., Schuler, B., Zhaod, C., “Formulation effects on the distribution of pigment particles in paints”, *Progress in Organic Coatings*, 48, 140–152, (2003).
5. Kastner, U., “The impact of rheological modifiers on water-borne coatings”, *Colloids and Surfaces*, 183–185, 805–821, (2001).
6. Topçuoğlu, Ö., Altinkaya, S.A., Balköse, D., “Characterization of waterborne acrylic based paint films and measurement of their water vapor permeabilities”, *Progress in Organic Coatings*, 56, 269–278, (2006).
7. Mikulgek, P., Wakeman, R.J., Marchant, J.Q., “The influence of pH and temperature on the rheology and stability of aqueous titanium dioxide dispersions”, *Chemical Engineering Journal*, 67, 97-102, (1997).
8. Klanjsek, M., Gunde, Orel, Z.C., Hutchins, M.G., “The influence of paint dispersion parameters on the spectral selectivity of black-pigmented coatings”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 80, 239–245, (2003).
9. Hellgren, A.C., Weissenborn, P., Holmberg, K., “Surfactants in water-borne paints”, *Progress in Organic Coatings*, 35, 79–87, (1999).
10. Bolt, J.D., “Titanium dioxide particles having substantially discrete inorganic particles dispersed on their surfaces”, *United States Patent*, 5886069, 40-93, (1999)
11. Sare, E.J., Raper, S.C., Figlar, J. “Post-addition of white minerals for modifications of optical film properties”, *United States Patent*, 20070123629, 1-57, (2007).
12. Hoshida, Y., Yukawa, Y., Kamimori, I., “Pigment dispersing resin”, *United States Patent*, 6994745, 13-149, (2006)
13. Rollinson, J.F., “Pigments for Paint”, in *Paint and Surface Coatings, Theory and Practice*, John Wiley & Sons, New York/Ellis Horwood, Chichester, England, (1987), p.111.
14. Broad, R., et. al, “Extender Pigments”, in *Surface Coatings*, Vol 1, Surface Coatings Association of Australia, Chapman & Hall, London, (1993), p.514.

15. Asbeck, W.K., Van Loo, M., *Ind. Eng. Chem.*, 41, 1470 (1949).
16. Patton, T.C., *Paint Flow and Pigment Dispersion*, John Wiley & Sons, New York, 1979
17. Daniel, F.K., “High Speed Dispersers: Operating and Design Principals”, *Paint and Varnish Production*, May 1970
18. Zisman, W.A., “Relation of Equilibrium Contact Angle to Liquid and Solid Constitution”, in *Contact Angle Wettability and Adhesion, Advances in Chemistry Series #43*, American Chemical Society, Washington, 1964.
19. Patton, T.C, “Reflections of a Paint Engineer on Paint Flow, Interface Physics and Pigment Dispersion”, *Journal of Paint Technology*, December 1970, p,666.
20. Vash, R., “Wetting and Dispersion”, in *Handbook of Coatings Additives*, Vol.2, L.J. Calbo, Ed., Marcel Dekker, New York, 1992, p.71.
21. Fordyce, D.B., et. al., “Surface Active Agents in Polymer Emulsion Coatings”, in *Resin Review*, Vol 13, #1, Rohm & Haas Co., Philadelphia, PA, p.18.
22. Blake, D.M., “Thickeners for Waterborne Coatings”, in *Handbook of Coatings Additives*, Vol 1, L.J. Calbo, Ed., Macel Dekker, New York, 1987, p.43.
23. Shay, G.D., *Polymers in Aqueous Media: Performance Through Association*, Advances in Chemistry Series 223, L.E. Glass, Ed., American Chemical Society, Washington, D.C., 1989, p.457.
24. Schaller, E.J., Sperry, P.R., “Associative Thickeners” in *Handbook of Coatings Additives*, Vol 2, L.J. Calbo, Ed., Marcel Dekker New York, 1992, p.105.
25. Braun, J.H., *Introduction to Pigments, Federation Series on Coatings Technology*, Blue Bell, PA, 1993.
26. Borchers, 2007, “Borchers’ wetting and dispersing additives”, <http://www.borchers.de/pages/2021/NetzmittelA4kompletteng.pdf>, (**Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2007**).
27. Niemann, 2007, “Dispersion&General remarks to dispersion”, Kreis Dissolver Web Sitesi, http://www.niemann.de/dispersion_milling.html, (**Ziyaret tarihi: 16 Mayıs 2007**).
28. Çelebisoy, U., 2007, “Boya biliminin tarihçesi”, Kimya Sanayii Kataloğu Web Sitesi, <http://www.kimsankat.com/boyasek.html>, (**Ziyaret tarihi: 02 Mayıs 2007**).
29. Boyex, 2007, “Boya ve Kaplama Endüstrisi”, Boyex Ana Sayfa, <http://www.boyex.com/4001.asp>, (**Ziyaret tarihi: 02 Mayıs 2007**).

30. Öztuna, D., Elhan, H., 2006, “*Gruplararası ve grup içi karşılaşırma yöntemleri*” [online], Toraks, http://www.toraks.org.tr/mse-ppt-pdf/D_OZTUNA_H_ELHAN.pdf, (Ziyaret tarihi: 16 Mayıs 2007).
31. Cömert, B., Arıtürk, T., “Altı Sigma Karakuşak 2. hafta -analiz- eğitim notları”, *SPAC*, Bölüm 6 – 3,8 (2004).
32. Bekircan, S.H., “Yüksek dayanımlı Naylon 66 ipliğinin ısıl ve mekaniksel özelliklerinin eniyileştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *KOU Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmit, 12,14, (2006).
33. Erbaş, S.O., Olmuş, H., “Deney düzenleri ve istatistik analizi”, *Gazi Kitapevi*, 372, (2006).
34. Işığışok, E. “Hipotez testleri yol haritası” *Ezgi Kitapevi*, 1,2,5,6,283-285, (2005).
35. Motulsky, H., 1995, “*Intuitive Biostatistics*” [online], Oxford University Press, <http://www.graphpad.com/www/book/Choose.htm>, (Ziyaret tarihi: 16 Mayıs 2007).

EKLER

Tablo A.1: Deney tasarımı sonucunda elde edilen ezilme değerleri

Deney No	RHD%	Akmazlık (KU)	Islatıcı Tipi	Sogutma Suyu	Çevresel Hız (d/dak)	Ezilme
1	30	135	Anyonik	Sogutma var	1750	5,00
1	30	135	Anyonik	Sogutma var	1750	5,00
2	30	135	Anyonik	Sogutma var	4500	6,50
2	30	135	Anyonik	Sogutma var	4500	6,00
3	30	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	5,75
3	30	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	5,50
4	30	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,50
4	30	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,25
5	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	5,00
5	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	5,50
6	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	5,50
6	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	5,50
7	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	5,50
7	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	6,00
8	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,50
8	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,75
9	30	120	Anyonik	Sogutma var	1750	6,00
9	30	120	Anyonik	Sogutma var	1750	5,50
10	30	120	Anyonik	Sogutma var	4500	6,50
10	30	120	Anyonik	Sogutma var	4500	6,25
11	30	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,00
11	30	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,00
12	30	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,50
12	30	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,50
13	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	5,50
13	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	5,50
14	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	6,25
14	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	6,50
15	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	6,00
15	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	6,00
16	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,50
16	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,75
17	30	105	Anyonik	Sogutma var	1750	6,50
17	30	105	Anyonik	Sogutma var	1750	6,25
18	30	105	Anyonik	Sogutma var	4500	6,25
18	30	105	Anyonik	Sogutma var	4500	6,50
19	30	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,00
19	30	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,50
20	30	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,50
20	30	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,50
21	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	5,50
21	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	5,75
22	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	6,50
22	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	6,50
23	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	6,00
23	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	6,50
24	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,75
24	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,25

Tablo A.1 (devam): Deneş tasarımı sonucunda elde edilen ezilme değerleri

Deneş No	RHD%	Akmazlık (KU)	İslatıcı Tipi	Sogutma Suyu	Çevresel Hız (d/dak)	Ezilme
25	60	135	Anyonik	Sogutma var	1750	6,00
25	60	135	Anyonik	Sogutma var	1750	6,25
26	60	135	Anyonik	Sogutma var	4500	6,50
26	60	135	Anyonik	Sogutma var	4500	6,50
27	60	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,00
27	60	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,50
28	60	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,50
28	60	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,75
29	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	5,50
29	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	6,00
30	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	5,75
30	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	6,00
31	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	5,50
31	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	5,50
32	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,00
32	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,00
33	60	120	Anyonik	Sogutma var	1750	6,25
33	60	120	Anyonik	Sogutma var	1750	6,00
34	60	120	Anyonik	Sogutma var	4500	6,50
34	60	120	Anyonik	Sogutma var	4500	6,75
35	60	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,50
35	60	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,00
36	60	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,50
36	60	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,75
37	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	6,00
37	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	5,75
38	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	5,50
38	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	5,50
39	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	6,00
39	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	6,00
40	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,50
40	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,25
41	60	105	Anyonik	Sogutma var	1750	6,50
41	60	105	Anyonik	Sogutma var	1750	6,50
42	60	105	Anyonik	Sogutma var	4500	6,50
42	60	105	Anyonik	Sogutma var	4500	6,50
43	60	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,00
43	60	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	6,00
44	60	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,50
44	60	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	6,50
45	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	6,00
45	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	6,25
46	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	6,25
46	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	6,25
47	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	6,50
47	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	6,50
48	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,50
48	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	6,50

Tablo A.2 : Deneş tasarımı sonucunda elde edilen örtüçülük değerleri

Deneş No	RHD%	Akmazlık (KU)	İslatıcı Tipi	Sogutma Suyu	Çevresel Hız (d/dak)	Örtüçülük
1	30	135	Anyonik	Sogutma var	1750	96,51
1	30	135	Anyonik	Sogutma var	1750	96,66
2	30	135	Anyonik	Sogutma var	4500	96,41
2	30	135	Anyonik	Sogutma var	4500	96,45
3	30	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	96,77
3	30	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	96,25
4	30	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	96,46
4	30	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	96,76
5	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	94,85
5	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	94,92
6	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	95,15
6	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	95,10
7	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	95,65
7	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	95,60
8	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	95,68
8	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	95,80
9	30	120	Anyonik	Sogutma var	1750	95,91
9	30	120	Anyonik	Sogutma var	1750	96,08
10	30	120	Anyonik	Sogutma var	4500	95,90
10	30	120	Anyonik	Sogutma var	4500	96,05
11	30	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	96,16
11	30	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	95,98
12	30	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	96,12
12	30	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	96,12
13	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	94,96
13	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	95,02
14	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	94,98
14	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	95,20
15	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	95,60
15	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	95,45
16	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	95,59
16	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	95,79
17	30	105	Anyonik	Sogutma var	1750	95,75
17	30	105	Anyonik	Sogutma var	1750	95,73
18	30	105	Anyonik	Sogutma var	4500	95,94
18	30	105	Anyonik	Sogutma var	4500	95,78
19	30	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	96,12
19	30	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	95,85
20	30	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	95,96
20	30	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	96,03
21	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	95,04
21	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	95,00
22	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	95,01
22	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	95,00
23	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	95,34
23	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	95,50
24	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	95,90
24	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	95,75

Tablo A.2 (devam) : Deney tasarımı sonucunda elde edilen örtücülük değerleri

Deney No	RHD%	Akmazlık (KU)	İslatıcı Tipi	Sogutma Suyu	Çevresel Hız (d/dak)	Örtücülük
25	60	135	Anyonik	Sogutma var	1750	94,30
25	60	135	Anyonik	Sogutma var	1750	94,52
26	60	135	Anyonik	Sogutma var	4500	94,68
26	60	135	Anyonik	Sogutma var	4500	94,36
27	60	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	94,53
27	60	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	94,78
28	60	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	94,80
28	60	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	94,74
29	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	93,65
29	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	93,47
30	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	93,99
30	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	94,16
31	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	93,45
31	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	93,52
32	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	93,95
32	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	94,12
33	60	120	Anyonik	Sogutma var	1750	94,20
33	60	120	Anyonik	Sogutma var	1750	94,25
34	60	120	Anyonik	Sogutma var	4500	94,15
34	60	120	Anyonik	Sogutma var	4500	94,55
35	60	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	94,86
35	60	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	94,35
36	60	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	94,75
36	60	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	94,65
37	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	93,31
37	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	93,36
38	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	93,27
38	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	93,30
39	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	93,35
39	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	93,15
40	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	93,75
40	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	93,48
41	60	105	Anyonik	Sogutma var	1750	94,17
41	60	105	Anyonik	Sogutma var	1750	94,41
42	60	105	Anyonik	Sogutma var	4500	94,29
42	60	105	Anyonik	Sogutma var	4500	94,08
43	60	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	94,45
43	60	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	94,48
44	60	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	94,56
44	60	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	94,64
45	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	93,05
45	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	93,25
46	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	93,31
46	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	93,36
47	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	93,10
47	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	93,36
48	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	93,45
48	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	93,40

Tablo A.3 : Deneý tasarımı sonucunda elde edilen parlaklık deęerleri

Deneý No	RHD %	Akmazlık (KU)	Islatıcı Tipi	Sogutma Suyu	Çevresel Hız (d/dak)	Parlaklık
1	30	135	Anyonik	Sogutma var	1750	31,60
1	30	135	Anyonik	Sogutma var	1750	31,87
2	30	135	Anyonik	Sogutma var	4500	32,50
2	30	135	Anyonik	Sogutma var	4500	32,50
3	30	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	32,55
3	30	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	32,20
4	30	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	33,53
4	30	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	33,70
5	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	30,53
5	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	30,33
6	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	31,45
6	30	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	31,40
7	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	31,45
7	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	31,25
8	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	32,63
8	30	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	33,45
9	30	120	Anyonik	Sogutma var	1750	27,65
9	30	120	Anyonik	Sogutma var	1750	27,60
10	30	120	Anyonik	Sogutma var	4500	31,30
10	30	120	Anyonik	Sogutma var	4500	30,77
11	30	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	30,67
11	30	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	30,43
12	30	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	30,50
12	30	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	31,00
13	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	30,60
13	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	30,65
14	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	31,40
14	30	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	31,40
15	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	31,48
15	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	31,45
16	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	32,60
16	30	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	32,45
17	30	105	Anyonik	Sogutma var	1750	27,30
17	30	105	Anyonik	Sogutma var	1750	27,50
18	30	105	Anyonik	Sogutma var	4500	30,85
18	30	105	Anyonik	Sogutma var	4500	30,50
19	30	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	28,67
19	30	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	28,93
20	30	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	30,61
20	30	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	30,43
21	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	30,95
21	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	31,10
22	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	31,15
22	30	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	31,55
23	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	31,15
23	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	31,40
24	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	32,47
24	30	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	32,85

Tablo A.3 (devam) : Deney tasarımı sonucunda elde edilen parlaklık değerleri

Deney No	RHD%	Akmazlık (KU)	Islatıcı Tipi	Sogutma Suyu	Çevresel Hız (d/dak)	Parlaklık
25	60	135	Anyonik	Sogutma var	1750	4,98
25	60	135	Anyonik	Sogutma var	1750	5,05
26	60	135	Anyonik	Sogutma var	4500	4,93
26	60	135	Anyonik	Sogutma var	4500	4,75
27	60	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	4,60
27	60	135	Anyonik	Sogutma yok	1750	4,94
28	60	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	5,04
28	60	135	Anyonik	Sogutma yok	4500	5,02
29	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	4,50
29	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	4,40
30	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	4,15
30	60	135	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	4,33
31	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	4,45
31	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	4,43
32	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	4,65
32	60	135	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	4,50
33	60	120	Anyonik	Sogutma var	1750	5,35
33	60	120	Anyonik	Sogutma var	1750	5,20
34	60	120	Anyonik	Sogutma var	4500	5,70
34	60	120	Anyonik	Sogutma var	4500	5,53
35	60	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	5,32
35	60	120	Anyonik	Sogutma yok	1750	5,40
36	60	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	5,85
36	60	120	Anyonik	Sogutma yok	4500	5,55
37	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	4,52
37	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	4,45
38	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	4,50
38	60	120	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	4,55
39	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	4,50
39	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	4,58
40	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	4,80
40	60	120	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	4,70
41	60	105	Anyonik	Sogutma var	1750	5,48
41	60	105	Anyonik	Sogutma var	1750	5,38
42	60	105	Anyonik	Sogutma var	4500	5,58
42	60	105	Anyonik	Sogutma var	4500	5,90
43	60	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	5,43
43	60	105	Anyonik	Sogutma yok	1750	5,75
44	60	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	5,86
44	60	105	Anyonik	Sogutma yok	4500	5,93
45	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	4,55
45	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	1750	4,70
46	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	4,75
46	60	105	İyonik olmayan	Sogutma var	4500	4,70
47	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	4,63
47	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	1750	4,75
48	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	4,80
48	60	105	İyonik olmayan	Sogutma yok	4500	4,75

ÖZGEÇMİŞ

Elif Asude Bekircan 1980 yılında İzmit'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmit'te tamamladı. 1998 yılında girdiği Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden 2003 yılında mezun oldu. 2004 yılında girdiği Marshall Boya ve Vernik Sanayi A.Ş.'de halen Proje ve Yatırım Mühendisi olarak çalışmaktadır. 2005 yılında 6-Sigma Yeşil Kuşak eğitimi alan Elif Asude Bekircan boya sektöründe çeşitli projeler yürütmüştür. 2003 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans programını tamamlama aşamasındadır.