

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÖNDEN YÜKLEMELİ ÇAMAŞIR MAKİNASI İÇİN FARKLI LEKE
GRUPLARININ TEMİZLENMESİNİ SAĞLAYACAK BİR YIKAMA
ALGORİTMASININ OLUŞTURULMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Betül ÖZYAY

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÖNDEN YÜKLEMELİ ÇAMAŞIR MAKİNASI İÇİN FARKLI LEKE
GRUPLARININ TEMİZLENMESİNİ SAĞLAYACAK BİR YIKAMA
ALGORİTMASININ OLUŞTURULMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Betül ÖZYAY
(506131005)**

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan Can OKUTAN

HAZİRAN 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506131005 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Betül ÖZYAY, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ÇAMAŞIR MAKİNASI İÇİN FARKLI LEKE GRUPLARININ TEMİZLENMESİNİ SAĞLAYACAK BİR YIKAMA ALGORİTMASININ OLUŞTURULMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Hasan Can OKUTAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mehmet Ferhat YARDIM**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Nilgün CILIZ
Boğaziçi Üniversitesi

Teslim Tarihi : **02 Mayıs 2016**
Savunma Tarihi : **08 Haziran 2016**





Aileme ve Sevdiklerime,



ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, farklı özellikteki lekelerin temizlenmelerinde etkin rol oynayan deterjan bileşenlerinin temizleme aktivitesi incelenmiştir. Bu doğrultuda yapılan deney tasarımı çalışmasında, mekanik hareket ve sıcaklık parametrelerinin farklı sürelerde, temizleme oranı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Bu yüksek lisans çalışmalarını yöneten, yönlendiren, değerli görüş ve eleştirileri ile tez çalışmalarımı destekleyen çok değerli danışman hocam Sn. Prof. Dr. Hasancan OKUTAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmasının gerçekleşmesini sağlayan ve bunun için imkân ve olanaklarını sunarak bana destek olan Arçelik A.Ş. Çamaşır Makinesi İşletmesi Araştırma ve Geliştirme Merkezi'ne, Sistem Geliştirme Takım Lideri Sn. Hakan TATAR'a, bilgi ve tecrübelerini paylaşarak bana destek veren Sistem Geliştirme Takımı'nda birlikte çalıştığım takım arkadaşlarıma, deneysel çalışmalar için verdikleri desteklerden ötürü Sn. Ali KARACA ve Sn. Kadriye Uzuner KİRAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her daim yanımda olan, bugünlere gelmemde benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli AİLEME teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2016

Betül ÖZYAY
Kimya Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOL LİSTESİ.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. ÇAMAŞIR YIKAMA İŞLEMİ VE TEMEL UNSURLARI	5
2.1 Çamaşır Makinasının Tanıtılması	5
2.2 Yıkama Prosesi.....	12
2.3 Yıkama Prosesine Etki Eden Faktörler	13
2.3.1 Kimyasal etki	15
2.3.2 Sıcaklık	16
2.3.3 Süre	17
2.3.4 Mekanik etki	17
2.3.5 Su	18
2.4 Tekstil Üzerindeki Kir ve Lekeler.....	20
2.4.1 Kir ve leke tanımı	20
2.4.2 Tekstil üzerinden kir ve lekelerin uzaklaştırılma mekanizması	23
2.4.3 Duyarlılıklarına göre lekelerin sınıflandırılması	32
2.4.3.1 Deterjan içeriğine bağlı lekeler	32
2.4.3.2 Mekanik etkiye duyarlı lekeler.....	37
2.4.3.3 Sıcaklığa duyarlı lekeler.....	38
3. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA KONUSUNDA YAPILAN LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	41
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	55
4.1 Deney Tasarımında Kullanılan Ekipmanlar ve Malzemeler	56
4.1.1 Deney tasarımıda kullanılan ekipmanlar	56
4.1.1.1 Çamaşır makinası	56
4.1.1.2 Hassas terazi.....	57
4.1.1.3 Spektrofotometre	57
4.1.2 Deney tasarımıda kullanılan malzemeler.....	58
4.1.2.1 Çamaşır.....	58
4.1.2.2 Su.....	62
4.1.2.3 Deterjan	63
4.1.3 Deney tasarımıda kullanılan lekeli kumaşlar.....	64
4.2 Deneysel Yöntem	65
4.2.1 Deneysel yöntemin yürütülüşü	73
4.2.2 Deneysel yöntemin değerlendirilmesi	74
5. DENEYSEL ÇALIŞMANIN SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ ..	77

5.1 Deneysel Çalışmanın Sonuçları.....	77
5.1.1 Kan lekesi analizi.....	78
5.1.2 Çikolata lekesi analizi.....	80
5.1.3 Puding lekesi analizi.....	82
5.1.4 Yumurta lekesi analizi.....	84
5.1.5 Çay lekesi analizi.....	86
5.1.6 Kahve lekesi analizi.....	88
5.1.7 Meyve suyu lekesi analizi.....	90
5.1.8 Ketçap lekesi analizi.....	92
5.1.9 Kırmızı şarap lekesi analizi.....	93
5.1.10 Kömür lekesi analizi.....	96
5.1.11 Reçel lekesi analizi.....	97
5.1.12 Köri lekesi analizi.....	99
5.2 Deneysel Sonuçların Değerlendirilmesi.....	101
6. GENEL DEĞERLENDİRMELER VE VARGILAR.....	103
KAYNAKLAR.....	105
EKLER.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	115

KISALTMALAR

A.I.S.E.	: International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products
CEI	: Commission internationale de l'éclairage
CFT	: Center for Testmaterial
Co	: Pamuklu Kumaş
DOE	: Design of Experiment
IEC	: International Electrotechnical Commission
PES	: Polyester Kumaş
TAED	: Tetraasetiletilendiamin
TOT	: Terg-O-Tometre
VTs	: Veri Toplama Sistemi
Wo	: Yünlü Kumaş
YAM	: Yüzey Aktif Madde



SEMBOL LİSTESİ

j	: Islatma direnci (mN/m)
$\gamma_S, \gamma_{SL}, \gamma_L$	: Ara yüzey direnci (mN/m)
θ	: Temas açısı
D	: Yıkama etkinliği
R_o	: Lekesiz kumaşın reflektans değeri
R_s	: Yıkama öncesi lekeli kumaşın reflektans değeri
R_w	: Yıkama sonrası lekeli kumaşın reflektans değeri
L_C	: Lekesiz (beyaz) kumaşın Y değeri
L_S	: Lekeli kumaşın yıkama sonrası Y değeri
L_W	: Lekeli kumaşın yıkama öncesi Y değeri



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Lekelerin yapısına göre sınıflandırılması	22
Çizelge 2.2: LAS ve laurilin karşılaştırmalı leke uzaklaştırma performansları	33
Çizelge 3.1: Deney tasarımına ait plan	42
Çizelge 3.2: Yıkama koşulları	44
Çizelge 3.3: Deney tasarımı için yıkama koşulları	47
Çizelge 3.4: Yıkama koşulları	51
Çizelge 3.5: EMPA 106 lekesi için toplam yıkama etkinliği ve mekanik etki ile fizikokimyasal etkinin yıkama etkinliğine yaptıkları katkı	52
Çizelge 3.6: EMPA 111 lekesi için toplam yıkama etkinliği ve mekanik etki ile fizikokimyasal etkinin yıkama etkinliğine yaptıkları katkı	53
Çizelge 4.1: EN 60456:2011 standardında tanımlanan spektrofotometre özellikleri.....	59
Çizelge 4.2: Yük yaşlandırma takip çizelgesi.....	60
Çizelge 4.3: 4 kg yük için yük yaşı takip çizelgesi.....	61
Çizelge 4.4: EN 60456:2011 standardına göre yıkama testlerinde kullanılacak suyun sahip olması gereken özellikler	62
Çizelge 4.5: IEC 60734 standardı Metot B yöntemine göre su sertlik ve iletkenliği ayarlamada kullanılan kimyasal maddeler	63
Çizelge 4.6: Referans deterjanın bileşimi	63
Çizelge 4.7: Testlerde kullanılan leke kumaşları ve CFT firmasına ait kodları	64
Çizelge 4.8: Her bir gruba ait leke tipleri ve bu lekelerin duyarlı oldukları parametreler	66
Çizelge 4.9: Deney tasarımı.....	68
Çizelge 4.10: Çamaşır yerleşim sırası	72
Çizelge 4.11: Leke kodlama sistematigi.....	73
Çizelge 5.1: Kan lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	79
Çizelge 5.2: Çikolata lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	81
Çizelge 5.3: Puding lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	82
Çizelge 5.4: Yumurta lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.....	84
Çizelge 5.5: Çay lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	86
Çizelge 5.6: Kahve lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	88
Çizelge 5.7: Kahve lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	90
Çizelge 5.8: Ketçap lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	92
Çizelge 5.9: Ketçap lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	94
Çizelge 5.10: Kömür lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	96
Çizelge 5.11: Reçel lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.....	98
Çizelge 5.12: Köri lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model	100



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Ticari yarı otomatik çamaşır makinası	6
Şekil 2.2: Üstten yüklemeli çamaşır makinası ve parçalarına ait şematik çizim	7
Şekil 2.3: Önden yüklemeli çamaşır makinası	7
Şekil 2.4: Dinamik (tahrik) grubu modülünün patlatılmış resmi.....	9
Şekil 2.5: Ön kapak, gövde ve su sistemi modüllerine ait patlatılmış resim	10
Şekil 2.6: Ön panel grubuna ait patlatılmış resim	10
Şekil 2.7: Yıkama işlemine ait akım şeması.....	12
Şekil 2.8 Çamaşır makinasında veri toplama sistemi (VTS) ile yıkama prosesine ait kaydedilen verilerin grafiksel gösterimi.	14
Şekil 2.9: Sinner çevrimi	15
Şekil 2.10: Şerit sıkışması.	19
Şekil 2.11: YAM'nin sulu ve susuz sistemlerdeki görünüşünün şematik çizimi	26
Şekil 2.12: Su damlacığının katı yüzey üzerindeki ıslatma durumları	26
Şekil 2.13: YAM'in suyun yüzey gerilimini düşürme mekanizması	27
Şekil 2.14: YAM moleküllerinin yağ molekülleri ile misel oluşumu	27
Şekil 2.15: Partikül kirlerin uzaklaştırılması	28
Şekil 2.16: Katı yüzeyin ıslatılma mekanizmasının şematik gösterimi	29
Şekil 2.17: Katı yüzey üzerinde iki sıvı bulunması hali a) ayrı olarak b) üst üste	30
Şekil 2.18: Çeşitli derecelerde yağ ile kaplanmış yün kumaş üzerinden sodyum n-dodesil sülfat konsantrasyonuna bağlı olarak zeytin yağı – oleik asit karışımının uzaklaştırılabilme miktarları a) %4.6 yağ b) %3.3 yağ c) %2.2 yağ kaplaması	31
Şekil 2.19: Potasyum oktonatın dekanol ile kaplanmış polyester lifler üzerindeki yıkama etkisi	32
Şekil 2.20: Ticari proteaz enziminin performansı (Savinase, Novozymes A/S)	37
Şekil 3.1: EMPA 106 kumaşa dikim noktaları	44
Şekil 3.2: Çeşitli kumaş hareketleri için kavramsal diyagramları	45
Şekil 3.3: Dönme hızına karşı kumaş hareketi desenleri (kumaş boyutu: 40 cm x 80 cm; çarşaf sayısı: 1).....	45
Şekil 3.4: Dönme hızına karşı yıkama etkinliği (kumaş boyutu: 40 cm x 80 cm; çarşaf sayısı:1).	46
Şekil 3.5: Yağ lekesinin çeşitli % tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı ve karıştırma hareketi koşullarında yıkama etkinlik yüzdeleri (a) 40 rpm; (b) 60 rpm; (c) 80 rpm	48
Şekil 3.6: Protein lekesinin çeşitli % tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı ve karıştırma hareketi koşullarında yıkama etkinlik yüzdeleri (a) 40 rpm; (b) 60 rpm; (c) 80 rpm	48
Şekil 3.7: Yağ-protein karışım lekesinin çeşitli % tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı ve karıştırma hareketi koşullarında yıkama etkinlik yüzdeleri (a) 40 rpm; (b) 60 rpm; (c) 80 rpm	49

Şekil 3.8: Mevcut geleneksel algoritma ve önerilen algoritmalara ait yıkama etkinliği yüzdeleri	50
Şekil 4.1: Deney tasarımında kullanılan çamaşır makinası.	56
Şekil 4.2: Deterjan ölçümü için hassas terazi.	57
Şekil 4.3: Leke şeritlerinin Tristimulus Y değerlerinin ölçümünde kullanılan spektrofotometre	58
Şekil 4.4: Lekelerin havluya dikiliş şekli.....	69
Şekil 4.5: EN 60456:2011 standardına göre leke şeridi dikilen havluların katlanmış şekli	70
Şekil 4.6: Testlerde kullanılan havlu katlama şekli.	70
Şekil 4.7: Leke şeridi dikilmiş havlunun kenarlarından katlanma şekli.	71
Şekil 4.8: EN 60456:2011 standardına göre çarşafların katlanma şekli	71
Şekil 4.9: EN 60456:2011 standardına göre yastık kılıfı ve ve leke dikilmeyen havluların katlanma şekli.	71
Şekil 4.10: Yükün test makinesi içerisine yerleşimi.....	72
Şekil 4.11: Spektrofotometre cihazında kan lekesi için yıkama öncesi tristimulus (Y) değeri ölçümü.....	74
Şekil 4.12: Yıkama sonrası lekelerin serilerek kurutulması.	74
Şekil 5.1: Koşullara bağlı olarak kan lekesi temizlenme oranı.....	78
Şekil 5.2: Kan lekesi için optimizasyon analizi grafiği.	80
Şekil 5.3: Koşullara bağlı olarak çikolata lekesi temizlenme oranı.....	80
Şekil 5.4: Çikolata lekesi için optimizasyon analizi grafiği.	81
Şekil 5.5: Koşullara bağlı olarak puding lekesi temizlenme oranı.	83
Şekil 5.6: Puding lekesi için optimizasyon analizi grafiği.....	84
Şekil 5.7: Koşullara bağlı olarak yumurta lekesi temizlenme oranı.	85
Şekil 5.8: Yumurta lekesi için optimizasyon analizi grafiği.....	85
Şekil 5.9: Koşullara bağlı olarak çay lekesi temizlenme oranı.....	87
Şekil 5.10: Çay lekesi için optimizasyon analizi grafiği.	87
Şekil 5.11: Koşullara bağlı olarak kahve lekesi temizlenme oranı.....	89
Şekil 5.12: Kahve lekesi için optimizasyon analizi grafiği.	89
Şekil 5.13: Koşullara bağlı olarak meyve suyu lekesi temizlenme oranı.	91
Şekil 5.14: Meyve suyu lekesi için optimizasyon analizi grafiği.	91
Şekil 5.15: Koşullara bağlı olarak ketçap lekesi temizlenme oranı.	93
Şekil 5.16: Ketçap lekesi için optimizasyon analizi grafiği.....	93
Şekil 5.17: Koşullara bağlı olarak kırmızı şarap lekesi temizlenme oranı.	95
Şekil 5.18: Kırmızı şarap lekesi için optimizasyon analizi grafiği.	95
Şekil 5.19: Koşullara bağlı olarak kömür lekesi temizlenme oranı.	97
Şekil 5.20: Kömür lekesi için optimizasyon analizi grafiği.....	97
Şekil 5.21: Koşullara bağlı olarak reçel lekesi temizlenme oranı.....	99
Şekil 5.22: Reçel lekesi için optimizasyon analizi grafiği.	99
Şekil 5.23: Koşullara bağlı olarak köri lekesi temizlenme oranı.	101
Şekil 5.24: Köri lekesi için optimizasyon analizi grafiği.....	101
Şekil 6.1: Tüm lekelerin analizi sonucu elde edilen ortak profil yıkama koşulları.	104
Şekil A.1: Deney tasarımı analiz menüsü.	110
Şekil A.2: Girdilerin seçildiği “Terms” menüsü.....	111
Şekil A.3: Girdilerin tekil, ikili ve üçlü etkileşimlerinin gösterildiği rapor.	111
Şekil A.4: Raporda bulunan terimlerin açıklamaları.	112
Şekil A.5: Storage menüsü.....	113
Şekil A.6: Kutu grafiği.....	113
Şekil A.7: Kutu grafiği menüsü.	114

ÖNDEN YÜKLEMELİ ÇAMAŞIR MAKİNASI İÇİN FARKLI LEKE GRUPLARININ TEMİZLENMESİNİ SAĞLAYACAK BİR YIKAMA ALGORİTMASININ OLUŞTURULMASI

ÖZET

Tez çalışması kapsamında, belirlenen yıkama parametrelerinin farklı özelliklerdeki lekelerin temizlenmesi üzerindeki etkisi bir deney tasarımı gerçekleştirilerek incelenmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmada ana yıkama süresinin ve ana yıkama su miktarının değişimi ile suda bastırma adımıyla ısıtma işleminin olması ya da olmaması durumunun, lekelerin temizlenme oranlarına etkileri analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, lekelerin genelini kapsayan optimum bir yıkama performansı sağlayacak leke programı algoritması geliştirilmiştir. Bu programın geliştirilmesi esnasında piyasada kısa süreli leke programına sahip bir çamaşır makinası referans alınarak, bu referans üründen daha kısa sürede aynı veya daha iyi seviyede temizleme performansına sahip bir leke programı geliştirilmiştir.

Tarih boyunca insanlar kişisel temizliklerinin yanı sıra kullandıkları giysi ve eşyaların temizliğine de önem vermiştir. Sağlıklı bir yaşamın en önemli gereksinimlerinden biri olan çamaşır temizliği için eski çağlardan günümüze kadar farklı yöntemler geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Eski çağlarda insan gücü ve doğada hazır bulunan soda, üre gibi yardımcı maddeler kullanılarak gerçekleştirilen yıkama işlemi, gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde büyük bir çoğunlukla otomatik olarak ve modern deterjanlar ile yapılmaktadır.

Çamaşır makinası temel olarak içerisinde yıkama işleminin gerçekleştiği tambur ve kazan, tambur dönüşünü sağlayan motor, su alma işlemini sağlayan vana ve hortum bağlantıları ile diğer birçok komponenti kapsayan elektrikli bir cihazdır. Çamaşır makinasının asıl görevi, su ve deterjan yardımı ile yıkama işlemini gerçekleştirmektir.

Yıkama işlemi, tekstil yüzeyi üzerinde bulunan kir ve leke gibi yabancı maddelerin su, deterjan ve mekanik etki yardımı ile tekstil yüzeyinden uzaklaştırılması olarak ifade edilebilir. Yıkama işlemi temel olarak su alma, ana yıkama, durulama ve sıkma adımlarını içermektedir. Yıkama işlemi Dr. Sinner'ın oluşturduğu Sinner modeline göre dört ana parametreden etkilenmektedir (Stamminger, 2014). Bu parametreler kimyasal etki, sıcaklık, süre ve mekanik etkidir. Daha sonra Prof. Dr. Rainer Stamminger tarafından bu modele beşinci parametre olarak su eklenmiştir (Stamminger, 2014).

Kimyasal etki, deterjan miktarı ve bileşenleri tarafından sağlanmaktadır. Özellikle deterjan bileşiminde yer alan yüzey aktif madde, ağartıcı ve enzimler leke uzaklaştırma mekanizmasında etkin rol oynamaktadır.

Sıcaklık etkisi, çamaşır makinasında bulunan ısıtıcı sayesinde, tambur içerisindeki suyun istenilen sıcaklık değerine ulaşmaya kadar ısıtılması ile sağlanmaktadır. Sıcaklık yardımı ile tekstil yüzeyindeki bazı lekeler yumuşatılmakta ve bazı deterjan bileşenleri aktif hale getirilmektedir.

Yıkama süresi, çamaşırın maruz kaldığı yıkama işleminin uzunluğunu temsil etmektedir. Bu nedenle yıkama süresinin arttırılması, genel olarak yıkama performansını arttırmaktadır.

Mekanik etki, motor tarafından döndürülen tamburun hareketi ile sağlanmaktadır. Tamburun içerisindeki kanatlar yardımı ile tambur dönüşü sırasında çamaşır yukarı kaldırılıp serbest şekilde düşürülerek, çamaşıra çitileme etkisi uygulanmaktadır.

Su, yıkama işleminde deterjanın çözünmesi, çözünen deterjanın çamaşıra ve kire taşınması, tekstil yüzeyinden sökülen kirin askıda tutulması ve uzaklaştırılmasında etkili olan parametredir. Su miktarının yanı sıra, suyun fizikokimyasal özellikleri de yıkama performansını etkilemektedir.

Yıkama işlemini gerektiren en önemli etken, çamaşır üzerinde oluşan kir ve lekelerdir. Bu iki etken birbirine benzemesine rağmen, farklı tanımlar ile ifade edilmektedir. Kir, genel çamaşır yüzeyinde oluşan istenmeyen maddelerdir. Leke ise, çamaşırın belirli bir bölgesinde yoğunlaşmış halde bulunan nokta, benek, toz veya kirdir.

Tekstil yüzeyinden leke uzaklaştırma mekanizması temel olarak üç aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada, deterjan çözeltisi tekstil yüzeyine difüze olmaktadır. İkinci aşamada, tekstil yüzeyine difüze olan sulu deterjan çözeltisi, yüzey aktif maddeler yardımı ile tekstil üzerindeki lekeyi misel oluşum mekanizması ile uzaklaştırmaktadır. Son aşamada ise, yüzeyden uzaklaştırılan lekeler, deterjan çözeltisi içerisinde askıda tutulmakta ve lekelerin tekrar tekstil yüzeyine yapışması önlenmektedir.

Lekeler oluşum kaynaklarına, bileşimlerine veya duyarlı oldukları parametrelere bağlı olarak birçok şekilde sınıflandırılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, lekeler deterjan içeriğine, mekanik etkiye ve sıcaklığa duyarlılıklarına göre sınıflandırılmıştır.

Daha önce yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde, yıkama parametrelerinin lekelerin temizlenme performansı üzerindeki etkilerinin araştırıldığı görülmüştür. Tez çalışması kapsamında ise, referans alınan ürünün leke programından daha kısa sürede, belirlenen yıkama parametrelerinin tüketicinin günlük hayatta sıklıkla karşılaştığı farklı özellikteki lekelerin temizlenme oranlarına olan etkisi araştırılarak her bir leke için bir yıkama modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller göz önünde bulundurularak lekelerin geneline kapsayacak şekilde ortak bir yıkama profili geliştirilmiş ve çamaşır makinası leke programı algoritması oluşturulmuştur.

Tez çalışması kapsamında, ana yıkama süre değişimi için iki seviye ve bir orta nokta; ana yıkama su miktarı için de iki seviye ve bir nokta; suda bastırma adımında ısıtma işleminin olması ve olmaması koşulları göz önünde bulundurularak toplam 30 adet test içeren bir deney tasarımı oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen deney tasarımı testleri sonucunda farklı temizlenme mekanizmalarına sahip lekeli kumaşların temizlenme oranları belirlenmiştir.

Test verileri Minitab programında DOE modülü ile analiz edilmiş, her bir leke için yıkama modeli oluşturularak yorumlanmıştır. Bu doğrultuda, çay, kahve, meyve suyu, kırmızı şarap ve reçel lekeleri için ana yıkama süresi değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 14,0 ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin olduğu durumun en iyi temizlenme oranı değerini verdiği gözlenmiştir. Çikolata, puding, kömür ve köri lekeleri için en iyi temizlenme oranları ana yıkama süresi değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 20,0 ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin olduğu durumda

sağlanmıştır. Kan, yumurta ve ketçap lekeleri için ana yıkama süre değişiminin 15 olduğu durum, bu lekeler için ortak şekilde pozitif etki göstermiştir. Yumurta ve ketçap lekelerinin analizi sonucu elde edilen modelde suda bastırma adımında ısıtma işlemi etkisiz bulunmuşken; kan lekesi için suda bastırma adımında ısıtma işleminin yapılması olumsuz etki yaratmıştır. Lekeler için oluşturulan ortak profil için, ana yıkama süre değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 20,0 ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin yapıldığı durum olarak belirlenmiştir.





DEVELOPMENT OF A WASHING ALGORITHM THAT PROVIDE REMOVAL OF DIFFERENT GROUP STAINS FOR FRONT LOADING WASHING MACHINE

SUMMARY

In this thesis, the effects of determined washing parameters on removal rate of different stain types were investigated by doing design of experiment. Within this scope, the effects of change in main wash time, main wash water amount and heating condition during steeping step on stain removal efficiency were analyzed. According to the results obtained, a stain program algorithm, which would supply an optimum washing performance for the selected stains generally, was developed. During the studies of this thesis, a washing machine from the market that includes a short stain program was selected as a reference machine in order to develop a program that has the same or better level of washing performance in a shorter time.

Throughout history, it was very important to supply cleanliness for both body and environment including clothes and things. There are many methods developed and used since old ages to nowadays for cleaning clothes, which is one of the most significant necessities for a healthy human life. Although washing process was realized by using human power and naturally occurring substances as baking soda and urea in old ages, nowadays are being done mostly with automatic washing machines and modern detergents by the help of developed technology.

Washing machine is an electrical device which comprises a drum and tub in which washing process is realized, a motor that drives the rotation of drum, the valves and hoses which supply water intake and transfer through the tub and other auxiliary components. The main function of the washing machine is cleaning by the help of water and detergent.

Washing process can be defined as removal of soil and stains from textile surfaces by the help of water, detergent and mechanical effects. Washing process is comprised of mainly four steps such as water intake, main wash, rinsing and spinning steps. This process can be affected by four main parameters that were described in circle of Dr.Sinner (Stamminger, 2014). These parameters are chemical action, temperature, time and mechanical action. Water was added to the Sinner circle as a fifth parameter by Prof. Dr. Rainer Stamminger (Stamminger, 2014).

Chemical action is provided by amount and components of detergent. Especially surfactants, bleachers and enzymes in the detergent play an effective role in the soil removal mechanism.

Temperature effect is provided by heating the water in the drum up to the desired temperature level. Temperature makes some components of detergent more active and softens the dirt material in the textile surfaces.

Washing time represents the length of washing process. Therefore, longer washing time increases washing performance.

Mechanical action is obtained by motion of drum that is rotated by motor. The textile is raised by the help of paddles placed in the drum and dropped as free fall during the motion of the drum. This movement supplies rubbing effect to the textile.

Water is washing parameter that provides dissolving of detergent, diffusion of dissolved detergent solution through laundry surface and dirt material, keeping removed dirt materials suspended in the detergent solution to prevent redeposition on laundry. Besides water amount, physiochemical properties of water also affect washing performance.

The main reason that requires washing process is the formation of soil and stains on textiles. Although dirt and stain sounds familiar, technically they have different definitions. Soil is defined as unwanted materials accumulated on all over the surface of laundry, whereas stain is defined as spot, dust and dirt concentrated on certain area of textile surfaces.

The removal mechanism of stain from textiles is occurred in three steps. In the first step, detergent solution diffuses to the surface of textile. In the second step, the stain is removed by micelle formation mechanism provided by surfactant of detergents. In the last step, stain and dirt materials removed from surface of textiles are kept suspended in the detergent solution and prevented to be accumulated again.

The stains are classified in a couple of groups according to their origin of formation, composition and sensitivity to parameters. In this thesis, stains are grouped according to their sensitivity to detergent composition, mechanical action and temperature.

As the previous studies in literature were investigated, it was realized that studies were mainly focused on effect of washing parameters on stain removal performance. In this scope of this thesis, a washing model is proposed for each type of stain by investigating the effects of washing machine parameters on stain removal performance in a shorter time than a washing machine selected as a reference from the market. These stains were chosen in regards to the fact that customers face usually in daily life. Regarding resultant washing models for each stain, an optimum washing profile that would cover stains generally was developed and as a final, a stain washing program algorithm for a washing machine was finalized.

In the scope of this thesis, main wash time change, main wash water amount and heating operation in steeping step were chosen as test parameters. Two different levels and one center point were determined for both main wash time change and main wash water amount. Taking into consideration all of these parameters, a design of experiment which including totally 30 tests was created. In consequence of the performed tests, stain removal rates were determined of stains that have different stain removal mechanisms.

The data obtained as a result of the test were analyzed by DOE modul of Minitab statistics program. By the help of this program, the washing model was developed and discussed for each stain.

According to Minitab analysis of test results;

- For tea, coffee, fruit juice, red wine and jam stains, the best score of stain removal rate was obtained under these parameters:
 - Main wash time change is 15,0,

- Main wash water amount is 14,0,
 - Heating operation exists in the steeping step.
- For chocolate, pudding, coal and curry stains, the best score of stain removal rate was obtained under these parameters:
 - Main wash time change is 15,0,
 - Main wash water amount is 20,0,
 - Heating operation exists in the steeping step.
- When the main wash time change is 15,0, the best score of stain removal rate is obtained for blood, egg and ketchup stains.
- The heating operation in steeping step was as an ineffective parameter in the washing model of egg and ketchup stains; whereas it is an effective parameter in the washing model of bloodstain.
- The parameters of developed optimum algorithm that covers for stains generally were determined as below:
 - Main wash time change is 15,0,
 - Main wash water amount is 20,0,
 - Heating operation exists in the steeping step.
- Main wash time change is an effective parameter for all types stains.



1. GİRİŞ

Temizlik, insanoğlunun temel ihtiyaçlarından biridir. Kişisel temizlik ve çevre temizliği insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Sadece bedensel temizliğin sağlanması sağlıklı bir yaşam ortamı için yeterli değildir. Kullanılan eşyalar, giysiler ve yaşanılan ortamın da temiz olması gerekmektedir. Bu nedenle çamaşır temizliği günlük hayatın sağlıklı bir şekilde devam ettirilmesi açısından önemlidir.

Çamaşır yıkama işlemi için eski çağlardan günümüze kadar farklı yöntemler kullanılmıştır. Antik Mısır'da çamaşır yıkama işlemi, sodyum karbonat tuzları ile çamaşırların kuvvetli bir şekilde ovulması ile gerçekleştirilirken, Antik Roma'da üre içerisinde kaynatma ve tokmaktama işlemleri sayesinde sağlanmıştır. 20.yy ortalarına kadar dere kenarlarında veya leğenlerde çitileme ve suda bastırma şeklinde gerçekleştirilen yıkama işlemi, çamaşır makinalarının kullanımının yaygınlaşması ile makinalar tarafından gerçekleştirilmeye başlanmıştır.

Çamaşır makinasının işlevi yıkama işlemi gerçekleştirerek kirleri uzaklaştırmaktır. Gelişen teknoloji ile birlikte çamaşır makinaları yapısal ve yazılımsal olarak gelişim göstermektedir. Bu sayede oluşturulan yeni program ve fonksiyonlar ile yıkama işleminin yanı sıra, leke çıkarma, kolalama, apreleme gibi farklı faydalar sağlanmaktadır.

Çamaşır makinasında genel olarak yıkama işlemi, su alımı, ana yıkama, durulama ve sıkma adımlarının sırasıyla uygulanması ile gerçekleştirilmektedir. Yoğun olarak yıkama işleminin gerçekleştirildiği ve kirlerin çamaşırdan uzaklaştırıldığı bölüm ana yıkama adımıdır. Bu adımda tambur içerisine alınmış olan su ve deterjan çamaşır ile buluşturularak, çamaşır ıslatma işlemi gerçekleştirilir. Ardından seçilen sıcaklık değerine bağlı olarak tambur içerisindeki deterjanlı su çözeltisi ısıtılmaktadır. Ana yıkama işlemi boyunca motor tarafından döndürülen tamburun hareketi sayesinde çamaşırlara mekanik hareket uygulanmaktadır. Bu hareket ile çamaşır yüzeyine çitileme ve tokmaklamaya benzer fiziksel kuvvet uygulanmaktadır.

Ana yıkama işleminin ardından durulama adımı ile birlikte makinaya temiz su alınarak, çamaşır üzerinde bulunan deterjan ve kalıntılar uzaklaştırılmaktadır. Sıkma adımı ile çamaşır içerisinde bulunan su, merkezkaç kuvveti sayesinde çamaşırdan uzaklaştırılmaktadır.

Yıkama işlemine etki eden faktörler Dr.Sinner'ın modelinde (Sinner çevrimi veya modeli) açıkladığı üzere kimyasal etki, sıcaklık, mekanik etki ve süredir (Stamminger, 2014). Stamminger tarafından bu parametrelere su da bir faktör olarak eklenmiştir (Stamminger, 2014). Kimyasal etki, deterjan tarafından sağlanmaktadır ve deterjan bileşimi ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Sıcaklık, makine içerisinde bulunan ısıtıcı veya makinaya direk olarak alınan sıcak su ile sağlanmaktadır. Mekanik etki, motor tarafından döndürülen tambur hareketi ile çamaşıra iletilmektedir. Yıkama işleminde kullanılan su miktarı ve suyun fizikokimyasal özellikleri, yıkama işlemi üzerinde etkilidir.

Çevresel etmenler ve günlük kullanım nedeniyle çamaşırlar üzerinde vücut kiri ve çeşitli lekeler oluşmaktadır. Beslenme alışkanlıkları ve kullanım koşullarına bağlı olarak çamaşır üzerinde oluşabilecek leke tipleri farklılık göstermektedir. Temel olarak lekeler deterjan bileşenleri ile çamaşır makinası yıkama parametrelerine gösterdiği hassasiyete göre sınıflandırılmaktadır. Deterjan bileşenlerinden olan yüzey aktif maddeler, ağartıcı ve enzimler lekelerin temizlenmesinde etkili ajanlardır. Bu ajanların daha etkin çalışması, çamaşır makinası yıkama parametrelerinin seviyelerine bağlıdır. Bu nedenle lekeler hassas oldukları parametrelere bağlı olarak, farklı temizlenme mekanizmalarına sahiptir.

Günümüzde, çamaşır makinesi ve deterjan üreticileri farklı tipteki lekelerin uzaklaştırılması için, özel algoritmalara sahip programlar ve farklı içerikte deterjanlar üretmektedir. Yapılan tüm çalışmaların ortak hedefi maksimum leke temizleme performansını sunacak ürünler ortaya çıkarmaktır. Yıkama performansının yanı sıra, günümüzdeki hızlı yaşam koşulları nedeniyle tüketiciler daha kısa süreli programları tercih etmektedir. Tüketici memnuniyeti göz önünde bulundurularak daha kısa sürede daha iyi performans gösterebilecek programlar geliştirilmektedir.

Bu çalışmada, yıkama parametrelerinden olan ana yıkama süresi, ana yıkama su miktarı ve suda bastırma adımıyla ısıtma işleminin, farklı gruba ait toplam yirmi dört

adet lekenin temizlenme performansı üzerindeki etkileri incelenecektir. Bu incelemeden elde edilecek sonuçlar ile tüm lekeler için optimum temizleme performansını sağlayacak çamaşır makinası algoritmasının oluşturulmasıdır. Çalışmalar esnasında piyasada bulunan kısa süreli leke programına sahip bir çamaşır makinası referans alınarak, oluşturulacak algoritmanın bu programdan en az % 10 daha kısa sürede ve referans ürüne göre aynı oranda veya daha fazla seviyede temizleme performansı sunması hedeflenmiştir.





2. ÇAMAŞIR YIKAMA İŞLEMİ VE TEMEL UNSURLARI

Yıkama işlemi, basit olarak tekstil üzerindeki kirlerin ve lekelerin çıkarılması işlemidir. Tipik bir yıkama prosesinde bu işlem, su ve suda çözünen yüzey aktif maddelerin yardımıyla sağlanmaktadır.

Yıkama işlemine etki eden başlıca faktörler sıcaklık, mekanik etki, su, leke tipi ve miktarı, tekstil tipi, yıkama ekipmanı ve deterjandır.

2.1 Çamaşır Makinasının Tanıtılması

Çamaşır makinaları dünya çapında her evde yaygın olarak kullanılan elektrikli cihazlardır. Geçmişte oldukça zahmetli bir işlem olan yıkama işlemi, günümüzde bu cihazlar sayesinde kolayca yapılabilmektedir. Bu makinaların çalışması, silindirik delikli bir yapı içerisinde su ve deterjanın karıştırılması ve bu yapının dönme hareketi sayesinde giysiler üzerindeki lekelerin uzaklaştırılma prensibine dayanmaktadır. Bu dönüş sırasında giysiler suda ıslatılırken, yıkama işlemi gerçekleşmektedir (Zuheros, López, & Molina, 2011).

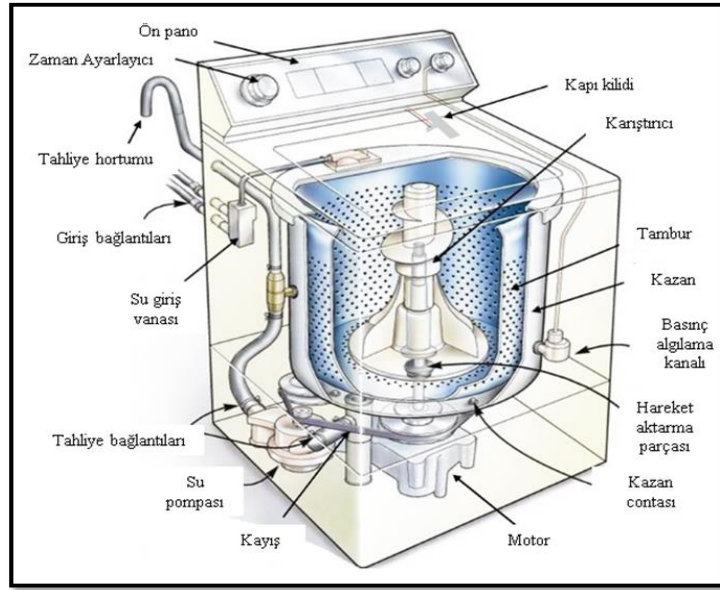
Çamaşır makinaları fonksiyonlarına göre yarı otomatik ve tam otomatik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Yarı otomatik çamaşır makinalarında kontrol tamamen otomatik değildir ve kullanıcı müdahalesi gereklidir. Bunlar yıkama ve sıkma işleminin ayrı ünitelerde gerçekleştirildiği üstten yüklemeli ikiz tamburlu makinelerdir. Bu nedenle yükleme ve boşaltma işlemleri için bir kaç kez ekstra zaman harcanması gerekmektedir. Yarı otomatik çamaşır makinası görseli Şekil 2.1’de verilmiştir. Diğer taraftan, tam otomatik çamaşır makinaları yarı otomatik çamaşır makinalarının aksine kullanıcı müdahalesi gerektirmeden tüm yıkama işlemini otomatik olarak gerçekleştirebilmektedir. Tüm süreç sadece bir tambur içerisinde gerçekleşmektedir. Giysiler tambur içerisine konulur, su ve deterjan ilave edilir ve daha sonra ihtiyaca göre yıkama döngüsü programlanmaktadır. Bu tip çamaşır makinaları yıkama, durulama ve kurutma işlemlerini yapmakta ve tüm işlemler bittiğinde sesli veya görsel şekilde uyarı vermektedir (Gaur & Bansod, 2013).



Şekil 2.1 Ticari yarı otomatik çamaşır makinası (Samsung, 2016).

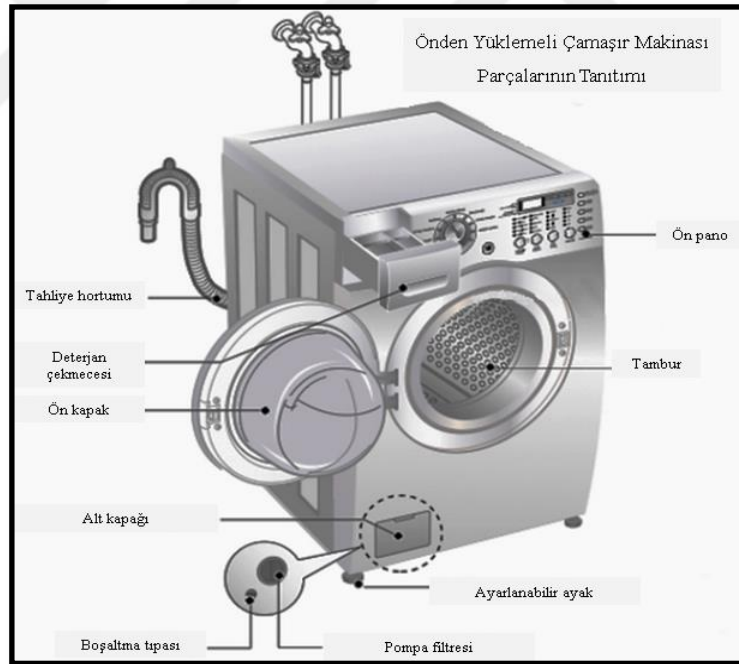
Fonksiyonlarına göre sınıflandırmanın yanı sıra çamaşır makinaları çamaşırın yükleme şekline göre de sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma baz alındığında çamaşır makinaları önden yüklemeli ve üstten yüklemeli olarak ikiye ayrılmaktadır. Üstten yüklemeli makinalarda, giysileri ileri ve geri şekilde hareket ettirmeyi sağlayan bir karıştırıcı, bir dikey tambur ve bir dikey kazan bulunmaktadır. Kazan içerisindeki tambur hareket edebilmekte ve tambura açılan delikler sayesinde suyun geçişi sağlanmaktadır. Tamburun dışındaki kazan ise suyun tutulduğu haznedir. Üstten yüklemeli çamaşır makinaları önden yüklemeli çamaşır makinalarına göre daha fazla miktarda su tüketmektedir. Ayrıca üstten yüklemeli makinalar elektrik kesintisi sırasında dahi, kullanıcının eğilmesine gerek kalmadan ergonomik bir şekilde kolayca giysileri boşaltmaya olanak tanımaktadır. Aynı zamanda yıkama işlemi başlasa dahi kıyafet eklemeye olanak sağlamaktadır. Daha geniş hacimli tambur, yükleme ve boşaltma kolaylığı açısından daha ergonomiktir (Gaur & Bansod, 2013). Üstten yüklemeli çamaşır makinası ve parçalarına ait şematik çizim Şekil 2.2’de verilmiştir.

Önden yüklemeli çamaşır makinaları üstten makinalara kıyasla, daha az su ve enerji harcar; ancak daha pahalı cihazlardır. Tüm önden yüklemeli çamaşır makinaları, yıkama işlemini gerçekleştirmek için bir tamburun dönme hareketini kullanmaktadır. Önden yüklemeli çamaşır makinalarının kapağı, yıkama prosesi sırasında açılmamaktadır.



Şekil 2.2 Üstten yüklemeli çamaşır makinası ve parçalarına ait şematik çizim (Karakaş, 2011).

Önden yüklemeli çamaşır makinası görseli Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Önden yüklemeli çamaşır makinası.

Çamaşır makinasını oluşturan başlıca bölümler şunlardır:

Dinamik (tahrik) grup modülü: Kazan ve kazan ile bağlantılı olan tambur, tambur flanşı, tambur mili, rulmanlar, rulman yuvası, kayış, kasnak, körük, ısıtıcı, denge

ağırlıkları, yaylar ve amortisörler oluşturmaktadır. Dinamik (tahrik) grubu modülünün patlatılmış resmi Şekil 2.4’de gösterilmiştir.

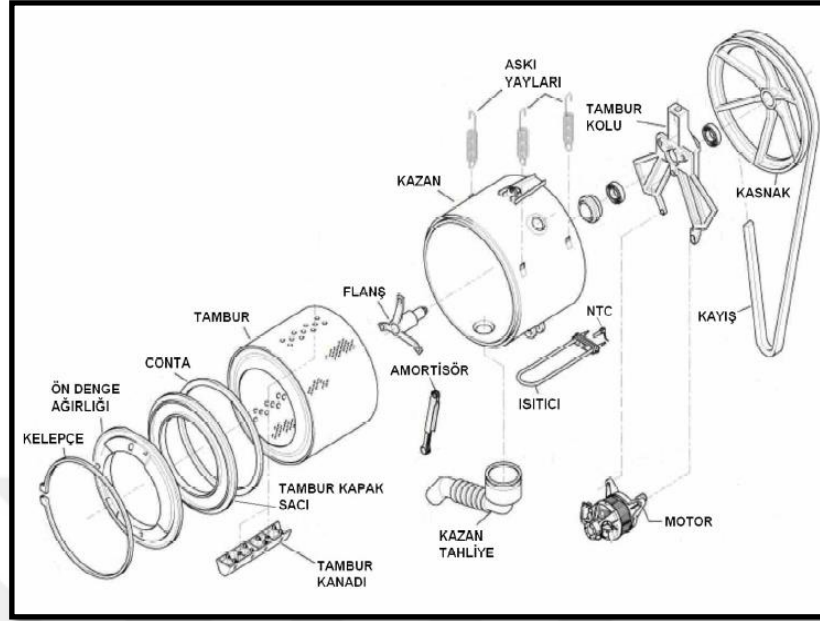
Kazan çamaşır makinasının dinamik grubunu oluşturan en önemli parçalardan biridir. Plastik veya çelik malzemeden yapılabilir. Üst kısımdan yaylar ve alt kısımdan amortisörler ile çamaşır makinası gövdesine tutturulmuştur. Kazan içerisinde tambur ve ısıtıcı bulunur (MEB, Elektrik-Elektronik Teknolojisi: Çamaşır Makineleri, 2007). Üst taraftan deterjan kutusuna kazan giriş hortumu ile, alt tarafından ise su seviye sensörüne bağlı havalık hortumu ile bağlantısı vardır. Kazan, yıkama işleminin gerçekleştiği tamburu kapsadığı için yıkama suyunun toplandığı bölümdür.

Tambur çamaşır makinasının dinamik grubunun bir diğer önemli parçasıdır. Paslanmaz çelik sac malzemeden yapılır. Sac malzeme kesilip, delinip, baskı yapıldıktan sonra kıvrılarak silindir şeklini almaktadır. Silindir şeklini aldıktan sonra kazan içerisine yerleştirilir. Tambur içerisinde yıkama işlemine yardımcı kanat adı verilen plastik malzemeler bulunur. Bu kanatlar sayesinde tambur dönerken çamaşırlar taşınarak yerçekimine karşı iş yapar ve tekrar suya düşürülerek yıkama işlemi gerçekleştirilir.

Kayış ve kasnak mekanizması çamaşır makinalarında motorda üretilen işin tambura aktarımı için kullanılmaktadır. Motorda üretilen hareket kayışa aktarılmakta, kasnak üzerinde yer alan kayışın hareketi ile de kasnağın hareketi sağlanmaktadır. Kasnağın hareketi ile yıkama adımları için belirlenen tambur hareketleri gerçekleştirilir. Çamaşır makinalarında genellikle poly-V olarak isimlendirilen kayış tipi kullanılmaktadır (Haraç, 2009). Modern çamaşır makinalarında kayış kasnak sisteminin kullanılmadığı, hareketin doğrudan tambura iletildiği sistemler de kullanılmaktadır.

Körük viskoelastik yapıda olup çamaşır makinalarında sızdırmazlık elemanı olarak kullanılmaktadır. Kazan içerisinde bulunan yıkama suyunun kapaktan dışarı sızmasını engellemektedir. Sızdırmazlığın yanı sıra kazan ve tambur arasındaki boşlukta yer alması sebebiyle hem kullanıcının yükleme sırasında hem de çamaşırın yıkama sırasında zarar görmesini engellemektedir (Varol, 2008). Sabit bir yapı olan gövde ile hareketli bir yapı olan tahrik grubu arasındaki bağlantı elemanıdır. Tahrik grubunun hareketlerini sönmeyecek şekilde tasarlanmaktadır.

Isıtıcı diğer adıyla rezistans, kazan içerisinde yer almakta ve yıkama işlemi için kazana alınan suyu hedef sıcaklık değerine ulaştırmak amacıyla kullanılmaktadır.



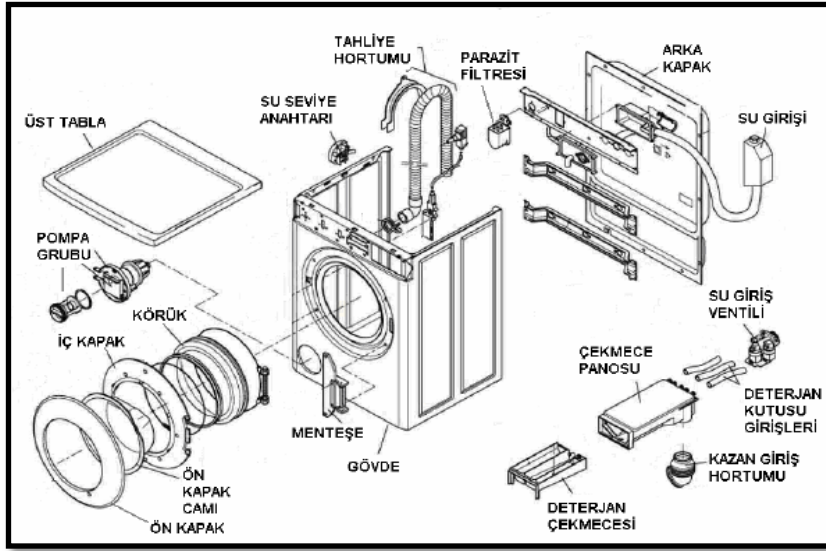
Şekil 2.4 Dinamik (tahrik) grubu modülünün patlatılmış resmi (Dora, 2007).

Su sistemi modülü: Su sistemi modülünü oluşturan parçalar; su giriş hortumu, su giriş ventili (vana), deterjan kutusu bağlantı hortumu, deterjan çekmecesi ve kutusu, kazan giriş ve çıkış hortumu, pompa ve tahliye hortumudur. Bu sistem sayesinde makine içerisine suyun alımı ve makine içerisinde suyun dolaşımı sağlanmaktadır. Su giriş ventili, bir ucu şebeke musluğuna bir diğer ucu ise deterjan kutusuna bağlıdır. Bu sayede çamaşır makinasına şebekeden su alınmaktadır. Su giriş hortumu, vana ile şebeke musluğu arasında bulunan elemandır, şebeke musluğundan alınan suyun vanalardan geçerek deterjan kutusuna iletimini sağlar.

Ön kapak modülü: Kapak camı, kapak çerçevesi ve kapı kilidinden meydana gelmektedir (Dora, 2007). Ön kapak camı çamaşır makinasının yıkama performansına etkisi olduğu için alt tarafı daha eğimli olacak şekilde tasarlanmaktadır.

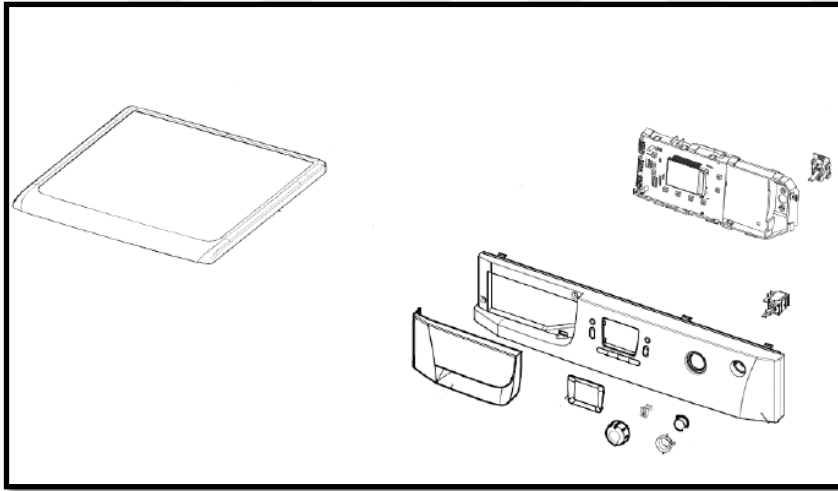
Gövde modülü: Diğer tüm modülleri içinde barındırmaktadır. Çamaşır makinasının dış görüntüsünü oluşturan yan duvar sacı, ön duvar sacı, arka duvar sacı, alt şase ve takviye sacları gövde modülünü oluşturmaktadır.

Ön kapak, gövde ve su sistemi modüllerine ait patlatılmış resim Şekil 2.5’de birarada verilmiştir.



Şekil 2.5 Ön kapak, gövde ve su sistemi modüllerine ait patlatılmış resim (Dora, 2007).

Ön panel modülü: Çamaşır makinası panosunda yer alan gösterge kartı, gösterge kart tutucu, üst tabla ve program seçiminde kullanılan tuş ve düğmelerinden oluşmaktadır (Dora, 2007). Ön panel grubuna ait patlatılmış resim Şekil 2.6’da yer almaktadır.



Şekil 2.6 Ön panel grubuna ait patlatılmış resim (Dora, 2007).

Kontrol sistemi: Elektronik kart ile elektronik kart ve diğer komponentlere bağlı kablo grubundan meydana gelmektedir.

Komponentler: Gruplandırılmış modüller haricinde çamaşır makinasında yer alan su seviye sensörü ve NTC (negative temperature coefficient) gibi tüm sensörler komponent olarak adlandırılmaktadır. Sensörler dışında motor, parazit filtresi ve şebeke kablosu da bu gruba dahil edilmektedir (Dora, 2007).

Su seviye sensörü, kazan içerisindeki su seviyesini basınç değeri aracılığıyla algılamaya yardımcı olmakta, böylece seçilen program için belirlenen su seviyesine göre kazan içerisine su alınmaktadır.

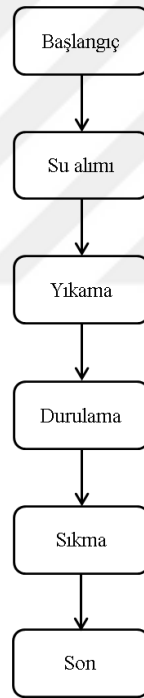
Motor üstten yüklemeli çamaşır makinalarında karıştırıcı veya önden yüklemeli çamaşır makinalarında ise kayış ile birleştirilerek, bu komponentler üzerinden döndürücü/çevirici hareketi üretmektedir. Bunlar gereksinime göre farklı hızlarda dönme hareketi sağlayabilmektedir. Fırçalı ve fırçasız motor olarak iki türü vardır. Fırçasız motorların verimi fırçalı motorlara göre daha yüksektir. Gelişen teknoloji sayesinde üretilen yeni nesil çamaşır makinalarında, kayış ve kasnak yapıları olmadan hareketi direk olarak tambura ileten motorlar da kullanılmaktadır.

Çamaşır makinası çalışma prensibi kısaca şöyle açıklanabilir: Çamaşır makinası içerisinde bulunan tambura çamaşırlar yerleştirilir. Gerekli elektrik ve su bağlantıları yapılmış olan çamaşır makinasında istenilen program seçimi yapıldıktan program başlatılır. Program başlatıldıktan sonra su giriş vanası yardımıyla makinaya daha önceden bağlanmış olan soğuk veya sıcak şebeke su hatlarından makine su almaya başlar. Makinaya alınan su, deterjan kutusu üzerinde bulunan duşlama sistemi yardımıyla deterjan çekmecesinin içerisinde bulunan deterjanı süpürerek, deterjanlı suyun kazan bağlantı hortumu yardımıyla kazana gönderilmesini sağlamaktadır. Bu sırada tambur daha önceden belirlenen hızda döndürülerek içerisinde çamaşırların ıslatılması ve iyi bir yıkama performansının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Tambur içerisinde ıslanan çamaşırı yerçekimi kuvvetine karşı defalarca yukarı taşımak için yüksek tork gerekmektedir (N* & Mathews, 2015). Kazan içerisine alınan deterjanlı su ile belirlenen süre ve sıcaklıkta yıkama işlemi gerçekleştirildikten sonra, kazan içerisindeki yıkama suyu tahliye pompası yardımı ile tahliye edilir ve sıkma adımına geçilir. Sıkma adımında tambur ivmelendirilerek yüksek hızda sıkma işlemi gerçekleştirilir. Bu sayede merkezkaç kuvveti prensibi ile tambur çeperine yapıştırılan çamaşırdan mümkün olduğunca fazla su uzaklaştırılmaktadır. Sıkma adımı esnasında, çamaşırın tambur içerisinde kaldırılması gerekmediği ve sürekli olarak su ortamdan uzaklaştırıldığı için, tork gereksinimi önemli ölçüde azalır. Sıkma işleminin sonunda, tambur kontrollü olarak durma noktasına getirilir. Tambur hareketi sıfır olduğu durumda çamaşır makinası ön kapak kilidi açılır ve çamaşırlar makinadan çıkartılabilir. Yıkama çevrimi sırasında yüksek tork elde etmek için, motor tambura genellikle bir kayış ile bağlantılıdır. Yüksek çevrim (kasnak/kayış)

oranı motorun tork ihtiyacını azaltır ancak sıkma adımında motor hızını arttırmaktadır.

2.2 Yıkama Prosesi

Çamaşır makinasının temel görevi yıkama işlemini gerçekleştirmektedir. Bu nedenle öncelikle yıkama prosesi ve bu proses üzerinde etkili olan faktörler incelenmelidir. Çamaşır yıkama, sulu bir çözelti içinde çeşitli fiziksel ve kimyasal etkilerin etkileşimlerini içeren karmaşık bir süreçtir. En geniş anlamda; yıkama, suda az çözünen maddelerin ve suda çözünen safsızlıkların su veya sulu bir deterjan çözeltisi tarafından tekstil yüzeyinden uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır (Stamminger, 2014). Çamaşır makinasında yıkama işlemi dört ana bölümden oluşmaktadır. Yıkama işlemine ait akım şeması Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7 Yıkama işlemine ait akım şeması (Karakaş, 2011).

Yıkama prosesinin ilk adımı, su ve temizleme ajanı ile çamaşırın buluşturulduğu ve çamaşırın mekanik harekete maruz bırakılarak temizleme işleminin gerçekleştirildiği yıkama adımıdır. Isıtma işlemi de bu adımda gerçekleştirilmektedir. Isıtma adımında, soğuk yıkama adımında kazan içerisine alınan ve çamaşırlar tarafından emilmeden kalan serbest suyun hedef sıcaklık değerine ulaştırılması işlemi gerçekleştirilmektedir. Isıtma sonrası yıkama adımında ise, ısınan su ile yıkama işleminin gerçekleştiği adımdır. Yıkama çevriminde, çamaşır üzerindeki leke ve

kirler tekstil yüzeyinden uzaklaştırılmaktadır. Bu nedenle temizleme performansını maksimize etmek için yıkama işlemi unsurları olan su miktarı, süre, sıcaklık ve mekanik (tambur) hareket parametreleri optimize edilmelidir. Bu çevrimin süresi genellikle 30 ile 180 dakika arasında değişmektedir. Bu sırada farklı hızlarda tambur hareketi kullanılmaktadır. Çamaşırın yıkama işlemi, genellikle tamburun 40 ile 80 rpm arasındaki hızı ile sağlanırken (Karakaş, 2011); etkin bir yıkama işlemi için ortalama tambur hızının 50 ile 60 arasında olduğu belirtilmiştir.

İkinci adım olan durulama adımı, yıkama adımına benzemekte ve çamaşır üzerindeki deterjan bileşenlerini su ile uzaklaştırılması amacıyla yapılmaktadır. Bu adımda, ana yıkama adımına göre çok daha fazla su kullanılmaktadır. Ayrıca, bu adımda temizleme işlemi hala devam etmektedir.

Üçüncü adım, önemli ölçüde diğer adımlardan daha kısa ve sıkma adımına hazırlık yapılan dağıtma adımıdır (Karakaş, 2011). Bu adımda çamaşır orta hızda döndürülerek, son adım olan sıkma adımında dengesiz yük oluşumunun (tüm yükün tamburun belirli bir bölgesinde toplanarak dengesizlik yaratma durumu) azaltılması amaçlanmaktadır. Yıkama ve durulama çevrimlerinden sonra topaklaşan çamaşırı dağıtmak amacıyla, tambur 100 rpm hızında döndürülmektedir (Karakaş, 2011). Dağıtma adımı süresi yaklaşık olarak 1 ile 3 dakikadır.

Sıkma-kurutma çevrimi son adımdır ve genellikle 15 ile 20 dakika sürmektedir. Merkezkaç kuvvetlerini kullanarak, yıkama ve durulama çevrimlerinde çamaşır tarafından emilen suyun uzaklaştırılması sağlanır.

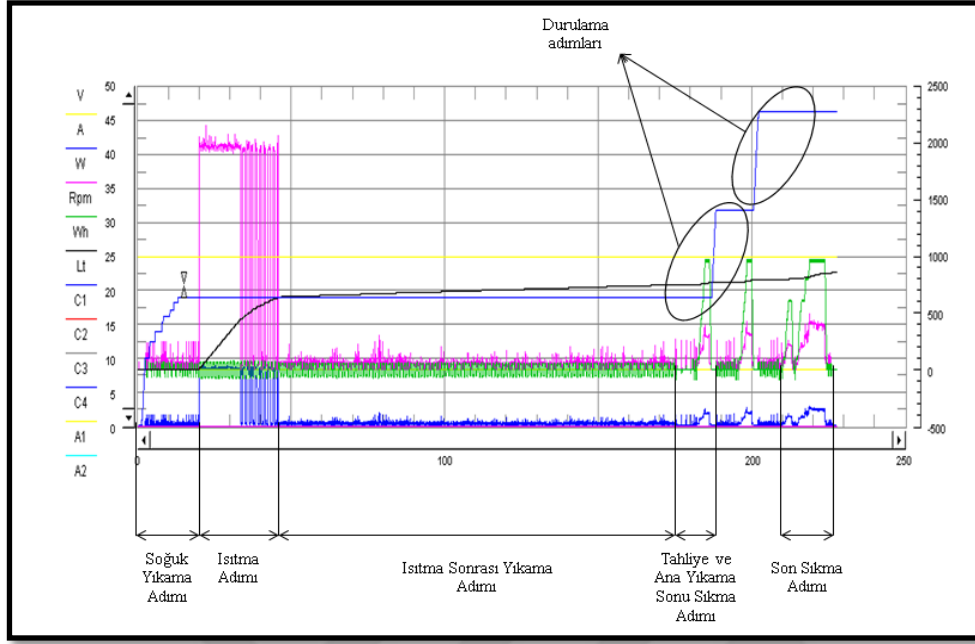
Çamaşır makinasında veri toplama sistemi (VTS) ile yıkama prosesine ait kaydedilen verilerin grafiksel gösterimi Şekil 2.8’de verilmiştir.

2.3 Yıkama Prosesine Etki Eden Faktörler

Terpstra temizlik işleminin temel amacını, leke, kir ve istenmeyen kötü kokuların uzaklaştırılması, kırıksıklıkların giderilmesi, yüzey yumuşaklığının/düzgünlüğünün tekrar kazanılması ve termal izolasyon sayesinde tekstilin estetik özelliklerinin restorasyonu ve tekrar kullanıma uygun hale getirilmesi olarak tanımlamaktadır (Terpstra, 2011).

Tipik bir yıkama işleminin etkileri birincil, ikincil ve çevresel etkiler olarak üç gruba ayrılmaktadır. Birincil etkiler yıkama işleminden asıl olarak istenen etkilerdir. Bu

etkiler; kir çıkarma, leke çıkarma ve beyazlatma olarak sıralanabilir. İkincil etkiler, yıkama işleme sırasında ortaya çıkan ve çoğunlukla arzu edilmeyen yan etkilerdir.



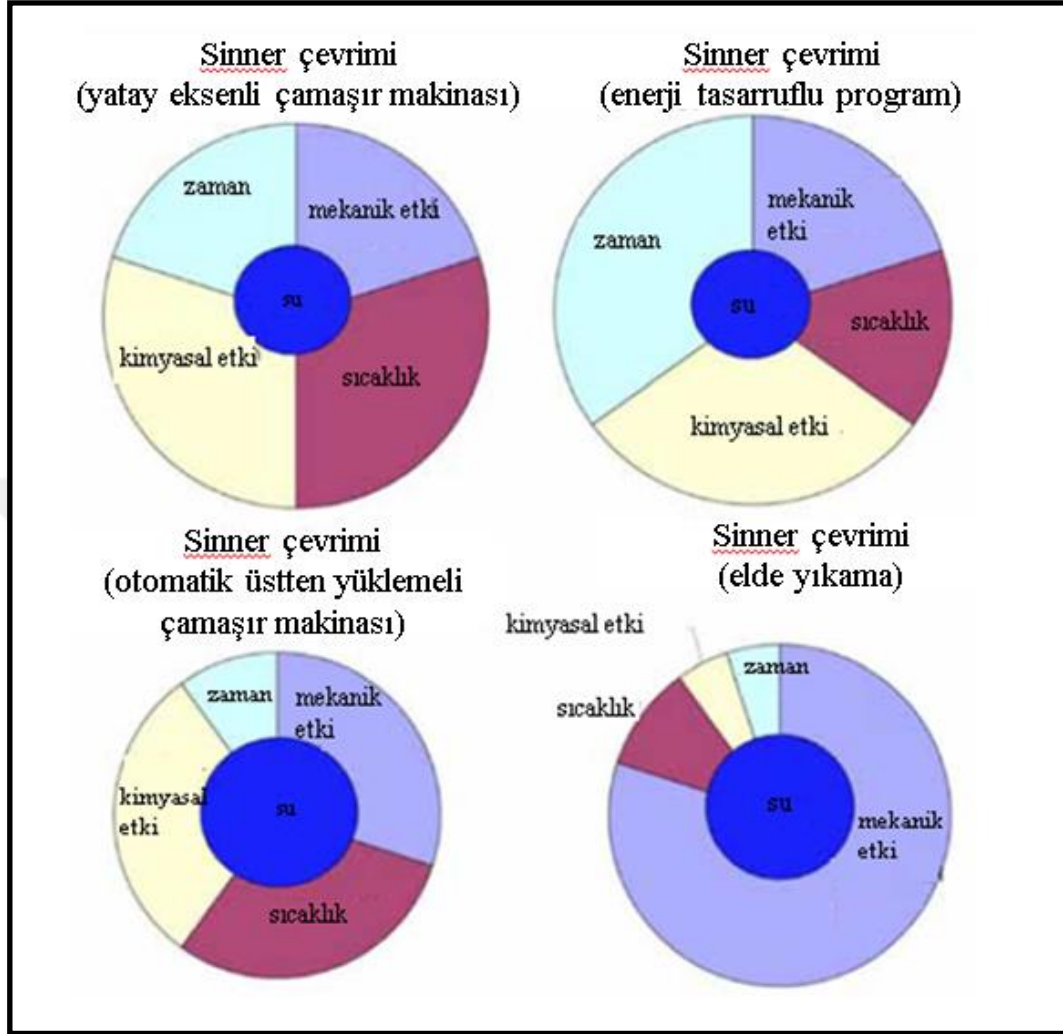
Şekil 2.8 Çamaşır makinasında veri toplama sistemi (VTS) ile yıkama prosesine ait kaydedilen verilerin grafiksel gösterimi.

Bu etkiler ise grileşme, renk açılması (boya transferi), kimyasal ve mekanik tekstil yıpranması ve tekstil üzerinde birikme (incrustation) olarak sıralanabilir. Çevresel etkiler ise, yıkama işlemi sırasında kullanılan malzemelerin çevreye olan etkilerini ifade etmektedir. Bunlar su tüketimi, enerji tüketimi, deterjan tüketimi ve tekstil hasarıdır.

Henkel firmasında Ar-Ge yöneticiliği görevinde bulunmuş olan Dr. Sinner'ın; Sinner Çevrimi (Sinner Cycle) veya Sinner Modeli (Sinner Model) olarak adlandırılan çamaşır temizleme modeli, dört adet birbirine bağımlı faktörün çamaşır yıkama performansını nasıl etkilediğini göstermektedir (Hedegaard & Séjourné, 2013). Sinner çevrimine göre bu etkiler yıkama sıcaklığı, yıkama çevrimi süresi/uzunluğu, kimyasal etkiler ve uygulanan mekanik iş olarak tanımlanmaktadır. Stamminger, Sinner çevrimine beşinci parametre olarak tüm faktörleri birleştiren elemen olan suyu eklemiştir (Stamminger, 2014). Sinner çevrimi Şekil 2.9'da verilmiştir.

Bu dört faktörün her biri, belirli bir dereceye kadar diğer üç faktörün yerine geçebilir ve bu şekilde de elde edilen yıkama performansı aynı kalmaktadır. Eğer bu faktörlerden birinin rolü/etkisi azalırsa, yıkama performansı seviyesini aynı düzeyde

tutmak kaydıyla bu kayıp diğer faktörlerden bir veya birkaçının etkisinin artırılması ile telafi edilebilir.



Şekil 2.9 Sinner çevrimi (Hedegaard & Séjourné, 2013).

Örneğin; yıkama sıcaklığının düşürülmesi, kimyasal etki, yıkama süresi ve mekanik etkilerden bir veya birkaçının artırılması ile kısmi olarak telafi edilebilir (Hedegaard & Séjourné, 2013).

Şekil 2.9'daki grafiklerden de anlaşılacağı gibi, her faktörün yıkama prosesine etki yüzdesi çamaşır makinası tipi, yıkama programı ve elde yıkamaya göre farklılık göstermektedir.

2.3.1 Kimyasal etki

Kimyasal etki, çözülmüş deterjanın davranışını temsil etmektedir. Bu etki, çözelti (su + deterjan) içerisindeki deterjan bileşenlerinin derişimi ile artmakta veya

azalmaktadır. Deterjanın yıkama prosesindeki en önemli görevleri, kir ve lekeleri çıkarma, yıkama çözültisi içerisinde kirleri askıda tutarak tekstil yüzeyine tekrar yapışmasını engelleme ve özellikle beyaz çamaşırlar için beyazlatmadır.

Yıkama performansı, normal koşullarda deterjan konsantrasyonu arttığında artış göstermektedir. Ancak deterjan derişiminin çok yüksek olduğu durumda, fazla miktardaki köpük oluşumu mekanik etkinin azalmasına yol açtığı için yıkama performansını da azaltmaktadır (Stamminger, 2014). Bu nedenle kimyasal enerjiden maksimum yararlanmak için uygun miktarda deterjan kullanmak ve doğru program seçimi yapmak gerekmektedir.

Kimyasal etki, orta sertlikte su ile birlikte etki göstermektedir. Kimyasal etkinin tek başına etkisini ölçmek doğru değildir; çünkü yıkama kimyası, farklı deterjan bileşenlerinin kompleks etkileşimlerinin yanı sıra sıcaklık ve lekenin içeriğine de bağlıdır (Hedegaard & Séjourné, 2013).

Lekelerin uzaklaştırılmasının yanı sıra, kimyasal maddelerin başka fonksiyonları da vardır. Bu fonksiyonlar: su yumuşatma, yağ komponentlerinin emülasyonu, partiküler kirlerin dispersiyonu ve stabilizasyonu, lekelerin ağartılması ve proteinlerin çözünmesidir.

Deterjan formülasyonunda yer alan bileşikler ve bu bileşiklerin fonksiyonları, yıkama prosesindeki etkileri ilerleyen bölümlerde daha detaylı incelenecektir.

2.3.2 Sıcaklık

Sıcaklığın yıkama prosesi üzerindeki etkileri aşağıda sıralanmıştır:

- Etkilerin reaksiyon hızını arttırmak,
- Difüzyon hızını arttırmak,
- Vizkoziteyi azaltmak,
- Deterjan bileşenlerinin etkilerini belirleme,
- Tekstil hasar etkileri (çekme, boya transferi, kırıma vs).

Sıcaklık artışı ile birlikte, genellikle leke uzaklaştırılma yüzdesi artış göstermektedir. Yükseltilmiş sıcaklık kimyasal reaksiyonu arttırmakta, yağlı lekeleri çözmekte ve tekstil üzerindeki kirlerin bağlanma kuvvetlerini zayıflatmaktadır (Smulders, 2002).

Yükseltilmiş sıcaklık, deterjan formülasyonunda bulunan yüzey aktif maddelerin kinetik enerjisini arttırmakta ve kirlerin daha kolay uzaklaştırılmasını sağlamaktadır.

Ayrıca, yüksek sıcaklıkta tekstil üzerinde yüzey aktif madde iyonlarının sorpsiyon hızı artmaktadır (Leonardo da Vinci Project, No:146-360 Sustainability in commercial laundering processes, 2005).

Yıkama performansı göz önüne alındığında, BLRA İngiliz çamaşırları ile yapılan bir çalışmada 60°C, 65°C, 82°C ve 92°C gibi yüksek sıcaklıklarda kir uzaklaştırma açısından belirgin bir fark olmadığı kanıtlamıştır (Leonardo da Vinci Project, No:146-360 Sustainability in commercial laundering processes, 2005).

Maksimum yıkama sıcaklığı, yıkanan çamaşırların özelliklerine göre belirlenmektedir. Sıcaklık artışı ile birlikte, yıkama çözeltisinin kir bağlama/tutma kapasitesi azalmaktadır; bu nedenle büyük ölçüde kirlerin tekstil yüzeyi üzerinde tekrar birikimi öngörülmektedir. Ayrıca, sıcaklık artışı ile birlikte, sentetik liflerin örgüsü de artmaktadır (Stamminger, 2014).

2.3.3 Süre

Kimyasal, termal ve mekaniksel etki ile birlikte, yıkama süresi de temizleme gücüne etki etmektedir.

Yıkama ajanları, tekstil lifi ve leke arasında uygun etkileşimi sağlamak için belirli bir temas süresi gerekmektedir (Leonardo da Vinci Project, No:146-360 Sustainability in commercial laundering processes, 2005). Tekstilden kiri uzaklaştırmak için, yıkama işleminin kimyasal ve mekaniksel faktörleri, belirli bir zaman dilimi için belirli bir yıkama sıcaklığındaki çamaşır ile birlikte etkileşim içindedirler.

Yıkama prosesinin süresi, deterjanın ne kadar süre etkili olacağını belirlemektedir. Daha uzun yıkama süresi, daha fazla kiri uzaklaştırmakta ve böylece yıkama performansını geliştirmektedir (Stamminger, 2014).

Yıkama işleminin başlangıcında, soğuk suyu ısıtmak gereklidir. Isıtma süresi, önceden belirlenmiş sıcaklığa (T_{set}) ulaşmak için gerekli olan zamandır. Isıtma süresi, çamaşırın miktarı ve dolayısıyla su miktarı, su giriş sıcaklığı ve çamaşır makinasının ısıtma kapasitesine bağlıdır (Smulders, 2002).

2.3.4 Mekanik etki

Yıkama işleminde, tekstil yıkama çözeltisi ile karıştırılır. Ana yıkama adımında gerekli yıkama çözeltisi iki kısımdan oluşmaktadır: tekstil tarafından emilen yıkama

  zeltisi ve tambur içinde serbest kalan yıkama çözeltisidir. Elde  ama ır yıkamada, tekstile mekanik etki sürtme, dövme, germe ve sıkma işlemleri ile yapılmaktadır. Bazen mekanik etki yardımcı cihazlar kullanılarak yapılmaktadır (Smulders, 2002).

Çamaşır makinasında mekanik etki; tambur çapı, su seviyesi, tamburun devir sayısı, tamburda bulunan kanatların sayısı ve pozisyonu, yük miktarı ve yıkama döngüsünün süresi tarafından belirlenmektedir (Stamminger, 2014).

Çamaşır makinasında mekanik hareketin yıkama döngüsündeki etkileri aşağıda sıralanmıştır:

- Tekstiller arasında sürtünme etkisi ( itileme),
- Tekstiller arasında ve içinde akma/d  me etkisi,
- Sıkıştırma,
- Karıştırma,
- Dağılma etkileri,
- Emülsiyon etkileridir.

 ama ıra uygulanan mekanik etki derecesi, kuru çamaşır ağırlığının yıkama çözeltisi hacmine olan oranının değiştirilmesiyle değiştirilebilir. Düşük yıkama çözeltisi seviyesi ve nispeten hızlı bir tambur d n    çamaşır üzerinde büyük bir mekanik etkiye neden olmaktadır. Bunun aksine, yüksek yıkama çözeltisi seviyesi ve daha yavaş/hassas tambur d n    daha düşük mekanik etkiye sebep olmaktadır (Stamminger, 2014).

Yüksek mekanik hareket sayesinde kir çıkarma performansında artış yanı sıra daha g   l  tekstil hasarlarının oluşumu da kuvvetli muhtemeldir.

2.3.5 Su

Islak temizlemede temel unsur olan suyun  onemini göstermek için su, Stamminger tarafından beşinci faktör olarak tanıtılmıştır.

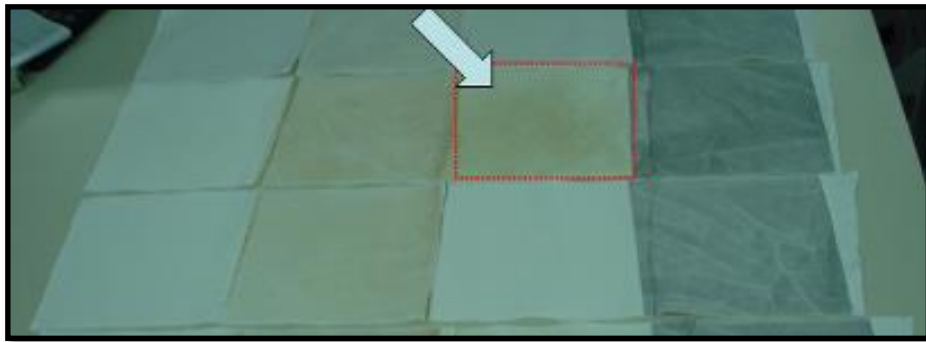
Çamaşır makinalarının ana fonksiyonlarından biri olan yıkama işlevini yapılabilmesi için su kullanımı şarttır. Su miktarı, çamaşır makinasının performansını belirleyici faktörlerin başında gelir. Bu nedenle,  ama ırın miktarına ve cinsine göre en iyi performansı (yıkama, enerji tüketimi, su tüketimi ve durulama performansı) sağlayacak miktarda suyu, en az deği kenlikle alabilmek için su alma algoritmaları tasarlanmaktadır.

Yıkama ve durulama adımlarında alınan su miktarı çamaşır makinası yıkama performansı, enerji tüketimi ve durulama etkinliği sonuçlarını belirleyen ana etkenlerden biridir. Günümüz teknolojisi ile tüketilen toplam suyun; %30-40'ı yıkama adımlarında, %60-70'i durulama adımlarında kullanılmaktadır.

Yıkama prosesinde suyun en belirgin katkısı çözücü özelliğidir. Bu özellik deterjan, çözünebilir tuzlar ve kirler için bir taşıma ortamı sağlamaktadır. Yıkama prosesi, kirli tekstilin deterjanlı çözelti tarafından ısıtılması ve bu çözeltinin yüzeye nüfuz etmesi ile başlamaktadır.

Yıkama adımında alınan su miktarı enerji ve yıkama performansını belirleyici niteliktedir. Her yıkama programı için hedeflenen performansı sağlayan, tekstil tipi ve yük miktarına bağlı olarak belirlenen bir su miktarı vardır. Su miktarının yetersiz ya da fazla olması hedeflenen performanstan sapmalara neden olur.

Yıkama adımında su miktarının belirlenen miktardan az olması çamaşırın yeterince ıslanmamasına, aynı zamanda su içinde çözünen temizleme kimyasallarının (örneğin toz veya sıvı deterjan) çamaşır üzerindeki kirli veya lekeli bölgelere nüfuz edememesine sebep olmaktadır. Şekil 2.10'da verilen resimde, EN IEC 60456:2011 standardına göre yıkama performansı ölçümlerinde kullanılan leke şeritlerinde lokal bir bölgede lekenin temizlenemediğini göstermektedir. Şerit sıkışması ismi verilen bu durumun sebeplerinden biri, temizlenemeyen bölgeye yeterince suyun ulaşamamasıdır.



Şekil 2.10 Şerit sıkışması.

Yıkama adımında su miktarının belirlenen miktardan fazla olması, temizlemede kullanılan kimyasalın derişikliğinin azalmasına, belirlenen yıkama sıcaklığına ulaşılama durumuna neden olmaktadır. Bu durum yıkama performansının azalmasına neden olmaktadır.

Su sertliğinin yıkama prosesine önemli ölçüde katkısı vardır. Su sertliği, suyun içerdiği kalsiyum (Ca^{+2}) ve magnezyum (Mg^{+2}) tuzları ile ifade edilmektedir. Su sertliği, 1 litrede (l) suda bulunan kalsiyum ve magnezyum tuzlarının milimol (mmol) miktarı cinsinden değeridir.

Su sertliği, suyun bulunduğu bölgeye göre değişkenlik göstermektedir. Su sertliği ile yıkama performansı arasında doğrudan ilişki vardır. Çok sert su ile yapılan yıkamalarda daha düşük yıkama performansı sonuçları elde edilmektedir. Ayrıca, su sertliği çamaşır makinası parçalarına (ısıtıcı, metal parçalar vb.) da zarar verebilmektedir.

Suyun içerdiği ağır metaller de yıkama prosesine etki eden parametrelerdir. Deterjanın içerdiği ağartıcı katkıları vb. bileşenlerin bozunması neden olmaktadır. Bu nedenle de yüksek miktarda ağır metal içeren su ile yapılan yıkamalarda düşük yıkama performansı gözlenmektedir.

2.4 Tekstil Üzerindeki Kir ve Lekeler

Gün içerisinde gerçekleştirilen fiziksel aktiviteler ve çevresel faktörler sonucunda giysiler kirlenmekte ve lekelenmektedir. Ter, vücut yağı/kiri olarak adlandırılan sebum metabolizma faaliyetleri sonucunda oluşarak giysiler üzerinde kir ve lekeye neden olmaktadır. Metabolizma faaliyetleri yanı sıra, havada bulunan is, kurum gibi partiküller, yemek lekeleri, çamur vb. lekeler çevresel kaynaklı faktörler nedeniyle de giysiler kirlenmekte ve lekelenmektedir.

İlerleyen paragraflarda kir ve lekenin tanımı, sınıflandırılması, tekstil yüzeyinden uzaklaştırma mekanizması hakkında detaylı bilgi verilecektir.

2.4.1 Kir ve leke tanımı

Kir, belli bir yüzey üzerinde çeşitli yollarla oluşan istenmeyen bileşimlerdir. Leke ise, kumaş yüzeyinde, dokusunda ve hatta moleküler yapısı içinde bulunan istenmeyen nokta, benek, toz veya kirdir. Lekenin kirden farkı, belli bir yüzeyde yoğunlaşmış şekilde bulunmasıdır.

Kir ve leke tiplerinin herhangi belli bir sınıflandırması yoktur. Bu nedenle de yıkanabilir kumaşlardan uzaklaştırılması istenen lekelerin sınıflandırılmasında kullanılan sistem tek değildir. Her kaynak kendi araştırma konusuna göre farklı

metotlar önerebilmektedir. Sınıflandırılma yapılmasındaki asıl amaç, tüketicinin doğru bir şekilde kullandığı takdirde var olan leke çıkarma mekanizmalarını kullanarak en iyi sonucu almasıdır.

Kirler kökenlerine göre:

- Atmosferden gelen toz,
- Vücut kirleri,
- Evsel, ticari veya endüstriyel kökenli yabancı maddeler olarak üç gruba ayrılmaktadır (Smulders, 2002).

Benzer kirler benzer işlem yöntemleri ile kolayca uzaklaştırılabilmektedir. Benzer işlem yöntemlerine göre kirler beş farklı gruba ayrılmıştır (Hackler & Heaton, 1990).

- Islak kirler: Su veya su bazlı maddeleri içermektedir. Kan, kahve, şarap, meyve suyu ve alkollü içeceklerin lekeleri bu gruba dahildir. Bu kirler soğuk suda kolayca çözünür, sıvı deterjan ile yumuşatılır ve su ile birlikte uzaklaştırılır.
- Kuru kirler: Yağ ve gresli maddeleri içermektedir. Yemek yağı veya güneş losyonu lekeleri bu gruba dahildir. Kuru temizleme çözücüler ile kolayca çözünür, mineral yağ ile yumuşatılır ve çözücüler ile birlikte uzaklaştırılır. Öncelikle yağ bazlı leke, daha sonra ise su bazlı leke için işlem yapılmalıdır.
- Kombinasyon kirler: Islak ve kuru kirlerin kombinasyonu olan bu kirler hem sulu hem de yağlı bileşikler içermektedir. Yemek sosu ve dondurma lekeleri bu gruba dahildir.
- Özel kirler: Bu tarz lekeler için farklı ve özel leke uzaklaştırma kimyasalları ve metotları uygulanmalıdır. Katran ve boya lekeleri bu gruba dahildir.
- Bilinmeyen (unknown) kirler: Kaynakları bilinmeyen ve tanımlanamayan kirlerdir. İlk olarak kuru kirler şeklinde işlem uygulanmalıdır. Daha sonra eğer gerekliyse ıslak kirler şeklinde işlem uygulanmalıdır.

Deterjan üreticiler açısından, kirleri daha farklı şekilde sınıflandırmak daha uygun olacaktır. Buna göre kirler aşağıdaki gibi ayırt edilebilir:

- Suda çözünenler (inorganik tuzlar, şeker, üre, ter),
- Partiküller (metal oksitler, karbonatlar, silikat, humus, is-kurum),
- Yağlar (hayvansal, bitkisel, vücut yağı (sebum), mineral yağ, mum (vaks)),
- Proteinler (kan, çim, yumurta, süt, deriden gelen keratin),

- Karbonhidratlar (nişasta),
- Ağartılabilir kirler (meyve, meyve suyu, sebze, şarap, kahve, çay).

Kir ve lekelerin çoğu yukarıda bahsedilen çeşitli malzemelerin karışımından oluşmaktadır. Mutfaktan, gıdalardan veya yemek pişirme sırasında oluşan kirler örnek olarak verilebilir.

Tekstilden çıkarılması en zor kirler, is-kurum, karbon siyahı, inorganik oksitler, karbonatlar, silikatlar gibi pigmentler; yağlar, mumlar, yüksek hidrokarbonlar, denatüre olmuş proteinler ve bazı doğal boyalardır.

D'Souza (1998) lekeleri yapısına/doğasına göre on iki farklı şekilde sınıflan

Çizelge 2.1 Lekelerin yapısına göre sınıflandırılması (D'Souza, 1998).

Lekenin Yapısı/Doğası	Lekeler
Asit	Ter, üre (fresh), sirke, nitrik asit içeren ilaçlar, pikrik asit
Baz	Ter, üre (yaşlandırılmış leke)
Katı ve Sıvı yağlar	Tereyağ, krema, margarin, yenebilir yağlar, makine yağı, saç yağı, kuyruk yağı, vaks
Makine ve mineral yağ	Parafin, vazelin, terebentin
Metalik	Siyah mürekkep, gümüş nitrat, pas, bakır tuzları, krom tuzları
Metalsi/Madensi	Tentürdiyot
Sulu ortamda dağılmış ve emülsiyeye olmuş şekilde bulunan doğal boya ve pigmentler	Otlar, sebzeler, çiçekler, meyve suları, şaraplar, çay, kahve, kakao, çikolata, tütün
Sulu ortamda dağılmış ve emülsiyeye olmuş şekilde bulunan sentetik boya ve pigmentler	Mürekkep, saç boyaları, keçeli kalem, civalı krom
Şeker çözeltileri ve renklendirici maddeler	Reçel, şurup, alkolsüz içecekler, puding
Yağlarda çözeltileri ve emülsiyonları	Mayonez, soslar, ketçap, ruj, maskara, katran, allık
Organik çözücülerde bulunan boya veya pigmentlerin çözeltileri, emülsiyonları	Yağlı boyalar, tırnak cilası, vernik, lake
Proteinik	Kan, yumurta, et suyu, süt
Diğer	Küf, tütsü, bazı ilaçlar

2.4.2 Tekstil üzerinden kir ve lekelerin uzaklaştırılma mekanizması

Kumaş esas olarak üç farklı mekanizma ile kirlenmektedir. Bu mekanizmalar şu şekilde açıklanmaktadır (Islam & Khan, 2013):

- i. Lekenin kumaşa mekanik olarak bağlanması; kumaşın kirli yüzey ile direk temas etmesi, deri yüzeyine sürtünmesi, sıvılardan ve havadan toplanan kirin kumaş yüzeyine bulaşması ile gerçekleşmektedir. Kumaş yapısı bu bağlanmayı, lekelerin kumaş yapısında bulunan lif/iplik boşluklarında ve hatta liflerin kılcal boşluklarında hapsedilmesi ve buralarda depolanması nedeniyle kolaylaştırmaktadır. Ayrıca yağ içerikli lekeler liflerin içerisine kadar nüfuz edebilmektedir.
- ii. Kumaş yüzeyi elektriksel kuvvetler nedeni ile de kirlenebilmektedir. Havadaki kir partiküllerinin elektrik yüklü lif yüzeyi ile etkileşimi nedeniyle kumaş yüzeyinde kir birikimi oluşmaktadır. Bu mekanizma çoğunlukla düşük nem geri kazanımı nedeniyle sentetik liflerde meydana gelmektedir. Ayrıca pozitif yüklü kumaş yüzeyi, negatif yüklü kumaş yüzeyine göre daha çok kirlenmektedir.
- iii. Yıkama sırasında ortamda bulunan kirlerin (çamaşır makinası, su, yıkama çözültisi kaynaklı) kumaş yüzeyi üzerinde tekrar birikmesi özellikle naylon ve polyester kumaşlarda daha sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Bu durum, naylon ve polyester kumaşların oleofilik yapısından kaynaklanmaktadır. Kirlenmenin başka bir yönü ise, yıkanmadan bekleyen kirli çamaşırların bekleme süresidir. Bu süre uzadıkça kirler lif içerisine difüze olarak çıkarılması daha zor hale gelmektedir.

Yıkama prosesi sırasında kir uzaklaştırma; mekanik etki, yıkama süresi ve sıcaklığın artırılması ile sağlanmaktadır. Herhangi bir yıkama teknolojisi için, ancak, deterjan performansı tekstil yüzeyi, kir ve deterjan bileşenleri arasındaki spesifik etkileşimlere bağlıdır.

Kirin bir yüzeyden temizlenmesi/çıkarılması kimyasal reaksiyon ile gerçekleştirilmektedir (Stamminger, 2014). Örneğin doğal boyaların çıkarılması kimyasal redoks ile; protein lekelerinin çıkarılması enzimler ile parçalanarak gerçekleşmektedir. Fakat çoğunlukla kimyasal reaksiyonlarla kirin çıkartılması kolay

bir şekilde yapılamamaktadır. Çoğu zaman yüzeyler arası işlem gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu da modern deterjanlar ile sağlanmaktadır.

Tekstil üzerinden kir ve lekelerin uzaklaştırılması mekanizmasını anlayabilmek için öncelikli olarak deterjan bileşenlerinin ve kimyasının detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Deterjan, yirmi beşten fazla farklı malzemeden oluşan kompleks formülasyona sahip, kir ve lekelerin uzaklaştırılması, renkli çamaşırlar için renk bakımı, beyaz çamaşırlar için beyazlatma gibi etkileri olan kimyasal maddedir (Hilgers & Maurenbrecher, 2011). Modern deterjanların birincil bileşenleri:

- Yüzey aktif maddeler (sürfaktan),
- Yapıcılar,
- Ağartıcılar,
- Enzimler,
- Alkaliler,
- Aktif oksijen ağartıcılar,
- Optik beyazlatıcılar,
- Tekstil üzerinde tekrar kir birikimini önleyici (anti-redepozisyon) maddeler,

Diğer maddeler (antimikrobiyal ajanlar, tekstil yumuşatıcılar, koruyucular, köpük düzenleyiciler, korozyon önleyiciler, parfüm ve yardımcıları) olarak gruplandırılmaktadır (Laundry Detergent Ingredients Information Sheet, 2009).

Yüzey aktif maddeler (YAM), en önemli deterjan bileşenidir. Tüm deterjan tiplerinde bulunmaktadır. Suda, sulu bir çözeltide veya susuz ortamda çözüldüklerinde sıvı yüzeyini küçülten, yani yüzey gerilimini azaltan maddeler olarak tanımlanmaktadır (Yangxin, Jin, & Bayly, 2008). Bir maddenin yüzey aktif madde olarak değerlendirilmesi için aşağıdaki altı özelliği içermesi gerekmektedir:

- Suda çözünürlürlük,
- Amfipatik yapı,
- Arayüzlerdeki yönelme,
- Arayüzde absorpsiyon,
- Misel teşekkülü
- Temizleme, ıslatma, köpük oluşturma gibi fonksiyonel özellikler.

Sulu çözelti oluşturduktan sonra taşıdıkları zincirin iyon yüküne göre dört tipe ayrılmaktadırlar (Yangxin, Jin, & Bayly, 2008):

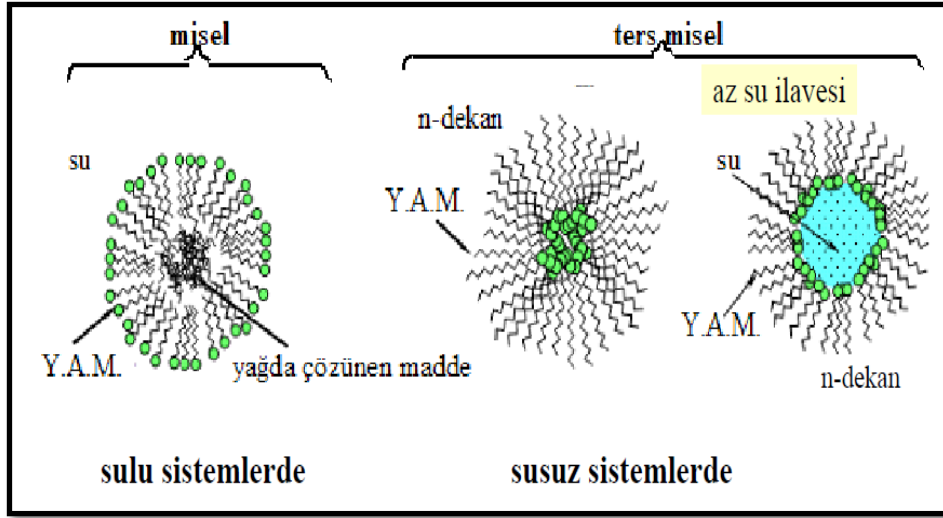
- Anyonik yüzey aktif madde,
- Non-iyonik yüzey aktif madde,
- Katyonik yüzey aktif madde,
- Amfoterik yüzey aktif madde.

Anyonik yüzey aktif maddeler çamaşır deterjanlarında en sık kullanılan yüzey aktif maddelerdir. Bunlar, yağ, çamur lekelerinin ve kumaş yumuşatıcı kalıntılarının emülsiyeye edilmesinde oldukça etkilidirler ve yüksek köpük verme özelliğine sahiptirler. Lineer alkil sülfonatlar (LAS) ve alkil aril sülfonatlar bu gruba verilebilecek örneklerdir. Ayrıca çamaşır deterjanlarında birden fazla yüzey aktif madde kullanımı da oldukça yaygındır. Çünkü birden fazla yüzey aktif maddenin kombinasyonu her birinin etkisi güçlendirerek, ayrı ayrı olarak gösterecekleri temizleme performansından daha yüksek temizleme performansı elde edilmesini sağlamaktadır.

Yüzey aktif maddeler, aktif temizleme ajanları olup yıkama prosesindeki önemli rolleri şunlardır (Laundry Detergent Ingredients Information Sheet, 2009):

- Tekstile nüfuz etmek ve tekstili ıslatmak,
- Kirleri yumuşatmak/gevşetmek (çamaşır makinasında mekanik etki desteği ile birlikte),
- Kirleri emülsifiye etmek ve bunları yıkama çözeltisi içerisinde süspanse ederek tekstil yüzeyine tekrar yapışmasını önlemek,
- Su sertliğine düşük duyarlılıkta olmak,
- İstenilen köpük özelliklerini sağlamaktır.

Yüzey aktif maddeler, bir molekül içerisinde polar (suyu seven, hidrofilik) özellik gösteren bir başa ve non-polar (yağ seven, hidrofobik) özellik gösteren bir kuyruğa sahiptir. Bu sayede YAM'nin polar başı diğer polar maddeler ile; non-polar kuyruk tarafı ise diğer non-polar maddeler ile etkileşim halindedir. YAM'nin sulu ve susuz sistemlerdeki görünüşünün şematik çizimi Şekil 2.11'de verilmiştir.



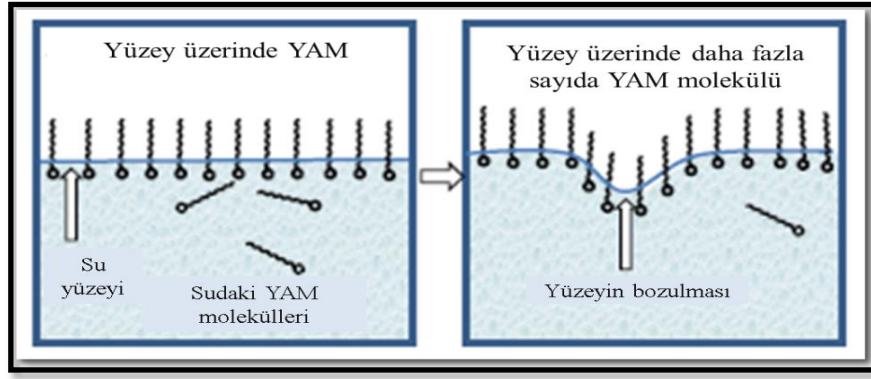
Şekil 2.11 YAM'nin sulu ve susuz sistemlerdeki görünüşünün şematik çizimi (Atıcı, 2015).

Suyun yüzey gerilimi oldukça yüksektir (72 mN/m) ve bu nedenle tekstil yüzeyini ıslatamamaktadır. Su damlacığının katı yüzey üzerindeki ıslatma durumları Şekil 2.12'de verilmiştir.



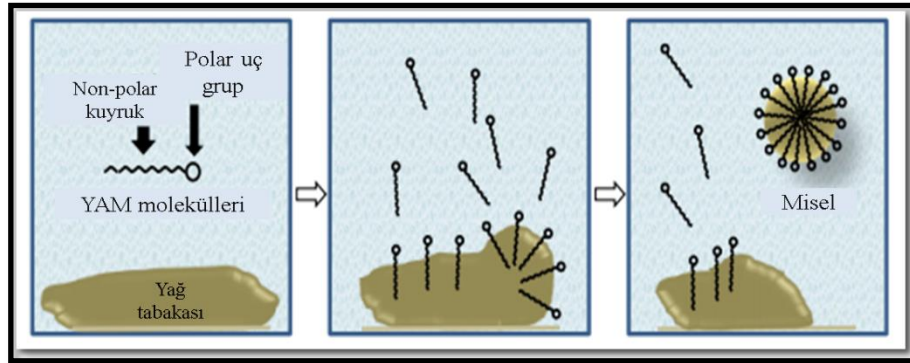
Şekil 2.12 Su damlacığının katı yüzey üzerindeki ıslatma durumları (Atıcı, 2015).

Ortama deterjan eklendiği zaman, yüzey aktif molekülleri su yüzeyine yakın yerde birikir çünkü yüzey aktif maddenin non-polar (hidrofilik) kuyruk kısmı sudan uzaklaşmak ister. Yüzey aktif maddeler su moleküllerinin bağlarını bozduğu için, suyun düzgün yapısını bozar ve böylece daha çok yüzey aktif madde yüzeye yaklaşmış olur. Böylece suyun yüzey gerilimi düşürülmüş olduğu için, su daha önceden ıslanmayan yüzeylere nüfuz edebilir. Bu mekanizma Şekil 2.13'de resmedilmiştir.



Şekil 2.13 YAM'ın suyun yüzey gerilimini düşürme mekanizması (Laundry Detergent Ingredients Information Sheet, 2009).

Yağ non-polar bir madde; su ise polar bir madde olduğundan yağ ve su genellikle birbirine karışmazlar. Ancak, ortamda yeterince yüksek konsantrasyonda yüzey aktif madde molekülleri bulunduğu durumda, yağ su içerisinde etkili bir şekilde emülsiyon oluşturabilmektedir (düzgün süspansiyon). Bu nedenle, yüzey aktif maddelerin polar kısımları suya doğru; non-polar kısımları yağa doğru çekilmektedir. Yüzey aktif molekülleri yağ etrafında toplanmakta ve orada yeterli yüzey aktif molekülleri küre şeklinde bir misel form oluşturmaktadır. Miselin iç kısmında kalan yağın bir kısmı etkili biçimde süspansiyon haline getirilmektedir.



Şekil 2.14 YAM moleküllerinin yağ molekülleri ile misel oluşumu (Laundry Detergent Ingredients Information Sheet, 2009).

Farklı mekanizmalar ile kirlenen çamaşırlardan kir ve leke uzaklaştırma işlemi deterjan kinetiğinin karmaşık olmasından dolayı birkaç temel süreci içermektedir. En önemli birincil süreçler şunlardır (Kissa, 1981):

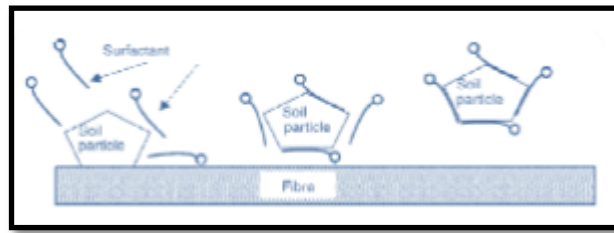
- a) Leke-lif ara yüzeyine su ve deterjanın difüzyonu ve

- b) Mekaniksel olarak lif yüzeyinden kirin sökülmesi ve lekenin taşınmasıdır. Sıvı yağlı lekeler, katı lekeler ve sıvı-katı karışımı lekeler pratik uygulamaların ilgi alanıdır.

Leke uzaklaştırma mekanizması birden fazla etkinin ortaklaşa çalışmasını içermektedir. Buna göre; su ve deterjanın absorpsiyonu, yağlı kirlerin misel oluşumu (roll-up mekanizması), yıkama çözeltisinin leke-tekstil ara yüzeyine nüfuz etmesi, lekelerin çözünmesi ve yıkama çözeltisi içinde emülsifiye edilmesi işlemlerinin gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır. Mekanik etki, leke uzaklaştırma mekanizmasına lifler arasındaki lekelerle kuvvet uygulama suretiyle liflerin esnemesi, tekstil yüzeyinin aşınması ve tekstilin çalkalanması işlemleri şeklinde katkıda bulunmaktadır (Islam & Khan, 2013).

Partikül kirler, partikül ile lif yüzeyi arasına yüzey aktif madde yardımıyla yıkama çözeltisinin ince katman şeklinde penetrasyonunun etkisi ile lif üzerinden uzaklaştırılmaktadır. Yağlı partiküller mekanik etki yardımıyla çözünür hale getirilerek, yıkama çözeltisi içerisine alınmaktadır. Tekstil üretim işlemleri sırasında kire karşı düşük yapışma kabiliyetine sahip hidrofilik hale getirilen yüzeyler, partiküllü kirlerin uzaklaştırmasını sağlamaktadır. Birçok durumda, partiküler kirlerin uzaklaştırılması, deterjan bileşeni ve mekanik etki ile gerçekleştirilmektedir.

Şekil 2.15’de partikül kirlerin lif üzerinden uzaklaştırılmasının şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.15 Partikül kirlerin uzaklaştırılması (Islam & Khan, 2013).

Yağlı lekeler: Birçok yağlı lekeler 40°C’nin üzerindeki yıkama sıcaklıklarında sıvı haldedir. Bu tip lekelerin çıkarılma/uzaklaştırılma mekanizması temel olarak yıkama çözeltisi, tekstil ve leke arasındaki ıslatma davranışı ve yıkama çözeltisi ile yağlı lekeler arasındaki ara yüzey geriliminden etkilenmektedir (Smulders, 2002). Yağlı lekelerin uzaklaştırılması üç ardışık adımı içermektedir (Kissa, 1981):

- İlk aşama indüksiyon aşamasıdır ve bu aşamada su ve deterjan kirli/lekeli tekstile difüze olmaktadır. Ancak lekenin tekstilden uzaklaştırılması oldukça az ve yavaştır. İndüksiyon periyodunun uzunluğu mekanik harekete, lekenin tipine, deterjan kimyasına ve tekstil tipine bağlıdır.
- Leke uzaklaştırma periyodunda, yağlı lekeler misel oluşumu mekanizması ile ayrılmaktadır. Çözdürme, emülsiyonlaştırma ve nüfuz etme gibi diğer mekanizmalar daha önemsizdir.
- Son aşamada ise leke çıkarma/uzaklaştırma çok azdır ve göz ardı edilebilir.

Yıkamanın ilk aşamasında, tekstil lifleri ve kir yıkama çözeltisi ile mümkün olduğunca ıslatılmalıdır. Yüzeye uygulanan sıvı damlası ile katı arasındaki yüzey temas açısı ıslanma ölçüsü olarak alınabilir. Şekil 2.16 azalan temas açısı ile azalan yüzey gerilimi arasındaki bağlantıyı şematik olarak göstermektedir.

Bir ilk yaklaşım için, Eşitlik (2.1)'de belirtildiği gibi ıslatma Young eşitliği ile tanımlanabilir (Smulders, 2002):

$$j = \gamma_S - \gamma_{SL} = \gamma_L \cos \theta \quad (2.1)$$

burada:

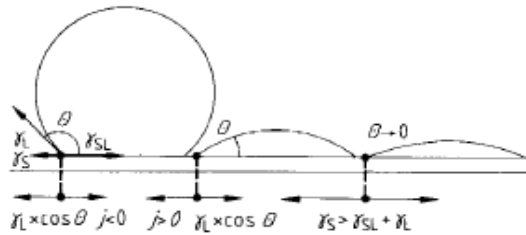
j : ıslatma direnci (mN/m)

γ_S : katı ile gaz ara yüzey direnci (mN/m)

γ_{SL} : katı ile sıvı ara yüzey direnci (mN/m)

γ_L : sıvı ile gaz ara yüzey direnci (mN/m)

θ : temas açısı.



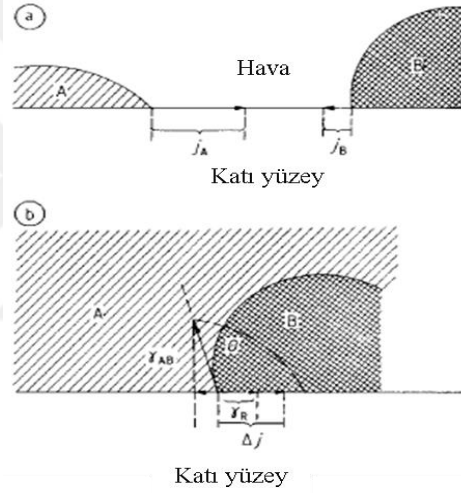
Şekil 2.16 Katı yüzeyin ıslatılma mekanizmasının şematik gösterimi (Smulders, 2002).

(2.1) numaralı eşitliğe göre katı yüzey üzerine düşen sıvı ancak $\theta = 0$ ve $\cos \theta = 1$ olduğu durumda yüzeyi tamamen ıslatabilmektedir.

Teorik olarak tamamen ıslanma/ıslatma olayı (2.1) eşitliğine göre γ_{SL} 'nin sıfır olduğu durumda geçerlidir. Ancak tipik yıkama ve temizleme işlemlerinde, bu durum biraz

daha karmaşıktır; çünkü katı yüzeyler düzensiz bir şekilde yağlı kirler ile kaplıdır. Bu nedenle, yıkama çözeltisinin yüzeyi ıslatmak için kir ile rekabet etmesi gerekmektedir. Bu durum Şekil 2.17’de şematize edilmiştir.

Şekil 2.17’ye benzer şekilde katı yüzey (S) üzerinde iki farklı sıvı damlası (örneğin A: yıkama çözeltisi ve B:yağlı kalıntı) birbirine yakın şekilde konumlandığında, yüzey üzerinde j_A ve j_B olmak üzere iki farklı ıslatma gerilimi etki etmektedir. Eğer iki sıvı doğrudan temas eder ve ortak bir arayüz oluşturlarsa; yağ yer değiştirme gerilimi (Δ_j) olarak adlandırılan ve temas yüzeyi boyunca etkili olan bir gerilim oluşmaktadır. Buna ek olarak, arayüz gerilimi γ_{AB} katı yüzey boyunca etkili olmaya devam etmektedir; ancak yağlı faz (B) ile temas ettiği açının (θ) belirlediği $\gamma_{AB} \cos \theta$ büyüklüğünde ve negatif yöndedir.



Şekil 2.17 Katı yüzey üzerinde iki sıvı bulunması hali a) ayrı olarak b) üst üste yıkama çözeltisi b) yağlı kir (Smulders, 2002).

Toplam kuvvetlerin belirlediği temas gerilimi γ_R Eşitlik (2.2)’de verilmiştir:

$$\gamma_R = \Delta_j + \gamma_{AB} \cos \theta \quad (2.2)$$

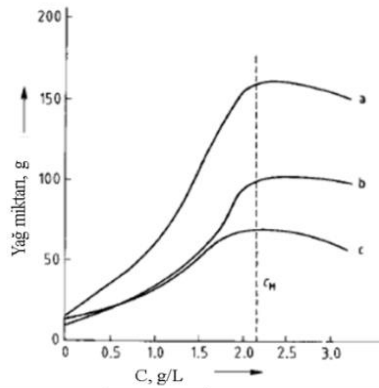
Temas gerilimi, katı yüzey üzerindeki yağ damlası üzerine baskı yapacak şekilde davranmaktadır. Yıkama çözeltisinde (A) bulunan yüzey aktif maddelerin adsorpsiyonu sonucu, Δ_j değeri artmakta ve bu nedenle de γ_{AB} değeri azalmaktadır. $\gamma_{AB} \cos \theta$ değeri, geniş temas açılarında negatif değere sahiptir.

Şimdiye kadar sunulan tüm eşitliklerin doğruladığı gibi, arayüzey gerilimi sıvı lekelerin çıkarılmasına karşı direnen başlıca kuvvettir ve etkili bir yıkama prosesinin sağlanabilmesi için bu kuvvetin minimize edilmesi şarttır. Ara yüzey gerilimini

azaltmanın bir yolu, farklı karakterlere sahip yüzey aktif maddelerin uygun karışmış adsorpsiyon katmanlarını oluşturmalarıdır.

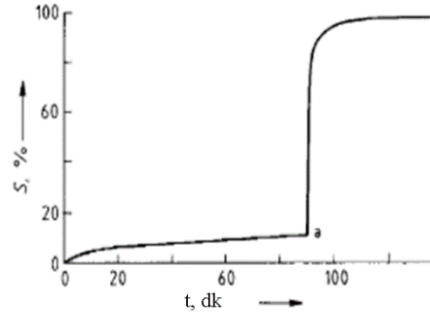
Roll-up mekanizmasına ek olarak (misel oluşumu), yıkama prosesinde yağlı lekelerin emülsiyonlaştırılması belirli koşullar altında gerçekleşmektedir. Büyük ölçüde stabil emülsiyonların oluşumu, tekstil lifleri üzerine daha önce çıkartılan sıvı kirlerin birikmesini engellemektedir.

Artan yüzey aktif madde konsantrasyonu, yüzey aktif madde kümeleri oluşmaya başladığı noktaya kadar, hem yüzey geriliminde hem de ara yüzey geriliminde azalmaya neden olmaktadır. Kritik misel oluşum konsantrasyonu (C_M) üzerinde yüzey ve arka yüzey aktivitelerindeki değişiklikler oldukça azdır. Yağlı lekelerin yüzeyden uzaklaştırılma miktarı, yüzey aktif maddelerin kritik misel konsantrasyonu değerinde üst limite ulaşmaktadır. Şekil 2.18’de çeşitli derecelerde yağ miktarları ile kaplanmış yün kumaş üzerinden sodyum n-dodesil sülfat konsantrasyonuna bağlı olarak zeytin yağı – oleik asit karışımının uzaklaştırılabilme miktarları gösterilmiştir.



Şekil 2.18 Çeşitli derecelerde yağ ile kaplanmış yün kumaş üzerinden sodyum n-dodesil sülfat konsantrasyonuna bağlı olarak zeytin yağı – oleik asit karışımının uzaklaştırılabilme miktarları a) % 4.6 yağ b) %3.3 yağ c) %2.2 yağ kaplaması (Smulders, 2002).

Her bir deterjan bileşeninin (esas olarak yüzey aktif maddelerin) yağlı faz içerisine penetrasyonu, su-yağ ara yüzey geriliminde değişikliğe neden olan yeni bir anizotropik fazın oluşumunu tetiklemektedir. Sıvı kristalli fazın oluşumu gözlenmektedir. Bu sıvı kristalli faz oluşumunun kir çıkarma üzerine etkisi dekanol – potasyum oktonat sistem modeli için Şekil 2.19’da gösterilmiştir. Yapılan çalışmada potasyum oktonatın dekanol ile kaplanmış polyester lifler üzerindeki yıkama etkisi ilgili grafikte verilmiştir. Öncelikle sıvı kristal faz oluşumu gözlenmezken, bir sonraki adımda sıvı kristal fazın oluşumu gözlenmiştir.



Şekil 2.19 Potasyum oktonatın dekanol ile kaplanmış polyester lifler üzerindeki yıkama etkisi (Smulders, 2002).

2.4.3 Duyarlılıklarına göre lekelerin sınıflandırılması

Tekstil üzerinde yer alan lekeler önemli ölçüde çeşitlilik göstermektedir. Lekeler katı pigmentler veya yağlar gibi sıvı fazlı olabilmektedir. Genellikle lekeler birçok kirin karışımı şeklinde oluşmaktadır, bu durum da farklı lekelerin etkileşmesinden dolayı temizlenmeleri sırasında ilave zorlukların oluşmasına neden olmaktadır. Örneğin, yıkama işleminde, karbon siyahı veya inorganik asitler, katı yağlar, vaks (mum), denatüre proteinler ve bazı boya pigmentleri kumaş yüzeyinden temizlenmesi zor olan lekelerdir (Rybinski, 2007).

Lekelerin çıkarılması sıcaklık, mekanik etki, ara yüzey işlemleri veya kimyasal bozulma gibi farklı mekanizmalar sayesinde gerçekleşmektedir (Rybinski, 2007). Bu nedenle de yıkama prosesi sürecinde her lekenin duyarlı/ hassas olduğu temizlenme mekanizması farklılık göstermektedir. Maksimum leke uzaklaştırma ve yıkama performansının elde edilebilmesi için, yıkama algoritması parametreleri uygun şekilde optimize edilmeli ve yıkama prosesinde doğru ve yeterli miktarda deterjan kullanılmalıdır.

Lekeler duyarlılıklarına göre deterjan içeriğine, mekanik etkiye ve sıcaklığa bağlı lekeler olmak üzere üç ana başlık altında incelenecektir.

2.4.3.1 Deterjan içeriğine bağlı lekeler

Yumuşak yüzeylerin temizleyebilmek için en büyük etken deterjan ve emülgatör kullanımıdır. Deterjan temel olarak, tekstil yüzeyi ve leke materyali olmak üzere iki temas eden faz arasındaki adhezyon kuvvetlerinin üstesinden gelebilme olayı ile ilgilenmektedir (Rhein, 2007). Deterjan içerisinde çok farklı malzemeler barındırmaktadır ve her birinin yıkama prosesinde temizleme işlemine katkısı

bulunmaktadır. Her leke de doğası gereği deterjan bileşiminde bulunan farklı malzemelere farklı şekilde reaksiyon vermektedir. Temel olarak deterjan bileşiminde bulunan ve temizleme işlemine önemli derecede katkıda bulunanlar yüzey aktif maddeler, ağartıcılar ve enzimlerdir. Lekeler deterjan içeriğinde bulunan bu üç malzemeye karşı duyarlılıklarına göre sınıflandırılmıştır.

Yüzey aktif maddeye duyarlı lekeler

Deterjan içerisindeki yüzey aktif maddelerin leke çıkarma kabiliyeti, çamaşır deterjan ürünlerinin performansı için çok önemlidir. Deterjan formülasyonlarında yer alan bir bileşenin etkinliği, o bileşene duyarlı bir dizi lekenin kullanılması ile ölçülmektedir. Pişmiş ve pişmemiş yağ, köri, kirli motor yağı, ruj, makyaj ve spagetti sosu lekeleri bu grupta yer alan lekelelerdir (Detergency responsive stains, t.y.). Bu lekelerin yanı sıra sebum ve karbon siyahı da bu gruba dahil edilmektedir.

Friedli ve arkadaşları (Friedli, 1994) tarafından yapılan çalışmada çamaşır deterjanları formülasyonlarında nadir olarak kullanılan bileşiklerin performansları belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında, 1,5 gr yüzey aktif madde, 1 l 37°C'de (100°F) ve istenilen sertlikteki su ile Terg-O-Tometre cihazına her lekeden eş dört numune konularak 10 dakika boyunca 75 rpm'de yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işlemi sonrası leke numuneleri 3 dakika boyunca durulanmış ve kurumaya bırakılmıştır. Kurumuş leke numunelerinin Hunter-Lab kolorimetre cihazında reflektans ölçümleri yapılmıştır (Friedli, 1994).

Çalışmada lineer alkilbenzen sülfonatların (LAS) ve laurilin leke uzaklaştırma performansını belirlemek için sebum, motor yağı ve çimen lekeleri kullanılmıştır. Yapılan yıkama çalışma sonrası hesaplanan leke çıkarma indeksi Çizelge 2.2'de verilmiştir (Friedli, 1994).

Çizelge 2.2 LAS ve laurilin karşılaştırmalı leke uzaklaştırma performansları (Friedli, 1994).

	Yüzey aktif madde	SRI
Sebum	LAS	78.3
	Lauril	82.6
Motor yağı	LAS	51.6
	Lauril	50.8
Çimen	LAS	56.4
	Lauril	62.9

Ağartıcıya duyarlı lekeler

Amerikan Heritage Sözlüğü'ne göre, ağartıcının tanımı “kimyasal ajanlar vasıtasıyla renk gidermek” olarak yapılmıştır. Başka bir deyişle, oksidatif veya indirgeyici prosesler yoluyla görünür ışığın reflektans değerindeki artış olarak ifade edilmektedir. Bu prosesler, doymamışlık/konjugasyon derecesini değiştirerek veya kromoforları (maddenin kimyasal yapısındaki maddeye rengini veren bölge) daha çözünür hale getirerek, kromoforların ışık absorblama kabiliyetini değiştirmektedir. Bu işlemlerin herhangi biri veya ikisi de meydana gelebilmekte ve kromoforların daha küçük birimlere ayrılması ile sonuçlanmaktadır. Ağartma; mekanik, fiziksel ve kimyasal yolların kombinasyonu ile meydana gelmektedir (Laurent, et al., 2007).

Bir dizi ağartılabilir leke bulunmaktadır. Her bir leke, oto-oksidasyon, hidroliz veya piroliz sonucu çeşitli derecelerde yaşlanma gösteren kromoforların kompleks karışımları olabilir. Sadece bazı kromoforların yapıları bilinmektedir.

Çoğu kromoforlar klor, porfirinler gibi makrosikliklerden, karotenoid gibi çoklu doymamış bileşikler ve polifenolik türevleri gibi oksijence zengin molekülleri içeren yelpazede büyük organik moleküllerdir. Bu moleküller, örneğin yaban mersini, kiraz, kırmızı kuş üzümü, hardal ve köriden türetilen antosiyanin ve zerdeçal boyaları içermektedir. Karotenoid boyaları tipik olarak domates ve havuçta bulunmaktadır. Çay ve şarapta bulunan kromoforlar, polisakkarit ve proteinler ile polifenolik bileşiklerin yoğunlaştırılması sonucu oluşan taninden elde edilmiştir. Porfirin ve klorda kan ve çimende bulunabilmektedir (Laurent, et al., 2007).

Güçlü kromoforlar içeren organik lekeler, tamamen uzaklaştırılması güç, fark edilebilir lekeler oluşturmaktadır. Deterjan içeriğinde bulunan ağartma sistemi, enzimler, yüzey aktif maddeler veya yapıcılar tarafından etkili bir şekilde çıkartılamayan lekeleri uzaklaştırmaktadır. Ağartıcıya duyarlı tipik lekeler çay, kahve, kırmızı şarap, meyve ve sebze sularıdır. Ek olarak deterjan ve/veya enzime duyarlı olan bebek mamaları veya köri gibi kompleks lekelerin de ağartıcı sistemine cevap verdiği görülmektedir (Bleach responsive stains, t.y.). Yıkama suyunda bulunan ağartıcı, renkli kromoforları (doymamışlık/konjugasyon derecesini değiştirerek) indirgemekte ve böylece lekenin renginin değişmesine/kaybolmasına neden olmaktadır. Lekenin yüzeyden tamamen uzaklaştırılmamasına rağmen,

genellikle artık görsel olarak saptanabilir bir leke bulunmamaktadır (Laurent, et al., 2007).

Modern toz deterjan formülasyonlarında ağartıcının istenilen etkiyi göstermesi için, ağartıcı aktive edici kullanılmaktadır. Sıvı deterjanların çoğunda ağartıcı bulunmadığı için, sıvı deterjanlar ağartılabilir lekeler üzerinde istenilen performansı sağlayamamaktadır. Ancak bazı sıvı deterjan formülasyonlarında hidrojen peroksit, ağartıcı etki yaratması amacıyla kullanılmaktadır.

Enzime duyarlı lekeler

Enzimler, çeşitli biyolojik fonksiyonlara sahip, doğal ve sentetik olarak bulunabilen protein yapılı bileşiklerdir (Rosen & Kunjappu, 2012). Modern evsel ve endüstriyel deterjanların gelişiminde ve ilerlemesinde önemli katkıları bulunan enzimler, modern yıkama koşullarını karakterize eden makul sıcaklık ve pH değerlerinde etkilidir (Enzymes at work, t.y.). Enzimler

- Genellikle daha iyi yıkama performansı elde edilmesine,
- Selülozün etkisiyle pamuklu kumaş yüzeylerinin iyileştirilmesine /gençleştirilmesine,
- Daha düşük yıkama sıcaklıklarında yıkama işlemini gerçekleştirerek enerji tüketiminin azaltılmasına,
- Daha etkin bir şekilde leke salınımı ile su tüketiminin azaltılmasına,
- Biyolojik olarak bozunabildikleri için çevreye olan etkileri minimize etmede,

Yıkama suyunun (fosfatsız, daha az alkali vb.) daha çevreci olmasına katkıda bulunmaktadır (Enzymes at work, t.y.).

Deterjan formülasyonlarına enzim uygulamaları 1930'lu yılların başında pankreatik enziminin ön yıkama çözeltisinde kullanımı ile başlamıştır. 1913 yılında Alman bilim adamı Otto Röhm pankreatik enzimin kullanımını patentlemiştir. Kesilmiş hayvanların pankreaslarından ekstrakte edilen enzimler proteaz, karboksipeptidaz, α – amilaz, laktaz, sukraz, maltaz ve lipazdır. Bu nedenle, deterjan bileşiminde enzim kullanımı 1913 yılına kadar uzanmaktadır.

En yaygın biçimde kullanılan deterjan enzimleri, protein, yağ ve polisakkarit içerikli lekelerin çıkarılmasında rol oynayan hidrolaz enzimleridir.

Birçok problemli leke çikolatalı dondurma, bebek maması, tatlılar ve salata sosları gibi gıda ürünlerinden oluşmaktadır. Bu tarz lekelerin yanı sıra kan, imen, yumurta, hayvansal ve bitkisel yağ gibi klasik kirleticilerin çıkarılmasına yardım etmek için, birtakım farklı hidrolaz enzimleri deterjana eklenmektedir. Bunlar proteaz, lipaz, amilaz, mannanaz, selölaz ve pektinaz olarak sınıflandırılmaktadır.

Selölaz enzimi, temizleme performansına katkıda bulunurken; aynı zamanda koruma çamaşıra bakım yapmaktadır. Ayrıca pamuklu kumaş üzerinde tekrar kir birikimini engellemektedir (Rosen & Kunjappu, 2012).

Lipaz enzimi, yağ bazlı lekeleri hedef alan yüzey aktif madde teknolojisine alternatif olarak davranmaktadır ve bu nedenle de enzim çözeltisinin temel parçalarından biridir.

Mannanaz ve pektinaz enzimleri, salata sosu, ketçap, mayonez, dondurma, dondurulmuş tatlı, milkshake, vücut losyonları ve diş macunlarının yanı sıra muz, mandalina, domates ve meyve içerikli marmelat, meyve suyu, içilebilir yoğurt gibi ürünlerin ve düşük yağ içerikli süt ürünlerinin çıkarılması zor olan lekeleri için kullanılmaktadır (Enzymes at work, t.y.).

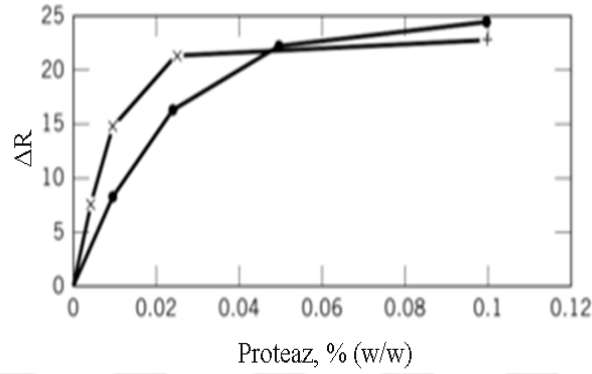
Proteaz enzimi, deterjan formölasyonlarında en çok kullanılan enzimdir. Bebek maması, kan, yumurta, imen ve spagetti sosu gibi protein bazlı lekelerin çıkarılmasında oldukça etkilidir (Enzyme responsive stains, 2016).

Enzimatik lekeler, enzimlerin etkisinin yanı sıra ağırtıcı maddelere karşı da belirli bir hassasiyet göstermektedir. Örneğın kan lekesi proteaz enzimine karşı duyarlı iken; aynı zamanda klor ve oksijen bazlı ağırtıcılar tarafından da etkin bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir (Showell, 2006).

Kirk-Othmer'in yapmış olduğu laboratuvar çalışmalarında proteaz enziminin performansını ve farklı leke tipleri üzerindeki yıkama performansını göstermiştir. Othmer laboratuvar yıkama denemelerinde Amerikan tipi üstten yüklemeli çamaşır makinalarını simüle etmek için Terg-o-tometer; Avrupa tarzı önden yüklemeli çamaşır makinalarını simüle etmek için Launder-ometer kullanmıştır. Proteaz enziminin test numunelerine etkisinin değerlendirmesi hem görsel olarak yapılmıştır hem de reflektans değerlerinin ölçölmesiyle kantitatif olarak yapılmıştır. Launder-ometer cihazında 4 g/l toz deterjan ve test lekeleri kullanılarak yıkama denemelerinde; değişen enzim miktarının, proteaz enzimi performansı üzerindeki

etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada 60°C sıcaklıkta % 0.05 (w enzim /w deterjan) derişiminde en iyi proteaz enzimi performansı elde edildiği belirlenmiştir ve bu durum Şekil 2.20’de verilmiştir (Othmer, 2007).

Deterjan enzim performansı genellikle doz-cevap eğrileri şeklinde rapor edilmektedir. Enzim performansı başlangıçta çarpıcı biçimde artış göstermekte ancak daha yüksek enzim konsantrasyonlarında maksimum seviyeye ulaşmaktadır (Othmer, 2007).



Şekil 2.20 Ticari proteaz enziminin performansı (Savinase, Novozymes A/S)

● 40°C ve 47 dk; x 60°C ve 40 dk (Othmer, 2007).

2.4.3.2 Mekanik etkiye duyarlı lekeler

Çamaşır yıkama işleminde mekanik etkinin rolü göz ardı edilemeyecek kadar büyük ve önemlidir. Önden yüklemeli çamaşır makinalarında mekanik etki, çamaşırın kanatlar yardımıyla tamburun üst noktasına taşınması ve bu noktadan serbest düşüşü ile gerçekleşmektedir. Sabit çamaşır miktarı için, serbest düşme mesafesi hem tamburun boyutu/büyüklüğü hem de tamburun içerisindeki su seviyesine doğrudan bağlıdır. Serbest düşüş mesafesinin uzun olduğu durumlarda mekanik etki daha etkilidir (Gericke, 2001). Üstten yüklemeli makinalarda ise bu etki, karıştırıcının etkisi ile sağlanmaktadır.

Mekanik kuvvetteki artış, büyük partiküller üzerinde önemli bir leke çıkarma etkisi göstermektedir. Bu nedenle, birçok çamaşır makinası, tekstil yüzeyine yakın yerlerde yeterli türbülansı elde edebilmek için mekanik hareket yönlerinde ani değişiklikler yapabilecek şekilde tasarlanmaktadır (Gericke, 2001).

Ayrıca artan mekanik hareketin tekstil yüzeyinde aşınma ve bozulmalara neden olabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Mekanik hareket her tip leke üzerinde farklı derecelerde etkilidir. Bu nedenle sadece mekanik harekete duyarlı leke gruplaması tam olarak yapılamamaktadır. Ancak karbon siyahı, kan, mineral yağ, yulaf lapası, bazı bitkisel, hayvansal ve mineral yağ lekeleri mekanik etkiye daha duyarlıdır.

Efe'nin (Efe, 2015) yapmış olduğu çalışmada on farklı leke için farklı süre, sıcaklık ve mekanik hareket koşullarında deney tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu deney tasarımında karbon siyahı, kan/süt, nişasta, çikolatalı puding, kırmızı şarap, ruj, yumurta sarısı, prinş nişastası, guar zımkı ve çay lekeleri kullanılmıştır. 30°C, 40°C, 50°C ve 60°C sıcaklıklarda %50, %80 ve %95 mekanik hareket yüzdesi (tamburun dönme süresinin, tamburun dönme ve durma toplam süresine oranı ile hesaplanır) ile yedi farklı program süresinde çalışılmıştır. Tüm parametrelerin kombinasyonu ve tekrarları düşünülerek toplamda 57 adet yıkama testi yapılmıştır. Yıkamalar sonucunda leke uzaklaştırma yüzdeleri belirlenmiştir. Buna göre tüm lekeler için en iyi leke uzaklaştırma yüzdesi, program süresinin en uzun, sıcaklığın 50°C ve üzeri, mekanik hareket yüzdesinin %95 olduğu koşulda elde edilmiştir. Ayrıca leke bazında yapılan incelemeler sonucunda, yüzey aktif madde ve enzimlere duyarlı lekeler için %80; ağartıcıya duyarlı lekeler için %50 mekanik hareket yüzdesi önerilmiştir (Efe, 2015).

2.4.3.3 Sıcaklığa duyarlı lekeler

Yıkama çözeltisinin sıcaklığı, temizlik katkı maddelerinin etkinliğini belirlemek açısından önemlidir. Bazı katkı maddeleri, belirli sıcaklıklarda daha etkilidir. Sodyum perborat, toz deterjanlardan yaygın olarak kullanılan ağartıcı kimyasal maddedir. Sodyum perborat, 50°C ile 60°C arası sıcaklıklarda etkili bir ağartma performansı göstermektedir (Gericke, 2001). Bu nedenle deterjan içerisindeki ağartıcı maddenin kullanılarak, ağartıcıya duyarlı lekelerin temizlenebilmesi için bu sıcaklıklara ihtiyaç vardır. Deterjan formülasyonu içerisinde yer alan enzimler ise 40°C ile 50°C sıcaklık aralığında yüksek aktivite göstermektedir. Artan yıkama sıcaklığı, enzimlerin protein yapısını bozduğu için, enzime karşı duyarlı lekelerin yıkama performansında düşüşe neden olmaktadır.

Yıkama prosesi sırasında suya eklenen deterjan, lekelerin yumuşaması ve uzaklaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Çamaşıra uygulanan mekanik hareket ile birlikte, lekeler emülsiyon haline getirilmekte veya deterjanlı yıkama çözeltisi

içerisinde askıda tutulmaktadır. Eğer yıkama prosesi sırasında yıkama çözeltisinin sıcaklığı arttırılırsa, deterjan bileşiminde bulunan yapıcılar nedeniyle yıkama etkinliği iyileşmektedir (Woodfin, 1975). Deterjan formülasyonundaki ikinci ana bileşen olan yapıcılar, magnezyum ve kalsiyum iyonlarını etkisiz hale getirerek, yüzey aktif moleküllerinin etkisini arttırmaktadırlar. Bu nedenle yapıcılar su yumuşatıcılardır ve iyon değişimi, çöktürme veya kompleks oluşturma mekanizmaları ile çalışmaktadırlar. Sodyum tripolifosfat, sodyum karbonat ve sentetik zeolitler yaygın olarak kullanılan yapıcılar olarak bilinmektedir (Gericke, 2001). Yapıcılar yüksek sıcaklıklarda, düşük sıcaklıklara göre daha aktiftir. Bu nedenle genellikle yüksek sıcaklıklarda daha iyi yıkama etkinliği sağlanmaktadır (Woodfin, 1975).

Su sıcaklığı, örneğin oleofilik yapılı lekeler gibi bazı lekelerin etkili biçimde uzaklaştırılması için de önemlidir. Sıcaklık düştükçe, temizleme gücü de düşmektedir. Eğer yıkama çevrimi sırasında su sıcaklığı azalırsa, etkin yıkama prosesi için ya daha fazla mekanik hareket ya da daha fazla miktar deterjan kullanımı gerekli olacaktır.

Yüksek sıcaklık genel olarak birçok leke üzerinde etkin yıkama performansı sağlarken; kan gibi protein bazlı lekeler üzerinde düşük yıkama performansı etkinliğine sebep olmaktadır. Proteinler uzun süre 60°C veya daha yüksek sıcaklıktaki su ile muamele edildiğinde çökmektedir (Principles Of Cleaning, t.y.). Yüksek sıcaklık, protein bazlı lekelerin pişmesine ve liflerin arasına yerleşerek çıkarılması çok zor lekeler haline dönüşmelerine neden olmaktadır.

Efe'nin (Efe, 2015) karbon siyahı, kan/süt, nişasta, çikolatalı puding, kırmızı şarap, ruj, yumurta sarısı, prinş nişastası, guar zımkı ve çay lekeleri kullanarak, 30°C, 40°C, 50°C ve 60°C sıcaklıklarda %50, %80 ve %95 mekanik hareket yüzdesi (tamburun dönme süresinin, tamburun dönme ve durma toplam süresine oranı ile hesaplanır) ile yedi farklı program süresinde yaptığı çalışmada; tüm lekeler için yüksek sıcaklıklarda daha yüksek temizleme oranı elde edilmiştir. 40°C sıcaklığa kadar temizleme oranı hızlı bir şekilde artış gösterirken; 40°C'den daha yüksek sıcaklıklarda bu artış hızı yavaşlamakta veya sabit kalmaktadır. 50°C ve 60°C ile yapılan yıkama çalışmaları sonucunda birbirine çok yakın temizleme oranları elde edilmiştir (Efe, 2015). 50°C sıcaklıkta yapılan yıkamalarda yaklaşık olarak %40 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır.



3. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA KONUSUNDA YAPILAN LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Çamaşır makinasında yıkama prosesi sırasında leke uzaklaştırma etkinliği; deterjan konsantrasyonu ve içeriği, sıcaklık, süre, mekanik hareket, su miktarı, leke tipi ve miktarı, tekstil tipi gibi birçok parametreye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Herhangi bir parametrenin azalması veya artması zaman zaman tek başına bir etken olmayarak; diğer faktörleri de etkilemektedir.

Yıkama prosesinde yıkama koşullarının leke uzaklaştırma üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan farklı çalışmalar bu bölüm içerisinde özetlenmiştir.

Cireli ve arkadaşları (2004) yaptıkları çalışmada belirli sıcaklık, yıkama süresi, ön yıkama süresi ve yıkama çözültisi aralığında pamuklu (Co), polyester (PES), pamuklu/polyester (Co/PES), yünü (Wo) ve yünü/polyester (Wo/PES) kumaşlardan leke uzaklaştırma miktarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada sebum (sentetik insan kiri), kömür, kahve, vişne ve et sosu lekeleri kullanılmıştır. Alman WFK Testgewebe GmbH enstitüsünden temin edilen farklı tipteki çamaşırlar ön işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra oda sıcaklığında 5 cm x 5 cm boyutlarında kesilen kumaş numuneleri lekeler ile kaplanmıştır. Yıkama çalışmalarında ticari olarak bulunabilen deterjandan pamuk, polyester ve Co/PES kumaşlar için 5 g/l; yün ve Wo/PES kumaşlar için ise 3 g/l kullanılmıştır. Ticari deterjan:

- Katyonik ve noniyonik yüzey aktif madde, polikarboksilat ve zeolit (%5'den az),
- Anyonik yüzey aktif madde, oksijen bazlı ağartıcı madde (%5-15 arası),
- Fosfat (%15-30)

içermektedir.

Deney tasarımı dört faktörün etkisi düşünülerek tasarlanmıştır. Deney tasarımına ait plan aşağıdaki Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deney tasarımına ait plan (Cireli, Sarışık, Kutlu, & Yaman, 2004).

	Sıcaklık						
	30°C		40°C		50°C	60°C	80°C
Kumaş Tipi	Co / PES	Wo / PES	Co / PES	Wo / PES	Co / PES	Co / PES	Co / PES
Mekanik Hareket	12 s dönme / 4 s durma	12 s dönme / 4 s durma	12 s dönme / 4 s durma	12 s dönme / 4 s durma	12 s dönme / 4 s durma	12 s dönme / 4 s durma	12 s dönme / 4 s durma
Yıkama Çözeltisi Oranı	1:3	1:10	1:3	1:10	1:3	1:3	1:3
Ana Yıkama Süresi (dk)	10	10	10	10	10	10	10
Ön Yıkama Süresi (dk)	15	15	15	15	15	15	15
Ön Yıkama Süresi (dk)	20	20	20	20	20	20	20
Ön Yıkama Süresi (dk)	25	25	25	25	25	25	25
Ön Yıkama Süresi (dk)	0	0	0	0	0	0	0
Ön Yıkama Süresi (dk)	5	5	5	5	5	5	5
Ön Yıkama Süresi (dk)	10	10	10	10	10	10	10

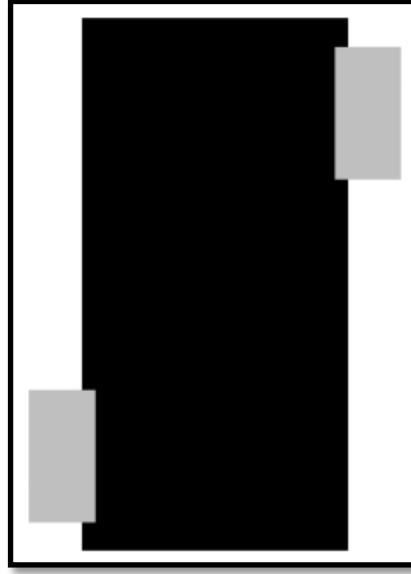
Bir otomatik çamaşır makinası, yıkama sıcaklığı, su miktarı, yıkama süresi, tambur hızı, mekanik hareket ve yıkama adımları için Tablo 3.1’de belirlenen değerlere göre ayarlanmıştır. Ön yıkama sıcaklığı 30°C’ye ayarlanmıştır. Tambur hızı yıkama adımları için 50 rpm; durulama adımları için 60 rpm olarak belirlenmiştir. Durulama adımları iki defa olmak üzere beşer dakika olarak ayarlanmıştır. 5 cm x 5 cm boyutundaki lekeli kumaşlar 70 cm x 100 cm boyutundaki pamuklu çamaşıra dikilmiştir. Toplam yıkama kapasitesi 1.5 kg’dır. Yıkama öncesi ve sonrasında, lekeli kumaşların renkleri Minolta CM-3600D spektrofotometre ile reflektans değerleri ölçülmüştür. Reflektans değerleri arasındaki farka göre leke uzaklaştırma miktarı hesaplanmıştır. Yapılan yıkama sonucunda elde edilen veriler aşağıda sıralanmıştır:

- Etkin leke uzaklaştırma miktarı çok yüksek sıcaklık ve uzun yıkama sürelerinde gözlenmiştir. Bunun sonucunda su, enerji ve deterjan tüketimi oldukça yüksektir.
- Ancak bazı lekeler ve tekstil tipleri için, uzun yıkama süreleri, yüksek su tüketimi ve sıcaklığa ihtiyaç duyulmamaktadır.

- Bu çalışma polyesterin en iyi temizlenebilir tekstil tipi olduğunu göstermiştir. Bu durumun nedeni polyester sentetik lif olması sebebiyle doğal lif içermemesi ve diğer kumaşlara göre daha beyaz olmasıdır.
- Genel olarak tüm tekstil tipleri için 5 dakika olarak belirlenen ön yıkama süresi yeterlidir.
- Daha yüksek leke uzaklaştırma miktarı, birçok tekstil ve leke tipi için, yıkama çözeltisi oranının 1:5 olması durumunda gözlenmiştir.
- Co/PES kumaş tipi için tüm sıcaklıklarda en iyi leke uzaklaştırma miktarı; yıkama çözeltisi oranı 1:5, ön yıkama süresi 5 dk ve ana yıkama süresi 25 dk olduğu durumda elde edilmiştir.
- Wo ve Wo/PES kumaş tipleri için, 30°C için optimum ana yıkama süresi 20-25 dk; 40°C için 15 dk olarak belirlenmiştir.

Yun ve Park (2015) yaptıkları çalışmada, önden yüklemeli çamaşır makinasında tekstil tipi, çarşaf sayısı, kumaş boyutu ve yıkama devir hızı faktörlerinin yıkama etkinliği üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada iki çeşit polyester kumaş ve pamuklu kumaş kullanılmıştır. Kumaş numuneleri 20 cm x 40 cm, 40 cm x 40 cm, 40 cm x 80 cm ve 80 cm x 80 cm olmak üzere dört farklı boyutta kesilmiştir. Çamaşır makinası olarak Samsung firmasının 13 kg çamaşır kapasiteye sahip ürünü kullanılmıştır. Swissatest Testmaterialien AG firmasında satın alınan karbon siyahı/ mineral yağ standart leke (EMPA 106) 5 cm x 10 cm boyutlarında kesilerek kumaşa Şekil 3.1’de görülen şekilde tutturulmuştur. EMPA 106’nın kullanılma sebebi, mekanik etkinin en iyi şekilde görülebildiği lekelerden biri olmasıdır. Yük içerisinde bir adet çarşaf bulunuyorsa iki adet EMPA 106 numunesi, iki veya sekiz adet çarşaf bulunuyorsa dört adet EMPA 106 numunesi kullanılmıştır (Yun & Park, The Effect of Fabric Movement on Washing Performance in a Front-Loading Washer II: Under Various Physical Washing Conditions, 2015).

Deterjan etkisini minimize ederek, mekanik etkinin etkin bir şekilde gözlenebilmesi için 15°C’ye şartlandırılmış musluk suyu kullanılmıştır. Yük içerisinde bir veya iki adet çarşaf bulunduğu durumda 6.5 l; sekiz adet çarşaf bulunuyorsa 9.5 l su kullanılmıştır. Deterjan olarak Persil’in toz deterjanı tavsiye edilen miktarda (1.75 g/l) kullanılmıştır. Deterjan öncelikle 15°C’de sıcaklıktaki 0.5 l su içerisinde tamamen çözündürülmüştür.



Şekil 3.1 EMPA 106 kumaşa dikim noktaları (Yun & Park, 2015).

Yıkama etkinliği 32, 46 ve 60 rpm hızlarında hesaplanmıştır. Yıkama süresi tüm hızlar için 30 dakika olarak ayarlanmıştır. Ayrıntılı yıkama koşulları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

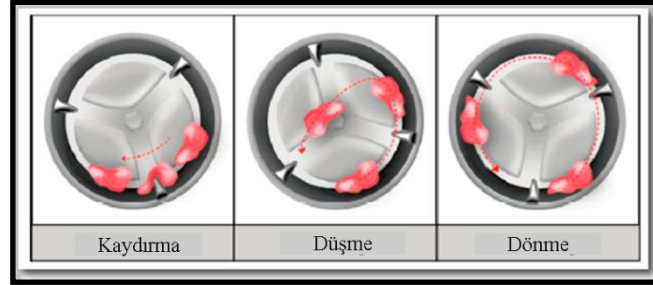
Çizelge 3.2 Yıkama koşulları (Yun & Park, 2015).

	Değerlendirme kriteri	Kumaş Hareketi	Yıkama Etkinliği
Deterjan	Malzeme	-	Persil (toz)
	Miktar (g/l)	-	1.75
Su	Sıcaklık (°C)	15	15
	Miktar (l)	6.0	6.5/9.5
	Dönme Hızı (rpm)	32,46,60	32,46,60
Yıkayıcı	Motor on/off süresi (s)	30/4	30/4
	Yıkama süresi	13s	30 dk

Yıkama etkinliğini hesaplayabilmek için Minolta CM-3600D spektrofotometre cihazı ve analiz programında reflektans değerleri ölçülmüştür. Reflektans ölçümleri, EMPA 106 numunesinin her iki yüzünden de iki farklı noktadan ölçüm alınarak yapılmıştır. Toplamda dört noktadan yapılan ölçümün ortalama değeri alınarak hesaplama yapılmıştır.

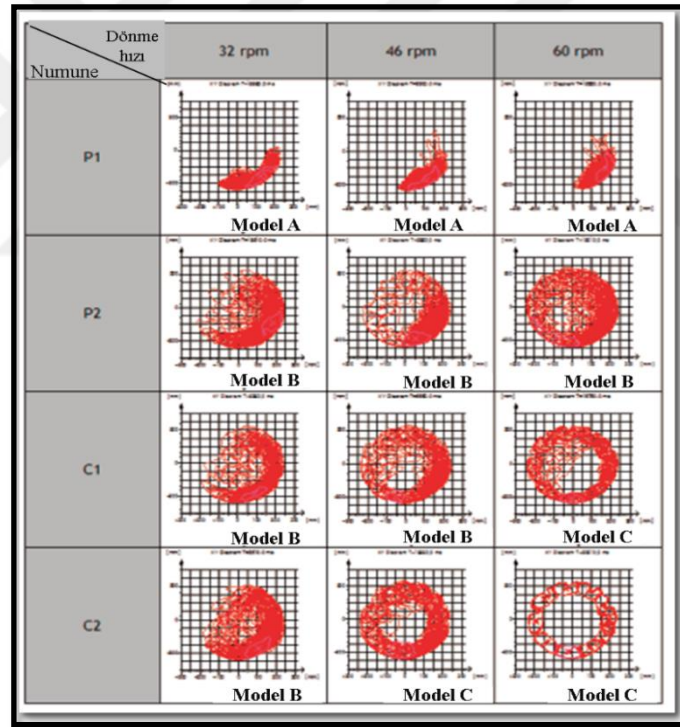
Yıkama çalışmaları her test koşulu için üç tekrarlı olarak yapılmış ve bu üç tekrarın ortalama değerleri kullanılmıştır.

Çamaşır tipi, boyutu ve sayısı ve aynı zamanda dönme hızı farklılaştırıldığında, çok çeşitli çamaşır hareketleri gözlenebilmektedir. Bunlar kumaşın hareket ettiği mesafeye göre kaydırma < düşme < dönme olarak üç grupta birleştirilmiştir. Çeşitli kumaş hareketleri için kavramsal diyagramlar Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2 Çeşitli kumaş hareketleri için kavramsal diyagramları (Yun & Park, 2015).

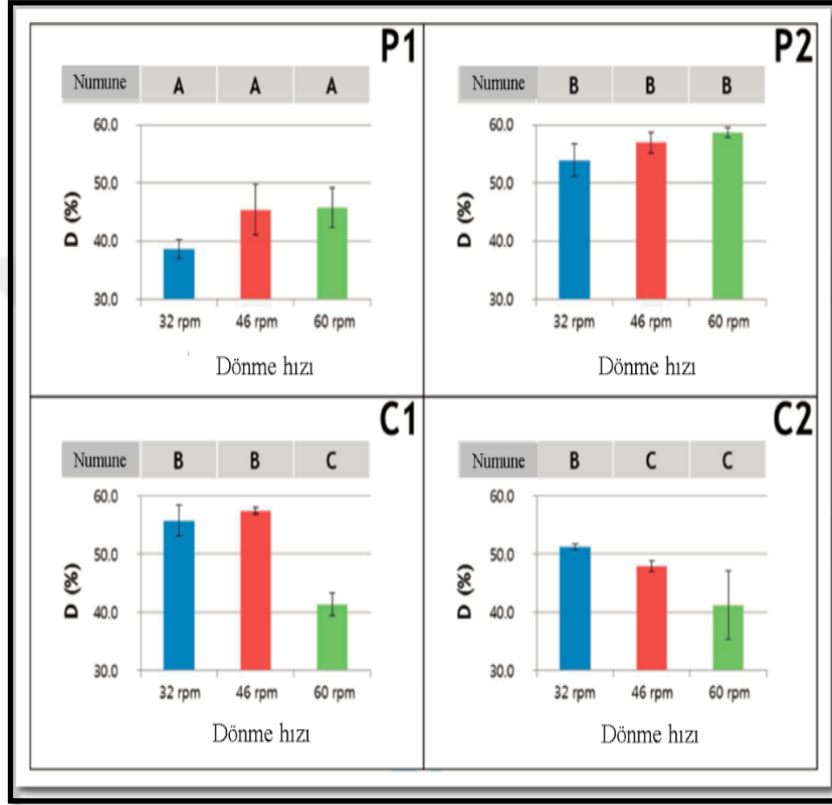
Yıkama dönme hızına göre kumaş hareket desenleri Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3 Dönme hızına karşı kumaş hareketi desenleri (kumaş boyutu: 40 cm x 80 cm; çarşaf sayısı: 1 (Yun & Park, 2015)).

Şekil 3.4’te farklı dönme hızları için hesaplanan yıkama etkinliği sonuçlarının grafiksel gösterimi verilmiştir. P1 tüm dönme hızlarındaki kaydırma hareketini göstermektedir ve burada düşük yıkama etkinliği gözlenmiştir. P2’deki yıkama etkinliği, artan dönme hızı nedeniyle biraz daha iyileşmiştir. Burada merkezkaç

kuvvetlerinin ortaya çıkması, kaydırma hareketinde azalmaya neden olurken; düşme ve dönme hareketlerinde artışa neden olmuştur. C1, 60 rpm dönme hızındaki en düşük yıkama etkinliğini göstermektedir. Dönme hızı arttığında, yıkayıcı tarafından çamaşıra uygulanan merkezkaç kuvvetleri çok arttığı için sadece dönme hareketi gerçekleşmektedir, bu durum da düşük yıkama etkinliğine neden olmuştur. C2, 32 rpm dönme hızında en yüksek yıkama etkinliğinin elde edildiği yerdir.



Şekil 3.4 Dönme hızına karşı yıkama etkinliği (kumaş boyutu: 40 cm x 80 cm; çarşaf sayısı:1) (Yun & Park, 2015).

Han ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada, pamuklu kumaş üzerinde yapay olarak elde edilen yağ, protein ve yağ-protein lekeleri için en uygun yıkama koşullarını belirlemişlerdir. Bu nedenle tambur hareketi ile elde edilen mekanik etki ve deterjan tarafından sağlanan fizikokimyasal etkinin yıkama etkinliğine katkısı araştırılmıştır. Yapay lekeler laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. Yıkayıcı ekipman olarak Terg-O-Tometre (TOT) cihazı kullanılmıştır. Yıkama çalışmalarında, 9.6 pH, %0,015 kritik misel konsantrasyonu (CMC) değerine sahip zayıf bazik özellikteki sıvı deterjan (Act'z, Pigeon Co., Ltd, Kore) enzim ve %15 ile 30 arasında değişen miktarda yüzey aktif madde içermektedir. Deterjan üreticisi tarafından

tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı 30 l su için 30 ml olarak önerilmiştir (Han, Chung, Kim, & Park, 2015).

Deneysel çalışmada, tavsiye edilen miktara uygun kalarak 600 ml su için 0.6 ml deterjan kullanılmıştır.

TOT cihazının paslanmaz çelik kabına, üç adet 5 cm x 10 cm boyutlarında hazırlanan leke ve 600 ml musluk suyu ile konularak yıkama çalışmaları yapılmıştır. Her yıkama deneyi üç kez tekrar edilmiştir. Böylece bir deney seti sonucunda bir leke tipi için toplam dokuz numunenin yıkama sonucu elde edilmiştir. Yıkama çalışmaları için belirlenen koşullar Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Mekanik etkinin gözlemlenmesi amacıyla yapılan deney çalışmaları deterjansız olarak yapılmıştır. Bunun yanı sıra, fizikokimyasal etkinin gözlemlenmesi amacıyla yapılan deney çalışmaları da karıştırma hareketi olmadan yapılmıştır. Genel etki, hem mekanik hareketin hem de deterjanın kullanıldığı durumda gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.3 Deney tasarımı için yıkama koşulları (Han, Chung, Kim, & Park, 2015).

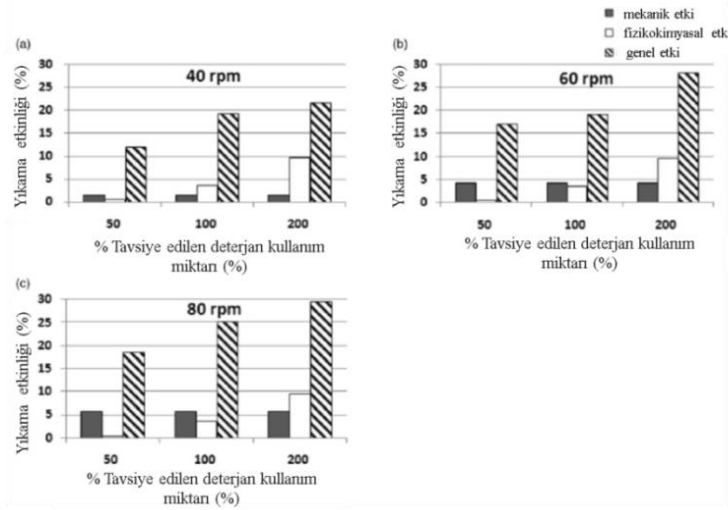
	Mekanik etki	Fizikokimyasal etki	Genel etki
% Tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı (%)	0	50, 100, 200	50, 100, 200
TOT karıştırma hareketi (rpm)	40, 60, 80	0	40, 60, 80

Yıkama sıcaklığı 20°C’de tutulmuş ve yıkama süresi 10 dakika ayarlanmıştır. Yıkamayı takiben üçer dakikalık mekanik kuvvetin uygulanmadığı iki defa durulama adımı mevcuttur.

Yıkama sonucunda her bir lekenin spektrofotometre cihazı (JP/CM-2600d, Minolta) ile reflektans değerleri ölçülmüş ve ortalama değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen yıkama sonuçlarına göre her bir lekeye ait grafiksel gösterimler sırasıyla Şekil 3.5, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de verilmiştir.

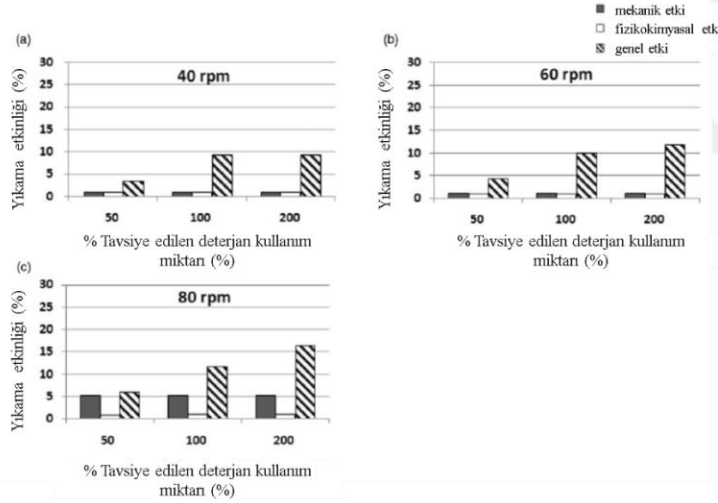
Yağ lekesi için elde edilen sonuç Şekil 3.5’de verilmiştir.

Şekil 3.5’teki yıkama etkinlikleri grafiklerine göre; yağ lekesi için karıştırma hızı 40 rpm’den 80 rpm’e doğru artarken, yıkama etkinliği yüzdesi de artış göstermiştir. Aynı etki artan deterjan miktarı ile birlikte de görülmüştür.



Şekil 3.5 Yağ lekesinin çeşitli % tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı ve karıştırma hareketi koşullarında yıkama etkinlik yüzdeleri (a) 40 rpm; (b) 60 rpm; (c) 80 rpm (Han, Chung, Kim, & Park, 2015).

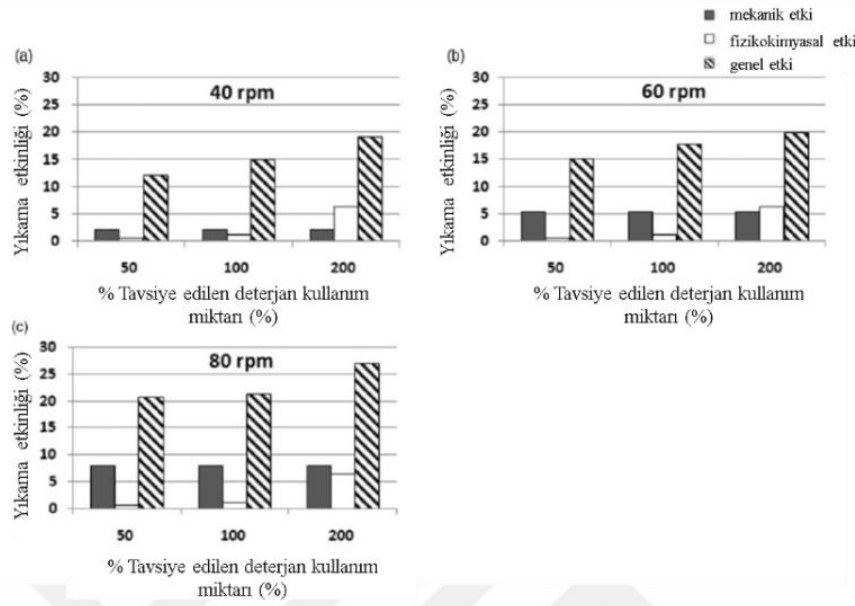
Genel etki koşulunda, mekanik hareket ve fizikokimyasal etkinin sinerjik etkisi ile birlikte tüm karıştırma hızlarında en iyi yıkama etkinliği yüzdeleri elde edilmiştir.



Şekil 3.6 Protein lekesinin çeşitli % tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı ve karıştırma hareketi koşullarında yıkama etkinlik yüzdeleri (a) 40 rpm; (b) 60 rpm; (c) 80 rpm (Han, Chung, Kim, & Park, 2015).

Protein lekesi için elde edilen yıkama etkinliği yüzdeleri, yağ lekesi için elde edilen yıkama etkinliği yüzdelerine göre önemli ölçüde düşüktür. Protein lekeleri önemli derecede enzimden etkilendiği için, en iyi sonuçlar 50-60°C sıcaklıklarda gözlemlenmesi beklenmektedir. Ancak yıkama sıcaklığı 20°C’de sabit tutulduğu için, enzim istenilen seviyede aktif hale getirilememiş, bu durum da fizikokimyasal etkinin düşük seviyelerde kalmasına neden olmuştur. Karıştırma hızının 40 ile 60

rpm olduğu durumlar arasında yıkama etkinliği açısından çok farklı sonuçlar elde edilmezken, 80 rpm karıştırma hızında daha yüksek yıkama etkinliği sonucu elde edilmiştir.

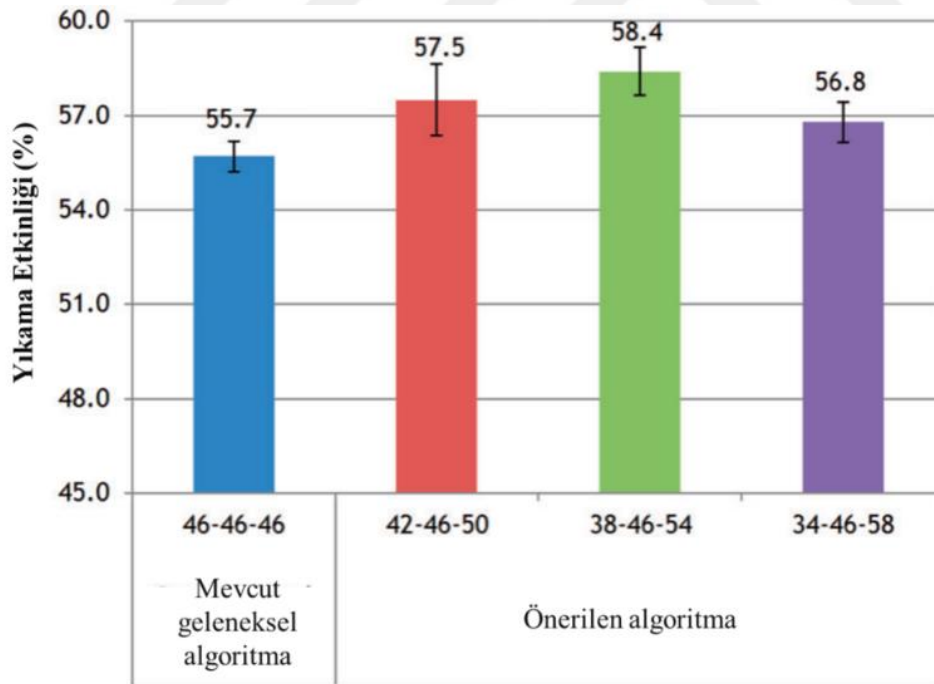


Şekil 3.7 Yağ-protein karışım lekesinin çeşitli % tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı ve karıştırma hareketi koşullarında yıkama etkinlik yüzdeleri (a) 40 rpm; (b) 60 rpm; (c) 80 rpm (Han, Chung, Kim, & Park, 2015).

Şekil 3.7’den de görüldüğü gibi, karma lekenin yıkama etkinliği artan karıştırma hızı ve deterjan miktarı ile artmıştır. Deterjan kullanımı %100 veya daha az olduğunda, fizikokimyasal yıkama etkinliği oldukça düşüktür (%1-2); ancak deterjan kullanımı %200’e yaklaştıkça yıkama etkinliği %7 seviyesine ulaşmıştır.

Çamaşır makinelerinde yıkama üzerinde etkili parametreler sıcaklık, mekanik hareket, kimyasal etki ve süredir ancak yıkayıcı sistemlerde mekanik hareketin ve çamaşır hareketinin etkileri yeterince çalışılmamıştır. Changsang Yun ve Chung Hee Park (2015), çamaşır makinelerinde çamaşır hareketini kayma, düşme ve dönme olmak üzere üç gruba ayırarak yıkama etkinliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ayrıca çamaşır üzerindeki etkili kuvvetler olan santrifüj kuvveti, sürtme kuvveti ve yer çekimi kuvveti de hesaba katılarak testler gerçekleştirilmiştir. Çamaşır hareketi ve yıkama etkinliği arasında korelasyon kurmak adına, çamaşır hareket indeksi oluşturulmuştur. Çamaşır tipi, boyutu, adedi ve tambur dönüş hızı değiştirilerek on dört adet çamaşır hareket indeksi meydana getirilmiştir. Çamaşır kütle merkezinin değişim açısı, çamaşır-tambur arasındaki hız farkı, çamaşır tarafından toplam kat edilen yol, çamaşır alanı, çamaşır şekil faktörü, toplam kayma, toplam düşme gibi

farklı hareketlerin incelendiği indeksler bulunmaktadır. Tüm indeksler, çamaşır üzerindeki etkili kuvvetler ve çamaşır hareketleri (kayma, dönme, düşme, katlanma ve kanat tarafından tam döndürülme) kullanılarak yıkama etkinliği arasında regresyon analizleri gerçekleştirilmiş. Bu analizler sonucunda çamaşır şekil faktörünün, çamaşır kütle merkezi açı değişiminin ve çamaşır-tambur hızları arasındaki farkın yıkama etkinliği üzerinde önemli etkileri olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçların üzerinde çamaşıra tek bir hareketten ziyade kompleks hareket yaptırılması düşünülmüş ve farklı hızlarda tambur dönüşü ile birleştirilen hareketler kullanılarak yıkama etkinliği kıyaslamaları gerçekleştirilmiş. Aşağıdaki grafikten de görüldüğü üzere 38 rpm – 46 rpm – 54 rpm içeren tambur hareketinin yıkama etkinliği üzerinde % 4,8 oranında iyileştirme sağladığı görülmüştür. Testlerde mekanik harekete duyarlı EMPA 106 lekesi (Carbon black/mineral yağı) kullanılmıştır. Şekil 3.8’de mevcut geleneksel algoritma ve önerilen algoritmalara ait yıkama etkinliği yüzdeleri gösterilmiştir (Yun & Park, The Effect of Fabric Movement on Washing Performance in a Front-Loading Washer III: Focus on the Optimized Movement Algorithm, 2015).



Şekil 3.8 Mevcut geleneksel algoritma ve önerilen algoritmalara ait yıkama etkinliği yüzdeleri (Yun & Park, 2015).

Woo, Kim ve Park’ın (2014) yaptıkları çalışmada, iki farklı leke tipi için sadece mekanik etki, sadece fizikokimyasal etki ve her iki etkinin de birlikte olduğu durum

için yıkama etkinliğine yaptığı katkıları ayırtırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada EMPA firmasından satın alınan standart karbon siyahı-mineral yağ (EMPA 106) lekesi ve standart kan (EMPA 111) lekesi, bir çarşaf, üç yastık kılıfı ve dokuz el havlusundan oluşan üç kg'lık çamaşır ve ticari olarak satılan sıvı deterjan (Pigeon Co., Ltd, Kore) kullanılmıştır. Üç kg çamaşır kapasitesi için tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı 35 ml ve su miktarı 16.5 l'dir. Bu çalışmada, üretici tarafından tavsiye edilen deterjan miktarının %50 ve 100'ü kadar kullanılmıştır. Yıkama çalışmaları 13 kg çamaşır kapasitesine sahip Samsung marka WW-HC 135US model önden yüklemeli çamaşır makinasında gerçekleştirilmiştir. Yıkama etkinliğine sadece mekanik etkinin katkısının gözlemlenmesi amacıyla yapılan testlerde deterjan kullanılmamıştır. Sadece deterjan miktarının katkısının gözlemlenmesi amacıyla yapılan testler de ise mekanik hareket kullanılmamıştır (Woo, Kim, & Park, 2014). Çizelge 3.4'de çalışmada kullanılan yıkama koşulları özetlenmiştir.

Çizelge 3.4 Yıkama koşulları (Woo, Kim, & Park, 2014).

Yıkama Koşulları	Koşullar
Yıkama sıcaklığı (°C)	20, 40, 60
% Tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı	0, 50, 100, 200
Yıkama süresi (dk)	18, 36, 54
Mekanik dönme hızı (rpm)	0, 46

İki farklı lekenin yıkama etkinliğini belirlemek için hem yıkama öncesi hem de yıkama sonrasında 520 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazında lekelerin dört farklı noktasından reflektans değerleri ölçülmüştür. Kubelka-Munk eşitliği ile her bir faktörün yıkama etkinliğine yaptığı katkı hesaplanmıştır. Kubelka-Munk eşitliği Eşitlik (3.1) verilmiştir. Buna göre:

$$D (\%) = \frac{\frac{(1-R_s)^2}{2R_s} - \frac{(1-R_w)^2}{2R_w}}{\frac{(1-R_s)^2}{2R_s} - \frac{(1-R_o)^2}{2R_o}} \times 100 (\%) \quad (3.1)$$

burada:

D: yıkama etkinliği

R_s : yıkama öncesi lekeli kumaşın reflektans değeri

R_w : yıkama sonrası lekeli kumaşın reflektans değeri

R_o : lekesiz kumaşın reflektans değeri.

EMPA 106 lekesi için hesaplanan yıkama etkinliği değerleri Çizelge 3.5'de verilmiştir.

EMPA 106 lekesi için toplam yıkama etkinliği, artan yıkama süresi ile artış göstermiştir. Tüm yıkama sıcaklıkları ve sürelerde, EMPA 106 lekesinin yüksek mekanik harekete duyarlı olduğu gösterilmiştir. Yüksek mekanik harekette daha yüksek yıkama etkinliği elde edilmiştir. Fizikokimyasal etkinin, yıkama etkinliği üzerine etkisi kısmen daha yüksek sıcaklıklarda görülmüştür. Bu duruma, yüksek sıcaklığın mineral yağın misel oluşumuna ve çözünmesine olanak sağlamasıdır. Hem mekanik etkinin hem de fizikokimyasal etkinin yüksek olduğu noktalarda, bu iki etkinin sinerjik etkisinin de yüksek değerlere ulaştığı gözlenmiştir.

Çizelge 3.5 EMPA 106 lekesi için toplam yıkama etkinliği ve mekanik etki ile fizikokimyasal etkinin yıkama etkinliğine yaptıkları katkı (Woo, Kim, & Park, 2014).

Sıcaklık (°C)	%Tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı (%)	0			50			100		
		Zaman (dk)	18	36	54	18	36	54	18	36
20	Dmekanik (%)	36,7	44,4	49,7	36,70	44,4	49,7	36,7	44,4	49,7
	Dfizikokimyasal (%)	0,0	0,0	0,0	10,00	11,0	11,5	10,6	10,3	11,6
	Dtoplam (%)	36,7	44,4	49,7	47,50	58,0	61,1	50,9	59,3	63,8
	Sinerji	0,0	0,0	0,0	0,80	2,6	-0,1	3,6	4,5	2,5
30	Dmekanik (%)	39,3	46,9	50,6	39,30	46,9	50,6	39,3	46,9	50,6
	Dfizikokimyasal (%)	0,0	0,0	0,0	10,00	11,0	13,0	13,6	12,6	13
	Dtoplam (%)	39,3	46,9	50,6	52,60	62,0	66,0	55,4	62,5	66,9
	Sinerji	0,0	0,0	0,0	3,30	4,1	2,3	2,5	3,1	3,3
40	Dmekanik (%)	44,2	49,3	50,4	44,20	49,3	50,4	44,2	49,3	50,4
	Dfizikokimyasal (%)	0,0	0,0	0,0	11,00	12,9	13,7	12,4	13,3	14,6
	Dtoplam (%)	44,2	49,3	50,4	55,90	63,3	66,8	58,4	65,2	67,6
	Sinerji	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	2,8	1,8	2,6	2,6

EMPA 111 lekesi için hesaplanan yıkama etkinliği değerleri Çizelge 3.6'de verilmiştir.

Çizelge 3.6'da da görüldüğü gibi EMPA 111 lekesi için toplam yıkama etkinliği, artan yıkama sıcaklığı ile birlikte proteinlerin yapısının bozunması ve enzimatik etkinin azalması nedeniyle düşmüştür. EMPA 111 lekesi için, uzun yıkama süresi ve düşük sıcaklık koşullarında artan mekanik hareket ve deterjan miktarı ile birlikte yıkama etkinliği artış göstermiştir. Buna göre EMPA 111 lekesi için en iyi temizlenme performansı düşük sıcaklıkta, uzun süre ve yüksek mekanik hareket koşulunda elde edilmiştir.

Çizelge 3.6 EMPA 111 lekesi için toplam yıkama etkinliği ve mekanik etki ile fizikokimyasal etkinin yıkama etkinliğine yaptıkları katkı (Woo, Kim, & Park, 2014).

Sıcaklık (°C)	%Tavsiye edilen deterjan kullanım miktarı (%)	0			50			100		
		Zaman (dk)								
20		18	36	54	18	36	54	18	36	54
	Dmekanik (%)	54,6	67,1	69,4	56,6	67,1	69,4	54,6	67,1	69,4
	Dfizikokimyasal (%)	0,0	0,0	0,0	44,8	46,7	48,0	41,9	44,9	44,0
	Dtoplam (%)	54,6	67,1	69,4	57,5	68,0	72,5	64,3	69,5	74,2
	Sinerji	0,0	0,0	0,0	-41,8	-45,8	-45,0	-32,1	-42,5	-39,2
30	Dmekanik (%)	53,6	56,5	59,0	53,6	56,5	59,0	53,6	56,5	59,0
	Dfizikokimyasal (%)	0,0	0,0	0,0	37,0	39,0	41,2	34,3	36,9	38,4
	Dtoplam (%)	53,6	56,5	59,9	55,9	58,5	61,6	56,6	64,8	68,2
	Sinerji	0,0	0,0	0,0	-34,7	-37,0	-38,6	-31,4	-28,7	-29,2
	Dmekanik (%)	45,5	49,7	53,5	45,5	49,7	53,5	45,5	49,7	53,5
40	Dfizikokimyasal (%)	0,0	0,0	0,0	4,6	8,4	8,3	13,1	10,8	12,8
	Dtoplam (%)	45,5	49,7	53,5	45,5	54,0	55,6	50,1	54,0	55,5
	Sinerji	0,0	0,0	0,0	-4,6	-4,1	-6,3	-8,5	-6,5	-10,8



4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Temizlik, insanlık için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Bedensel temizliğin yanı sıra kullanılan eşya ve çamaşırların da temizliği de sağlıklı bir yaşam için gereklidir. Çamaşır temizliği, çok önceleri manuel olarak gerçekleştirilirken; günümüzde ilerleyen teknoloji sayesinde çamaşır makinaları tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu durum da, çamaşır makinasını oldukça ihtiyaç duyulan bir cihaz konuma getirmiştir. Çamaşır makinasının asıl görevi yıkama işlemini gerçekleştirmektir. Yıkama işlemi su, kir, temizlenen yüzey, yıkama ekipmanları ve deterjan olmak üzere beş bileşen içermektedir ve yıkama performansı; temizlenen yüzey özelliğine, kir cinsine ve miktarına, su kalitesine, yıkama tekniğine ve deterjan içeriğine bağlı olarak değişmektedir.

Yıkama işlemi, çamaşırlar üzerinde biriken çoğunlukla insan derisinden çamaşırlara bulaşan sebum yağı lekesi, çevre kaynaklı is, toz, çamur ve günlük kullanım kaynaklı lekelerin uzaklaştırılması amacıyla gerçekleştirilmektedir. Çamaşırlarda karşılaşılan kirler; inorganik partiküller, inorganik tuzlar, karbonhidratlar, pigmentler, yağ, yağ asitleri, squalane, proteinler ve nişasta gibi çok farklı bileşenler içermektedir. Bu nedenle de her lekenin, tekstil üzerinden uzaklaştırılma mekanizması birbirinden farklıdır. Çamaşır makinaları üreticilerinin, birbirinden farklı yapıda olan bu lekelerin yıkama işlemi esnasında kolayca tekstil yüzeyinden uzaklaşarak temizleme işleminin gerçekleşmesi için farklı algoritmalar geliştirmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda yapılacak olan çalışma ile iki farklı gruba ayrılmış yirmi dört lekenin temizlenme performansı üzerinde etkili olan yıkama parametrelerinin optimum değerleri belirlenecektir. Bu doğrultuda optimum program süresinde istenilen yıkama performansı sağlayacak bir çamaşır makinesi leke programının geliştirilmesi hedeflenmektedir.

4.1 Deney Tasarımında Kullanılan Ekipmanlar ve Malzemeler

4.1.1 Deney tasarımında kullanılan ekipmanlar

4.1.1.1 Çamaşır makinası

Deney tasarımında kullanılan başlıca ekipman, yıkama çalışmalarının yapılacağı çamaşır makinasıdır. Testlerde Arçelik markasına ait 8 kg çamaşır kapasitesine sahip 64 l hacmindeki çamaşır makinası kullanılmıştır. Test çalışmaları 4 kg çamaşır kapasite kullanılarak gerçekleştirilmesi uygun bulunmuştur. Kullanılacak kapasite belirlenirken, tüketici kullanım alışkanlıkları ve diğer çamaşır makinası üreticilerinin piyasada mevcut olan leke programları için deklare ettiği yıkama kapasitesi göz önünde bulundurulmuştur. Şekil 4.1’de tez çalışmasında kullanılan çamaşır makinası gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Deney tasarımında kullanılan çamaşır makinası.

Makinanın ısıtıcı bölgesine yerleştirilen ısı çift sayesinde testler sırasında yıkama ortamının sıcaklığı ölçülmüştür. Ayrıca testler sırasında çamaşır makinasının bağlı olduğu veri toplama sistemi (VTS) sayesinde yıkama prosesine ait verilen grafiksel olarak kaydedilmiştir.

4.1.1.2 Hassas terazi

Yıkama performansı testlerinde kullanılacak deterjan miktarı, EN 60456:2011 standardında belirlenmiştir (BS EN 60456:2011, 2011). Standartta belirtilen eşitliğe göre deterjan miktarı aşağıdaki hesaplanmaktadır:

$$\text{Deterjan miktarı (g)} = 40 \text{ g} + 12 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \times C \quad (4.1)$$

burada;

C: çamaşır kapasitesidir (kg).

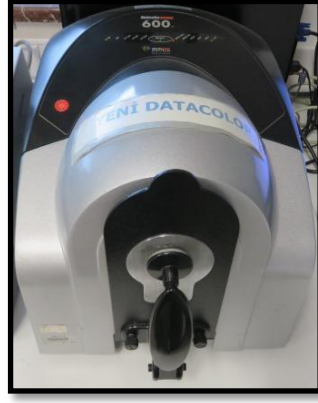
Deterjan miktarının, yıkama performansı üzerine doğrudan etkisi olduğu için deterjan tartımı çok önemlidir. Bu nedenle deterjan tartımları sırasında hassas terazi kullanılmıştır. Şekil 4.2’de tez çalışmasında kullanılan hassas terazi gösterilmiştir. Hassas terazinin yıllık kalibrasyonu düzenli olarak yapılmaktadır.



Şekil 4.2 Deterjan ölçümü için hassas terazi.

4.1.1.3 Spektrofotometre

Lekelerin yıkama performansını değerlendirmek için, her bir lekeye ait yıkama öncesi ve yıkama sonrası tristimulus Y değerleri ölçülmüştür (BS EN 60456:2011, 2011). Tritimulus Y değerleri Datacolor firmasına ait spektrofotometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. Testlerde kullanılan spektrofotometre cihazı Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3 Leke şeritlerinin Tristimulus Y değerlerinin ölçümünde kullanılan spektrofotometre.

Günümüzde kullanılan renk sistemleri Commission Internationale de l'Éclairage (Uluslar Arası Renk Ölçüm Merkezi - CIE) tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin temeli, insan gözünün farklı dalga boylarındaki ışığa karşı (RGB modeli) verdiği tepkiye dayanmaktadır. CIE, bu tepkiyi modelleyerek “CIE XYZ” modelini oluşturmuşlardır. Norm renk sistemi olarak da adlandırılan XYZ renk sisteminde; yatay x koordinatı bir rengin kırmızısının içeriklerini, dikey y koordinatı ise yeşilin içeriklerini göstermektedir (MEB, İnşaat Teknolojisi: Renk Hazırlama, 2011).

CIE renk sisteminin temelini teşkil eden üç tristimulus değeri (xyz) renk olgusunun üç temel ögesi olan ışık kaynağı, cisim ve insan gözünün her birini sayısal olarak ifade eder. Tristimulus değeri de, rengin bu üç temel unsurunun sonuçlarının toplamı olarak ifade edilmektedir (MEB, İnşaat Teknolojisi: Renk Hazırlama, 2011).

Reflektans değeri ise, yansıyan ışığın dönen (gelen) ışığa oranını ifade etmektedir.

EN 60456:2011 standardına göre yıkama öncesi ve yıkama sonrası lekelerin ölçümlerinde kullanılacak spektrofotometre cihazı Çizelge 4.1’de belirtilen özelliklere sahip olmalıdır.

4.1.2 Deney tasarımında kullanılan malzemeler

4.1.2.1 Çamaşır

Testlerde kullanılacak çamaşırlar EN 60456:2011 standardında tanımlanan ve çamaşır makinası enerji etiketleme testlerinde kullanılan çamaşırlardır. Standartta çamaşır, yük olarak adlandırılmaktadır. Testlerde kullanılacak pamuklu dolgu yükü standartta belirtilen üretici firmalardan temin edilen çarşaf, yastık kılıfı ve el

havlularından meydana gelmektedir (BS EN 60456:2011, 2011). Deney yükü, kullanılan kapasiteye karşılık gelecek şekilde ayarlanmalıdır. 4 kg çamaşır yükü, iki adet çarşaf, dört adet yastık kılıfı ve on dört adet el havlusu içermelidir.

Çizelge 4.1 EN 60456:2011 standardında tanımlanan spektrofotometre özellikleri (BS EN 60456:2011, 2011).

Özellik	Açıklama
Ölçüm Ekipmanı	400 nm ve 700 nm aralığında 20 nm aralıklarla minimum 16 dalga boyunda reflektans datası sağlayabilen bir spektrofotometre
Parametre	Tristimulus Y değeri (CIE No 15.2)
Lamba / Gözlemci	D65/ 10° - ISO/CIE 10526
Ölçüm Geometrisi	d / 8°
UV-filtre	UV filtre, 400 nm ve daha düşük dalga boylarında 0,01'den düşük spektral geçirgenlik ve 450 nm ile 700 nm dalga boyları arasında da 0,80'den büyük spektral geçirgenliğe sahip olmalıdır
Ölçüm Aparatı	Minimum 20 mm çapta
Kalibrasyon	Kalibrasyon prosedürü, sürekli kullanım durumunda veya cihazın yeniden başlatıldığı durumda günde en az bir defa uygulanmalıdır: • Beyaz standart: baryum sülfat tablet veya sertifikalı beyaz seramik taş • Siyah standart: siyah cisim veya sertifikalı siyah seramik taş • Cihaz üreticisi tarafından tanımlanan kalibrasyon prosedürü kullanılır.

Üreticiden temin edilen çarşaf, yastık kılıf ve yastık havlusu doğrudan yıkama testlerinde kullanılamamaktadır. Sırasıyla ön işlem, normalizasyon ve şartlandırma işlemlerinden sonra dolgu yükü çamaşır makinası testlerinde kullanıma hazır hale gelmektedir. İlk olarak ön işlem aşamasında, hazırlanacak yükün kapasitesine uygun olarak yeni tekstil maddelerinin (çarşaf, yastık kılıfı ve el havlusu) tartımı yapılmaktadır. Tartımı yapılan yükler, EN 60456:2011 standardında referans makine olarak belirtilen ve Wascator olarak adlandırılan makineye yerleştirilmektedir. Wascator makine Electrolux firması tarafından standart olarak üretilmektedir ve

dünya üzerindeki tüm çamaşır makinası üreticileri bu makinaı kullanmak zorundadır. Wascator makinada ön işleme tabi tutulan yük sıfır yaşına gelmektedir.

Sıfır yaşında yük hazırlamak için; çevrimler arasında kurutma işlemi yapmaksızın, beş çevrim Wascator Pamuklu 60°C programında yük kapasitesi başına15 g referans IEC-A* deterjanı kullanılarak yıkama işlemi gerçekleştirilmelidir. IEC-A* deterjanının içeriği EN 60456:2011 standardında belirtilmiş ve standartta tanımlanmış üreticiler tarafından kontrollü olarak üretilmektedir.

Ön işlem sonrası sıfır yaşına getirilen yük normalizasyon işlemine tabii tutulmaktadır. Normalleştirme amacıyla dolgu yükü, bir çevrim deterjan kullanılmadan referans makinada Pamuklu 60°C programında yıkanmaktadır. Eğer yük sıfır yaşında kullanılmak istenilirse, normalizasyon işleminden sonra şartlandırılarak kullanılabilir. Ancak yük daha yaşlı olarak kullanılmak istenirse, ön işlem aşamasındaki deterjanlı yıkamalara istenilen yaşa gelene kadar devam edilmeli, en son çevrimde normalizasyon yapılmalıdır. Her deterjanlı yıkama işlemi, yükü bir yaş yaşlandırmaktadır ve yük yaşının yıkama performansı üzerinde önemli ölçüde büyük etkisi vardır. Deterjan kullanmadan yapılan yıkamalar (normalizasyon aşaması) yük yaşını etkilememektedir.

Çizelge 4.2’de yük yaşlandırma takip çizelgesi verilmiştir. Buna göre tablonun en sol tarafındaki sütun, beş çevrim ön yıkama işlemi ve bir çevrim normalizasyon işlemini göstermektedir. Diğer kısımlar ise, yükün kaç yaşında olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.2 Yük yaşlandırma takip çizelgesi.

1	1	11	21	31	41	51
2	2	12	22	32	42	52
3	3	13	23	33	43	53
4	4	14	24	34	44	54
5	5	15	25	35	45	55
6	6	16	26	36	46	56
Ön yıkama işlemi	7	17	27	37	47	57
	8	18	28	38	48	58
	9	19	29	39	49	59
	10	20	30	40	50	60

Normalizasyon işleminden sonra yükler kurutucuda, nem içeriği %0 olana kadar kurutulmaktadır.

Şartlandırma, normalizasyon ve kurutma işlemleri sonrasında dolgu yükünün bilinen nem yüküne getirilmesi işlemidir. Böylece bir sonraki test başlangıcında yükün her bir parçasının standardize kütleyle erişip erişmediği kontrol edilebilmektedir. Şartlandırma işlemi, EN 60456:2011 standardında belirtilen sıcaklık ve nem değerlerine göre koşullandırılmış odalarda gerçekleştirilmektedir. EN 60456:2011 standardına göre sıcaklık değeri $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ve bağıl nem $\%65 \pm 5$ aralığında olmalıdır. Kurutulan yükler, aralarında serbestçe hava dolaşımı sağlanacak şekilde tek tek ve ayrı olarak asılarak $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemde 15 saatten daha az olmayan bir süre için bekletilmektedir. Alternatif olarak yük, yükün ağırlığında ard arda yapılan iki ölçümde $\%0,5$ 'ten daha az (± 60 g) bir değişim oluncaya kadar, tariflenen koşullarda bekletilmelidir. Bu ölçümler iki saat veya daha fazla aralıklarla yapılır. Şartlandırılarak istenilen sıcaklık ve nem içeriğine sahip yük, yıkama testlerinde kullanıma hazır hale gelmiştir. Çizelge 4.3'de 4 kg yük için yük yaşı takip çizelgesi verilmiştir.

Çizelge 4.3 4 kg yük için yük yaşı takip çizelgesi.

4 KG - YENİ ENERJİ ETİKETİ - 1.YÜK (1.Çevrim) Orijinal Ağırlığı: 3,90 kg																			
Yük Yaşı Ortalaması			31	32	33	34	35		36	37	38	39	40		41	42	43	44	45
Cins	Adet	Grup	Yaş																
Çarşaf	1	A	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10		11	12	13	14	15
Yastık Kılıfı	2	B	21	22	23	24	25		26	27	28	29	30		31	32	33	34	35
Çarşaf	1	B	41	42	43	44	45		46	47	48	49	50		51	52	53	54	55
Yastık Kılıfı	2	A	61	62	63	64	65		66	67	68	69	70		71	72	73	74	75
Havlu	4	B	1	2	3	4	5	DURULAMA	6	7	8	9	10	DURULAMA	11	12	13	14	15
Havlu	4	A	21	22	23	24	25		26	27	28	29	30		31	32	33	34	35
Havlu	3	A	41	42	43	44	45		46	47	48	49	50		51	52	53	54	55
Havlu	3	B	61	62	63	64	65		66	67	68	69	70		71	72	73	74	75

Testlerde kullanılan yüklerin ortalama yük yaşı EN 60456:2011 standardına göre 30 ila 50 arasında olmalıdır.

Tez kapsamında yapılan yıkama çalışmaları için EN 60456:2011 standardına göre hazırlanmış iki adet 4 kg 31 yaşındaki yükler kullanılacaktır. Her yük 15 yıkama çevrimi kullanılacaktır. Testten çıkan yük Mini 90°C programında deterjansız olarak yıkanarak durulanacaktır. Durulama işleminden sonra kurutulup, şartlandırılarak bir sonraki test için hazır hale getirilecektir.

4.1.2.2 Su

Yıkama performansı testlerinde kullanılan su EN 60456:2011 standardında belirtilen özelliklere sahip olmalıdır. Tüm testlerde aynı özelliklere ve kaliteye sahip su kullanılmalıdır. Suyun sıcaklık, pH veya iletkenlik değerindeki herhangi bir değişim çamaşır makinasının hem enerji hem de yıkama performansını etkilemektedir. EN 60456:2011 standardına göre yıkama testlerinde kullanılacak suyun sahip olması gereken özellikler Çizelge 4.4’de verilmiştir.

EN 60456:2011 standardında atıf yapılan IEC 60734 standardına göre su hazırlanmaktadır. IEC 60734 standardında su hazırlamak için Metot A, B ve C olmak üzere üç farklı metot önerilmiştir.

Çizelge 4.4 EN 60456:2011 standardına göre yıkama testlerinde kullanılacak suyun sahip olması gereken özellikler (BS EN 60456:2011, 2011).

Özellik	Değerler
Sıcaklık (°C)	15 ± 2
Sertlik (mmol/l)	$2,5 \pm 0,5$
pH	$7,5 \pm 0,2$
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	750 ± 150

Tez kapsamında yapılacak yıkama çalışmalarından kullanılacak su, IEC 60734 standardı Metot B yöntemi baz alınarak hazırlanmıştır. Bu metota göre saf suya NaHCO_3 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ çözeltilerinden Çizelge 4.5’te belirtilen konsantrasyonlarda eklenmiştir. 2.5 mmol/l sertlikte su hazırlamak için 1 l saf suya belirtilen her bir kimyasal çözeltiden 4,7 ml eklenmiştir (IEC 60734 Ed.4, 2012). Otomatik su dozajlama sistemi ve ayarlanan reçete sayesinde test suyu her zaman istenilen özelliklere sahip su ayarlanabilmektedir. Çizelge 4.4’te belirtilen herhangi bir özellik tolerans dışına çıktığı zaman, sistem uyarı vermekte ve müdahale edilmektedir.

Çizelge 4.5 IEC 60734 standardı Metot B yöntemine göre su sertlik ve iletkenliği ayarlama da kullanılan kimyasal maddeler (IEC 60734 Ed.4, 2012).

NaHCO ₃	67,2 g/l
MgSO ₄ · 7H ₂ O	38,0 g/l
CaCl ₂ ·2H ₂ O	65,6 g/l

Ayrıca her yıkama öncesi su sistemi depo tanklarından numune alınarak sıcaklık, sertlik, pH ve iletkenlik ölçümleri ve kontrolleri yapılarak kaydedilmektedir.

4.1.2.3 Deterjan

Deterjan olarak EN 60456:2011 standardında miktarı ve içeriği tanımlı olan IEC-A*, sodyum perborat tetrahidrat ve tetra-asetiletilendiamin (TAED) karıştırılarak kullanılmıştır. Standarda göre 4 kg yük kapasitesi için toplamda kullanılması gereken deterjan miktarı 88 g'dır ve toplam deterjan miktarının dağılımı şu şekildedir: % 77'i kadarı IEC-A* baz deterjan (67,76 g); % 20'si kadarı sodyum perborat (17,6 g) ve %3'ü TAED (2,64 g).

Referans deterjanın bileşimi Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Referans deterjanın bileşimi (BS EN 60456:2011, 2011).

Bileşenler	%	Tolerans(±)
Lineer sodyum alkil benzen sülfonat	8,8	0,5
Etoksillenmiş yağ alkoller C _{12/14} (7 EO)	4,7	0,3
Sodyum sabunu (mum sabunu)	3,2	0,2
Köpük kesici konsantresi	3,9	0,3
Sodyum alüminyum silikat zeolit 4 A	28,3	1,0
Sodyum karbonat	11,6	1,0
Akrilik ve maleik asitlerden oluşan kopolimerin sodyum tuzu	2,4	0,2
Sodyum silikat (SiO ₂ :Na ₂ O = 3,3:1)	3,0	0,2
Karboksimetilselülaz	1,2	0,1
Fosfonat (DEQUEST 2066, %25 aktif asit)	2,8	0,2
Optik beyazlatıcı (pamuklular için)	0,2	0,02
Sodyum sülfat	6,5	0,5
Proteaz (Savinase 8.0)	0,4	0,04
Sodyum perborat tetrahidrat	20,0	
Tetra-asetiletilendiamin	3,0	

4.1.3 Deney tasarımında kullanılan lekeli kumaşlar

Çamaşır makinasının yıkama performansının belirlenmesi için standartlarda tanımlı olan farklı leke tipleri kullanılmaktadır. Bu kullanılan lekeler, her bölgeye farklılık göstermektedir. Örneğin EN 60456:2011 Avrupa standardında tanımlı olan standart lekeler sebum, kakao, kan, kırmızı şarap ve karbon siyahı iken; AS NSZ 2040.1:2005 Avustralya standardında tanımlı leke sadece sebumdur.

Günlük hayatta sıklıkla karşılaşılan leke tipleri ve piyasadaki diğer çamaşır makinası üreticilerinin leke programları için deklare ettiği lekeler göz önünde bulundurularak yirmi dört farklı leke belirlenmiş ve Hollanda menşeli CFT (Center for Testmaterial) firmasından temin edilmiştir. Tez çalışması kapsamında pamuklu kumaş üzerine hazırlanan taze lekeler ile çalışılmıştır.

Testlerde kullanılacak lekeli kumaşlar Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Testlerde kullanılan leke kumaşları ve CFT firmasına ait kodları.

Leke İsmi	CFT Firmasına Ait Leke İsmi	Leke İsmi	CFT Firmasına Ait Leke İsmi
Kan	Blood	Ter	Sebum bey
Çikolata	Chocolate Candy	Yaka kiri	Collar stains
Puding	Chocolate Pudding	Yemek	Meal, grandpa’s
Yumurta	Egg yolk, with milk	Mayonez	Sunday lunch
Çay	Tea	Salata sosu	Mayonnaise
Kahve	Espresso coffee	Makyaj	Salad dressing
Meyve suyu	Grape juice	Makine yağı	Make-up
Ketçap	Tomato ketchup	Bebek maması	Dirt machine oil
Kırmızı şarap	Red wine	Çamur	Babyfood, carrot & potatoes
Reçel	Jam, forest fruit	Yağ	Clay, ground soil
Köri	Curry	Kola	Butter
Kömür	Carbon black	Çimen	Coca Cola
			Grass

4.2 Deneysel Yöntem

Lekelerin seçim aşamasında; günlük hayatta en çok karşılaşılan leke tipleri ve Benchmark ürünlerde müşterilere sunulan leke opsiyonları göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca çamaşır makinası yıkama parametreleri ve deterjan bileşenlerinin hassasiyet özellikleri de dikkate alınarak toplamda yirmi dört adet leke belirlenmiştir.

Yirmi dört adet leke uzaklaştırma mekanizmalarına etki eden faktörler düşünülerek eşit iki gruba ayrılmıştır. Çizelge 4.8’de gruplara ait lekeler belirtilmiştir.

Piyasada mevcut önden yüklemeli çamaşır makinaları içerisinde kısa süreye sahip leke programı içeren rakip ürün referans alınmıştır. Tez çalışmasının genel amacı olarak, referans alınan programdan daha kısa sürede ortalamada daha iyi leke uzaklaştırma performansı elde etmektir. Geliştirilen yıkama algoritmasının seçilen referans ürün ile aynı veya daha iyi leke uzaklaştırma performansı sağlaması durumunda, geliştirilen algoritmanın daha başarılı olduğunun söylenebilmesi için minimum %10 daha kısa sürede bu performansı sağlaması beklenmektedir. Bunun nedeni, anlamlı bir yıkama farkının %10 veya daha yüksek süre farklarında ortaya çıkmasıdır.

Bu nedenle referans olarak seçilen ürün ve prototip olarak geliştirilen algoritmaya sahip ürün Fransa’da bulunan bağımsız bir test laboratuvarına gönderilerek test ettirilmiştir. Orta kirli ve çok kirli seviyeleri için belirlenen lekeler kullanılarak tariflenen yıkama metodu uygulanarak üç tekrarlı olarak gerçekleştirilen karşılaştırmalı yıkama testleri sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Orta kirli seviye seçilerek gerçekleştirilen yıkama çalışmaları sonucunda; referans makineye göre leke programının %17 daha kısa sürdüğü belirlenmiştir.
- Orta kirli seviye seçilerek gerçekleştirilen yıkama çalışmaları sonucunda; yumurta, meyve suyu ve kömür lekeleri haricinde diğer tüm lekelerde referans ürüne göre aynı veya daha iyi seviyede leke uzaklaştırma yüzdeleri elde edilmiştir. Referans ürüne göre yumurta lekesinde %0,8; meyve suyu lekesinde %1,1 ve kömür lekesinde %2,3 oranında daha düşük leke uzaklaştırma yüzdeleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.8 Her bir gruba ait leke tipleri ve bu lekelerin duyarlı oldukları parametreler (WarwickEquest, t.y.).

Kir Seviyesi	Leke tipi	Lekelerin Duyarlı Olduğu Parametreler
NORMAL KİRLİ	Kan	Enzim - Sıcaklık
	Çikolata	Enzim – Mekanik hareket
	Puding	Enzim – Mekanik hareket
	Yumurta	Enzim - Sıcaklık
	Çay	Ağartıcı - Sıcaklık
	Kahve	Ağartıcı - Sıcaklık
	Meyve Suyu	Ağartıcı - Sıcaklık
	Ketçap	Enzim - Ağartıcı - Sıcaklık
	Kırmızı Şarap	Enzim - Ağartıcı - Sıcaklık
	Kömür	Deterjan K.- Mekanik hareket
	Reçel	Enzim - Deterjan konsantrasyonu
	Köri	Ağartıcı - Sıcaklık
	Ter	Deterjan konsantrasyonu - Sıcaklık
	Yaka Kiri	Deterjan konsantrasyonu - Sıcaklık
YOĞUN KİRLİ	Yemek	Deterjan konsantrasyonu - Enzim
	Mayonez	Deterjan konsantrasyonu - Enzim
	Salata Sosu	Deterjan konsantrasyonu - Enzim
	Makyaj	Deterjan konsantrasyonu
	Makine yağı	Deterjan konsantrasyonu - Enzim
	Bebek Maması	Ağartıcı
	Çamur	Enzim - Mekanik hareket
	Tereyağı	Deterjan konsantrasyonu - Enzim
	Kola	Ağartıcı
	Çimen	Enzim - Mekanik hareket

- Yoğun kirli seviye seçilerek gerçekleştirilen yıkama çalışmaları sonucunda; referans makineye göre leke programının yaklaşık olarak %10 daha kısa sürdüğü belirlenmiştir.
- Yoğun kirli seviye seçilerek gerçekleştirilen yıkama çalışmaları sonucunda; çamur lekesi haricindeki diğer on bir adet lekede referans ürüne göre aynı veya daha iyi seviyede leke uzaklaştırma yüzdeleri elde edilmiştir. Referans ürüne göre çamur lekesinde %0,2 daha düşük leke uzaklaştırma yüzdesi elde edilmiştir. Bu nedenle algoritma geliştirme çalışmalarında yoğun kirli grubundaki lekeler için ek çalışma yapılmamasına karar verilmiştir.

Algoritma geliştirme çalışmaları kapsamında sadece normal kirli grubuna ait lekeler ile çalışılmıştır. Referans ürüne göre daha düşük seviyede leke uzaklaştırma yüzdesi elde edilen lekelerin daha iyi temizlenebilmesi için bu lekelerin hassas olduğu yıkama parametreleri göz önünde bulundurularak bir deney tasarımı oluşturulmuştur.

Yumurta lekesi protein bazlı bir lekedir. Protein bazlı lekeler, soğuk ve yüksek miktarda su ile muamele edildiğinde daha kolay uzaklaştırılabilmektedir. Aynı zamanda deterjan içerisindeki proteaz enziminin daha aktif kullanılması ile daha iyi leke uzaklaştırma performansı elde edilmektedir. Meyve suyu deterjan bileşenlerinden olan ağartıcı maddelere daha duyarlıdır. Ağartıcıların yıkama esnasında daha verimli kullanılabilmesi için yüksek sıcaklık ve ulaşılan yüksek sıcaklıkta daha uzun süre kalması gerekmektedir. Kömür lekesi ise deterjan konsantrasyonu ve tambur hareket oranına hassasiyet göstermektedir. Artan deterjan konsantrasyonu ve tambur hareket oranı ile daha yüksek leke uzaklaştırma performansı elde edilmektedir. Tüm bu koşullar göz önünde bulundurularak deney parametreleri olarak ana yıkama süresi, su miktarı ve suda bastırma adımında ısıtma işlemi belirlenmiştir.

Ana yıkama süresi parametresi için, prototip algoritma süresi üzerine 15 dk eklenerek ve bu süreden 15 dk çıkartılarak iki seviyeli koşul belirlenmiştir. Orta nokta olarak prototip algoritma süresi kabul edilmiştir. Deney tasarımında ilave edilen süre +15, çıkarılan süre -15 ve orta nokta 0 ile gösterilmiştir.

Su miktarı parametresi için, prototip algoritmada ayarlanan su miktarı (14 l) ve yüksek su miktarının etkisini gözlemlemek üzere 20 l olmak üzere iki seviyeli şekilde belirlenmiştir. Orta nokta olarak ise iki su miktarının ortalaması olan 17 l belirlenmiştir.

İlk ana yıkama suyu alındıktan sonra, deterjan açısından yüksek konsantrasyona sahip yıkama çözeltisi ile birlikte düşük mekanik hareket kullanılarak gerçekleştirilen suda bastırma adımında, prototip olarak geliştirilen algoritmada ısıtma işlemi bulunmamaktadır. Bu nedenle ağartıcı maddelerin etkinliğinin artırılması düşünülerek bu adım ısıtma işlemi olduğu ve olmadığı durumlar deney parametresi olarak deney tasarımına eklenmiştir.

Buna göre üç farklı parametre için toplamda sekiz adet deney planlanmıştır. Orta noktalar için de testler eklendiğinde on farklı algoritmaya sahip deney koşulu ortaya çıkmaktadır. Tüm testler üç tekrarlı olarak çalışıldığı için 30 deneylik bir deney tasarımı oluşturulmuştur.

Çizelge 4.9'da 30 deneylik tasarımı ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.9 Deney tasarımı.

Test Sırası	Test Koşulu	Ana Yıkama Süresindeki Değişim	Ana Yıkama Su Miktarı	Suda Bastırma Adımında Isıtma Olma Durumu	Test Sırası	Test Koşulu	Ana Yıkama Süresindeki Değişim	Ana Yıkama Su Miktarı	Suda Bastırma Adımında Isıtma Olma Durumu
1	1	-15	14	Var	16	8	-15	14	Yok
2	2	-15	20	Var	17	7	15	14	Var
3	3	0	17	Var	18	1	-15	14	Var
4	4	15	14	Yok	19	10	15	20	Var
5	5	0	17	Yok	20	6	-15	20	Yok
6	6	-15	20	Yok	21	6	-15	20	Yok
7	7	15	14	Var	22	4	15	14	Yok
8	8	-15	14	Yok	23	5	0	17	Yok
9	9	15	20	Yok	24	2	-15	20	Var
10	10	15	20	Var	25	1	-15	14	Var
11	3	0	17	Var	26	9	15	20	Yok
12	4	15	14	Yok	27	7	15	14	Var
13	9	15	20	Yok	28	10	15	20	Var
14	2	-15	20	Var	29	8	-15	14	Yok
15	5	0	17	Yok	30	3	0	17	Var

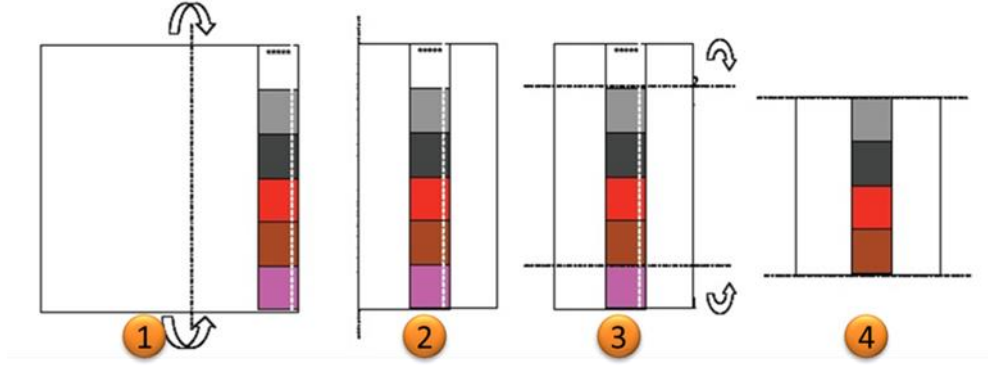
Teste hazırlığın ilk aşaması her bir lekenin yıkama öncesi spektrofotometre cihazı ile Tristimulus Y değerlerinin ölçülmesidir. Bu sayede her bir lekenin temizlenme yüzdesi hesaplanacaktır. Tristimulus Y değerleri ölçümü, hem test öncesinde hem de test sonrasında lekelerin orta bölümünden tek noktadan yapılmıştır. Bunun nedeni, pamuklu kumaş yüzeyinin sadece bir yüzüne hazırlanan lekenin uygulanmış olmasıdır. Spektrofotometre cihazında ışık geçirgenliğini önlemek için dört numune ard arda konarak ölçümler yapılmıştır. Bir testte her bir lekeden 4 adet kullanılacak ve her birinin değeri ayrı ayrı kaydedilecektir.

İkinci aşaması, Tristimulus Y değerleri ölçülmüş yıkanmamış lekelerin yüke dikilmesidir. IEC 60456:2011 standardına göre kapasite başına bir havluda bir leke şeridi olması gerekmektedir ve bu leke şeridi havlunun bir kenarına dikilmelidir (BS EN 60456:2011, 2011). Bu nedenle yük içerisindeki dört havluya her lekeden birer adet kullanılmıştır. Toplamda her lekeden dörder adet kullanılmıştır. Ancak bu çalışma kapsamında, on iki leke havlunun bir kenarına sığmadığı için eşit miktarda leke havlunun her iki kenarına da dikilmiştir. Şekil 4.4’de lekelerin havluya dikiliş şekli gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Lekelerin havluya dikiliş şekli.

Üçüncü aşama, yüklerin katlanmasıdır. EN 60456:2011 standardına göre leke şeridi dikilen havlular Şekil 4.5 ’teki gibi katlanmaktadır.



Şekil 4.5 EN 60456:2011 standardına göre leke şeridi dikilen havluların katlanış şekli (BS EN 60456:2011, 2011).

Bu çalışma kapsamında ise ancak; havlular “Z” şeklinde katlanmıştır. Çünkü, havlunun her iki kenarına da leke dikildiği için lekelerin üst üste gelmesini ve böylece lekelerin birbirlerine karışmasını engellemektir. Testlerde kullanılan havlu katlama şekli Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 Testlerde kullanılan havlu katlama şekli.

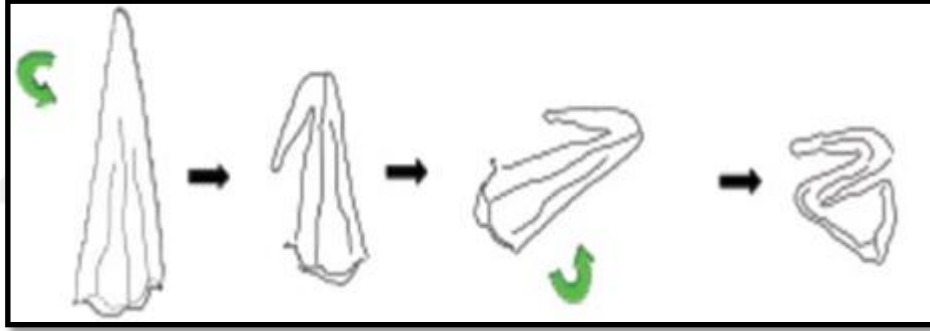
“Z” şeklinde katlanan havlular hem sağ hem de sol taraftan birer leke altta kalacak şekilde katlanarak makineye yerleştirilmiştir. Şekil 4.7’de leke şeridi dikilmiş havlunun katlanma şekli gösterilmiştir.

Lekelerin katlanması sırasında, lekelerin sıkışmasını önlemek için altta kalan lekeler katlandıktan sonra düzeltilmelidir. Aksi takdirde leke havlunun altında kalacağı veya iki leke üst üste geleceği için istenilen yıkama performansı gözlemlenemeyecektir. Bu nedenle altta kalan lekeler yan kısımlardan dışarı doğru çıkarılmalıdır.



Şekil 4.7 Leke şeridi dikilmiş havlunun kenarlarından katlanma şekli.

Leke dikilen havlular dışındaki diğer parçaların katlanma biçimleri EN 60456:2011 standardında tariflenen biçimde yapılmıştır. Çarşafların katlanma şekli Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 EN 60456:2011 standardına göre çarşafların katlanma şekli (BS EN 60456:2011, 2011) .

Yastık kılıfı ve leke dikilmeyen havluların katlanma şekli Şekil 4.9 ’da verilmiştir.



Şekil 4.9 EN 60456:2011 standardına göre yastık kılıfı ve ve leke dikilmeyen havluların katlanma şekli (BS EN 60456:2011, 2011).

Son aşamada ise, katlanan çamaşırlar makineye yerleştirilmiştir. Yerleşim sırası EN 60456:2011 standardında 4 kg çamaşır kapasitesi için belirtilen sıraya göre yapılmıştır. Çizelge 4.10'de bu yerleşim sırası verilmiştir.

Çizelge 4.10 Çamaşır yerleşim sırası
(BS EN 60456:2011, 2011).

4 kg yük için yerleşim sırası

1 Yastık Kılıfı
*3 El Havlusu
1 El Havlusu + Lekeler
1 Çarşaf
1 El Havlusu + Lekeler
1 Yastık Kılıfı
*2 El Havlusu
*2 El Havlusu
1 Yastık Kılıfı
1 El Havlusu + Lekeler
1 Çarşaf
1 El Havlusu + Lekeler
*3 El Havlusu
1 Yastık Kılıfı

Yükün test makinesi içerisine yerleşimi Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Test makinasına yük yerleştirildikten sonra, program ve leke seviyesi seçimi yapılmış, sıcaklık ve devir ayarı yapılmıştır. Tüm ayarlar kontrol edildikten sonra hazırlanan deterjan, deterjan çekmecesine konulmuş ve program başlatılmıştır.

Program bitiminde test makinası, makinada deterjan birikimini önlemek amacıyla durulanmalıdır. Durulama için iki defa Mini 14 programı kullanılmıştır.



Şekil 4.10 Yükün test makinesi içerisine yerleşimi.

Makine içindeki başlangıç sıcaklığını aynı değerlere getirebilmek için her test arasında minimum iki saat beklenmiştir.

4.2.1 Deneysel yöntemin yürütülüşü

4.2 bölümünde anlatılan deneysel yöntemin uygulanışı ve testin başlatılma aşaması sırasıyla aşağıdaki gibi anlatılmıştır.

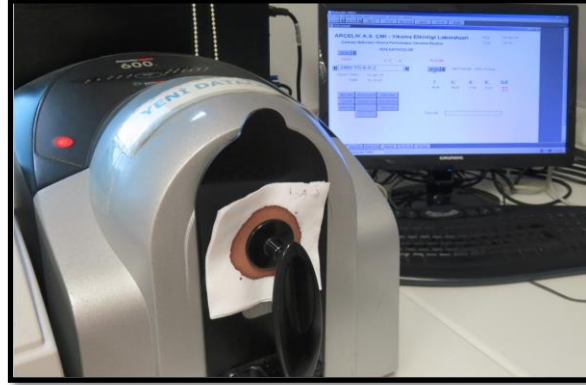
1. Öncelikli olarak yükün şartlandığından emin olunmalıdır. Yükün şartlanıp şartlanmadığı, ağırlık kontrol edilerek belirlenir.
2. Teste başlamadan önce her leke kodlama sistematığına göre kodlanır. (Örn: 2-A-1: İkinci deneydeki kan lekesinin 1 numaralı numunesi anlamına gelmektedir). Kodlama sistematığı Çizelge 4.11’de verilmiştir.
3. Spektrofotometre cihazının kalibrasyonu yapılır.
4. Cihaz kalibrasyonundan sonra kodlanan her bir numunenin spektrofotometre cihazında yıkama öncesi tristimulus (Y) değeri ölçülür ve kaydedilir. Ölçümler tek taraftan ve orta noktadan yapılır. Işık geçirgenliğini önlemek için dört numune ard arda konarak ölçümler yapılır. Şekil 4.11’de spektrofotometre cihazında kan lekesi için yıkama öncesi tristimulus (Y) değeri ölçümü gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 Leke kodlama sistematığı.

Leke Adı	Test Kodu
Kan	A
Çikolata	B
Puding	C
Yumurta	D
Çay	E
Kahve	F
Meyve Suyu	G
Ketçap	H
Kırmızı Şarap	I
Kömür	K
Reçel	L
Köri	M

5. Şartlanan yük içerisindeki dört adet havluya her lekeden Bölüm 4.2’de anlatıldığı gibi dikilir ve katlanır.
6. Katlanan yükler IEC 60456:2011 standardında belirtilen sıralamaya göre makineye yerleştirilir (BS EN 60456:2011, 2011).

7. Hassas terazi kullanılarak deterjan tartılır ve deterjan çekmecesine konulur.
8. Makine üzerinde test edilecek program seçimi ve sıcaklık ayarı yapılır ve makine kapağı kapatılarak test başlatılır.

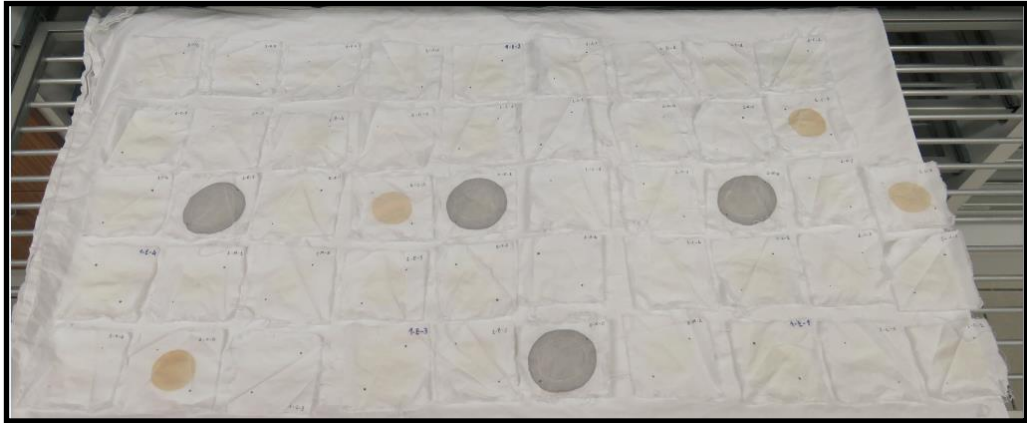


Şekil 4.11 Spektrofometre cihazında kan lekesi için yıkama öncesi tristimulus (Y) değeri ölçümü.

4.2.2 Deneysel yöntemin değerlendirilmesi

Test programı bitip kapı kili açıldıktan sonra yük makine içerisinde bekletilmeden hemen çıkarılmalıdır. Makine yük içerisinden çıkarıldıktan sonra,

1. Havlulara dikilmiş olan lekeler dikkatli bir şekilde havludan ayrılır ve temiz bir çarşaf üzerine serilir ve laboratuvar koşullarında ($23 \pm 2^\circ\text{C}$ ve $\% 55 \pm 5$ RH) kurutulur. Şekil 4.12’de yıkama sonrası lekelerin serilerek kurutulması gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Yıkama sonrası lekelerin serilerek kurutulması.

2. Leke şeritlerinden ayrılan yük tartılır ve tartım değeri kaydedilir.
3. Tartımı yapılan yük Mini 90°C programında durulanır.

4. IEC 60456:2011 standardında belirtildiği gibi, yük durulandıktan sonra şartlandırılır ve bir diğer test için hazırlanır (BS EN 60456:2011, 2011).
5. Yıkama sonrası leke şeritlerinin tamamen kuruduğuna emin olduktan sonra, spektrofotometre cihazında ön yüzeyden orta bölgeden ve tek noktadan Tristimulus Y değeri ölçümü yapılır. Her lekeye ait ölçüm değeri ayrı ayrı kaydedilir.





5. DENEYSEL ÇALIŞMANIN SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

4.bölümde anlatılan deneysel yöntemin uygulanışı sonucu elde edilen test sonuçları bu bölümde analiz edilmiş ve analiz sonuçları yorumlanmıştır.

5.1 Deneysel Çalışmanın Sonuçları

Yıkama parametrelerinden olan ana yıkama süresi, ana yıkama su miktarı ve suda bastırma adımı ısıtma işleminin farklı koşullarında belirlenen leke grupları ile yapılan testler çalışmaları sonucunda temizlenme performansı sonuçları değerlendirilerek, bütün lekeler için optimum yıkama performansı sağlayacak bir çamaşır makinası leke programının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Testlerde CFT firmasına ait taze lekeler kullanılmıştır. Her leke için gerçekleştirilen test koşullarında yıkama performansı değerinin belirlenmesi için, lekelerin yıkama öncesi ve yıkama sonrası Tristimulus Y değerleri spektrofometre cihazı ile ölçülerek belirlenmiştir.

Tristimulus Y değerleri baz alınarak yıkama performansı Eşitlik (5.1)'e göre hesaplanmaktadır (Neiditch, Mills, & Gladstone, 1980).

$$\% \text{ Leke Uzaklaştırma} = \frac{L_W - L_S}{L_C - L_S} \times 100 \quad (5.1)$$

Burada;

L_C : Lekesiz (beyaz) kumaşın Y değeri

L_S : Lekeli kumaşın yıkama sonrası Y değeri

L_W : Lekeli kumaşın yıkama öncesi Y değeri.

On farklı koşul için üç tekrar olarak gerçekleştirilen yıkama testleri sonucunda 12 farklı lekenin temizlenme oranı, Eşitlik (5.1) kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir lekenin analizi ayrı ayrı yapılmıştır. Analizler sırasında Minitab 17 programından yararlanılmıştır. Ana yıkama süresi, ana yıkama su miktarı ve suda bastırma adımı ısıtma işlemi parametreleri girdi, lekelerin temizlenme oranı parametresi çıktı olarak değerlendirilmiştir. Minitab programında DOE (Design of experiment) modülü kullanılarak her bir leke için girdi parametrelerine bağlı olarak bir model elde edilmiştir. Girdilerin çıktı üzerindeki tekil etkilerinin yanı sıra, ikili ve üçlü

etkileşimleri de incelenmiştir. Çıktı üzerinde etkili olmayan ikili ve üçlü etkileşimler modelden çıkartılarak, model sadeleştirilmiştir. Elde edilen modelde, girdi parametrelerinin çıktı parametresini hangi seviyede açıkladığı da belirlenmiştir.

Farklı on iki leke için seçilen yıkama koşullarına bağlı olarak bir model oluşturulmuş ve etkili girdi parametreleri belirlenmiştir.

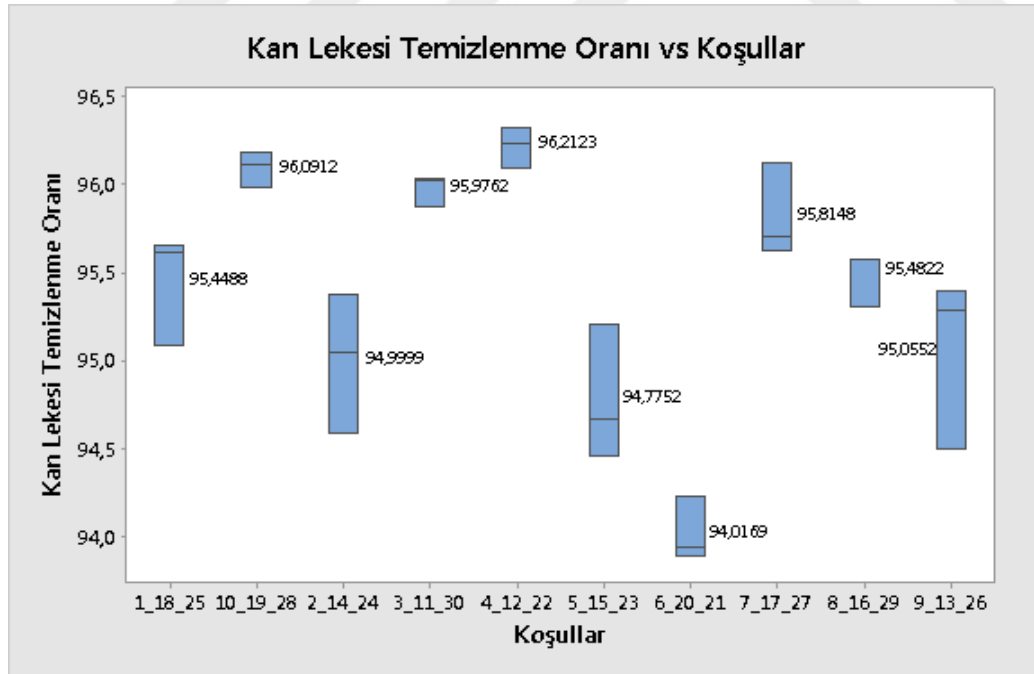
Sırasıyla tüm lekeler için belirlenen modeller ve on farklı koşulda o lekeye ait elde edilen temizlenme oranlarının grafiksel gösterimi verilmiştir.

Minitab analizinde izlenen prosedür ayrıntılı olarak Ek A bölümünde verilmiştir.

5.1.1 Kan lekesi analizi

Kan lekesi için elde edilen modelde ana yıkama süresi, ana yıkama su miktarı, suda bastırma adımında ısıtma işlemi ve ana yıkama su miktarı- suda bastırma adımında ısıtma işleminin ikili etkileşiminin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.1’de üç tekrar olarak test edilen on farklı koşulda kan lekesi için hesaplanan temizlenme oranları verilmiştir. Buna göre en iyi temizlenme oranı 4 numaralı profilde elde edilmiştir (12 ve 22 numaralı profiller 4 numaralı profilin tekrarıdır).



Şekil 5.1 Koşullara bağlı olarak kan lekesi temizlenme oranı.

Buna göre belirlenen girdi parametreleri, kan lekesi için oluşturulan modelin %74,14’sini açıkladığı görülmüştür. Bu değer Minitab analizinde R-sq(adj) değeri ile

ifade edilmektedir. Açıklanamayan kısım deney tasarımında hesaba katılmayan diğer girdi parametrelerini (yıkama koşullarını) kapsamaktadır.

Çizelge 5.1'de kan lekesine ait analiz sonucu ve oluşturulan model gösterilmiştir. Buna göre belirlenen girdi parametreleri, kan lekesi için oluşturulan modelin %74,14'sini açıkladığı görülmüştür. Bu değer Minitab analizinde R-sq(adj) değeri ile ifade edilmektedir. Açıklanamayan kısım deney tasarımında hesaba katılmayan diğer girdi parametrelerini (yıkama koşullarını) kapsamaktadır.

Çizelge 5.1 Kan lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report

Factorial Regression: Kan Lekesi versus Blocks; Ana Yıkama ; Ana Yıkama S; Steeping Isı; ...

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	11,4995	1,64278	12,90	0,000
Blocks	2	0,0828	0,04139	0,33	0,726
Linear	3	9,1649	3,05495	23,99	0,000
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	3,9020	3,90197	30,64	0,000
Ana Yıkama Su Miktarı	1	2,9292	2,92918	23,00	0,000
Steeping Isıtması	1	2,3337	2,33372	18,32	0,000
2-Way Interactions	1	2,2508	2,25084	17,67	0,000
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1	2,2508	2,25084	17,67	0,000
Curvature	1	0,0010	0,00100	0,01	0,930
Error	22	2,8019	0,12736		
Total	29	14,3014			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,356872	80,41%	74,17%	63,57%

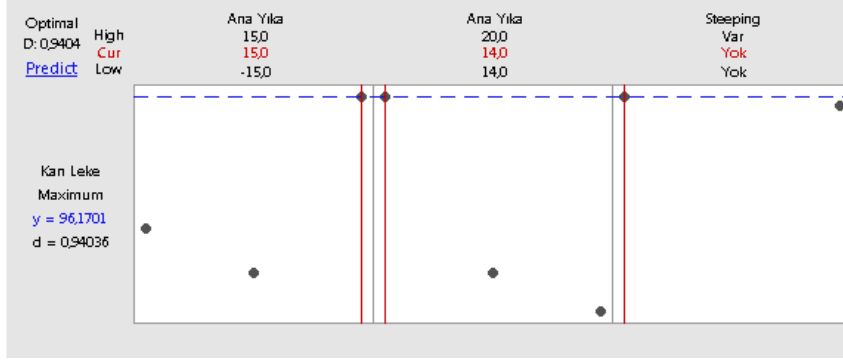
Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		95,3902	0,0728	1309,47	0,000	
Blocks						
1		-0,0555	0,0921	-0,60	0,553	1,33
2		0,0705	0,0921	0,77	0,452	1,33
Ana Yıkama Süre Değişimi	0,8064	0,4032	0,0728	5,54	0,000	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı	-0,6987	-0,3494	0,0728	-4,80	0,000	1,00
Steeping Isıtması	0,5578	0,2789	0,0652	4,28	0,000	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	0,6125	0,3062	0,0728	4,20	0,000	1,00
Ct Pt		-0,014	0,163	-0,09	0,930	1,00

Regression Equation in Uncoded Units

Kan Lekesi = 97,370 + 0,02688 Ana Yıkama Süre Değişimi - 0,1165 Ana Yıkama Su Miktarı - 1,456 Steeping Isıtması + 0,1021 Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması - 0,014 Ct Pt

Kan lekesi için optimizasyon analizi yapıldığında, maksimum yıkama performansının ana yıkama süresi değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 14,0 ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin olmadığı durumda elde edildiği gözlenmiştir. Şekil 5.2'de kan lekesi için optimizasyon analizi grafiği verilmiştir. Grafikte yer alan d değeri 1'e yakın olması istenmektedir.

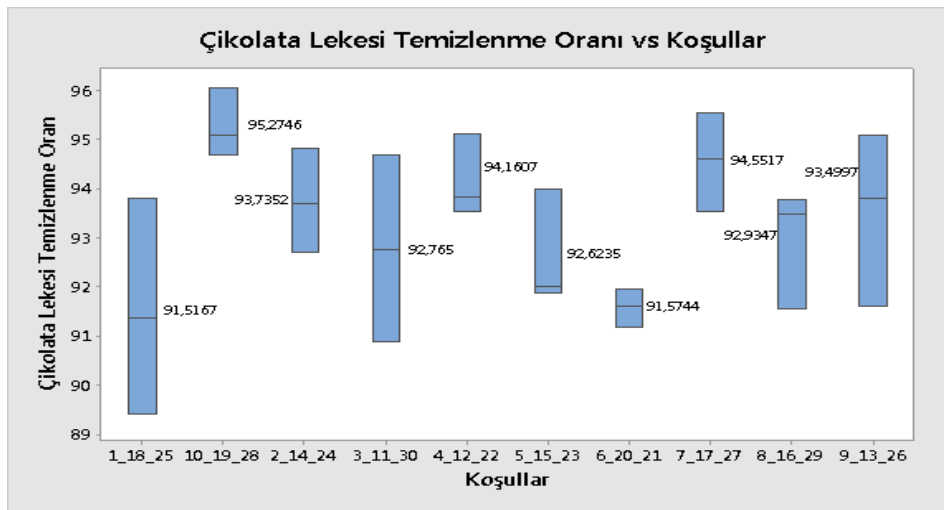


Şekil 5.2 Kan lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

5.1.2 Çikolata lekesi analizi

Çikolata lekesi için elde edilen modelde, kan lekesi modeline benzer şekilde, ana yıkama süresi, ana yıkama su miktarı, suda bastırma adımında ısıtma işlemi ve ana yıkama su miktarı- suda bastırma adımında ısıtma işleminin ikili etkileşiminin etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak girdi parametrelerinin modelin ancak %39,20'sini açıklamaya yeterli olduğu görülmüştür. Daha iyi bir model elde edilebilmesi için, deterjan miktarı ve bileşimi gibi farklı parametreler de girdi parametrelerine eklenerek test edilebilir.

Şekil 5.3'te her bir koşul için çikolata lekesi temizlenme oranları verilmiştir. Buna göre en iyi temizlenme oranı 10 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı 1 numaralı profilde elde edilmiştir. İki profil arasındaki temel fark ana yıkama süresindeki ve su miktarındaki farklılıktır. Artan ana yıkama süresi ve ana yıkama su miktarının çikolata lekesi temizlenme oranını arttırmıştır. Bu iki parametre modelde, pozitif (+) katsayılarla sahiptir.



Şekil 5.3 Koşullara bağlı olarak çikolata lekesi temizlenme oranı.

Çizelge 5.2’de çikolata lekesine ait analiz sonucu ve oluşturulan model gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 Çikolata lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report
Factorial Regression: Çikolata Lek versus Blocks; Ana Yıkama ; Ana Yıkama S; ...

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	41,1703	5,8815	3,67	0,009
Blocks	2	4,0133	2,0067	1,25	0,305
Linear	3	25,4888	8,4963	5,30	0,007
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	22,3791	22,3791	13,97	0,001
Ana Yıkama Su Miktarı	1	0,3176	0,3176	0,20	0,660
Steeping Isıtması	1	2,7921	2,7921	1,74	0,200
2-Way Interactions	1	9,2366	9,2366	5,77	0,025
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1	9,2366	9,2366	5,77	0,025
Curvature	1	2,4316	2,4316	1,52	0,231
Error	22	35,2440	1,6020		
Total	29	76,4144			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,26570	53,88%	39,20%	14,24%

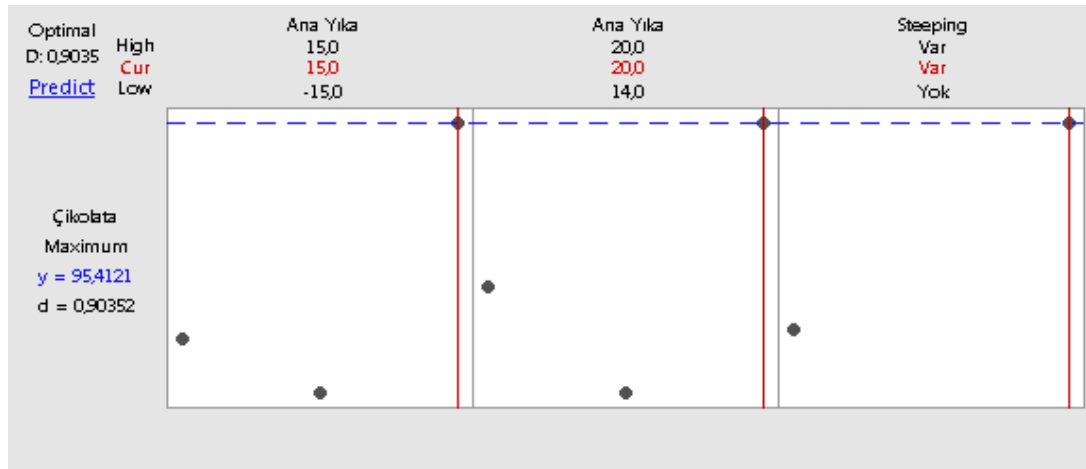
Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		93,406	0,258	361,53	0,000	
Blocks						
1		-0,513	0,327	-1,57	0,131	1,33
2		0,198	0,327	0,61	0,550	1,33
Ana Yıkama Süre Değişimi	1,931	0,966	0,258	3,74	0,001	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı	0,230	0,115	0,258	0,45	0,660	1,00
Steeping Isıtması	0,610	0,305	0,231	1,32	0,200	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1,241	0,620	0,258	2,40	0,025	1,00
Ct Pt		-0,712	0,578	-1,23	0,231	1,00

Regression Equation in Uncoded Units

Çikolata Lekesi = 92,75 + 0,0644 Ana Yıkama Süre Değişimi + 0,0383 Ana Yıkama Su Miktarı
- 3,21 Steeping Isıtması + 0,2068 Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması
- 0,712 Ct Pt

Şekil 5.4’te çikolata lekesi için yapılan optimizasyon analizi sonucunda, maksimum temizlenme oranının ana yıkama süresi değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 20,0 ve suda bastırma adımı ısıtma işleminin olduğu durumda elde edildiği gözlenmiştir.



Şekil 5.4 Çikolata lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

5.1.3 Puding lekesi analizi

Puding lekesi temizlenme oranları analiz edildiğinde, modelde sadece girdi parametrelerinin tekil etkilerinin bulunduğu görülmüştür. Girdilerin ikili ve üçlü etkileşimleri puding lekesi temizlenme oranı üzerinde etkisi olmadığı anlaşılmaktadır. Elde edilen model incelendiğinde, artan ana yıkama süresinin ve suda bastırma adımıyla ısıtma işleminin olma durumu puding lekesi temizlenme oranını artırırken; ana yıkama su miktarının artışı temizlenme oranının düşmesine neden olmaktadır.

Çizelge 5.3’de puding lekesine ait analiz sonucu ve elde edilen model verilmiştir.

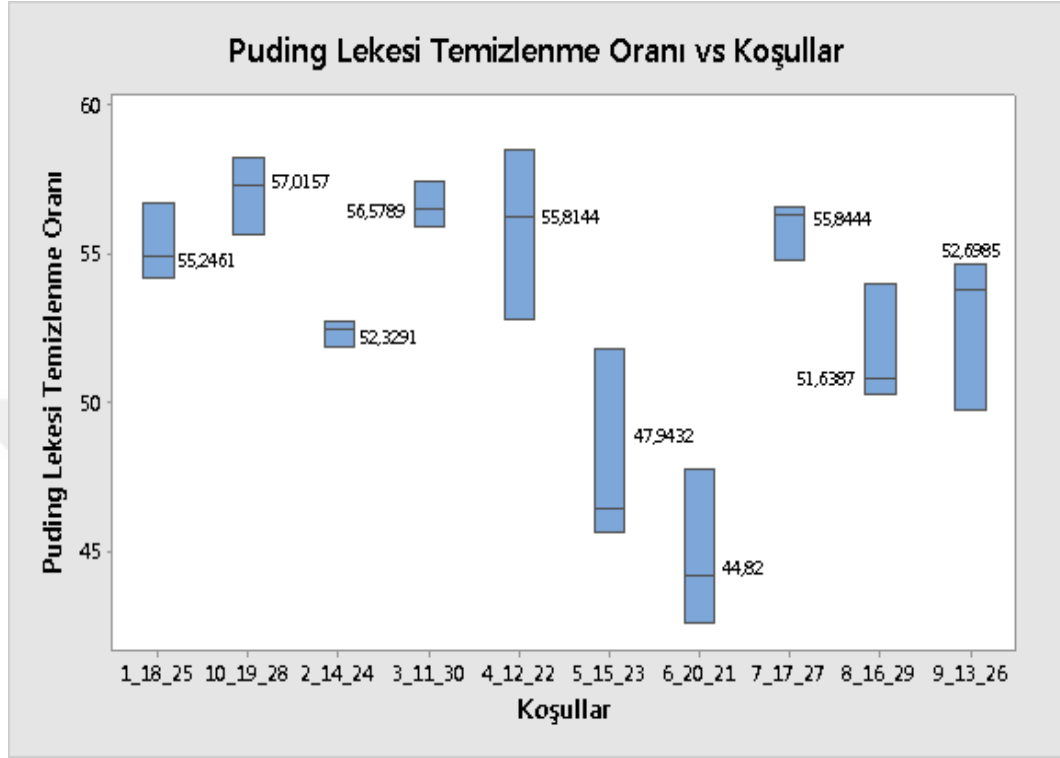
Çizelge 5.3 Puding lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report						
Factorial Regression: Puding Lekes versus Blocks; Ana Yıkama ; Ana Yıkama S; ...						
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Model	6	347,011	57,835	7,70	0,000	
Blocks	2	4,856	2,428	0,32	0,727	
Linear	3	338,138	112,713	15,01	0,000	
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	112,742	112,742	15,01	0,001	
Ana Yıkama Su Miktarı	1	51,162	51,162	6,81	0,016	
Steeping Isıtması	1	174,235	174,235	23,20	0,000	
Curvature	1	4,017	4,017	0,53	0,472	
Error	23	172,761	7,511			
Total	29	519,772				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
2,74069	66,76%	58,09%	43,06%			
Coded Coefficients						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		53,176	0,559	95,05	0,000	
Blocks						
1		-0,556	0,708	-0,79	0,440	1,33
2		0,382	0,708	0,54	0,595	1,33
Ana Yıkama Süre Değişimi	4,335	2,167	0,559	3,87	0,001	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı	-2,920	-1,460	0,559	-2,61	0,016	1,00
Steeping Isıtması	4,820	2,410	0,500	4,82	0,000	1,00
Ct Pt		-0,91	1,25	-0,73	0,472	1,00
Regression Equation in Uncoded Units						
Puding Lekesi = 61,45 + 0,1445 Ana Yıkama Süre Değişimi - 0,487 Ana Yıkama Su Miktarı + 2,410 Steeping Isıtması - 0,91 Ct Pt						

Yapılan testler sonucunda, girdiler puding lekesinin temizlenme oranı için elde edilen modelin %58,09’nu açıklayabilmiştir. Daha yüksek bir değer elde edebilmek

için, deney tasarımına puding lekesine etkisi olduğu düşünülen farklı parametreler de girdi olarak değerlendirilmelidir.

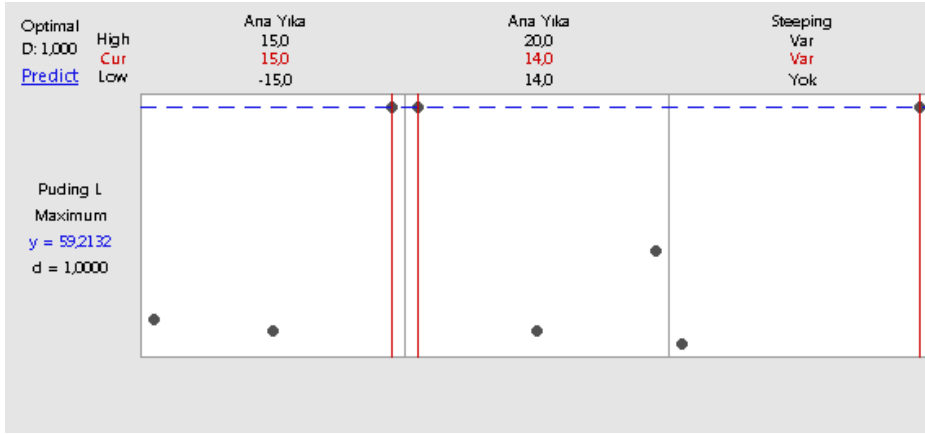
Testler sonucunda hesaplanan puding lekesi temizlenme oranlarının grafiksel gösterimi, farklı on koşul için Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.5 Koşullara bağlı olarak puding lekesi temizlenme oranı.

Şekil 5.5’de de görüldüğü gibi, puding lekesi için en yüksek temizlenme oranı 10 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı 6 numaralı profilde elde edilmiştir. 6 ve 10 numaralı profiller karşılaştırıldığında, ana yıkama süresi ve suda bastırma adımında ısıtma işleminde farklılık bulunmaktadır. Puding lekesi enzime duyarlı bir leke olduğundan, suda bastırma adımında ısıtma işleminin olması temizlenme oranında artışa neden olmuştur. Ayrıca 10 numaralı profilde ana yıkama süresinin daha uzun olması nedeniyle, puding lekesi daha uzun süre mekanik harekete maruz kalmıştır. Bu durum da, 10 numaralı profilde elde edilen yıkama performansının daha yüksek olmasına katkıda bulunmuştur.

Şekil 5.6’da puding lekesi için yapılan optimizasyon analizi sonucunda, maksimum temizlenme oranının ana yıkama süresi değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 14,0 ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin olduğu durumda elde edildiği gözlenmiştir. Bu durum diğer çay, kahve gibi ağırtılabilir lekeler için elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir.



Şekil 5.6 Puding lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

5.1.4 Yumurta lekesi analizi

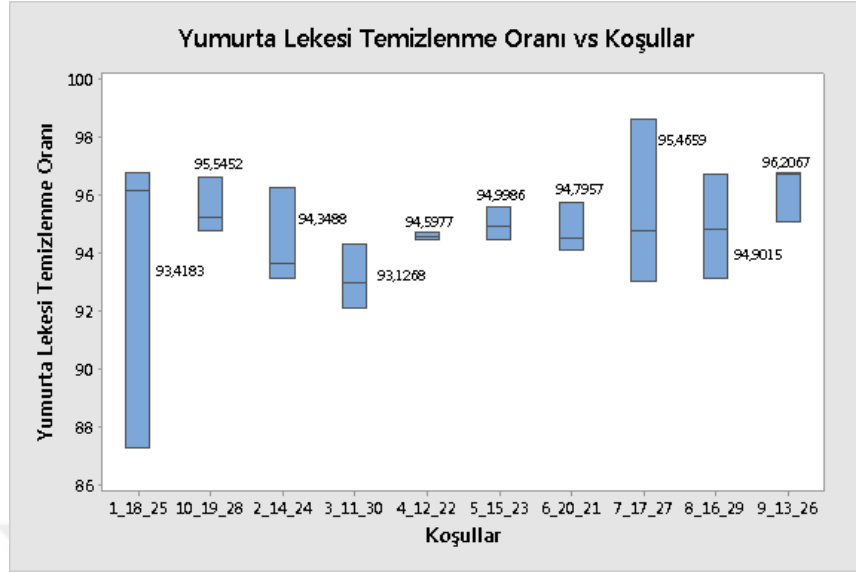
Yumurta lekesi temizlenme oranları analiz edildiğinde, modelde sadece ana yıkama süre değişimi olduğu görülmektedir. Çizelge 5.4’de yumurta lekesine ait analiz sonucu ve elde edilen model gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 Yumurta lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report							
Factorial Regression: Yumurta Lekesi versus Blocks; Ana Yıkama Süre Değişimi; CenterPt							
Analysis of Variance							
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value		
Model	4	26,920	6,730	1,86	0,150		
Blocks	2	16,375	8,187	2,26	0,125		
Linear	1	7,100	7,100	1,96	0,174		
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	7,100	7,100	1,96	0,174		
Curvature	1	3,446	3,446	0,95	0,339		
Error	25	90,654	3,626				
Total	29	117,575					
Model Summary							
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)				
1,90425	22,90%	10,56%	0,00%				
Coded Coefficients							
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF	
Constant		94,910	0,389	244,17	0,000		
Blocks							
1		-0,212	0,492	-0,43	0,669	1,33	
2		-0,780	0,492	-1,59	0,125	1,33	
Ana Yıkama Süre Değişimi	1,088	0,544	0,389	1,40	0,174	1,00	
Ct Pt		-0,847	0,869	-0,97	0,339	1,00	
Regression Equation in Uncoded Units							
Yumurta Lekesi = 94,910 + 0,0363 Ana Yıkama Süre Değişimi - 0,847 Ct Pt							

Seçilen girdi parametreleri ile elde edilen modelin yalnızca % 10,56’sı açıklanabilmektedir. Bu duruma neden olarak, yumurta lekesinin deterjan bileşiminde yer alan enzim ve yıkama koşulu olan sıcaklığa duyarlı olması söylenebilir.

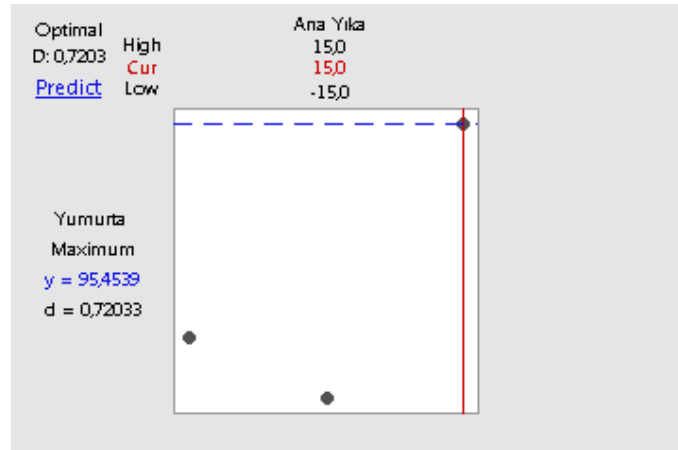
Şekil 5.7’de farklı yıkama profillerine göre yumurta lekesine ait temizlenme oranları verilmiştir.



Şekil 5.7 Koşullara bağlı olarak yumurta lekesi temizlenme oranı.

Yumurta lekesi için en yüksek temizlenme oranı 9 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı ise 3 numaralı profilde elde edilmiştir. İki profil arasındaki en önemli fark, suda bastırma adımında ısıtma işleminin olma durumudur. Yüksek sıcaklıkta protein bazlı lekeler tekstil yüzeyine yapışarak çıkması daha zor lekeler haline dönüştüğünde, suda bastırma adımında ısıtma işleminin olduğu 3 numaralı profilde 10 numaralı profile göre daha düşük yıkama performansının elde edilmesi beklenen bir sonuçtur.

Şekil 5.8’de yumurta lekesi için optimizasyonu analizi sonucu gösterilmiştir. Buna göre yumurta lekesi temizlenme oranı modelinde tek parametre olan ana yıkama süre değişiminin 15 olduğu durumda en yüksek yıkama performansı elde edilmiştir.



Şekil 5.8 Yumurta lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

Ana yıkama süresi değişimindeki pozitif yönde artış, program süresinin uzamasına yol açmaktadır. Bu da lekeler üzerine uygulanan mekanik hareket süresinin uzaması anlamına gelmektedir. Artan program süresi bu nedenle yıkama performansında artışa neden olmuştur.

5.1.5 Çay lekesi analizi

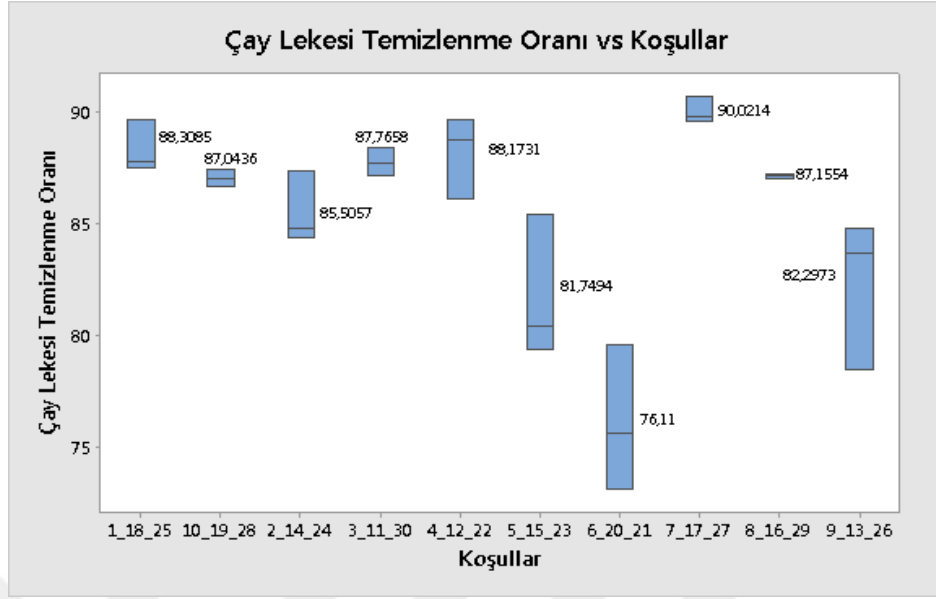
Çay lekesi temizlenme oranları analiz edildiğinde, modelde tüm girdilerin tekil etkilerinin yanı sıra, ana yıkama su miktarı ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin olma durumunun ikili etkileşiminin de olduğu görülmüştür. Çizelge 5.5'te yumurta lekesine ait analiz sonucu ve elde edilen model gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 Çay lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report						
Factorial Regression: Çay Lekesi versus Blocks; Ana Yıkama ; Ana Yıkama S; Steeping Isı; ...						
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Model	7	452,691	64,670	13,80	0,000	
Blocks	2	7,752	3,876	0,83	0,450	
Linear	3	395,174	131,725	28,11	0,000	
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	40,997	40,997	8,75	0,007	
Ana Yıkama Su Miktarı	1	193,265	193,265	41,24	0,000	
Steeping Isıtması	1	160,912	160,912	34,33	0,000	
2-Way Interactions	1	46,543	46,543	9,93	0,005	
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1	46,543	46,543	9,93	0,005	
Curvature	1	3,222	3,222	0,69	0,416	
Error	22	103,105	4,687			
Total	29	555,796				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
2,16486	81,45%	75,55%	65,50%			
Coded Coefficients						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		85,577	0,442	193,66	0,000	
Blocks						
1		-0,563	0,559	-1,01	0,325	1,33
2		0,669	0,559	1,20	0,244	1,33
Ana Yıkama Süre Değişimi	2,614	1,307	0,442	2,96	0,007	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı	-5,675	-2,838	0,442	-6,42	0,000	1,00
Steeping Isıtması	4,632	2,316	0,395	5,86	0,000	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	2,785	1,393	0,442	3,15	0,005	1,00
Ct Pt		-0,819	0,988	-0,83	0,416	1,00
Regression Equation in Uncoded Units						
Çay Lekesi = 101,66 + 0,0871 Ana Yıkama Süre Değişimi - 0,946 Ana Yıkama Su Miktarı - 5,58 Steeping Isıtması + 0,464 Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması - 0,819 Ct Pt						

Deney tasarımı için belirlenen girdi parametreleri, oluşturulan modelin %75,55'ini açıklayabilmiştir. Bu değer % 100'e yaklaştırılabilmesi için, çay lekesinin temizlenmesine etkili olan diğer parametrelerin de göz önünde bulundurularak deney tasarımı bir parametre olarak eklenmesi gerekmektedir. Çay lekesi ağartılabilir bir leke olduğu için ağartıcı miktarı, çeşidi veya sıcaklık deney tasarımına eklenebilecek parametreler olarak sayılabilir.

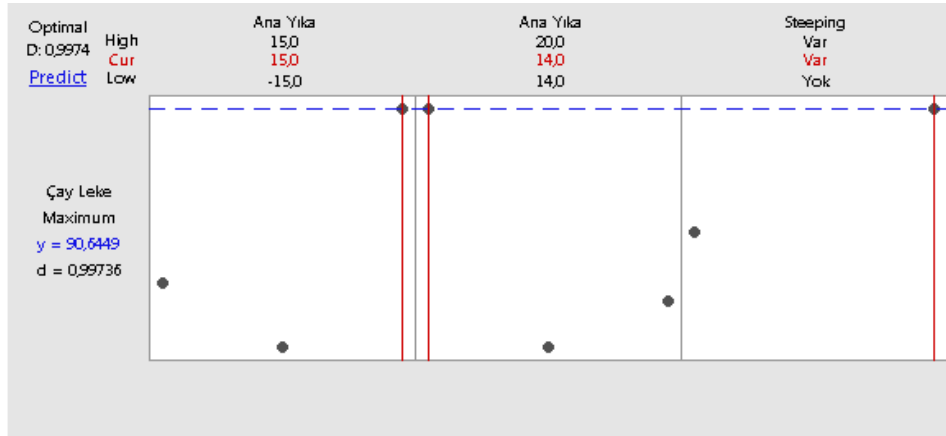
Şekil 5.9’da test yapılan on farklı koşulun çay lekesi üzerindeki temizlenme oranlarını gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 5.9 Koşullara bağlı olarak çay lekesi temizlenme oranı.

Şekil 5.9’da verilen grafiğe göre, çay lekesi için en yüksek temizlenme oranı 7 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı 6 numaralı profilde görülmüştür. Ana yıkama süresindeki değişimin pozitif olduğu durumda çay lekesi için daha yüksek yıkama performans değeri elde edilmiştir.

Çay lekesi için elde edilen temizlenme oranlarının optimizasyonu analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucu Şekil 5.10’da verilmiştir. Buna göre çay lekesi için en yüksek temizlenme oranı ana yıkama süre değişiminin 15, ana yıkama su miktarının 14,0 ve suda bastırma adımında ısıtma olduğu durumda elde edilmiştir. Ağartıcı etkinliği sıcaklıkla birlikte arttığı için, suda bastırma adımında ısıtma işleminin olması yüksek yıkama performansının elde edilmesine katkıda bulunmuştur.



Şekil 5.10 Çay lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

5.1.6 Kahve lekesi analizi

Yıkama testleri sonucunda elde edilen kahve lekesi temizlenme oranları analiz edildiğinde, oluşan modelde girdilerin tekil etkilerinin yanı sıra, ikili etkileşimin de yer aldığı görülmüştür. Çizelge 5.6’da kahve lekesine ait analiz sonucu ve elde edilen model gösterilmiştir.

Belirlenen deney tasarımı girdi parametreleri, oluşturulan modelin %75,21’ni açıklayabilmektedir.

Çizelge 5.6 Kahve lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report

Factorial Regression: Kahve Lekesi versus Blocks; Ana Yıkama ; Ana Yıkama S; ...

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	77,8373	11,1196	13,57	0,000
Blocks	2	4,2132	2,1066	2,57	0,099
Linear	3	63,5786	21,1929	25,87	0,000
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	17,6214	17,6214	21,51	0,000
Ana Yıkama Su Miktarı	1	26,0486	26,0486	31,79	0,000
Steeping Isıtması	1	19,9085	19,9085	24,30	0,000
2-Way Interactions	1	10,0009	10,0009	12,21	0,002
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1	10,0009	10,0009	12,21	0,002
Curvature	1	0,0447	0,0447	0,05	0,818
Error	22	18,0251	0,8193		
Total	29	95,8624			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,905165	81,20%	75,21%	65,04%

Coded Coefficients

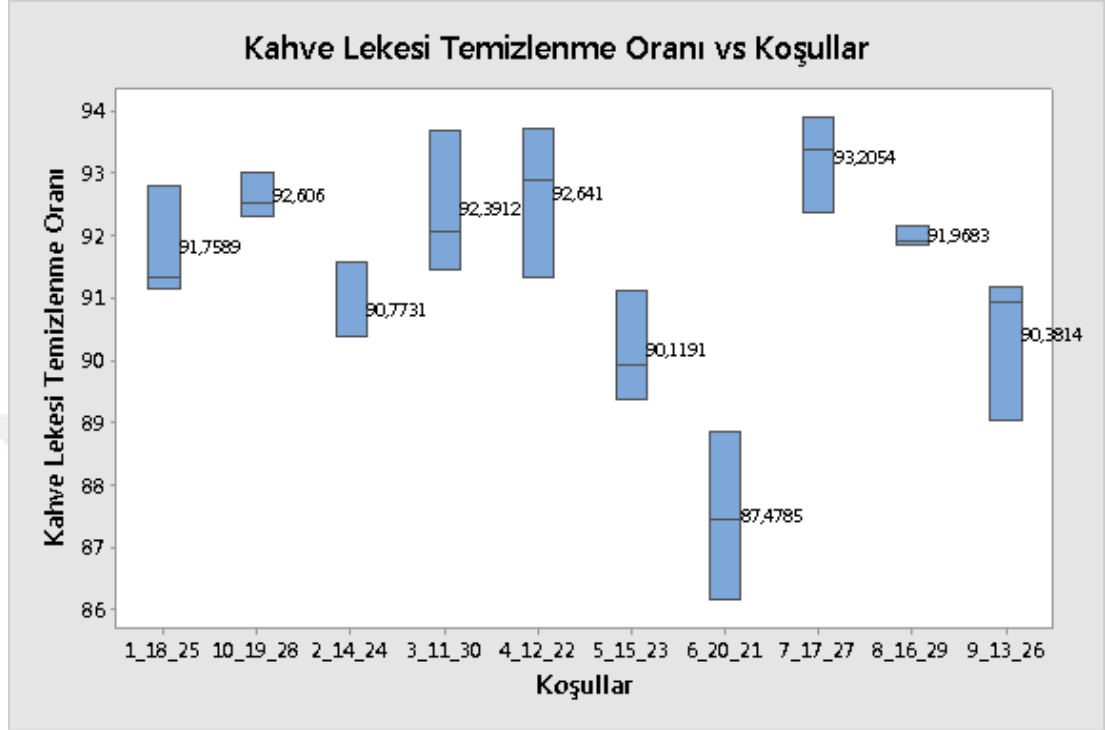
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		91,352	0,185	494,42	0,000	
Blocks						
1		-0,477	0,234	-2,04	0,053	1,33
2		0,039	0,234	0,17	0,869	1,33
Ana Yıkama Süre Değişimi	1,714	0,857	0,185	4,64	0,000	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı	-2,084	-1,042	0,185	-5,64	0,000	1,00
Steeping Isıtması	1,629	0,815	0,165	4,93	0,000	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1,291	0,646	0,185	3,49	0,002	1,00
Ct Pt		-0,096	0,413	-0,23	0,818	1,00

Regression Equation in Uncoded Units

Kahve Lekesi = 97,26 + 0,0571 Ana Yıkama Süre Değişimi - 0,3473 Ana Yıkama Su Miktarı
- 2,84 Steeping Isıtması + 0,2152 Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması
- 0,096 Ct Pt

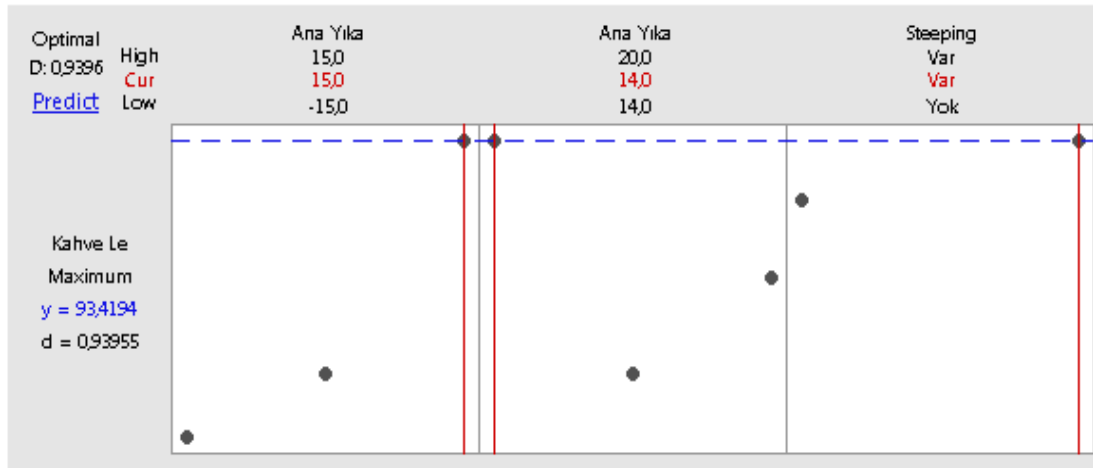
Şekil 5.11’de her farklı koşul için üç tekrar olarak gerçekleştirilen yıkama testleri sonucunda elde edilen kahve lekesi temizlenme oranlarının ortalama değerlerini gösteren grafik verilmiştir.

Şekil 5.11'e göre kahve lekesi için en yüksek temizlenme oranı 7 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı 6 numaralı profilde elde edilmiştir. Bu durumun benzeri çay lekesinde de görülmüştür. Bu durum, her iki lekenin de benzer leke grubuna dahil olması ile açıklanabilir.



Şekil 5.11 Koşullara bağlı olarak kahve lekesi temizlenme oranı.

Şekil 5.12'de kahve lekesi için yapılan optimizasyon analizi grafiği verilmiştir. Optimizasyon analizinde temizlenme oranının maksimize eden koşulların belirlenmesi hedeflenmiştir.



Şekil 5.12 Kahve lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

Elde edilen sonuç, diğer ağırlılabılır lekeler için elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Şekil 5.12’de de görüldüğü gibi, en yüksek temizlenme oranı ana yıkama süresi değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 14,0 ve suda bastırma adımıyla ısıtma işleminin olduğu durumda elde edilmiştir.

5.1.7 Meyve suyu lekesi analizi

Meyve suyu lekesi temizleme oranları analiz edildiğinde, bu leke için oluşturulan modelde sadece ana yıkama su miktarının etkili olduğu görülmüştür. Çizelge 5.7’de meyve suyu lekesine ait analiz sonucu ve elde edilen model gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 Kahve lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report

Factorial Regression: Meyve Suyu Lekesi versus Blocks; Ana Yıkama Su Miktarı; CenterPt

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	4	53,441	13,3601	3,15	0,032
Blocks	2	13,163	6,5817	1,55	0,232
Linear	1	40,087	40,0874	9,45	0,005
Ana Yıkama Su Miktarı	1	40,087	40,0874	9,45	0,005
Curvature	1	0,190	0,1896	0,04	0,834
Error	25	106,017	4,2407		
Total	29	159,458			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,05930	33,51%	22,88%	5,31%

Coded Coefficients

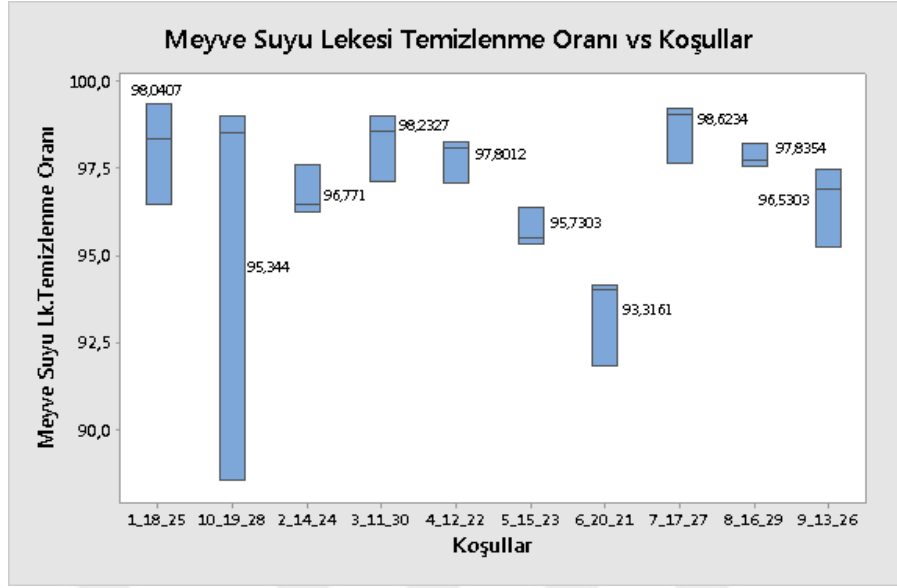
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		96,783	0,420	230,24	0,000	
Blocks						
1		0,313	0,532	0,59	0,561	1,33
2		-0,921	0,532	-1,73	0,096	1,33
Ana Yıkama Su Miktarı	-2,585	-1,292	0,420	-3,07	0,005	1,00
Ct Pt		0,199	0,940	0,21	0,834	1,00

Regression Equation in Uncoded Units

Meyve Suyu Lekesi = 104,11 - 0,431 Ana Yıkama Su Miktarı + 0,199 Ct Pt

Elde edilen modelin sadece %22,88’i açıklanabilmiştir. Bu da, girdi olarak seçilen parametrelerin meyve suyu lekesi temizlenme mekanizmasına etki eden faktörleri kapsamadığını göstermektedir.

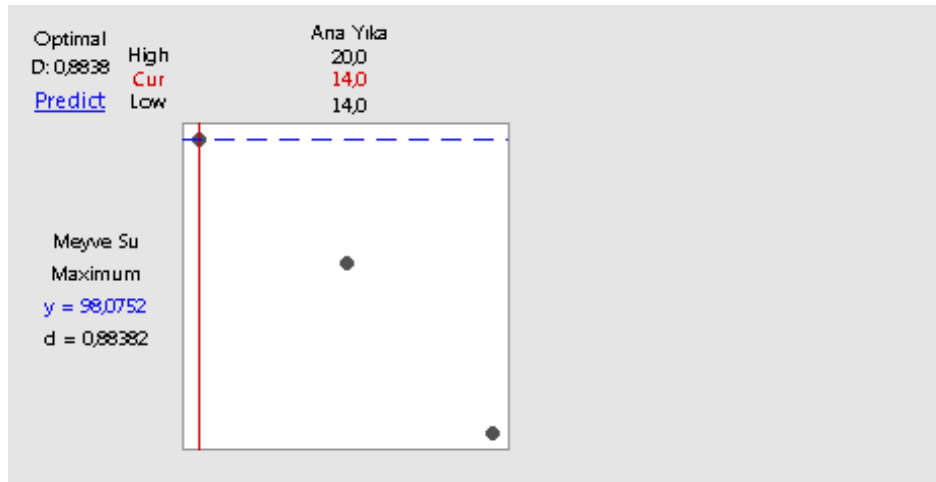
Şekil 5.13’de farklı koşullar için meyve suyu lekesi temizlenme oranları gösterilmiştir.



Şekil 5.13 Koşullara bağlı olarak meyve suyu lekesi temizlenme oranı.

Şekil 5.13’e göre meyve suyu lekesi için en yüksek temizlenme oranı 7 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı ise 6 numaralı profilde elde edilmiştir. Elde edilen model göz önünde bulundurularak profiller karşılaştırıldığında, profillerin ana yıkama su miktarları oldukça farklıdır. Artan ana yıkama su miktarı deterjan konsantrasyonunu azalttığı için, meyve suyu lekesi temizlenme oranını düşürmüştür.

Şekil 5.14’de meyve suyu temizlenme oranı optimizasyon analizi verilmiştir. Modelde etkili olan tek girdi ana yıkama su miktarı olduğu için, sadece bu girdiye ait değer gösterilmiştir. Ana yıkama su miktarının 14,0 olduğu durum yüksek temizlenme oranının elde edildiği durumdur.



Şekil 5.14 Meyve suyu lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

5.1.8 Ketçap lekesi analizi

Ketçap lekesi temizlenme oranları analiz edildiğinde, en etkili parametrenin ana yıkama süresi olduğu görölmüştür. Analizler sonucu sadeleştirilen modelde sadece bu parametrenin tekil etkisi olduğu belirlenmiştir. Çizelge 5.8’de meyve suyu lekesine ait analiz sonucu ve elde edilen model gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 Ketçap lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report

Factorial Regression: Ketçap Lekesi versus Blocks; Ana Yıkama Süre Değişimi; CenterPt

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	4	8,9030	2,2258	2,21	0,097
Blocks	2	3,0636	1,5318	1,52	0,238
Linear	1	5,3959	5,3959	5,35	0,029
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	5,3959	5,3959	5,35	0,029
Curvature	1	0,4434	0,4434	0,44	0,513
Error	25	25,1919	1,0077		
Total	29	34,0949			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,00383	26,11%	14,29%	0,00%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		94,526	0,205	461,31	0,000	
Blocks						
1		-0,347	0,259	-1,34	0,193	1,33
2		-0,077	0,259	-0,30	0,768	1,33
Ana Yıkama Süre Değişimi	0,948	0,474	0,205	2,31	0,029	1,00
Ct Pt		-0,304	0,458	-0,66	0,513	1,00

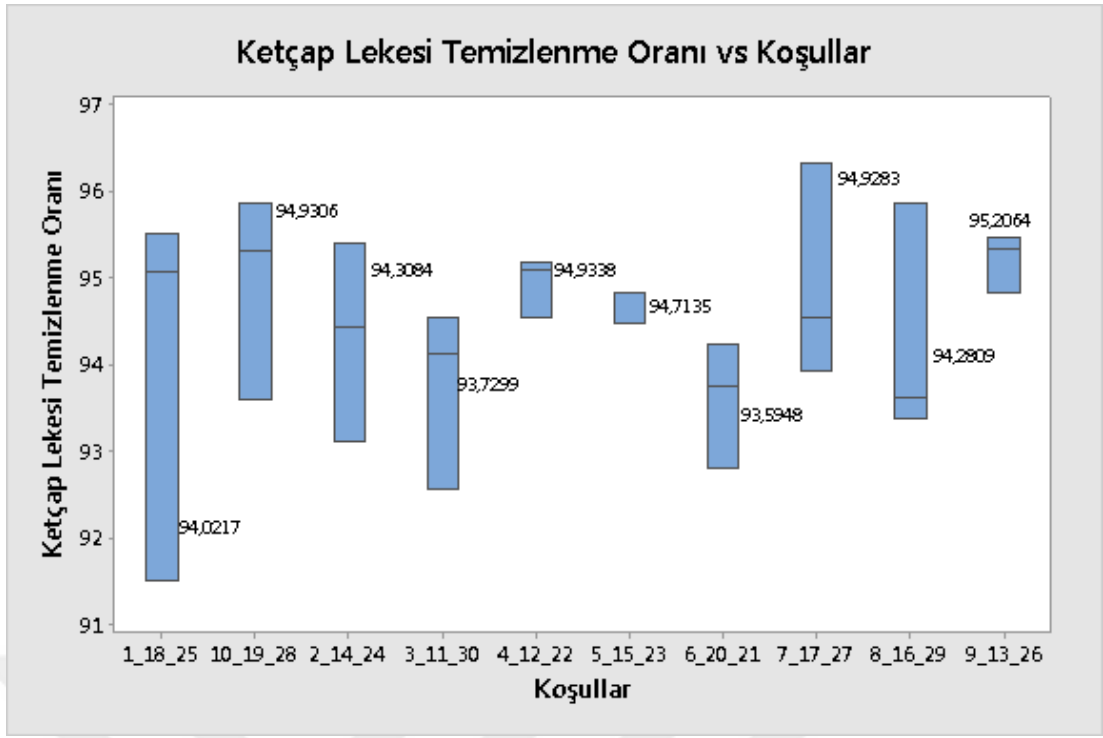
Regression Equation in Uncoded Units

Ketçap Lekesi = 94,526 + 0,0316 Ana Yıkama Süre Değişimi - 0,304 Ct Pt

Modelden anlaşılaçağı gibi, artan ana yıkama süresi ketçap lekesi temizlenme oranını arttırmaktadır.

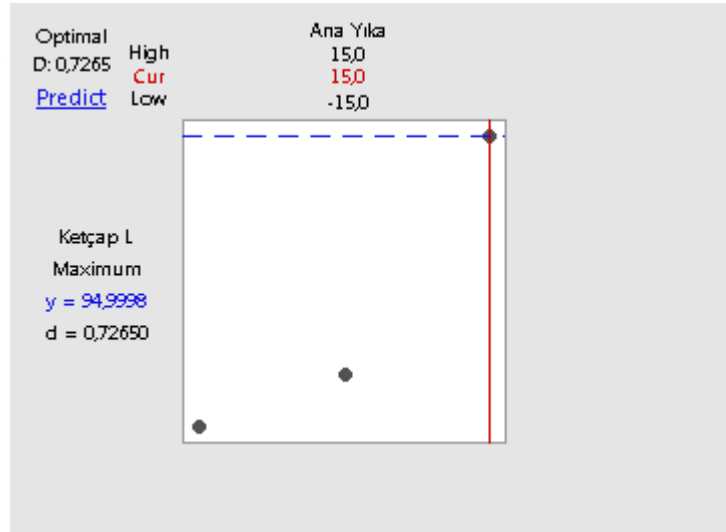
Elde edilen modelin, belirlenen girdi parametreleri ile sadece %14,29’u açıklanabilmiştir.

Koşullara bağlı olarak elde edilen ketçap lekesi temizlenme oranları şekil 5.15’de verilmiştir. Buna göre tüm koşullar için elde edilen temizlenme oranları birbirine oldukça yakındır. En yüksek temizlenme oranı 9 numaralı profilde elde edilmiştir.



Şekil 5.15 Koşullara bağlı olarak ketçap lekesi temizlenme oranı.

Şekil 5.16’da ketçap lekesine ait optimizasyon analizi verilmiştir. Buna göre en iyi temizlenme oranı ana yıkama süresi değişimi 15,0 olduğu durumda gözlenmiştir.



Şekil 5.16 Ketçap lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

5.1.9 Kırmızı şarap lekesi analizi

Yapılan testler koşulunda elde edilen kırmızı şarap temizlenme oranları analiz edildiğinde oluşturulan model girdi parametrelerinin tekil etkilerinin yanı sıra, ikili etkileşimlerinin de etkili olduğu söylenebilir. Çizelge 5.9’da kırmızı şarap lekesine ait analiz sonucu ve elde edilen model verilmiştir.

Çizelge 5.9 Ketçap lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report

Factorial Regression: Kırmızı Şara versus Blocks; Ana Yıkama ; Ana Yıkama S; ...

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	8	412,299	51,537	18,16	0,000
Blocks	2	16,935	8,467	2,98	0,072
Linear	3	354,921	118,307	41,69	0,000
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	56,481	56,481	19,90	0,000
Ana Yıkama Su Miktarı	1	204,892	204,892	72,19	0,000
Steeping Isıtması	1	93,548	93,548	32,96	0,000
2-Way Interactions	2	35,037	17,519	6,17	0,008
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı	1	14,486	14,486	5,10	0,035
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1	20,551	20,551	7,24	0,014
Curvature	1	5,406	5,406	1,90	0,182
Error	21	59,600	2,838		
Total	29	471,899			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,68467	87,37%	82,56%	74,51%

Coded Coefficients

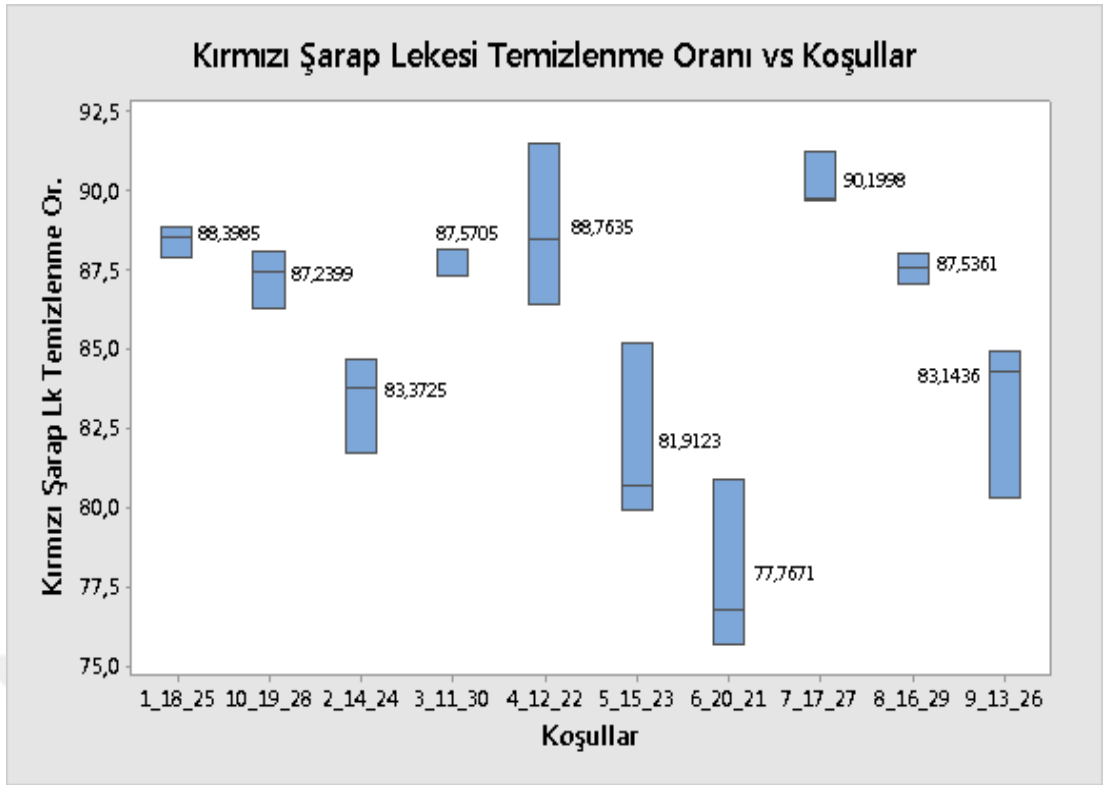
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant		85,803	0,344	249,51	0,000
Blocks					
1		-0,925	0,435	-2,13	0,045
2		0,915	0,435	2,10	0,048
Ana Yıkama Süre Değişimi	3,068	1,534	0,344	4,46	0,000
Ana Yıkama Su Miktarı	-5,844	-2,922	0,344	-8,50	0,000
Steeping Isıtması	3,532	1,766	0,308	5,74	0,000
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı	1,554	0,777	0,344	2,26	0,035
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1,851	0,925	0,344	2,69	0,014
Ct Pt		-1,061	0,769	-1,38	0,182

Regression Equation in Uncoded Units

Kırmızı Şarap Lekesi = 102,36 - 0,191 Ana Yıkama Süre Değişimi - 0,974 Ana Yıkama Su Miktarı
- 3,48 Steeping Isıtması
+ 0,01726 Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı
+ 0,308 Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması - 1,061 Ct Pt

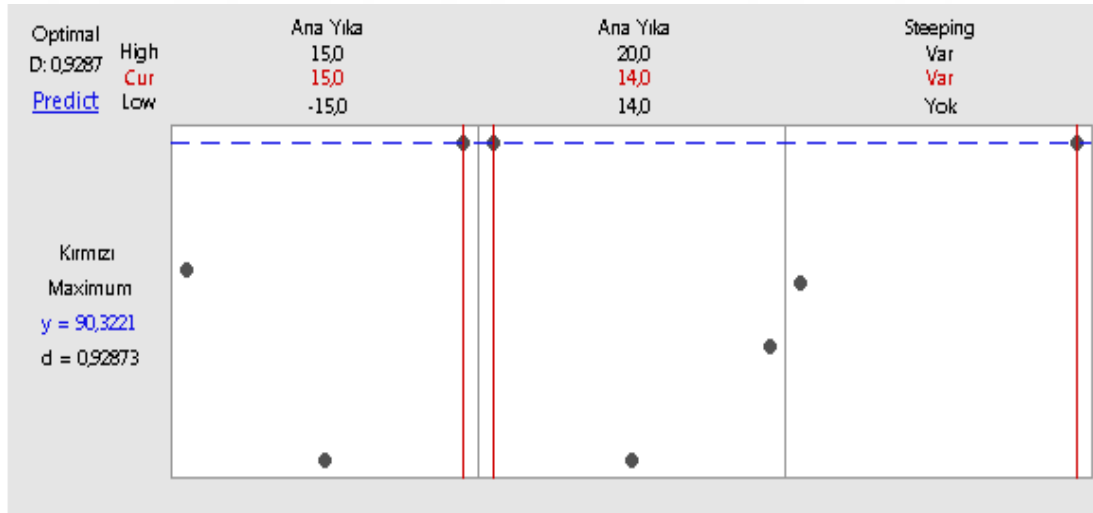
Belirlenen girdi parametreleri ile elde edilen model %82,56 oranında açıklanabilmektedir. Bu da, deney tasarımı için seçilen parametrelerin kırmızı şarap lekesinin temizlenme mekanizması için uygun parametreler olduğunu göstermiştir.

Şekil 5.17’de farklı koşullar altında gerçekleştirilen yıkama testleri sonucunda elde edilen kırmızı şarap temizlenme oranları gösterilmiştir. Buna göre en yüksek temizlenme oranı 7 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı 6 numaralı profilde elde edilmiştir. Benzer durum, kırmızı şarap ile aynı leke grubu sınıfına dahil olan çay ve kahve lekelerinde de gözlenmiştir.



Şekil 5.17 Koşullara bağlı olarak kırmızı şarap lekesi temizlenme oranı.

Şekil 5.18’de kırmızı şarap lekesi için yapılan optimizasyon analiz grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5.18 Kırmızı şarap lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

Şekil 5.18’e göre en yüksek temizlenme oranı ana yıkama süre değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 14,0 ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin olduğu durumda elde edilmiştir.

Diğer ağartılabilir lekeler için elde edilen sonuç ile uyum göstermektedir.

5.1.10 Kömür lekesi analizi

Kömür lekesi temizlenme oranları analiz edildiğinde, oluşturulan modelde ana yıkama süre değişimi ve ana yıkama su miktarının etkili olduğu gözlenmiştir. Çizelge 5.10’da kömür lekesi için yapılan analiz ve elde edilen model gösterilmiştir.

Çizelge 5.10 Kömür lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report

Factorial Regression: Kömür Lekesi versus Blocks; Ana Yıkama ; Ana Yıkama S; CenterPt

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	98,920	19,784	9,41	0,000
Blocks	2	2,027	1,013	0,48	0,623
Linear	2	95,815	47,908	22,79	0,000
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	29,566	29,566	14,07	0,001
Ana Yıkama Su Miktarı	1	66,249	66,249	31,52	0,000
Curvature	1	1,077	1,077	0,51	0,481
Error	24	50,444	2,102		
Total	29	149,364			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,44977	66,23%	59,19%	47,55%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		34,233	0,296	115,68	0,000	
Blocks						
1		0,024	0,374	0,06	0,950	1,33
2		0,306	0,374	0,82	0,422	1,33
Ana Yıkama Süre Değişimi	2,220	1,110	0,296	3,75	0,001	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı	3,323	1,661	0,296	5,61	0,000	1,00
Ct Pt		-0,474	0,662	-0,72	0,481	1,00

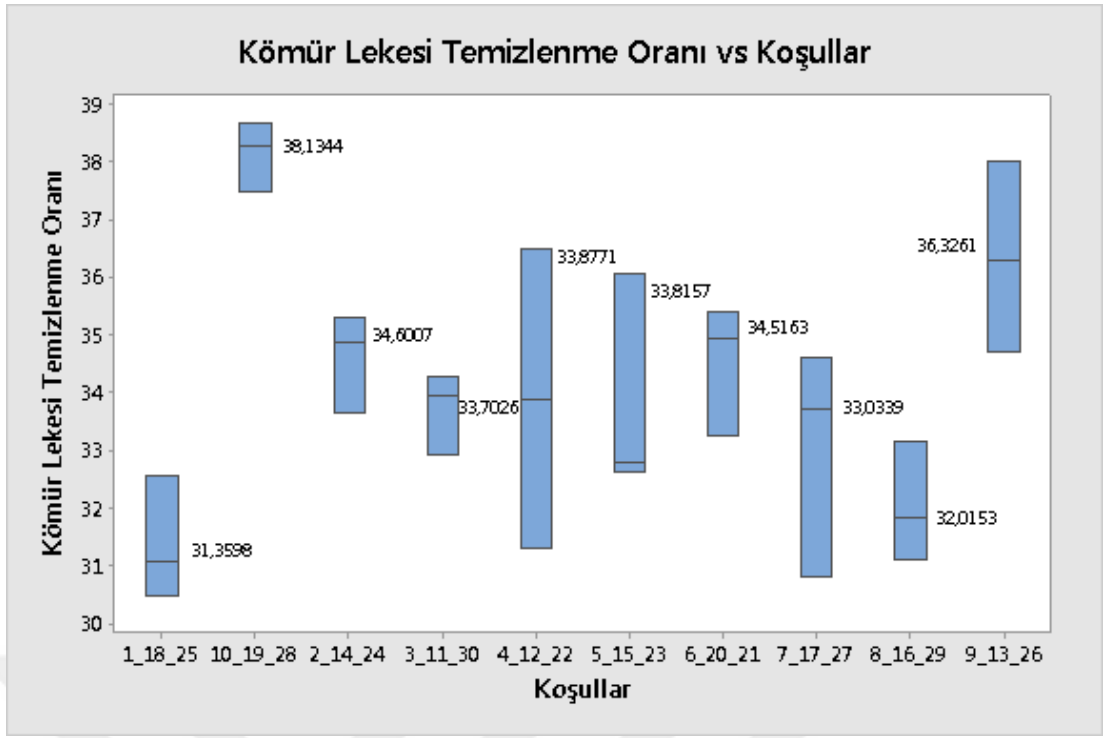
Regression Equation in Uncoded Units

Kömür Lekesi = 24,82 + 0,0740 Ana Yıkama Süre Değişimi + 0,5538 Ana Yıkama Su Miktarı
- 0,474 Ct Pt

Kömür lekesi mekanik harekete duyarlı bir leke olduğundan, artan ana yıkama süresi leke üzerine uygulanacak mekanik hareket etki süresini arttıracak anlamına geldiği için, kömür lekesi temizlenme oranı artan program süresi ile birlikte artış göstermektedir.

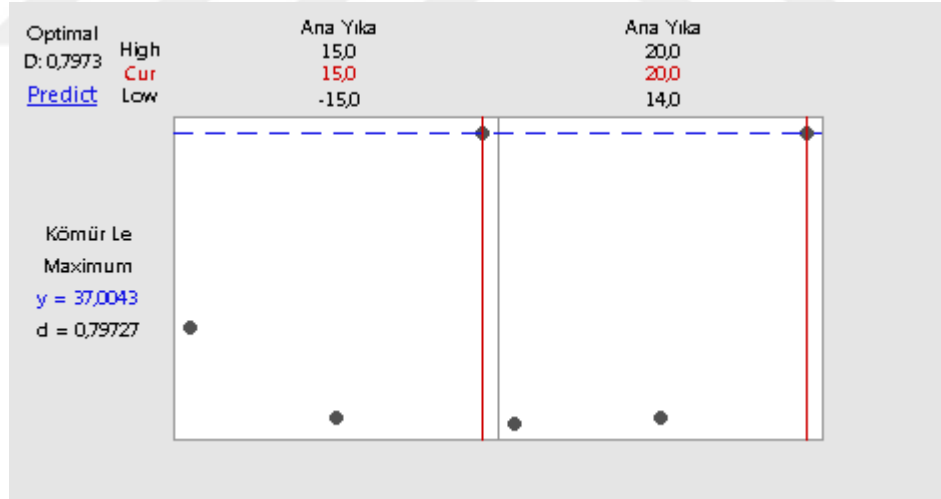
Elde edilen modelin, seçilen girdi parametreler ile %59,19’unu açıklanabilmiştir.

Şekil 5.19’da kömür lekesi temizlenme oranının koşullara bağlı olarak değişimini gösteren grafik verilmiştir. Buna göre en yüksek temizlenme oranı 10 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı 1 numaralı profilde elde edilmiştir.



Şekil 5.19 Koşullara bağlı olarak kömür lekesi temizlenme oranı.

Şekil 5.20’de kömür lekesi için yapılan optimizasyon analizi sonucu temizlenme oranının elde edildiği durumda girdi parametrelerinin neler olduğu gösterilmiştir.



Şekil 5.20 Kömür lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

Şekil 5.20’ye göre ana yıkama süre değişimi 15,0 ve ana yıkama su miktarı 20,0 L olduğu durumda kömür lekesi için en yüksek temizlenme oranı elde edilmiştir.

5.1.11 Reçel lekesi analizi

Reçel lekesi temizlenme oranları analiz edildiğinde, yıkama performansının ana yıkama süre değişimi ve ana yıkama su miktarı ile ters; suda bastırma adımı

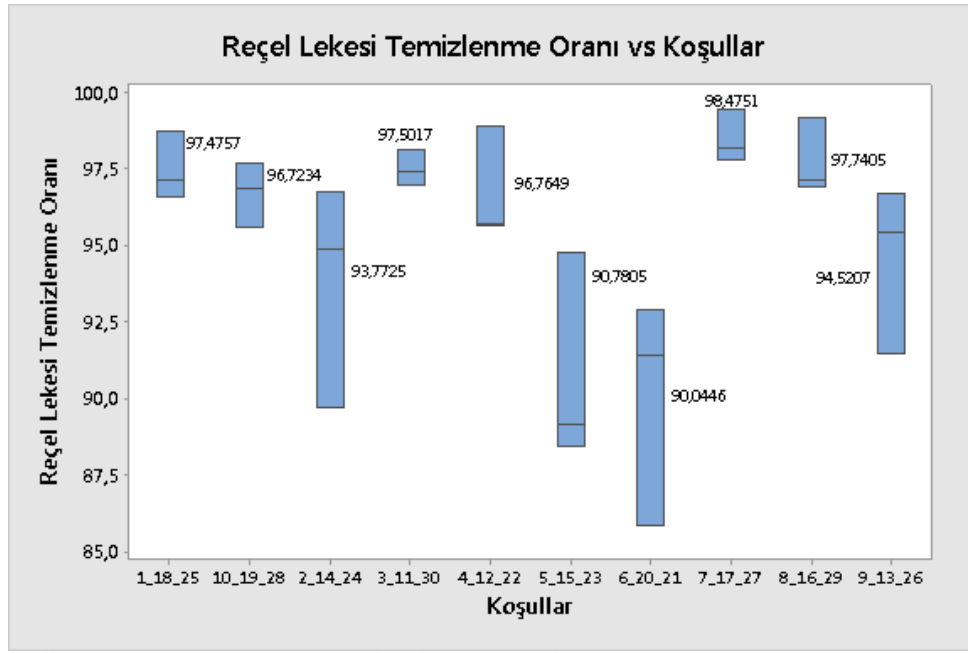
ısıtma olma durumu ile doğrusal bir ilişkisi olduğu görülmüştür. Tekil etkilerin yanı sıra, ana yıkama süre değişimi-ana yıkama su miktarı etkileşiminin de reçel lekesinin temizlenmesine katkıda bulunduğu gözlenmiştir. Çizelge 5.11’de reçel lekesi için yapılan analiz ve elde edilen model verilmiştir.

Çizelge 5.11 Reçel lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report						
Factorial Regression: Reçel Leksi versus Blocks; Ana Yıkama ; Ana Yıkama S; ...						
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Model	7	211,170	30,167	4,69	0,002	
Blocks	2	9,791	4,895	0,76	0,479	
Linear	3	169,315	56,438	8,78	0,001	
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	20,817	20,817	3,24	0,086	
Ana Yıkama Su Miktarı	1	88,878	88,878	13,82	0,001	
Steeping Isıtması	1	59,619	59,619	9,27	0,006	
2-Way Interactions	1	20,553	20,553	3,20	0,088	
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı	1	20,553	20,553	3,20	0,088	
Curvature	1	11,511	11,511	1,79	0,195	
Error	22	141,449	6,430			
Total	29	352,619				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
2,53565	59,89%	47,12%	25,41%			
Coded Coefficients						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	
Constant		95,690	0,518	184,88	0,000	
Blocks						
1		-0,679	0,655	-1,04	0,311	
2		0,718	0,655	1,10	0,284	
Ana Yıkama Süre Değişimi		1,863	0,921	0,518	1,80	0,086
Ana Yıkama Su Miktarı		-3,849	-1,924	0,518	-3,72	0,001
Steeping Isıtması		2,819	1,410	0,463	3,05	0,006
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı		1,851	0,925	0,518	1,79	0,088
Ct Pt		-1,55	1,16	-1,34	0,195	
VIF						
Term						
Constant						
Blocks						
1		1,33				
2		1,33				
Ana Yıkama Süre Değişimi		1,00				
Ana Yıkama Su Miktarı		1,00				
Steeping Isıtması		1,00				
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı		1,00				
Ct Pt		1,00				
Regression Equation in Uncoded Units						
Reçel Leksi = 106,59 - 0,288 Ana Yıkama Süre Değişimi - 0,641 Ana Yıkama Su Miktarı + 1,410 Steeping Isıtması + 0,0206 Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı - 1,55 Ct Pt						

Analizler sonucu elde edilen modelin %47,12’si açıklanabilmiştir. Reçel lekesi enzime ve deterjan konsantrasyonuna duyarlı bir leke olduğundan, reçel lekesi temizlenme modelinin daha iyi açıklanabilmesi için, deterjan bileşimi ve miktarı da deney tasarımına parametre olarak eklenmelidir.

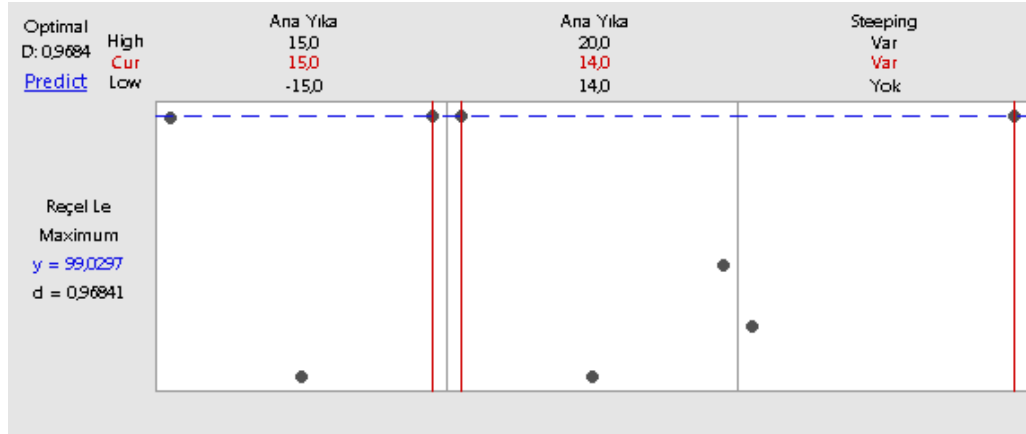
Şekil 5.21’de farklı yıkama koşulları altında gerçekleştirilen testler sonucunda elde edilen reçel lekesinin temizlenme oranları verilmiştir.



Şekil 5.21 Koşullara bağlı olarak reçel lekesi temizlenme oranı.

Şekil 5.21'e göre reçel lekesi için en yüksek temizlenme oranı 7 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı 6 numaralı profilde elde edilmiştir.

Şekil 5.22'de reçel lekesi için yapılan optimizasyon analizi sonucu paylaşılmıştır. Buna göre en yüksek temizlenme oranı ana yıkama süre değişimi 15,0; ana yıkama su miktarı 14,0 ve suda bastırma adımında ısıtma olduğu durumda gözlenmiştir.



Şekil 5.22 Reçel lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

5.1.12 Köri lekesi analizi

Köri lekesi analiz edildiğinde, elde edilen modelde ana yıkama süre değişimi ve su miktarının hem tekil etkilerinin hem de ikili etkileşiminin etkisi olduğu görülmüştür. Çizelge 5.12'de köri lekesi için yapılan analiz ve elde edilen model verilmiştir.

Çizelge 5.12 Köri lekesi için yapılan analiz sonucunda elde edilen model.

Minitab Project Report

Factorial Regression: Köri Lekesi versus Blocks; Ana Yıkama Süre; Ana Yıkama Su Mi; CenterPt

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	64,800	10,8000	6,03	0,001
Blocks	2	9,779	4,8897	2,73	0,086
Linear	2	40,874	20,4369	11,41	0,000
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	40,873	40,8734	22,81	0,000
Ana Yıkama Su Miktarı	1	0,000	0,0004	0,00	0,988
2-Way Interactions	1	12,474	12,4736	6,96	0,015
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı	1	12,474	12,4736	6,96	0,015
Curvature	1	1,673	1,6728	0,93	0,344
Error	23	41,207	1,7916		
Total	29	106,006			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,33850	61,13%	50,99%	33,87%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant		92,811	0,273	339,69	0,000
Blocks					
1		0,622	0,346	1,80	0,085
2		-0,757	0,346	-2,19	0,039
Ana Yıkama Süre Değişimi	2,610	1,305	0,273	4,78	0,000
Ana Yıkama Su Miktarı	0,008	0,004	0,273	0,02	0,988
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı	1,442	0,721	0,273	2,64	0,015
Ct Pt		-0,590	0,611	-0,97	0,344

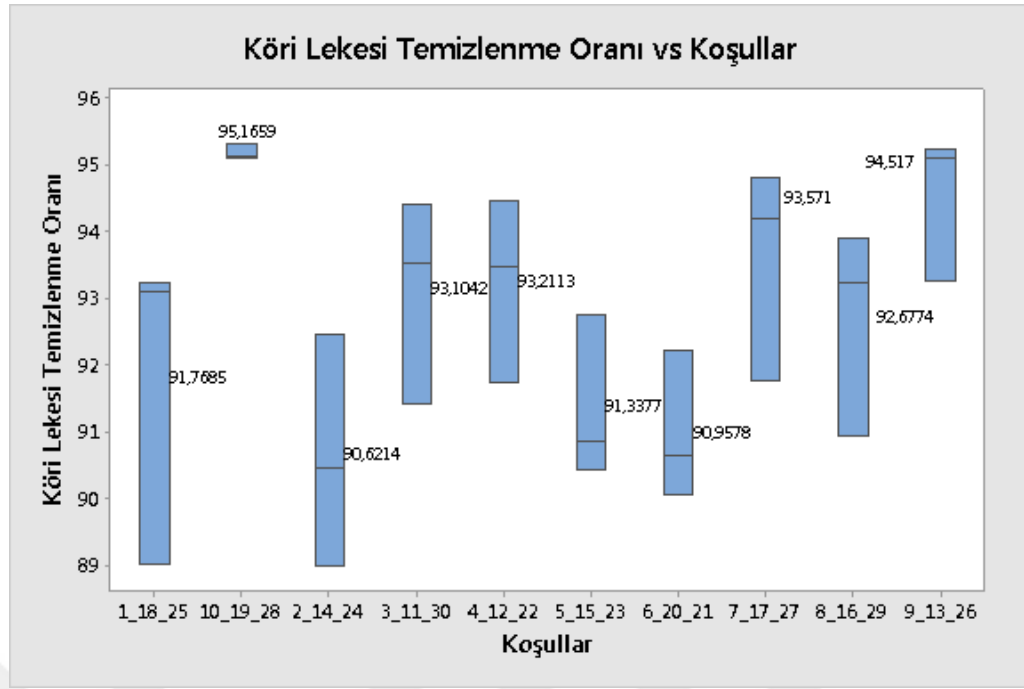
Term	VIF
Constant	
Blocks	
1	1,33
2	1,33
Ana Yıkama Süre Değişimi	1,00
Ana Yıkama Su Miktarı	1,00
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı	1,00
Ct Pt	1,00

Regression Equation in Uncoded Units

Köri Lekesi = 92,79 - 0,185 Ana Yıkama Süre Değişimi + 0,0014 Ana Yıkama Su Miktarı
+ 0,01602 Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı - 0,590 Ct Pt

Elde edilen modelin %50,99'u açıklanabilmiştir. Açıklanamayan kısımlar, deney tasarımı girdi olarak değerlendirilmeyen diğer parametreleri içermektedir.

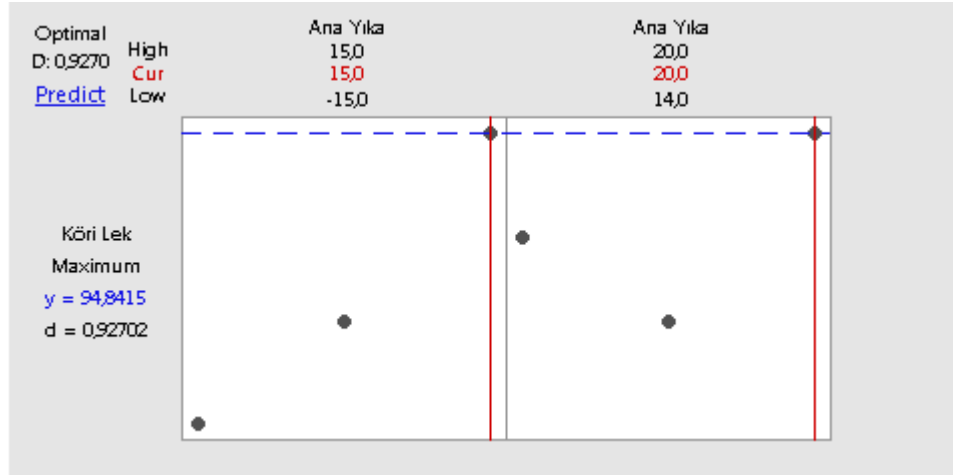
Şekil 5.23'te köri lekesine ait temizlenme oranlarının farklı yıkama koşulları değişimini göstermektedir.



Şekil 5.23 Koşullara bağlı olarak köri lekesi temizlenme oranı.

Şekil 5.23'e göre köri lekesi için en yüksek temizlenme oranı 10 numaralı profilde; en düşük temizlenme oranı 6 numaralı profilde elde edilmiştir.

Şekil 5.24'te köri lekesi için yapılan optimizasyon analiz grafiği verilmiştir. Buna göre ana yıkama süre değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 20,0 olduğu durumda en yüksek temizlenme oranı elde edilmiştir.



Şekil 5.24 Köri lekesi için optimizasyon analizi grafiği.

5.2 Deneysel Sonuçların Değerlendirilmesi

Lekeler ayrı ayrı analiz edildiğinde, her leke tipi için en iyi sonucu veren koşullar belirlenmiştir. Buna göre ağartıcıya duyarlı olan çay, kahve, meyve suyu, kırmızı

şarap ve reçel lekeleri için en iyi temizlenme oranları 7 numaralı profilde elde edilmiştir. Bu lekeler için optimizasyon analizi yapıldığında, ana yıkama süresi değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 14,0 ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin olduğu durum en iyi temizlenme oranı değerini verdiği gözlenmiştir. Mekanik hareket ve enzime duyarlı olan çikolata, puding, kömür ve köri lekeleri için en yüksek temizlenme oranları 10 numaralı profilde gözlenmiştir. Puding lekesi haricinde diğer lekeler için, optimizasyon analizi ana yıkama süresi değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 20,0 ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin olduğu durumda en iyi sonucu vermiştir. Enzim ve sıcaklığa duyarlı olan kan, yumurta ve ketçap lekeleri için ana yıkama süre değişiminin 15,0 olduğu durum, bu lekeler için ortak şekilde pozitif etki göstermiştir. Yumurta ve ketçap lekelerinin analizi sonucu elde edilen modelde suda bastırma adımında ısıtma işlemi bulunmazken; kan lekesi için suda bastırma adımında ısıtma işleminin bulunması bu leke temizlenmesi açısından olumsuz etki yaratmıştır.

6. GENEL DEĞERLENDİRMELER VE VARGILAR

Deney sonuçları analiz edildiğinde her bir leke için, leke temizlenme mekanizmasına etkiyen parametreler ve bu parametrelerin seviyeleri belirlenmiştir. Etkiyen parametrelere göre leke çıkarma oranını temsil eden modeller oluşturulmuştur. Bu modeller ve leke çıkarma oranları göz önüne alındığında aşağıdaki vargılara ulaşılmıştır. Buna göre:

- Ana yıkama süresinin değişimi tüm lekeler için etkili bir parametre olarak belirlenmiştir.
- Ana yıkama süresinin değişimi 15,0 olduğu durumda tüm lekeler için pozitif şekilde etkilidir. Bu durumda daha önce bahsedildiği gibi, artan yıkama süresinin yıkama performansını arttırması ile açıklanabilir.
- Kan ve yumurta gibi protein bazlı lekeler için suda bastırma adımında ısıtma işleminin yapılması, bu lekelerin temizlenme performansları üzerinde etkisiz veya olumsuz etki yarattığı görülmüştür.
- Kömür gibi mekanik harekete hassas olan lekeler için ana yıkama su miktarı 20,0 l olduğu durumda en iyi temizlenme performansı elde edilmiştir. Bu durum, artan su miktarının mekanik hareket etkisini arttırması ile açıklanabilir.
- Çay, kahve, meyve suyu gibi ağartılabilir lekeler için suda bastırma adımında ısıtma işlemi, bu lekelerin temizlenme performanslarını arttırmıştır. Bu durum, deterjan içerisindeki ağartıcı maddenin aktivitesinin sıcaklıkla birlikte artmış olmasına dayandırılabilir.

Her bir lekenin analizi sonucunda, en iyi temizlenme oranlarının elde edildiği farklı deney parametre değerleri belirlenmiştir. Ancak on iki adet leke için ortak bir profil oluşturulması adına tüm lekelerin birlikte analiz edilmesi gerekmektedir. Yapılan testler sonucunda tüm lekeler için elde edilen temizlenme oranları ortak bir şekilde analiz edilmiş ve lekelerin genelini kapsayacak şekilde optimum yıkama performansını sağlayacak deney parametre değerleri belirlenmiştir. Buna göre ana yıkama süre değişimi 15,0, ana yıkama su miktarı 20,0 ve suda bastırma adımında ısıtma işleminin yapıldığı durum, ortak profil için belirlenen değerlerdir. Şekil 6.1’de

Figure 10 displays a 2x4 grid of scatter plots showing the relationship between 'Yıl' (Year) and 'Değer' (Value) for various products. Each plot includes a horizontal dashed line for the maximum value and a vertical solid line for the predicted value.

Top Row (Left):

- Optimal D:0.8067 High Cur Low Predict:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Compo Site Desirability D:0.8067:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Köri Lek Maxim um $y = 94.8415$ $d = 0.92702$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Regül Le Maxim um $y = 97.0318$ $d = 0.82168$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Köm ür Le Maxim um $y = 37.0043$ $d = 0.79727$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Kırm ızı Maxim um $y = 87.8830$ $d = 0.77410$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Ketçap L Maxim um $y = 94.9998$ $d = 0.72650$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.

Top Row (Right):

- Optimal D:0.8067 High Cur Low Predict:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Meyve Su Maxim um $y = 95.4904$ $d = 0.64444$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Kahve Le Maxim um $y = 92.6288$ $d = 0.83704$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Çay Leke Maxim um $y = 87.7547$ $d = 0.83277$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Yum urta Maxim um $y = 95.4539$ $d = 0.72033$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Puding L Maxim um $y = 56.2931$ $d = 0.86247$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.

Bottom Row (Left):

- Optimal D:0.8067 High Cur Low Predict:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Çikolata Maximum $y = 95.4121$ $d = 0.90352$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.
- Kan Leke Maximum $y = 96.0292$ $d = 0.88238$:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.

Bottom Row (Right):

- Steeping Var Yok:** Scatter plot showing data points and a horizontal dashed line for the maximum value.

Bu çalışmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda, belirlenen referans ürüne göre daha kısa sürede çalışma kapsamında seçilen lekeler için optimum temizlenme performansı sağlayan bir çamaşır makinesi programı geliştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Atıcı, O. G** (2015). Ders Notu 1:Yüzey Aktif Maddelerin Endüstriyel Uygulamaları. *İTÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Yüzey Aktif Maddelerin Endüstriyel Uygulamaları*. İstanbul.
- Atıcı, O. G** (2015). Ders Notu 11: Islatma. *İTÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Yüzey Aktif Maddelerin Endüstriyel Uygulamaları*. İstanbul.
- Bleach responsive stains.** (t.y.). Erişim: 16 Nisan 2016, <http://www.warwickequest.co.uk/bleach-responsive-stains.php>.
- BS EN 60456:2011.** (2011, 07). *Clothes washing machines for household use - Methods for measuring the performance*.
- Center for Testmaterial (CFT).** (2015). *CFT Price List 2015-2016*. Erişim: 20 Nisan 2016, [www.cftbv.nl: http://www.cftbv.nl/Latest_Documents/CFT%20Pricelist%202015-2016.pdf](http://www.cftbv.nl/Latest_Documents/CFT%20Pricelist%202015-2016.pdf).
- Cireli, A., Sarışık, M., Kutlu, B., & Yaman, v.** (2004). The Effects of Washing Condition on Soil Removal In Domestic Laundering Processes. *AUTEX Research Journal*, 4 (2), 101-112.
- Detergency responsive stains.** (t.y.). Erişim: 05 Nisan 2016, <http://www.warwickequest.co.uk/detergency-responsive-stains.php>.
- Dora, C. M.** (2007). *Bir Yıkama Makinesinde Enerji Tüketiminin Azaltılmasına Yönelik Modelleme*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- D'Souza, N.** (1998). Stain Removal. N. D'Souza içinde, *Fabric Care* (s. 76-85). India: H.S. Poplai for New Age International (P) Limited.
- Efe, S.** (2015). *Deterjan Bileşenlerinin Temizleme Aktivitesi Üzerine Mekanik Hareket ve Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Enzyme responsive stains.** (2016). Erişim: 12 Nisan 2016, <http://www.warwickequest.co.uk/enzyme-responsive-stains.php>.
- Enzymes at work.** (t.y.). Erişim: 07 Nisan 2016, http://novozymes.com/en/about-us/brochures/Documents/Enzymes_at_work.pdf.
- Friedli, F. E., ve diğ.** (1994). Performance of Specialty Surfactants in Laundry and Household-Cleaning Applications: Global Perspectives. *Proceedings of the 3rd World Conference on Detergents* (s. 156-160). Montreux: AOCS Press.
- Gaur, N., & Bansod, P. P.** (2013). Front End Realization of Automatic Washing Machine. *International Journal of Computer Applications*, 15-20.
- Gericke, A.** (2001). *A comparison of the Effect of the Mechanical Wash Action on Textile Fabric Deterioration and Soil Removal Efficiency*. (Master Thesis). University of Stellenbosch, Master of Science in Consumer Science, Stellenbosch.

- Hackler, N., & Heaton, L. M.** (1990). CLOCARE: a computer program on caring for clothing. *Proceedings of the 3rd International Conference on Computers in Agricultural Extension Programs* . Florida.
- Han, H. R., Chung, S. E., Kim, J., & Park, C. H.** (2015). Mechanical and Physicochemical Contribution In Removal of Different Soil Types on Cotton Fabric. *Textile Research Journal*, 85 (19), 2009-2019.
- Haraç, İ. B.** (2009). *Kurutucularda Tahrik Mekanizması Problemlerinin İncelenmesi*. İstanbul: (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hedegaard, C., Séjourné, V., & Stalmans, M.** (2013). The Case For The "A.I.S.E. Low Temperature Washing" Initiative.
- Hilgers, T., & Maurenbrecher, N.** (2011). *A.I.S.E. Testing Application of the A.I.S.E. minimum test protocol for detergent performance*. Erişim: 18 Nisan 2016, wfk Testgewebe GmbH - Test Materials and Concepts : <http://www.testmaterials.com/>.
- IEC 60734 Ed.4.** (2012). *Household electrical appliances - Performance - Water for testing*. Italy: IEC - International Electrotechnical Commission.
- Islam, M. M., & Khan, A. M.** (2013). Functional Properties Improvement and Value Addition to Apparel by Soil. *Research Journal of Engineering Sciences*, 2 (6), 35-39.
- Karakaş, S.** (2011). *Vector Control of PMSM in Washing Machine Application*. (M. Sc. Thesis). Istanbul Technical University, Science Institute, Istanbul.
- Kissa, E.** (1981). Mechanisms of Soil Release. *Textile Research Journal*, 508-513.
- Laundry Detergent Ingredients Information Sheet.** (2009). Erişim: 27 Mart 2016, http://www.washwise.org.au/_documents/Laundry%20detergent%20ingredients%20info%20sheet.pdf.
- Laurent, J. B., Buzzaccarini, d. F., Clerck, K. D., Demeyere, H., Regine, L., Lodewick, R., et al.** (2007). Laundry Cleaning of Textiles. I. Johansson, & P. Somasundaran içinde, *Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces* (s. 57-102). Amsterdam: Elsevier B.V.
- Leonardo da Vinci Project, No:146-360 Sustainability in commercial laundering processes.** (2005). Training Modules on the Sustainability of Industrial Laundering Processes. Erişim: 30 Mart 2016, <http://www.laundry-sustainability.eu/en/>.
- MEB.** (2007). *Elektrik-Elektronik Teknolojisi: Çamaşır Makineleri*. Ankara.
- MEB.** (2011). *İnşaat Teknolojisi: Renk Hazırlama*. Ankara.
- N*, B., & Mathews, J. A.** (2015). Energy and Water Consumption Analysis of Washing Process in a Fully Automatic Washing Machine. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10 (11), 10341-10344.

- Neiditch, O. W., Mills, K. L., & Gladstone, G.** (1980). The Stain Removal Index (SRI): A New Reflectometer Method For Measuring And Reporting Stain Removal Effectiveness. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 57 (12), 426-429.
- Othmer, K.** (2007). *Kirk-Othmer Chemical Technology and the Environment Chemical Technology and the Environment Volume 1*. New York: Wiley.
- Principles Of Cleaning.** (t.y.). Erişim: 28 Nisan 2016, <http://www.fao.org/docrep/003/x6557e/x6557e04.htm>.
- Rhein, L.** (2007). Surfactant Action on Skin and Hair: Cleansing and Skin Reactivity Mechanisms. I. Johansson, & P. Somasundaran içinde, *Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces* (s. 305-369). Amsterdam: Elsevier B.V.
- Rosen, M. J., & Kunjappu, J. T.** (2012). *Surfactants and Interfacial Phenomena*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Rybinski, W. v.** (2007). Physical Aspects of Cleaning Processes. I. Johansson, & P. Somasundaran içinde, *Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces* (s. 1-53). Amsterdam: Elsevier B.V.
- Samsung.** (2016). WT725QPNDMP Semi Automatic with Easy To Move, 7.2 kg. Erişim: 18 Mart 2016, <http://www.samsung.com/in/consumer/home-appliances/washing-machines/semi-automatic/WT725QPNDMPXTL>.
- Showell, M.** (2006). *Handbook of Detergents, Part D: Formulation*. Florida: CRC Press.
- Smulders, E.** (2002). *Laundry Detergents*. Mörlenbach: Wiley-VCH Verlag GmbH.
- Stamminger, R.** (2014). *Sustainable use of washing machine: modeling the consumer behavior related resources consumption in use of washing machines*. Sanski Most, Bosnien und Herzegowina.
- Terpstra, P. M.** (2011). Assessment of the Cleaning Efficiency of Domestic Washing Machines with Artificially Soiled Test Cloth. P. Bertoldi, A. Ricci, & A. d. Almeida içinde, *Energy Efficiency in Household Appliances and Lighting* (s. 99-105). New York: Springer.
- Türksel, M.** (2008). *Altı Sigma Metodolojisi ve Tedarikçi Bazında Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Varol, İ.** (2008). *Viskoelastik Elemanların Dinamik Özelliklerinin Titreşim Testleri İle Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- WarwickEquest.** (t.y.). *Stain List- all types*. Erişim: 19 Nisan 2016, <http://www.warwickequest.co.uk/downloads/completestains.pdf>.
- Woo, J. H., Kim, J., & Park, C. H.** (2014). Contributing Ratio of the Mechanical and the Physicochemical Actions to Washing Efficiency of Mineral Oil and Protein Soils. *Fibers and Polymers*, 15 (3), 645-652.

- Woodfin, L. B.** (1975). *The Effects of Water Temperature and Detergents on Soil Removal in the Laundering of Textiles*. (Thesis). Texas Tech University, Master of Science In Home Economics, Texas.
- Yangxin, Y., Jin, Z., & Bayly, A. E.** (2008). Development of Surfactants and Builders in Detergent Formulations. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 16 (4), 517-527.
- Yun, C., & Park, C. H.** (2015). The Effect of Fabric Movement on Washing Performance in a Front-Loading Washer II: Under Various Physical Washing Conditions. *Textile Research Journal*, 85 (3), 251-261.
- Yun, C., & Park, C. H.** (2015). The Effect of Fabric Movement on Washing Performance in a Front-Loading Washer III: Focus on the Optimized Movement Algorithm. *Textile Research Journal*, 86 (6), 563-572.
- Zuheros, R. G., López, R. A., & Molina, P. H.** (2011). *Structural Analysis of a Washing Machine Through Its Loading Cases*. (Bachelor Degree Project in Mechanics). University of Skövde, Sweden.

EKLER

EK A: Minitab Programı İle Yapılan Analiz Prosedürü.



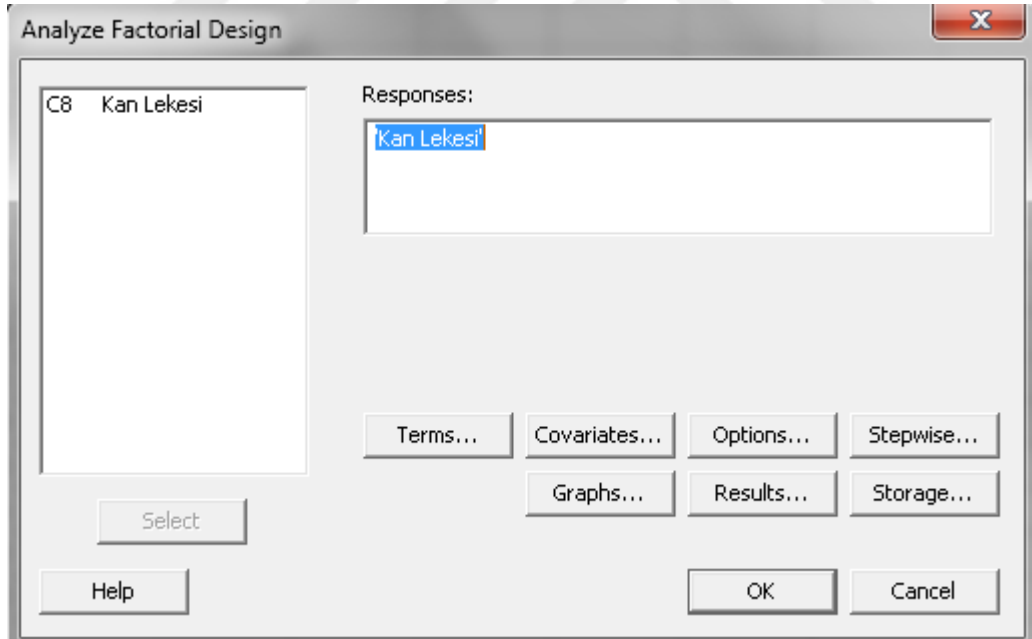
EK A

Deney Tasarımı (DOE), girdiler (x) ve çıktılar (Y) arasındaki neden-sonuç ilişkisinin etkin ve verimli bir şekilde incelenmesini sağlayan bir yaklaşımdır. Deney tasarımının kullanım amacı aşağıda açıklanmıştır:

- Değişkenliğe sebep olan “etkili azınlık” değişkenler (x) belirlenir.
- Sonuçlar üzerindeki etkisi en büyük olan değişken ve/veya değişkenler belirlenir.
- Önemli girdilerin etkilerini ve etkileşimleri sayısallaştırılır.
- Girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiyi açıklayan bir model (formül) kurulur.

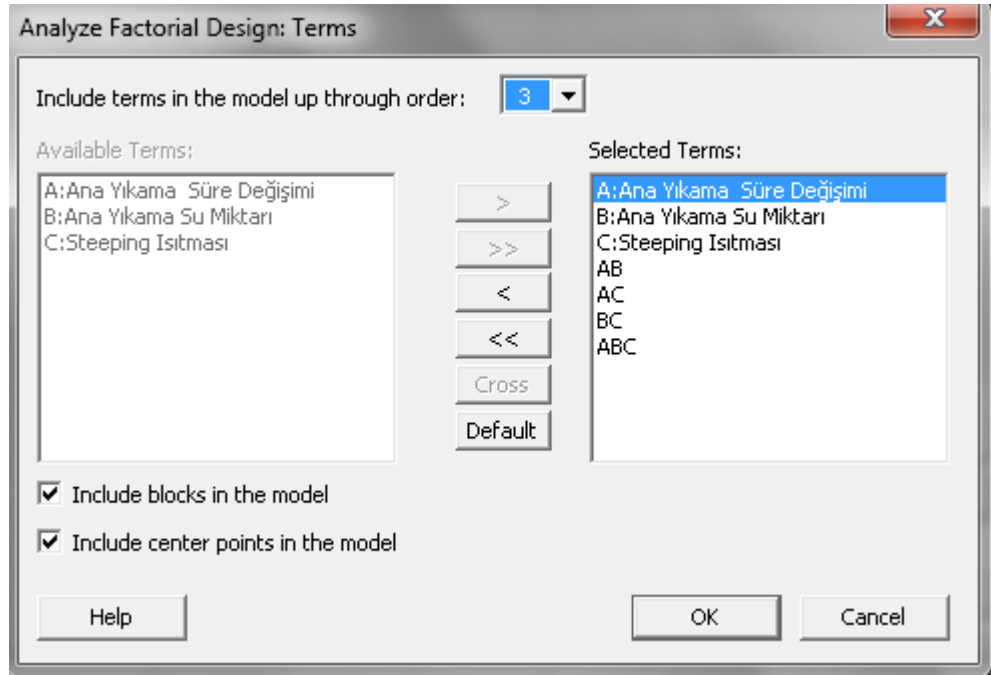
Minitab programında belirlenen girdi parametreleri için çıktılar kaydedilir ve deney tasarımı için aşağıdaki prosedür izlenir:

- Menü bölümünden sırasıyla STAT > DOE > Factorial > Analyze Factorial Design seçilir ve Şekil A.1’deki menü açılır.
- Responses kısmına test çıktısı değerleri yazılan sütun seçilir.



Şekil A.1 Deney tasarımı analiz menüsü.

- “Terms” opsiyonu seçilerek Şekil A.2’deki menü açılır ve tüm girdiler seçilir.



Şekil A.2 Girdilerin seçildiği “Terms” menüsü.

- Şekil A.1 menüsündeki OK tuşuna basılır ve analiz yapılır. Ekranda girdilerin tekil, ikili ve üçlü etkileşimlerinin etkilerinin gösterildiği rapor görülür. Şekil A.3’te rapor verilmiştir.

Factorial Regression: Kan Lekesi versus Blocks; Ana Yıkama ; Ana Yıkama S; Steeping Isı; ...

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS
Model	10	12,0014	1,20014
Blocks	2	0,0828	0,04139
Linear	3	9,1649	3,05495
Ana Yıkama Süre Değişimi	1	3,9020	3,90197
Ana Yıkama Su Miktarı	1	2,9292	2,92918
Steeping Isıtması	1	2,3337	2,33372
2-Way Interactions	3	2,6876	0,89586
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı	1	0,4004	0,40043
Ana Yıkama Süre Değişimi*Steeping Isıtması	1	0,0363	0,03630
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1	2,2508	2,25084
3-Way Interactions	1	0,0652	0,06522
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	1	0,0652	0,06522
Curvature	1	0,0010	0,00100
Error	19	2,2999	0,12105
Total	29	14,3014	

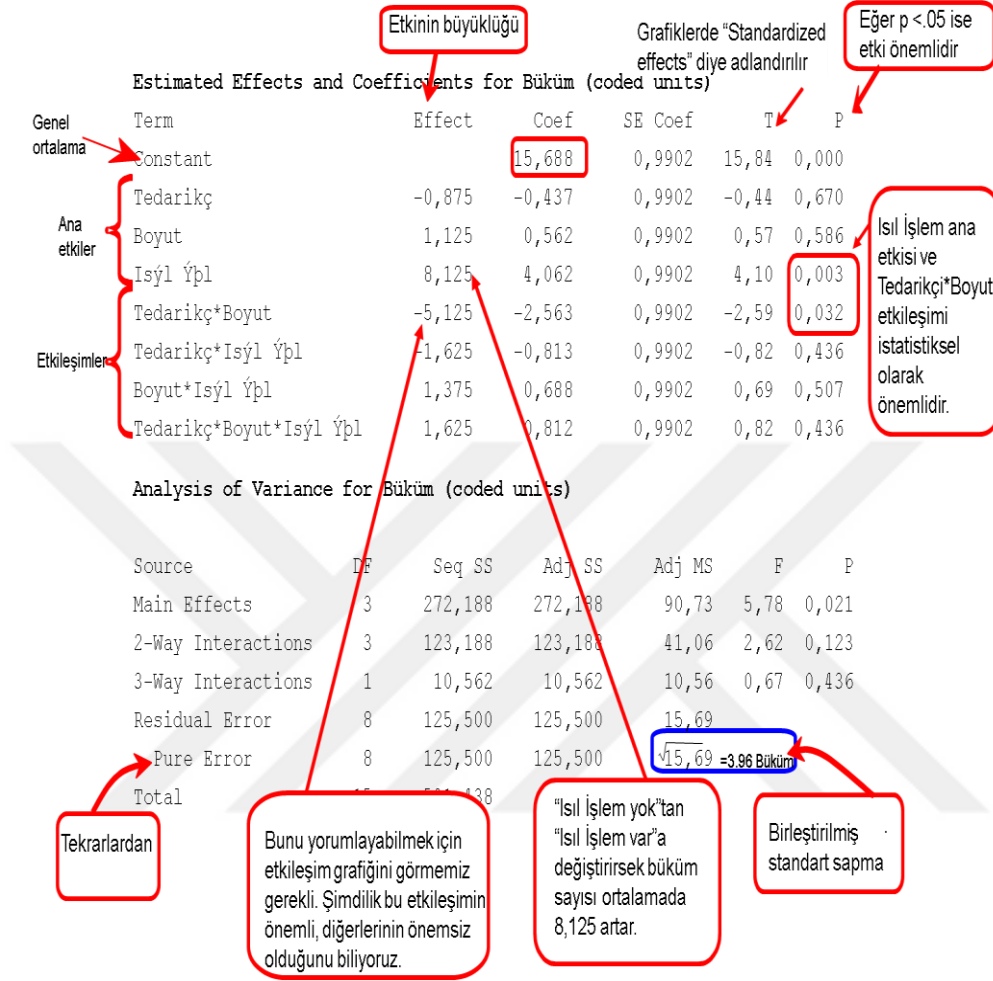
Source	F-Value	P-Value
Model	9,91	0,000
Blocks	0,34	0,715
Linear	25,24	0,000
Ana Yıkama Süre Değişimi	32,23	0,000
Ana Yıkama Su Miktarı	24,20	0,000
Steeping Isıtması	19,28	0,000
2-Way Interactions	7,40	0,002
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı	3,31	0,085
Ana Yıkama Süre Değişimi*Steeping Isıtması	0,30	0,590
Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	18,59	0,000
3-Way Interactions	0,54	0,472
Ana Yıkama Süre Değişimi*Ana Yıkama Su Miktarı*Steeping Isıtması	0,54	0,472
Curvature	0,01	0,928
Error		
Total		

Model Summary

Şekil A.3 Girdilerin tekil, ikili ve üçlü etkileşimlerinin gösterildiği rapor.

- P değeri (P-value) bakılarak girdilerin tekil, ikili ve üçlü etkileşimlerinin çıktı üzerinde etkisi olup olmadığına karar verilir. P-value > % 5’ten (0,05) olduğu durumda modelde o girdinin etkili olmadığı kabul edilir ve modelden

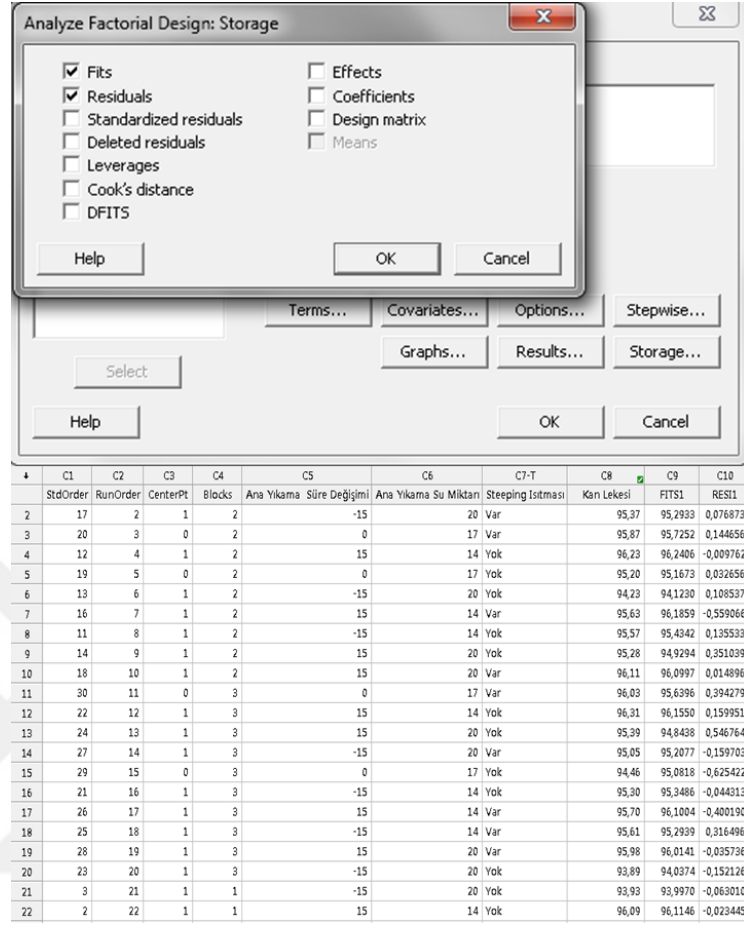
çıkartılarak tekrar analiz yapılır. P değeri “fark vardır” iddiası durumunda alınacak riski gösterir. Genel kabul, %5’den büyük riskin alınmamasıdır. Şekil A.4’te raporda yer alan terimlerin açıklamaları bulunmaktadır.



Şekil A.4 Raporda bulunan terimlerin açıklamaları.

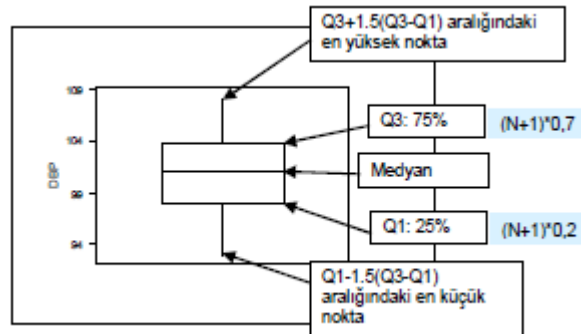
- Tüm girdiler için P değerleri %5’ten küçük olana kadar analiz devam edilir ve model sadeleştirilir.
- Daha sonra Şekil A.1’de verilen ana menüye dönülerek “Storage” kısmında Fits ve Residual seçilir. Fits, elde edilen modelde girdilerin o koşul için değerleri kullanılarak çıktı hesaplanır. Residual ise, deney sonucu elde edilen çıktı ile Fits kısmında hesaplanan çıktı değeri arasındaki farkı gösterir. Şekil A.5’te Storage menüsü ve hesaplamalar verilmiştir.
- Bu hesaplamalardan sonra normal dağılım ve pareto grafikleri çizdirilerek, dağılımın normalliği kontrol edilir.
- En son aşamada DOE modülü içerisinde yer alan “Response Optimizer” menüsünden hesaplanan Fits değerlerine göre otomatik olarak çıktı değerinin

maksimum, minimum veya verilen hedef değerine hangi koşulda ulaştığı gösterilir.



Şekil A.5 Storage menüsü.

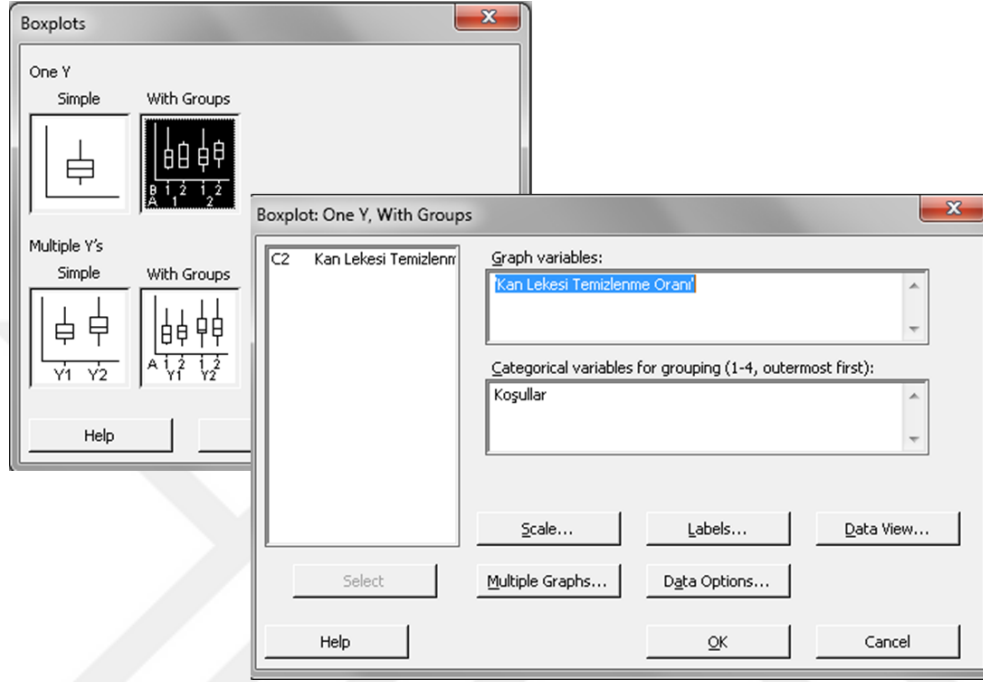
Altı Sigma metodolojisindeki hesaplamalarda grafikler, sonuçların görsel olarak gösterilmesi açısından etkili araçlardır. Kutu grafiği de altı sigma metodolojisinde sıklıkla tercih edilen grafiksel gösterimlerden biridir. Kutu grafiği, verilerin kutu üzerinde bes sayıyla özetlenmiş olarak gösterilmesidir. Kutu grafiği ve açıklaması Şekil A.6'da verilmiştir.



Şekil A.6 Kutu grafiği (Türksel, 2008).

Matlab programı ile kutu analizi aşağıdaki prosedüre göre yapılır:

- Grafik bölümünden kutu grafiği seçilir. Kutu grafiği menüsü açıldığında girdi ve çıktı sayısına göre seçim yapılır. Tez analizi için tek çıktı için gruplu girdi koşulu seçilmiştir. Şekil A.7’de kutu grafiği menüsü verilmiştir. Girdi ve çıktılar seçildikten sonra grafik çizdirilir.



Şekil A.7 Kutu grafiği menüsü.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Betül ÖZYAY
Doğum Tarihi ve Yeri : Çorlu / 08.09.1990
E-posta : betulozyay.itu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği
- **Lisans** : 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği
- **Yükseklisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Kimya Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2014 yılından beri Arçelik A.Ş. Çamaşır Makinası İşletmesi Ar-Ge Bölümü'nde Ar-Ge mühendisi olarak çalışıyor.