İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMATİK HAVALANDIRMA PROGRAMI PARAMETRELERİNİN TEKSTİLLERDEN KOKU UZAKLAŞTIRMA ve HAV ÇIKARMA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bükra KALAYCI

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMATİK HAVALANDIRMA PROGRAMI PARAMETRELERİNİN TEKSTİLLERDEN KOKU UZAKLAŞTIRMA ve HAV ÇIKARMA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bükra KALAYCI
503101809

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tekstil Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nevin ÇİĞDEM GÜRSOY

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503101809 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Bükra KALAYCI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"OTOMATİK HAVALANDIRMA PROGRAMI PARAMETRELERİNİN TEKSTİLLERDEN KOKU UZAKLAŞTIRMA ve HAV ÇIKARMA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Nevin Çiğdem GÜRSOY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Hale CANBAZ KARAKAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. A Sezai SARAÇ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 05.05.2014
Savunma Tarihi : 29.05.2014

Bana herşeyin değerini
öğreten sevgili babaanneme…

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmalarımı yürüten, değerli fikirleri ile çalışmalarıma her noktasına yön veren, kıymetli danışman hocam Sn. Prof. Dr. Nevin Çiğdem GÜRSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmasının gerçekleşmesi için bana imkan ve olanak sağlayan, çalışmalarımı destekleyen Arçelik A.Ş. Araştırma ve Geliştirme Merkezi'ne, Sn. Cem KURAL, Sn. Mak. Yük. Müh. Faruk BAYRAKTAR, Sn. Mak. Yük. Müh. Yalçın GÜLDALI ve Temizleme Teknolojileri Arge Ailesi Takım Lideri Sn Kimya Yük. Müh. Zehra ÜLGER'e teşekkür ederim.

Arçelik A.Ş.'de bulunduğum süre içerisinde, çalışma hayatımın ve tez çalışmalarımın her noktasında bana her zaman fazlasıyla yardımcı olan ve beni yönlendiren, bilgi ve tecrübesini büyük bir anlayışla benimle paylaşan ve bilgi birikimimin artmasını sağlayan, danışmanlarım Sn. Tekstil Yük. Müh. Eda Hanife BUDAK'a ve Sn. Tekstil Yük. Müh. Başak Arslan İLKİZ'e. Çalışamamım teknik konularına bilgi ve tecrübeleriyşe ışık tutan Sn. Mak. Yük. Müh. Onur HARTOKA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Birlikte yürüttüğümüz işler dahilinde her zaman bana destek olan, çalışma hayatımı bilgi ve birikimleriyle kolaylaştıran ve bu doğrultuda ufkumu genişleten Sn Mak. Yük. Müh. Yavuz ŞAHİN, Sn Mak. Yük. Müh. Gökhan SIR'a, teşekkürlerimi sunmaktan mutluluk duyarım.

Tez çalışmalarım sırasında bana destekte bulunan Sn. Zerrin YILMAZ'a ve Sn. Nevin AYATA AKKAŞ ve Sn. Şenol ÇAVUŞOĞLU başta olmak üzere tekstil laboratuarı çalışşanlarına ve deneysel çalışmalar sırasında ve deney düzeneklerinin kurulması noktasında bana yardımcı olan, teknik sorunların çözümünde sundukları önerileriyle Sn. Mehmet KAYA, Sn. Nihat KANDEMİR, Sn. Şaban AVCI, Sn. Murat ELGÜN, Sn Ümit PEHLİVAN, Sn. Gizem YILDIZ, Sn. Emine Füsun DUMAN ve Yasemin KARAOSMAN olmak üzere tüm Arçelik A.Ş. Ar-Ge Temizleme Teknolojileri Ailesi ve Akışkanlar Dinamiği Teknoloji Ailesi teknisyenlerine teşekkürlerimi sunarım.

Arçelik A.Ş. dahilinde sürdürdüğüm çalışma hayatı ve yüksek lisans eğitimi döneminde birikim ve tecrübelerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen, tüm samimiyetleriyle beni yönlendiren Sn Mak. Yük. Müh. Fatih KASAP, Sn Mak. Yük, Sn Mak. Yük. Müh.Onur POYRAZ, Sn Kimya Yük. Müh. Burcu YAKARTAŞ, Sn Tekstil Müh. Merve GÜRSES,e teşekkür ederim.

Gerek yüksek lisans çalışmalarımızı, gerek çalışma hayatımızı birlikte sürdüğümüz, bu süreçlerde yaşadığımız sıkıntılı zamanları birlikte aştığımız, desteklerini her zaman yakından hissettiğim, düşüncelerine daima önem verdiğim, çok kıymetli arkadaşlarım Buse GERÇEK, Ezgi GÜNEŞ, Merve AYDIN, Betül BULUT, Ece GÜRSES, Duygu KAVADARLI, Oğuzhan Aykut EKŞİOĞLU, Uğur SARITAŞ başta olmak üzere tüm Arçelik A.Ş. Ar-Ge Temizleme Teknolojileri Ailesi, yüksek lisans öğrencisi arkadaşlarıma, birlikte geçirdiğimiz ve geçirmeye devam

edeceğimizden şüphe duymadığım keyifli zamanlar ile bana göstermiş oldukları samimiyet için tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Önemli yorumları ve katkılarından dolayı Sn. Felix FREY'e, değerli bilgilerini ve derin tecrübelerini benimle samimiyetle paylaşan Sn. Vedat OZAN'a, tezime önemli desteği için Sn. Pelin ATALAY'a literatür araştırmalarımda gösterdiği ilgi ve sunduğu bilgiler için Sn. Rachel McQUEEN'e, lisansüstü dönem arkadaşlarım Sn. Azize BİCAL'a ve Mert ÖZÇELİK'e benden esirgemedikleri dostlukları, destekleri ve anlayışları için çok teşekkür ederim.

Son olarak, hayatım boyunca beni her aşamada koşulsuz destekleyen, ellerinden gelen herşeyin en iyisi ve en güzelini daima bana veren, sevgileriyle beni koruyan, bu seviyeye gelmemde benden çok emek harcayan ve hayatımın her aşamasından benimle olmasını dilediğim annem Sn. Fatma KALAYCI, babam Sn. Nazmi KALAYCI ve kardeşlerim Sn. Feyza KALAYCI VE Sn. Meltem KALAYCI ve Sn. Eyüp KALAYCI ile birlikte tüm aileme teşekkürlerimi ve minnetlerimi sunuyorum.

Mayıs 2014

Bükra KALAYCI
Tekstil Mühendisi

İÇİNDEKİLER…….....Sayfa

ÖNSÖZ ….....vii
İÇİNDEKİLER…..... ix
KISALTMALAR xi
SEMBOLLER xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....xv
ŞEKİL LİSTESİ….....xvii
ÖZET…….... xix
SUMMARY xxiii
1. GİRİŞ…….. 1
1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı 1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 3
2.1 Tekstilde Sürdürülebilirlik 3
2.1.1 Tekstil kullanım işlemlerinin sürdürülebilirliğe etkisi 4
2.1.2 Sürdürülebilirlik anlamda tekstil bakım alanındaki yenilikler 7
2.1.3 Havalandırma metoduyla susuz temizleme..... 8
2.2 Havalandırma Programının Çamaşır Yıkama Makinelerine ve Tamburlu Kurutuculara Adaptasyonu..... 10
2.3 Tamburlu Çamaşır Kurutucuları Hakkında Genel Bilgiler 11
2.3.1 Ev tipi tamburlu kurutucularda bulunan filtreler..... 13
2.4 Otomatik Çamaşır Yıkama ve Kurutma İşlemlerinin Tekstil Üzerindeki Etkileri..... 16
2.4.1 Boncuklanma..... 17
2.4.2 Boncuklanma mekanizması..... 18
2.4.3 Boncuklanmayı etkileyen faktörler 20
2.5 Tekstil ve Koku 23
2.5.1 Koku nedir..... 23
2.5.2 Tekstil ve koku ilişkisi 25
2.5.3 Tekstiller üzerinde bakteri kaynaklı koku oluşumu 27
2.5.4 Koku kaynaklarının lifler ile etkileşimi 28
2.5.5 Kokunun duyusal analizi..... 29
2.6 Tekstillerden Koku Uzaklaştırma ve Hav Çıkarma ile Yapılmış Literatür Çalışmalarının İncelenmesi..... 31
3. MALZEME ve METOD.....33
3.1 Malzeme..... 33
3.1.1 Tekstil numunesi 33
3.1.2 Kullanılan kimyasallar 35
3.1.3 Testlerde kullanılan teçhizatlar 35
3.2 Metod 36
3.2.1 Tekstil numunelerinin hazırlanması..... 36
3.2.2 Kimyasalın hazırlanması..... 37

3.2.3 Kokunun uzaklaştırılması 37
3.2.4 Test metodları 38
3.2.4.1 Test edilen havalandırma programı parametreleri 38
4. DENEYSEL ÇALIŞMA 43
4.1 Dış Ortamda Havalandırarak Koku Giderme Testi 43
4.2 İç Ortamda Havalandırarak Koku Giderme Testi 43
4.3 Yıkayarak Koku Giderme Testi 44
4.4 Otomatik Havalandırma Programında Koku Giderme Testi 44
4.4.1 Test edilecek havalandırma programı parametrelerinin incelenmesi 44
4.5 Havalandırma Programında Koku Uzaklaştırma Testleri 46
4.6 Havalandırma Programında Hav Çıkarma Testleri 47
4.7 Farklı Tekstillerin Hav Çıkarma Karakteristiklerinin İncelenmesi 47
5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA 49
5.1 Dış Ortamda Havalandırmaya Ait Test Sonuçları 49
5.2 İç Ortamda Havalandırmaya Ait Test Sonuçları 49
5.3 Koku Uzaklaştırma Testlerine Ait Analiz Sonuçları 50
5.4 Hav Çıkarma Testlerine Ait Test Sonuçlarının Analizi 55
5.5 Optimizasyon 59
5.5.1 Maksimum koku uzaklaştıran ve minimum hav çıkaran havalandırma programına yönelik yapılan optimizasyon 59
5.6 Kontrol Testleri 61
5.6.1 Parfüm kokusunun optimize edilen havalandırma programında ve diğer yöntemlerle uzaklaştırılması 61
5.6.2 Referans testlere ait sonuçların analizi 62
5.6.3 Diğer test yüklerinin optimize edilen havalandırma programındaki performanslarının incelenmesi 65
5.6.3.1 İki iplik, iki iplik şardon, üç iplik ve üç iplik şardon kumaşlarda hav çıkartma testleri 66
5.7 Tekstil Etkilerinin Belirlenmesi 83
5.7.1 Patlama mukavemeti testleri 83
5.7.2 Martindale boncuklanma testi 84
5.8 Sonuçlar 85
KAYNAKLAR 91
EKLER..… 97
ÖZGEÇMİŞ 105

KISALTMALAR

AATCC **:** American Association of Textile Chemists and Colorist
BS **:** British Standart
DEFRA **:** Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK
ANOVA **:** Varyansların analizi
ISO **:** International Standart Organization
TS **:** Türk standartları

SEMBOLLER

Ne **:** İngiliz numara
Da **:** Atomik kütle birimi (Dalton)
Hz : Devir/saniye. Frekans

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Karboksilik asitler grubuna ait bileşikler..... 24
Çizelge 2.2 : Karboksilik asitlere ait kimyasal gösterimler 24
Çizelge 2.3 : Tekstilllerden koku giderme uygulamaları..... 26
Çizelge 2.4 : Koku yoğunluğunun numaralandırılması 30
Çizelge 2.5 : Koku yoğunluğunun numaralandırılması 31
Çizelge 3.1 : Süprem kumaş özellikleri. 34
Çizelge 3.2 : İki iplik kumaş özellikleri. 34
Çizelge 3.3 : İki iplik şardon kumaş özellikleri. 34
Çizelge 3.4 : Üç iplik kumaş özellikleri. 35
Çizelge 3.5 : Üç iplik şardon kumaş özellikleri. 35
Çizelge 3.6 : V filtreye ait teknik özellikler..... 36
Çizelge 3.7 : Nonwoven filtreye ait teknik özellikler 36
Çizelge 3.8 : Kalibrasyon konsantrasyonu ve puanlama 39
Çizelge 4.1: Deney tasarımında incelenen parametreler ve seviyeleri. 45
Çizelge 4.2: Ön çalışmalarda incelenen makina debi oranları. 46
Çizelge 4.3: Referans havalandırma testine ait parametreler ve seviyeleri. 48
Çizelge 5.1 : Dış ortamda havalandırma metodu ve duyuzal analiz sonuçları. 49
Çizelge 5.2 : İç ortamda havalandırma metodu ve duyuzal analiz sonuçları..... 50
Çizelge 5.3 : Bütirik asit ve parfüm kokusunun farklı yöntemlerle uzaklaşma davranışının karşılaştırılması. 62
Çizelge 5.4 : Farklı tekstillerden koku uzaklaşma oranları..... 66
Çizelge 5.5 : Otomatik yıkama ve havalandırma programlarının tüketim değerleri. 83
Çizelge 5.6 : Test numuneleri üzerinde yapılan patlama testi verileri. 84
Çizelge 5.7 : Süprem kumaş boncuklanma testi. 84
Çizelge 5.8 : İki iplik ve iki iplik şardon kumaşta boncuklanma testi. 85
Çizelge 5.9 : Üç iplik ve üç iplik şardon kumaşta boncuklanma testi. 85
Çizelge Ek A: Koku uzaklaştırma test sonuçları…… 99
Çizelge Ek B: Hav çıkartma test sonuçları …….... 101

ŞEKİL LİSTESİ **Sayfa**

Şekil 2.1: Yaşam döngüsü boyunca sebep olduğu çevresel etkiler 5
Şekil 2.2. %100 pamuklu bir T-shirtün yaşam evrelerinde meydana gelen emisyon.. 6
Şekil 2.3:"the Refresh Buttler" F-ZUG 10
Şekil 2.4: Kondenserli çamaşır kurutma makinesine ait şematik gösterim 12
Şekil 2.5: Isı pompalı çamaşır kurutma makinesine ait şematik gösterim. 13
Şekil 2.6: Bacalı çamaşır kurutma makinesine ait şematik gösterim 13
Şekil 2.7: Durdurma mekanizmasına ait şematik gösterim 14
Şekil 2.8: Atalet mekanizmasına ait şematik gösterim. 15
Şekil 2.9: Difüzyon mekanizmasına ait şematik gösterim. 15
Şekil 2.10: Kek filtrasyon mekanizmasına ait şematik gösterim 16
Şekil 2.11: Boncuk oluşum mekanizması. 20
Şekil 2.12: Süprem kumaşa ait boncuklanmaeğrileri, standart büküm değeri 22
Şekil 2.13: Lif üzerinde bakteri birikimi ile biyofilm oluşumu 28
Şekil 5.1 : Hav çıkarma test parametrelerinin analizi. 51
Şekil 5.2 : Koku uzaklaştırma normallik analizi. 51
Şekil 5.3 : Koku uzaklaştırmada varyansların analizi 52
Şekil 5.4 : Koku uzaklaştırma üzerinde etkili olan parametrelerin dağılımı. 52
Şekil 5.5 : Koku uzaklaştırma üzerinde ana parametrelerin etkisi. 53
Şekil 5.6 : Koku uzaklaştırma üzerinde etkili olan parametrelerin dağılımı 54
Şekil 5.7 : Koku uzaklaştırma üzerinde etkili olan parametrelerin dağılımı 54
Şekil 5.8 : Koku uzaklaştırma üzerinde etkili olan parametrelerin dağılımı 55
Şekil 5.9 : Süprem kumaştan hav çıkartma test parametrelerinin analizi. 56
Şekil 5.10 : Süprem kumaştan hav çıkartma testleri için normallik analizi. 56
Şekil 5.11 : Süprem kumaştan hav çıkartma testlerine ait varyansların eşitliği grafiği 57
Şekil 5.12 : Süprem kumaştan hav çıkarmada etkili olan parametreler 57
Şekil 5.13 : Süprem kumaş üzerinde ana parametrelerin etkisi 58
Şekil 5.14 : Süprem kumaş için debi-hav miktarı ikili etkileşimi. 59
Şekil 5.15 : Havalandırma parametreleri optimizasyonu 60
Şekil 5.16 : Havalandırma program parametreleri optimizasyon grafiği 60
Şekil 5.17 : Farklı tip tekstillerin hav çıkarma karakteristiği 63
Şekil 5.18 : Tekstil tipinin hav çıkarma üzerindeki etkisinin ANOVA analizi. 64
Şekil 5.19 : Ardışık işlemin hav çıkarma üzerindeki etkisi. 65
Şekil 5.20 : İki iplik kumaş için analiz sonuçları 67
Şekil 5.21 : İki iplik kumaş normallik analizi 67
Şekil 5.22 : İki iplik kumaştan hav çıkarmada etkin olan parametreler. 68
Şekil 5.23 : İki iplik kumaşın hav çıkarma karakteristiğinde etkin olan parametrelerin oransal dağılımı 68
Şekil 5.24 : İki iplik kumaş üzerinde ana parametrelerin etkisi 69
Şekil 5.25 : İki iplik kumaş için süre-hav miktarının ikili etkileşimi. 70
Şekil 5.26 : İki iplik şardon kumaş için analiz sonuçları 70
Şekil 5.27 : İki iplik şardon kumaş için normallik ölçümü 71

Şekil 5.28 : İki iplik şardon kumaş için varyansların eşitliği..... 71
Şekil 5.29 : İki iplik şardon kumaşta hav çıkarmada etkin olan parametreler..... 72
Şekil 5.30 : İki iplik şardon kumaş üzerinde ana parametrelerin etkisi. 72
Şekil 5.31 : İki iplik şardonlu kumaş için süre-hav etkileşim grafiği. 73
Şekil 5.32 : Üç iplik kumaş için analiz sonuçları. 74
Şekil 5.33 : Üç iplik kumaş için verilen normallik analizi. 74
Şekil 5.34 : Üç iplik kumaş için varyansların eşitliği. 75
Şekil 5.35 : Üç iplik kumaştan hav çıkarmada etkin olan parametreler. 75
Şekil 5.36 : Üç iplik kumaş için ana parametrelerin etkisi. 76
Şekil 5.37 : Üç iplik kumaş için süre-debi ikili etkileşimi..... 77
Şekil 5.38 : Üç iplik şardon kumaş için analiz sonuçları..... 77
Şekil 5.39 : Üç iplik şardon kumaş için verilen normallik analizi..... 78
Şekil 5.40 : Üç iplik şardon kumaş için varyansların eşitliği 78
Şekil 5.41 : Üç iplik şardon kumaşta hav çıkarmada etkin olan parametreler..... 79
Şekil 5.42 : Üç iplik şardon kumaş için ana parametrelerin etkisi 80
Şekil 5.43 : Üç iplik şardon kumaş için tambur motor devri süre ikili etkileşimi. 80
Şekil 5.44 : Minimum hav çıkaran program optimizasyonu hedefleri. 81
Şekil 5.45 : Minimum hav çıkaran program optimizasyonu parametreleri. 82

OTOMATİK HAVALANDIRMA PROGRAMI PARAMETRELERİNİN TEKSTİLLERDEN KOKU UZAKLAŞTIRMA ve HAV ÇIKARMA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Tekstil ürünlerinin kullanım ömürleri süresince giyilebilmeleri veya kullanılabilmeleri için tekrar tekrar yıkanmaktadırlar. İçinde bulunduğumuz modern çağın getirdiği hızlı yaşam tarzı ve tüketim alışkanlığı sonucu sık sık yıkayarak daha kısa süre içerisinde eskittiğimiz tekstillerin ve yıkama işlemlerinin çevreye olan etkisi büyüktür. Çamaşır makinasında yapılan yıkama işleminde tüketilen kaynak suyu, suyun ısıtılması için harcanan enerji ve yıkama sonu oluşan atık su, çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Islak işlemler tekstiller üzerinde yıpratıcı etkiye neden olmaktadır. Tekstil bakım işlemlerinin bilinçsiz ve gereksiz yere yapılması tekstilin faydalı ömrünü kısaltmakta ve bunun bir sonucu olarak kısa sürede atık hale gelen tekstillerin arazi dolum alanlarına gönderilmesine sebep olmaktadır. Bununla birlikte, son zamanlarda tekstil moda sektörünün yöneldiği "hızlı moda" trendi ile düşük kalitede üretilen tekstillerin yaşam döngüsü çok daha hızlı bir şekilde sonlanmaktadır.

Çevresel farkındalığın artmasıyla hızlanan "yeşil teknoloji" farkındalığı ile sürdürülebilir bir yaşamın izini süren çalışmalar yaşamın her alanında olduğu gibi çevreye yükü çok büyük olan tekstil sektörünü ve tekstil bakım endüstrisini (yıkama, kurutma, kuru temizleme ve ütü uygulamaları) de bu alanda yeni girişimlerde bulunmaya itmiştir.

Bu şekilde sürdürülebilir tekstil bakım işlemlerinin oluşturulması yönünde yürütülen pek çok çalışma vardır. Bu çalışmalar şu şekilde sıralanabilir: ozon kullanımıyla

deterjana gereksinim olmadan hijyen sağlama, plazma teknolojisi ile yüzey temizliği, UV C ışığı ile bakterilerin giderilmesi, buhar teknolojisi ile hem koku kaynaklarının hem de mikroorganizmaların yok edilmesi. Bunların dışında tekstillerin üretim aşamalarında tekstil yüzeylerine uygulanan kir itici apreler, koku kontrollü giysi uygulamaları, kendi kendini temizleyen tekstiller vb. Gelişmeler de piyasada yerini almıştır. Bu tip çalışmalardan biri de ev tipi çamaşır yıkama veya kurutma makinelerinde tasarlanan havalandırma programıdır.

Tekstillerin temizliği, hijyeni sağlıklı bir hayat için olmazsa olmazdır fakat üzerinde kir veya leke bulunmayan tekstillerin yıkama işlemine tabii tutulması bu alanada yapılan en büyük israfların başında gelmektedir. Bu fikirle yola çıkarak gerçekleştirilen bu çalışmada, üzerinde leke veya kir bulunmayan, fakat istenmeyen kokuların sindiği giysilerin, havalandırılarak tazelenmesi ve giyilmişlik hissinin giderilmesi için otomatik havalandırma programı tasarlanması hedeflenmiştir. Bu şekilde gereksiz yıkama işlemi ile oluşan su tüketimi elimine edilerek, doğal kaynak tasarrufu sağlanacak ve tekstilin gereksiz yere hasar görmesi önlenmiş olacaktır.

Alternatif bir temizleme yöntemi olan otomatik havalandırma programının tasarlanmasında yürütülen deneysel çalışmalarda, kullanılan tekstil materyalleri tüketici tercihleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu amaçla piyasada yaygın bir şekilde kullanılan %100 pamuklu, 30/1, süprem kumaş testlerde kullanılmıştır. Kontrol kısmında ise farklı kumaş tipleri de denenerek tasarlanan programın etkinliği gözlenmiştir.

Ev tipi tamburlu kurutuculardа ısıtıcı kapalı iken gerçekleştirilen havalandırma programı tasarımında incelenen makine parametreleri şunlar olmuştur: tambur makina devri (devir/dakika), fan motor devri (devir/saniye) ve süre (dakika). Deneysel çalışmada, 3 parametreli, tam faktörlü ve iki tekrarlı olacak şekilde çalışılmış ve parametreler Minitab 16 programında değerlendirilmiştir.

Deneysel çalışmanın ilk kısmında koku uzaklaştırma testleri gerçekleştirilmiştir. %100 pamuklu süprem kumaş üzerinde gerçekleştirilen koku uzaklaştırma testleri için laboratuarda bütirik asit kullanılarak koku çözeltisi hazırlanmıştır. Üzerine koku çözeltisinin aplike edildiği tekstil numuneleri kurutucu tamburuna yerleştirilerek havalandırma testlerine tabii tutulmuştur. Test sonuçları, duyusal analiz yöntemiyle tespit edilmiştir. Koku yoğunluğuna göre numaralandırılarak yapılan duyusal test

sonunda uzaklaşan koku oranı “yüzde uzaklaşan koku” şeklinde hesaplanarak sayısal verilere dökülmüştür. Bu şekilde sayısal verilerin kullanılmasıyla analizler yapılarak, süprem kumaştan koku uzaklaştırmada etkili parametreler tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmanın ikinci kısmında havalandırma programında tekstillerden hav çıkartma testleri gerçekleştirilmiştir. %100 pamuklı süprem kumaş üzerinde gerçekleştirilen hav çıkartma testleri, beş ardışık test olacak şekilde havalandırma çevrimine alınmış ve çevrimler sonunda kumaştan çıkarak makina içindeki filtrelere tutunan havlar hassas terazide tartılmıştır. Test sonuçlarının analiz edilmesiyle süprem kumaştan hav çıkartmada etkilli olan parametreler tespit edilmiştir.

Ayrı ayrı yapılan analizler sonunda tüm verilerin kullanılmasıyla süprem kumaştan maksimum koku uzaklaştıran ve minimum hav çıkartan havalandırma programı optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan havalandırma programının farklı tipteki tekstiller üzerindeki etkinlikleri kontrol testleri kısmında araştırılmıştır.

Tasarlanan havalandırma programı dış ortamda havalandırma, iç ortamda havalandırma ve yıkama işlemleri ile, koku uzaklaştırmadaki etkinlikleri ve çevre yükü açısından karşılaştırılmıştır.

Tüm testler sonunda tasarlanan otomatik havalandırma programının diğer havalandırma yöntemlerine kıyasla koku uzaklaştırmada çok daha etkili olduğu ve yıkama işlemi ile karşılaştırıldığında ise çevre yükü açısından çok daha düşük olduğu görülmektedir.

INVESTIGATING REMOVING ODOUR FROM TEXTILES AND LIFTING AFFECTS OF PARAMETERS OF AUTOMATIC AIRING PROGRAM

SUMMARY

Textile products are need to be get cleaned, deodorized and/or disinfected in order to get worn or used again during its lifetime. As a matter of fact, contemporary world's fast life and consumerism fashion, we need to wash our clothings often and also purchase a lot more. As a result, our clothings are getting wore off in a shorter duration of time and laundry processes causing an enormous impact on environment. Every laundry requires water, energy and time and these are the components that we are wasting when we wash textiles. The amount of water we consume is about 14 lt for a fast wash cycle, and we need energy to heat the water up and eventually we discharge the contaminated water to the sewerage system. Beside that the destroying effect of wet processes on textiles shorten the life span of textiles and eventually clothes are ending up in landfilling areas. On the top of that, the latest trend of fashion sector which is so called "fast fashion" is making the case even worse.

With the increase of environmental awareness "green technology" (green business, green manufacturing) initiatives and researches are occurring in every field of life incluiding cleaning technologies. White appliances companies, laundry service sector, dry cleaning sector are carrying out a plethora of work to become more environmentally conscious. As it is indicated in the literature, the environmental impact caused by textile care processes, which consist of washing, drying, ironing and dry cleaning, is huge. The water used during manufacturing a piece of textile product, as an example, is much less than the water used during its care processes. All these facts have encouraged scientists and businessman to pay series attention on green technologies. There are currently available sustainable textile care treatments in the field. ozone laundery, for example, the System actually produce wastewater with almost no chemical residues. Researches on the cleaning effect of UV light, plasma technology, steam technology are ongoing. The UV C light has an effect of killing germs and so does the steam technology. Steam technology and ozonation also have effect on removing odour on textiles.

On the other side, there are finishing treatments which provide textiles with less need of cleaning. Anti-odour finishes, stain repellent finishes prevents textiles to get stained and become odorous stain. Beside that self-cleaning and odour controlling textiles are smart application which help less need of cleaning. The green laundering treatment designed by the white appliances sector is refreshing programs. The refreshing program helps to deodorize clothes without need of water and chemicals.

Sanitation of textiles is a preqrequisite for a healthy life but washing out clothes which actually have no stain or dirt on is just waste of water and energy. Both water and energy are limited resources that must be protected for the future of humanity and the planet we are living on. We must address waste and misuse at every opportunity and begin to change some of our habits, like cleaning textiles. The cleaning habits of individuals play an important role on the technological improvements which is actually a win-win situation. Users are expected to be aware of sustainable cleaning solutions such as refreshing odorous clothes which have no stain or dirt on instead of washing. The aim of this work is to provide with a practical and efficient automatic airing program that can remove odour ed by textiles and will deliver real savings and environmental responsibility. Airing clothes refreshes worn clothes and removes the odor ed by fibers. Airing programs prevents using excessive use of water, energy so that reducing the total environmental impact of traditional laundry operations. And also it is preventing abrasion of fibers which supplying them a longer span of life.

Under the experimental works of this thesis, tests are carried out to find out the effective parameters on removing odours from textiles, as well as lifting. Tests are conducted in a domestic tumble dryer and commonly used 100% cotton, Ne30, single jersey fabrics were used as test materials. At the control stage, other four types of textiles were introduce to the tests in order to measure the effectiveness of designed airing program.

Investigated parameters of tumble dryer are as follow: tumble motor round (round/mimute), fan motor round (round/second) and time (minute). The design of experiment (DOE) are carried on these three parameters using full factorial, one center point and twice repeat. Statistical analysis are using Minitab16 program.

In the first part of experimental works the odour removing tests are carried. 100% single jersey test materials and butyric acid solution as a odour source were used. The reason to chose butyric acid as odour was that it is the common odour molecules within human sweat, food smell, cigarette and many other odours. Three fabric swatches were prepared for each test and they are wetted by odour solution under sterilized environment in the microbiology laboratory. Later they were attached onto a %100 cotton plain weaved shirt and put into the tumble dyer for airing cycle. After the cycle, sensory odour analyzing method were used to determine the odour retained onto textiles. Rating was given depending on the intensity of odour remained onto the textiles and the result was obtained by calculating as removed odour percent. Afterwards the analysis were done to figure out which parameters were effective on removing odours from the fabric.

In the second part of experimental works, linting tests were carried on the same fabric, 100% single jersey. Lint produced in the tumbe dryers seemed to be a series problem since it may cause a fire in the case of lints flying onto heater. Moreover lints stored in the the tumble dryers filters reducing customer satisfaction with the perception of tumble dryers are destroying clothes. The aim of linting test in this work is that finding out which parameters are effective on producing lint on textiles. Each test condition were carried out five times in a row. After five cycles lints deposited into filters were weighed on 0,001g sensitive scale. Afterwards the analysis were done to figure out which parameters were effective on removing odours from the fabric.

After odour removing and linting tests carried on single jersey fabrics, obtained results were statistically analyzed and affective parameters were found. Subsequently, optimization on maximum odor removing and minimum linting airing program were done. Other four types of textiles were tested on this optimized iring program in order to see the odour removing and lifting behavior of other textiles. After control tests designed airing program achieved removing odor on textiles about 70%.

Designed airing program was compared to the other traditional ways of airing like outdoor airing and indoor airing and also compared with washing. Comparison showed the effect of removing odor from textiles by using different metods and also gave us an insight on the environmental impact cause by the mentioned methods.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Tekstilin yaşam döngüsünde nihai tüketiciye ulaştıktan sonra gerçekleşen ve yıkama, kurutma, kuru temizleme ve ütüleme işlemlerini içine alan süreç kullanım evresi olarak tanımlanmaktadır. Ağırlıkla tüketici davranışlarına dayalı olan bu adımda özellikle yıkama ve kurutma işlemleri tüm yaşam döngüsü içerisindeki enerji tüketiminin %80'inden fazlasına sebep olmaktadır.

Bir tekstil ürününün çevreye verdiği zararın en fazla olduğu evre olan kullanım evresinde temizlik için ihtiyaç duyulan su miktarı o tekstilin üretilmesi için kullanılan su miktarından çok daha fazladır.

Literatür bize şunu göstermektedir ki, özellikle çevresel konulardaki farkındalık tüketicilerin çamaşır yıkama kurutma alışkanlıklarını değiştirmede itici bir güç oluşturmaktadır. Çamaşır makinasında yıkama işleminde harcanan enerji, su ve kimyasala ek olarak tekstillerde aşınma ve eskime meydana gelmektedir. Çamaşır makinasında maruz kalınan mekanik hareket, ısı ve deterjan liflerde hasara yol açarken giysilerin yaşam ömrünü düşürmektedir.

Aynı zamanda globalleşen tekstil pazarında maksimum 10 yıkama dayanımı olan hızlı moda akımı ile gelen kısa ömürlü ve ucuz tekstillerin daha fazla çevre yükü oluşturmaktadır. Bu sayıdaki bir yıkama sonunda kalitesiz malzeme ve üretim sonucu hızlı moda ürünlerinin orijinal halini koruması beklenmemektedir.

Yıkama sıklığını azaltarak su tüketimini azaltmaya yönelik yapılacak her türlü uygulama çevre ve sürdürülebilirlik anlamında büyük önem taşımaktadır. Bu nedenlerle, yıkamanın ve tamburlu kurutuculardа kurutmanın azaltılması konusunda enerji tasarrufunun yanında, kıyafetlerin gereksiz hasarlanmaları engellenebilir.

Teknolojik ilerlemeler giysilerin temizlenmesi kavramını yeni bir yöne götürmektedir. Giysilerin yıkanma amacı genellikle o yüzeyin lekelerden arındırılmasından daha çok, kötü kokulardan arındırılarak, giysiye tazelik, yenilik

kazandırmaktır. Bu uygulama sürdürülebilirlik açısından incelendiğinde ise düşük çevre yükü sayesinde büyük avantaja sahiptir.

Bu bilgilerin ışığı altında susuz temizleme, UV ile dezenfektasyon gibi uygulamalar hız kazanmıştır. Bu tip çalışmalardan biri de ev tipi çamaşır yıkama ve kurutma makinelerinde tasarlanan havalandırma programıdır. Alternatif bir yöntem olan havalandırma çevrimi sonucu giysinin tazelenerek, üzerindeki istenmeyen kokuların arındırılması, giyilmişlik hissini ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Böylece tekstil ürünlerinin yıkama işlemleriyle gereksiz hasar görmeleri önlenebilir.

Sürdürülebilir bir teknolojinin oluşturulması adına başlatılan bu çalışmada, kimyasal madde ve su kullanımı gerektirmeyen, bilinen en eski ve basit yöntem olan havalandırma yönteminden faydalanılarak tam otomatik havalandırma programı tasarlanmıştır. Uçucu yağ asidi olan koku bileşiklerinin tambur mekanik hareketiyle tekstilden uzaklaştırılması ve bunu yaparken en az mekanik hasarla yapması hedeflenmiştir. Böylece ıslak işlem görmeyen tekstilin gereksiz hasarlanması önlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, tamburlu kurutucuların havalandırma programında yapılan tekstillerden koku uzaklaştırma işleminde etkili olan makine parametrelerinin belirlenmesi ve akabinde gerçekleştirilen testlerde tekstillerden minimum hav çıkaran makine parametrelerinin de saptanmasıyle testillerden maksimum koku, minimum hav uzaklaştıran havalandırma programının tasarlanmasıdır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Tekstilde Sürdürülebilirlik

Tekstil ve hazırgiyim endüstrisi, tedarik zinciri boyunca çevresel ve etik alanda çeşitli endişeler yaratmaktadır. Bu durum pamuk başta olmak üzere doğal liflerin üretimi için gerekli olan aşırı miktarda su, pestisid ve araziden başlayıp [1] kumaş üretimi esnasında özellikke boya ve terbiye adımlarında atık olarak fabrikadan çevreye atılan fazla oranlarda su ve kimyasala kadar devam etmektedir [2]. Araştırmalar aynı zamanda şunu göstermiştir ki tekstillerin kullanım fazı, özellikle çamaşır yıkama ve tamburlu kurutuculardа kurutma uygulamaları tekstil üretim proseslerinden daha enerji yoğun işlemlerden oluşmaktadır [3]. Tekstilde sürdürülebilirlik uygulamaları çok geniş bir alanda çalışma gerektirmektedir. Sürdürülebilirlik kapsamında yapılan araştırmalar moda tedarik zincirini dört ana gruba bölerek baştan sona her adımı incelemektedir. Bu dört faktör: Hammadde etkisi, üretim etkisi, kullanım etkisi ve yaşam sonu etkisi olarak sınıflandırılmaktadır [4].

Sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında üretim ve perakendeciliğin ötesine gidip kullanım etkisi ile son kullanıcı tarafından ürünün kullanım periyodunu da kapsamaktadır. Yapılan çalışmalar giysi kullanım fazının tüm yaşam döngüsü içerisindeki enerji tüketiminin %80'inden fazlasına sebep olduğunu göstermektedir [5]. Yıkama sıcaklığının sadece 40ºC'den 30ºC'ye indirilmesiyle dahi enerji tüketiminde %30 iyileştirme sağlanamaktadır [6].

Kullanım fazının çevreye verdiği zarar çok yüksek olmasına rağmen, yıkama işleminin yerine yeni temiz kıyafetlerin getirilmesi tercih edilebilir bir yaklaşım değildir. Giysilerin uzun ömürlülüğü çevreye yayılan emisyonu düşürerek çevresel etkiyi azaltmada önemli bir yol oynamaktadır [7]. Bununla birlikte moda tüketim ürünlerinin kullanıcı tarafından uzun süre giyilebilmesi olası görülmemektedir. Aynı zamanda globalleşen tekstil pazarı hızlı moda ve tek kullanımlık giysi anlayışını yaratarak kısa süre sonra atık haline gelen tekstiller arazi doldurma alanlarına sevk

edilmektedir. Böylece hızlı moda akımı ile gelen kısa ömürlü ve ucuz tekstiller daha fazla çevre yükü oluşturmaktadır [8]. Mevcut problemler bu alandaki ilgiyi arttırmaktadır.

İngiltere'de her yıl iki milyon civarında kıyafet satın alınmaktadır ve bu pazarın beşte biri ucuz ve hızlı değişen moda sektöründen oluşmaktadır. Hızlı moda akımı düşük maliyete sahip olan kısa ömürlü giysiler olarak karakterize edilmektedir. Hızlı moda trendleri sonucu artık istenilmediği için atılan giysi sayısı İngiltere'de yılda bir milyona ulaşmaktadır bu atıklar arazi dolum bölgelerine gönderilmektedir [9].

Hızlı moda akımı etkisinde üretilen koleksiyonlar makul fiyatlarda satıcıya sunulmakta ve müşterilere daha sık ve daha fazla ürün satın alma alışkanlığı aşılanmaktadır. Bu durum ise tek kullanımlık giysi kültürünü geliştirmektedir. Bu ürünler on yıkama sonunda hala giyileblirken, ilk zamanki kalitesini ve parlaklığını korumamaktadır. On yıkama referansı hızlı moda anlayışını benimseyen şirketlerin kendilerinin belirlediği ve ölçüt olarak tavsiye edilen sayısal bir değerdir. Bu sayıdaki bir yıkama sonunda kalitesiz malzeme ve üretim sonucu hızlı moda ürünlerinin orijinal halini koruması beklenmemektedir.

Bazı tüketiciler ayrıcalıklı haute couture ürünleri tercih ederken daha sanatsal, özgün tasarımları hedeflemektedir. Lüks tüketim ürünleri olan bu tasarımlar ideal olmaktan çok daha pahalı ve düşük sayıda müşteri sayısına sahiptirler. Bu sebeple sınırlı sayıda üretim ve tek kolleksiyonla pazara giren hızlı moda ürünleri tüketici için en iyi alternatifi oluşturmaktadır. Müşterinin dayanıklılıktan ödün vermesiyle, tasarım olarak son derece tatmin edici ve maliyetinin çok altında sunulan hızlı moda ürünleri sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde negatif etki yaratmaktadır. Kullanılan parçaların ve dikişin düşük kalitede olması bu ürünlerin on yıkama sonunda yırtılmasına sebep olmaktadır. Hızlı moda markaları tarafından belirlenen ürünlerin yaşam ömürleri ise müşterileri sürekli bir şekilde yeni ürün almaya sürüklemektedir. Hem son derece trend tasarıma sahip hem de düşük ücretli ürünlerin erişilebilirliği kullanıcı açısından cazip gelse de, çevre ve sosyal açıdan değerlendirildiğinde negatif yönde çok ağır etkileri olmaktadır [10].

2.1.1 Tekstil kullanım işlemlerinin sürdürülebilirliğe etkisi

Tekstil yüzeylerinin oluşum ve kullanım evreleri incelendiğinde yaşam döngüsü boyunca maruz kaldığı ve tekstilin sürdürülebilirliğini etkileyen pek çok faktör

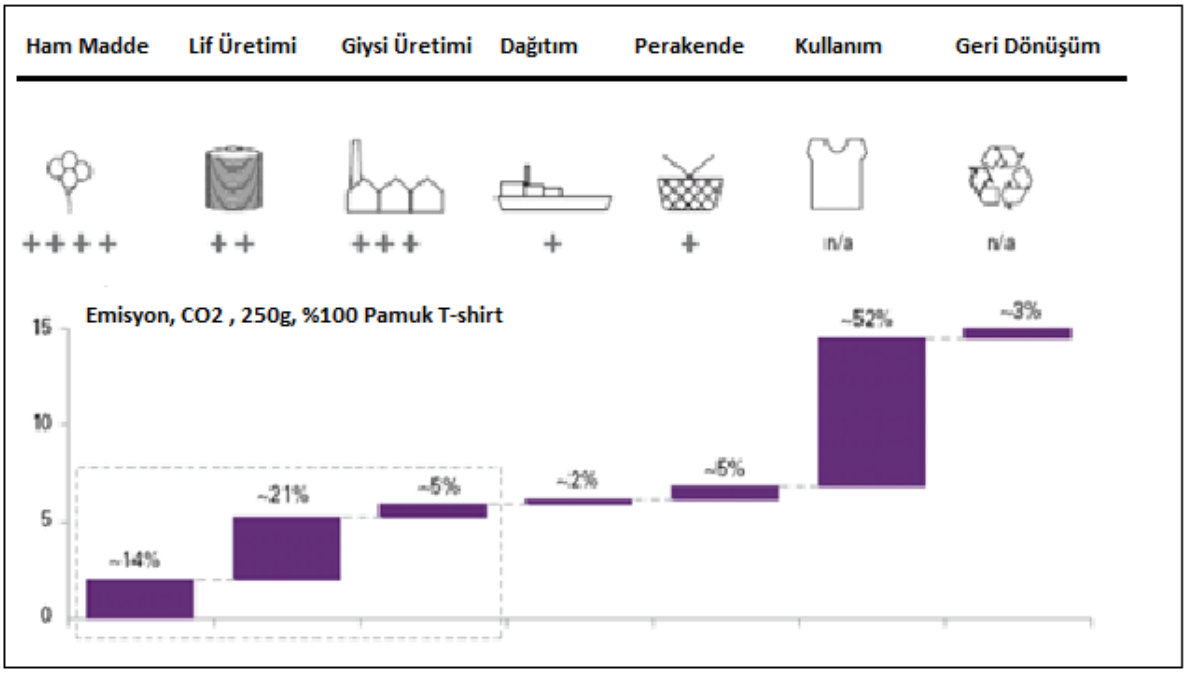
bulunmaktadır. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi tekstiller, elyaftan ipliğe, dokumadan boyaya, terbiye adımlarından kullanım aşamasına kadar birtakım mekanik etkilere maruz kalmaktadır. Maruz kalınan bu mekanik etkiler sonucunda tekstil yüzeyi çeşitli fiziksel değişiklikler sonucu abrazyona uğrayarak eskimektedir.



Şekil 2.1: Yaşam döngüsü boyunca sebep olduğu çevresel etkiler [9].

Tekstilin yaşam döngüsünde nihai tüketiciye ulaştıktan sonra gerçekleşen ve yıkama, kurutma, kuru temizleme ve ütüleme işlemlerini içine alan evresi kullanım süreci olarak tanımlanmaktadır. Ağırlıkla tüketici davranışlarına dayalı olan bu adımda aynı zamanda tüketilen enerji ve su miktarı sebebiyle tekstilin çevreye olan etkisinin tüm yaşam döngüsü içerisinde en fazla olduğu evredir**.** Bu durum Şekil 2.2'de özetlenmektedir [11].

İçinde bulunduğumuz yüzyılda artan popülasyonla birlikte dünya nüfusunun ihtiyaçlarının karşılanması için doğal kaynak ve enerji ihtiyacı da artmaktadır. Bir tekstil ürününün çevreye en fazla zararda bulunduğu evre olan kullanım evresinde, temizlik için ihtiyaç duyulan su miktarı o tekstilin üretilmesi için kullanılan su miktarından çok daha fazladır. Bu bilgilerin ışığı altında susuz temizleme, UV ile dezenfektasyon gibi uygulamalar hız kazanmıştır. Bu tip çalışmalardan biri de ev tipi çamaşır yıkama veya kurutma makinelerinde tasarlanan havalandırma programıdır. Alternatif bir yöntem olan havalandırma çevrimi sonucu giysinin tazelenmesi, üzerindeki istenmeyen kokuların uzaklaştırılarak giyilmişlik hissinin ortadan kaldırılması hedeflenmektedir.



Şekil 2.2. %100 pamuklu T-shirtün yaşam evrelerinde meydana gelen emisyon [7].

Literatür bize şunu göstermektedir ki tüketicilerin çamaşır yıkama ve kurutma alışkanlıklarını değiştirmede çeşitli dürtüleri bulunmaktadır. Özellikle çevresel konulardaki farkındalık itici bir güç oluşturarak bu alandaki potansiyeli göstermektedir. Yeni teknolojilerin geliştirilmesi, tüketici alışkanlıklarının değiştirilmesi veya ikisinin kombinasyonuyla bu alanda sürdürülebilir hedeflere ulaşılabilir. Bu mekanizmaların uygulanması tüketici algısının, alışkanlıklarının ve önyargılarının anlaşılmasını gerektirmektedir. Aynı zamanda tüketicilerin yıkama sıcaklığı, yıkama yükü, deterjan kullanımı ve kurutma yöntemleri arasında farkları ve bunların tekstilin temizliği, aşınması üzerine etkileriyle ilgili bilgi birikimi önemli rol oynamaktadır Çünkü tüketicilerin çamaşır yıkama kurutma alışkanlıkları sebebiyle teknolojik gelişmeler tüm imkanlarıyla gerçekleştirilememektedir. Aslında bir kazan-kazan durumu olan yeni nesil temizleme teknolojileriyle hem enerji tasarrufu sağlanırken hem de giysilerin gereksiz yere zarar görmesi önlemektedir [12].

Çamaşır makinesinde yıkama işleminde enerji, su ve kimyasala ek olarak kumaşta aşınma ve eskime meydana gelmektedir. Çamaşır makinesinde maruz kalınan mekanik hareket, ısı ve deterjan liflerde hasara yol açarken giysilerin yaşam ömrünü düşürmektedir. Pamuk lifleri üzerinde tarayıcı elektrok mikroskobu (SEM) ile

yapılan bir çalışmada görülüyor ki, yıkama işlemi pamuk liflerinin fibrilleşerek ayrılmasına sebep olmakta, lif çapının azalmasına, liflerinin kılçıklı ve pullu bir yüzeye dönüşmesine neden olmaktadır. Tamburlu kurutuculardа özellikle aşırı kurutma işlemi, lifin gevrek bir yapıya dönüşmesine sebep olmaktadır Gevrek yapıya sahip lif yapısında derin çatlakların oluşumu hızlanır ve kolay kırılabilir hale gelir [13].

Yıkamanın ve tamburlu kurutuculardа kurutmanın azaltılması konusunda enerji tasarrufunun yanında, kıyafetlerin gereksiz hasarlanmaları engellenebilir. Bu sebeple, havalandırma programı gibi susuz işlemlerle giysilerin tazelenmesi uygulamaları geliştirilmelidir. Görüldüğü gibi bu tür uygulamaların tercih edilmesindeki motivasyon sebeplerinden biri, tekstil ürünlerinin faydalı yaşam süresinin uzatılarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunmasıdır [12].

Yıkama sıklığını azaltarak su tüketimini azaltmaya yönelik yapılacak her türlü uygulama çevre ve sürdürülebilirlik anlamında büyük önem taşımaktadır. Çamaşır yıkama deterjanlarının içerdiği kimyasalların çevreye çok fazla zarar verdiğine inanılmaktadır. Sürdürülebilir temizlemenin ana görüşü, kimyasal içermeyen kumaş tazeleyici, canlandırıcı ve leke temizleyici kitlerin kullanımıyla yıkama ihtiyacının limitlendirilmesidir [14].

2.1.2 Sürdürülebilirlik anlamda tekstil bakım alanındaki yenilikler

Tüketici bakım işlemleri sonucu tekstilde meydana gelen hasar ve aynı zamanda bakım işlemlerinin çevrede sebep olduğu negatif etkiler araştırmacıları bu alanda daha etkin uygulamalar yapmaya sevk etmiştir. Diğer taraftan gelişmekte olan teknolojiyle birlikte hayatımıza giren yeni nesil lifler, akıllı tekstiller vb. ürünler artık geleneksel bakım işlemleri dışında farklı temizleme uygulamalarına talebi arttırmaktadır [12].

Levi Strauss&Co'nun "Forum for the Future" ile yaptığı bir araştırma sonucu yayınladıkları raporda tüketicilerin artık çamaşır yıkama ve kurutuma işlemleri sonucu çevreye daha fazla emisyon yaymak istemedikleri bilgisine ulaşmışlardır. Tüketiciler artık daha kaliteli, daha az yıkama gerektiren daha uzun süre dayanan giysilere talep etmektedirler. Profesyonel pek çok yönetim birimi, devlet departmanları "az yıka, soğuk yıka" kampanyalarında çok başarılı olmaktadırlar. Bu

kampanyalar müşterilere karbon tasarruflarını nasıl gerçekleştireceklerini göstermiştir [14].

Giysilerin ne sıklıkla ve nasıl yıkanması gerektiği ve yaşam döngüsü sonucu geri dönüşüme katılımını sağlamak amacıyla büyük markalar müşterileri ile ikili ilişkilerini oluşturmak ve sürdürmek adına her yola başvurmaktadırlar. Bu sebeple giysiler daha az temizleme gerektirecek şekilde tasarlanmaktadırlar. Niş piyasada yerini olan terlemeyi ve hormon aktivitesini kontrol eden akıllı giysiler bunlara bir örnektir. Aynı zamanda terlemeyi %80 oranında azaltan, koku kontrollü kaplamalar da yıkama ihtiyacını azaltmaktadır. Diğer bir uygulama ise kendi kendini temizleyen nanoteknoloji ile üretilmiş kaplamalardır ve bu uygulamalar da su yoğun yıkama işlemlerini ve selüloz yapıdan kaynaklı bakteri büyümesini önlemektir. Bir diğer taraftan yeni teknolojik gelişmeler ve çözümler devam etmektedir, örneğin susuz çamaşır makineleri su krizi yaşayan bölgelerin başlıca ürünü olmaktadır. Bu makinelerin ucuz versiyonları Hindistan ve Çin gibi ülkelerde yerli markalarla üretilmiş ve yaygınlaştırılmıştır. Gelecek senaryoları şunu göstermektedir ki erişilebilir su ve enerji fiyatları kullanıcıların giysi bakımlarını nasıl yaptıkları üzerine etkisi artan bir faktör olacaktır [14].

Yeni uygulamalar giysilerde koku oluşumunu geciktirerek veya azaltarak toplam yıkama sayısını düşürmektedir. Aynı şekilde hızlı kuruma sağlayan uygulamalar ütü ve tamburlu kurutucu ihtiyacını azaltmaktadır. Teknolojik ilerlemeler giysilerin temizlenmesi kavramını yeni bir yöne götürmektedir. Giysilerin yıkanmasındaki amaç, genellikle o yüzeyin lekelerden arındırılmasından daha çok, kötü kokuların uzaklaştırımasıyla, giysiye tazelik, yenilik kazandırmaktır. Üzerinde leke veya kir bulunmayan giysiler "havalandırma" programında muamemeleri sürdürülebilirlik anlamda düşük çevre yükü ile büyük avantaja sahiptir [15].

2.1.3 Havalandırma metoduyla susuz temizleme

Susuz temizleme makineleri giysilerin üzerinde asılı halde bulunan parçaları, tozları uzaklaştırır ve buna ek olarak kullanılan iyileştirici kimyasallarla giysileri canlandırır, temiz bir koku bırakarak rahat bir şekilde tekrardan giyilebilir hale getirir. Lyndon B.[16]' nin yaptığı bir çalışmada susuz temizleme prosesleri şu şekilde sıralanmıştır; hava akışı, filtreleme, ozon jenerasyonu, ısı, ultraviyole ışık ve fotokatalitik titanyum oksit. Susuz temizleme yapabilen bu makine birkaç parça

kıyafet içerebilecek büyüklüğe sahip dönme hareketi yapabilen bir tamburdan oluşmuştur. Kıyafetlerin tambur içine yerleştirilmesi ve çıkarılması için kilitlenebilen bir kapısı bulunmaktadır. Giysilerin dönme hareketi, partiküllerin ve giysi içindeki uçucu bileşiklerin uzaklaşması hava akımı ve karıştırma mekanizması ile yapılmaktadır. Hava akımının ana rollerinden biri giysiden yabancı partikülü ayırarak filtreye tutunmasını sağlamaktır. Filtre üzerinde biriken tozlar her çevrim sonunda temizlenmektedir. Hava akımı aynı zamanda ozonun da kıyafetlerin içerisine nüfuz etmesini sağlayarak bakterileri, koku proteinlerini ve diğer organizmaları yok eder.

Ultraviyole ışık bakterileri öldüren dalgalar yayması sebebiyle havalandırma programlarında tercih edilebilmektedir. Aynı zamanda ışık kaynaklarının tambur içerisinde titanyum oksit gibi fotokatalitik materyaller üzerine etki etmesi sağlanır böylece fotokatalitik malzemelerden oluşan iyonlar giysiden organik bileşiklerin uzaklaşmasına yardımcı olurlar. Havalandırma programlarında ısının kullanımı ise bakterilerin yok olmasını, proteinlerin bozulmasını ve uçucu bileşiklerin giysiden ayrılmasını sağlamaktadır. Lyndon B.[16]'nin yaptığı çalışmada hava akışı, ozon, UV ışığı veya ısı ayarları ayrı ayrı kontrol edilebilmektedir. Birbirinden bağımsız olarak değiştirilebilen bu parametreler giysinin ihtiyacına göre açık veya kapalı olarak düzenek çalıştırılabilmektedir [16].

Alanında öncü ve inovatif bir marka olan V-ZUG firmasının Hohenstein enstitüsü ile geliştirmiş olduğu yenilikçi bir uygulama Şekil 2.3'te görülmektedir. F-ZUG firmasının "The Refresh Butler" adını verdiği ürün ile giysilerin asılı olduğu dolap veya oda içerisinde havanın sirkülasyonu ile yıkamaya gerek kalmadan giysilerin tazelendiği ve hatta mikroorganizmaların azaltıldığı söylemi yer almaktadır. F-ZUG firmasının Hohenstein enstitüsü ile geliştirmiş olduğu bu uygulama içerisinde iyon teknolojisi, ozon teknolojisi ve katalitik oksidasyon ile kötü kokuların ve mikroorganizmaların giderilmesi sağlanmaktadır. Testlerde Hohenstein tarafından geliştirilen bir ter çözeltisi ve takip eden çalışmalarda da sigara kokusu kullanıldığı belirtilmektedir. Yürütülen koku çalışmalarında özel olarak eğitilmiş profesyonel koklayıcılar (sniffer) yer almıştır [17].



Şekil 2.3: "The Refresh Buttler" F-ZUG [17].

2.2 Havalandırma Programının Çamaşır Yıkama Makinelerine ve Tamburlu Kurutuculara Adaptasyonu

Farklı kumaş yapılarının çekmemesi, solmaması ve zarar görmemesi için farklı şekillerde temizlenmesi gerekmektedir. Bu sebeple çamaşır yıkama ve kurutma makineleri farklı seçenekler sunmaktadır. Günümüzde pek çok beyaz eşya markasının tamburlu kurutucularında mevcut olan "air fluff", "air only" veya "refresh" programları ilk anda tuhaf görünse de aslında bazı kumaşların temizliğinde önemli bir rol oynamaktadırlar. Bu tip programların doğru yerde kullanımı giysilerin daha geniş bir süre zarfında iyi görünmelerini sağlayacaktır.

Ev tipi tamburlu kurutma makinelerinde, ısıtılan havanın tambur içerisine gönderilmesi ve sıcak havanın giysilerin içerisinden geçerek nemi uzaklaştırmasıyla kurutma işlemini gerçekleşmektedir. Otomatik kurutuculardа yer alan bir diğer program seçeneği ise ısıtıcının kapatılarak makinenin oda sıcaklığındaki hava ile kurutma yapmasıdır. Bu şekilde düşük ısıda narin kurutma gerçekleşmektedir. Pek çok kurutucuda standart bir opsiyon olarak yer alan ısıtıcısız-çevrimler yün gibi kumaşlarda tercih edilirken, iç ortamda asarak kurutmayı taklit etmektedir. Isıtıcı kapalı iken yapılan kurutma işlemleri ısıya maruz kaldığında çekme, renk kaybı veya mukavemet kaybı söz konusu olan tekstil yüzeylerinin kurutulması tercih edilmektedir.

Tekstillerin temizliği için yapılan yıkama işlemindeki amaç her zaman için üzerinde bulunan lekelerden arındırılması değildir hatta daha çok, lifleri içerisine nüfuz eden kötü kokuların uzaklaştırılıp, giysiye tazelik, yenilik kazandırılmasıdır. Tekstillerin otomatik havalandırılmasına olanak sağlayan havalandırma programı, yeni nesil çamaşır yıkama ve kurutma makinalarının program seçenekleri arasına girmiştir. Beyaz eşya sektöründe öncü pek çok markanın çamaşır yıkama makinelerinde ve tamburlu kurutucularında yer alan havalandırma programı için tekstillerin yerleşimi ve serbest hareketi için tambur veya kazan, hava giriş çıkışının sağlanması için fan ve hava dolaşım kanalları gereklidir. Ev tipi tamburlu kurutucuların yapısında havalandırma programının gerçekleşmesi için ihtiyaç duyulan tüm elemanların mevcut olması sebebiyle, beyaz eşya üreticileri havalandırma programı daha çok tamburlu kurutuculara entegre etmeyi tercih etmektedir. Bununla birlikte daha etkin bir kurutma sağlamak amacıyla kurutucu tamburlarının daha geniş üretilmesi, aynı şekilde daha etkin bir havalandırma sağlayacağı düşüncesi bu makinelerin havalandırma programı için tercih edilmesinde önemli bir etken olmuştur.

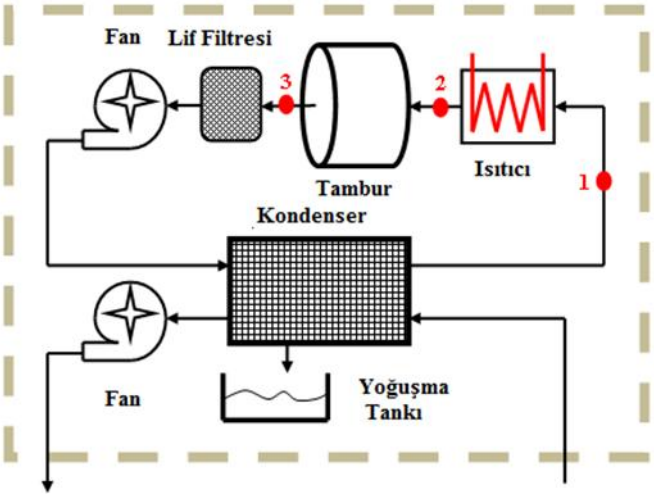
Gerçekleştirilen bu çalışmada tekstilden en az oranda hav çıkartan ve maksimum oranda koku uzaklaştıran bir havalandırma programı tasarlanması amaçlanmıştır. Tekstilden çıkan havların tutulması için gereklli olan filtreleme sistemi çamaşır kurutucularında mevcut olması sebebiyle ve aynı şekilde yukarıda bahsedilen sebepler neticesinde bu çalışma tamburlu çamaşır kurutucularında yürütülmüştür

2.3 Tamburlu Çamaşır Kurutucuları Hakkında Genel Bilgiler

Yapılan bilimsel araştırmalar, ev tipi çamaşır kurutucusu kullanmanın ev içinde veya dışında asarak kurutma arasındaki farklar, insan sağlığı açısından faydaları da değerlendirilerek vurgulanmaktadır. Modern çağın da hız kazanmasıyla bireyler ev işlerinde daha pratik ve hızlı çözümler aramaya başlamıştır bu sebeple ev tipi çamaşır kurutucusu kullananların sayısı her geçen gün artmaktadır. Artan taleple birlikte kurutuculardan alternatif faydalanım yolları araştırılmaktadır. Beyaz eşya sektöründeki öncü markaların programları arasına, havalandırma, tazeleme, koku giderme vb söylemlerle tanıtılan uygulamalar yer almaktadır [12].

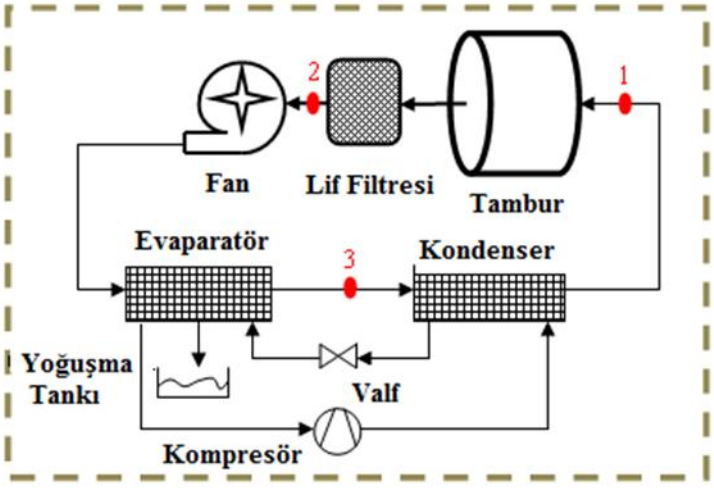
Tekstil kurutma ihtiyacını karşılamak üzere geliştirilen çamaşır kurutma makineleri farklı çalışma prensipleriyle kullanıcılara ulaşmaktadır. Çamaşır kurutma makinelerinde kullanılan 3 farklı çalışma mekanizması bulunmaktadır [18]. Bunlar;

1. Kondenserli Çamaşır Kurutma Makinesi: Bu tip çamaşır kurutma makinelerinde Şekil 2.4'te gösterildiği üzere proses havasının sirkülasyonu kapalı bir çevrim içinde gerçekleşmektedir. Proses havası fan yardımıyla ısıtıcı üzerinden hareket ettirilerek tambur içine yönlendirilir, buradaki sıcak hava çamaşır üzerindeki fazla nemi alır. Nemli havanın, çapraz akışlı bir yoğuşturucudan geçirilerek, soğutma fanı olarak isimlendirilen ikinci bir fan tarafından yönlendirilen ortam havası vasıtasıyla neminin uzaklaştırılması sağlanır ve yeniden fana yönlendirilir [18].



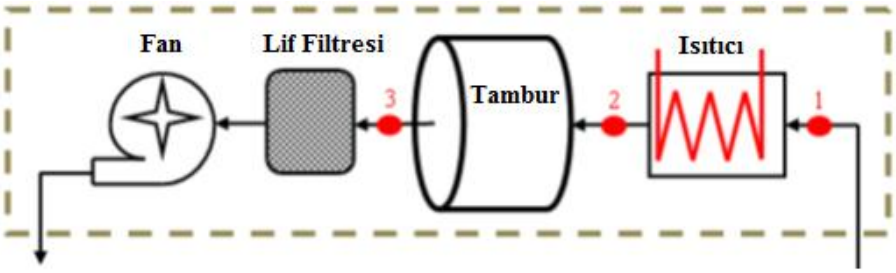
Şekil 2.4: Kondenserli çamaşır kurutma makinesine ait şematik gösterim[18].

2. Isı Pompalı Çamaşır Kurutma Makinesi : Proses havası sirkülasyonu kondenserli kurutucuya benzer biçimde kapalı bir çevrim içinde gerçekleşmektedir. Bu sistemde kondenserli kurutucudan farklı olarak ısıtıcı bulunmamaktadır ve proses havasının soğutulması buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi ile gerçekleştirilmektedir. Tamburdan çıkan nemli hava önce soğutma çevriminin evaparatörüne yönlendirilerek burada havanın nemi alınır. Evaparatörden sonra soğutma çevriminin kondenserine yönlendirilen havanın ısınması sağlanır ve hava, fan yardımıyla yeniden tambur içine yönlendirilir. Soğutma çevriminin bir kompresör yardımıyla sağlandığı sistemde soğutucu akışan olarak R134 A veya R407 C kullanılmaktadır. Çevrime ait şematik gösterim şekil 2.5'te bulunmaktadır [18].



Şekil 2.5: Isı pompalı çamaşır kurutma makinesine ait şematik gösterim [18].

3. Bacalı Çamaşır Kurutma Makinesi: Bu sistemde hava sirkülasyonu açık çevrim esaslarına göre gerçekleştirilmektedir. Fan yardımıyla ısıtıcıdan geçirilen hava tamburdan geçirildikten sonra herhangi bir yoğuşturucudan geçirilmeden ortama atılmaktadır [18].



Şekil 2.6: Bacalı çamaşır kurutma makinesine ait şematik gösterim[18].

2.3.1 Ev tipi tamburlu kurutucularda bulunan filtreler

Filtre, çalışma ortamında bulunan, bir karışım, çözelti veya süspansiyona ait bileşenlerden bir veya daha fazlası için geçirgen özellik gösterip, geriye kalan bileşenleri ise tutarak ayrıştıran bir araçtır. Çeşitli endüstrilerde ve evlerde kullanılmakta olan, malzeme ve uygulama açısından oldukça çeşitlilik gösteren filtrasyon yöntemlerinin ortak iki amacı bulunmaktadır. Bunlar;

- Mevcut karışımdan kirleri uzaklaştırmak,
- Bir karışım içerisindeki belirli bileşenleri elde etmektir.

Ev tipi tamburlu kurutucularda filtrelerin kullanılmasındaki amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Proses havasının temizlenmesi
- Kumaşlardan çıkan hav, lif vb yapıların ısıtıcıya gidip takılmasını ve yangın çıkarma riskini önlemek
- Kumaşlardan çıkan hav, lif vb yapıların makinelerin farklı yerlerinde birikimini önlemek

Filtrelerin gözeneklerinin ve tutulacak partiküllerin boyutları, partikül yakalama performansını etkileyen en önemli faktörlerdir. Özellikle partikül boyutu göz önüne alınarak filtrelerin partikül yakalama mekanizmaları 4 altbaşlık şeklinde incelenmiştir [19].

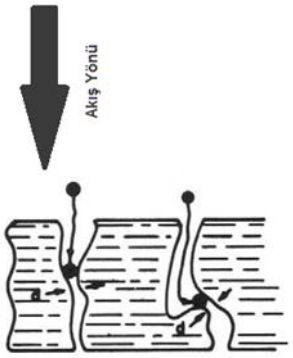
1. **Havların filtre tarafından tutulma mekanizması**

Durdurma : Filtre gözenek boyutundan büyük partiküllerin Şekil 2.7'da gösterildiği gibi filtre yüzeyine tutanarak birikiminin gerçekleşmesidir. Filtre temizlenmedikçe partiküller filtre yüzeyine tutunurlar. Özellikle membran ve monofilament filtrelerde en çok gerçekleşen mekanizmadır durdurma mekanizmasıdır [19].



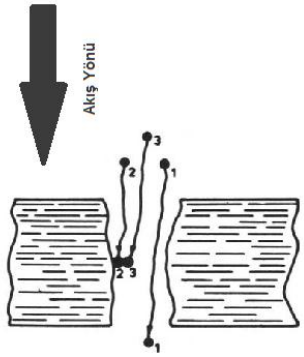
Şekil 2.7: Durdurma mekanizmasına ait şematik gösterim [19].

Atalet: Filtre kalınlığının gözenek genişliğine oranla daha büyük olduğu ortamlarda, Şekil 2.8'de gösterildiği gibi katı partiküller delik boyunca ilerleyerek, delik çapının küçüldüğü bir noktada filtreye tutunurlar. Ağırlıklı olarak dokusuz filtrelerde görülebilecek yakalama mekanizmasıdır [19].



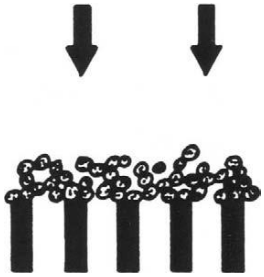
Şekil 2.8: Atalet mekanizmasına ait şematik gösterim [19].

Difüzyon: Şekil 2.9'de gösterildiği gibi, filtre partikül boyutunun delik çapına göre küçük olduğu durumlarda atalet kuvveti gibi çeşitli etkiler yardımıyla partiküller delik duvarına tutunurlar. Diğer partiküller ise öncesinde delik duvarına tutunan partiküllere Van der Waals gibi yüzey kuvvetleri etkisiyle tutunurlar. Yüksek verimli hava filtreleri bu mekanizmanın işlediği filtrelere örnek olarak gösterilmektedir [19].



Şekil 2.9: Difüzyon mekanizmasına ait şematik gösterim[19].

Kek Filtrasyon: Mekanizma, Şekil 2.10'da gösterildiği gibi partiküllerin filtre yüzeyinde birikerek bir tabaka oluşturması esasına dayanmaktadır. Partiküllerin gözenek çapından daha büyük olması halinde mekanizma yüzey filtrasyonu ile başlar. Küçük partiküllerin bulunduğu filtrasyon ortamında ise kek filtrasyonu mekanizması ancak partikül konsantrasyonunun yüksek olması halinde gerçekleşir. Yüzeyde biriken partiküller gözenek girişlerinde köprü vazifesi görür[19].



Şekil 2.10: Kek filtrasyon mekanizmasına ait şematik gösterim [19].

Tez kapsamında katı-gaz karışımlarındaki katı partiküllerin tutulmasını sağlayacak olan polyester monofilament dokuma filtreler kullanılmıştır. Çamaşır kurutma makinelerinde, bahsedilen katı-gaz karışımı proses havası ile tekstillerden ayrılan liflerden oluşmaktadır. Tamburun dönüş hareketinden dolayı oluşan mekanik etkilere maruz kalan tekstillerden havlar ayrılmaktadır. Filtre kullanılmaması halinde havlar, proses havasının geçtiği kanal içindeki komponentler üzerinde birikmekte ve bu birikim zamanla makine performansı ve ömrünü olumsuz etkilemektedir[19].

2.4 Otomatik Çamaşır Yıkama ve Kurutma İşlemlerinin Tekstil Üzerindeki Etkileri

Otomatik çamaşır yıkama ve kurutma makinelerinde gerçekleştirilen işlemler sonucu tekstiller üzerinde çeşitli değişiklikler meydana gelmektedir. Gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda tekstillerin çamaşırhane işlemleri sonucunda hasar görmesi, çekmesi, kırışması, solması gibi olası değişiklikler araştırılmıştır.

Literatürde yer alan bir çalışmada, çamaşır yıkama ve kurutma işlemleri sonucu hem ayrı ayrı hem de ikisinin kombinasyonuyla oluşan etkiler gözlenmiştir. Yıkama, kurutma ve yıkama-kurutma ardışık işlemleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Lyocell örme kumaşlar kullanılarak yapılan çalışmada yıkama ve kurutma işlemlerinin fibrilleşmeye, hav oluşumuna ve boncuk oluşumuna etkileri incelenmiştir. Mikroskop altında incelenen kumaşların yıkama (W), kurutma (D) ve yıkama-kurutma (WD) sonrası boncuklaşma dereceleri boncuklaşma skalalarıyla değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda boncuklaşma işleminin sadece yıkama-kurutma (WD) işlemleri sonucu oluştuğu. Hav oluşumunun ise daha çok kurutma (D) adımında meydana geldiği sonucuna varılmıştır [20].

Abrazyon liflerin, ipliklerin ve kumaşların yüzeylerinin bir başka yüzeye sürtünmesi ile meydana gelen fiziksel bozulmalardır [21]. Tekstil materyalleri birkaç sebep

sonucu kullanılamaz hale gelirler ve buna sebep olan en önemli faktör de abrazyondur. Giysilerde meydana gelen abrazyon giyinme, kullanma, temizleme ve yıkama-kurutma işlemleri esnasında lif uçlarının yüzeyde belirmesiyle oluşur [22]. Nihayetinde kumaş yüzeyindeki aşınmalar tekstilin performans kaybına yol açar ve kumaş görünümünü etkiler [23].

Literatürde yer alan bir diğer çalışmada yine tamburlu kurutuculardа gerçekleştirilen kurutma işlemlerinin örme ve dokuma yapıya sahip tekstiller üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kurutma sıcaklığı, tekstil yükü nem oranı ve sürenin değişken parametreler olarak alınmasıyla kurutma işlemi sonrasında meydana gelen en-boy çekme oranı, kırışıklık oluşumu, ağırlık değişimi, iplik çapı değişimi incelenmiştir. Havalandırma programının kuru bir işlem olmasından dolayı tekstilin nem içeriği önemli bir etken olmamaktadır. Aynı şekilde havalandırma programlarında ısıtıcı aktif olmadığı için sıcaklık da bir parametre olarak alınmamaktadır [24].

2.4.1 Boncuklanma

Boncuklanma, çeşitli mekanik kuvvetlerin etkisiyle kumaş yüzeyinde beliren lif uçlarının birleşmesi ve dış etkilerin devam etmesiyle biraraya gelip, birbiri içerisine geçerek elyaf küreciklerinin oluşması olayıdır. Kumaş görüntüsünü bozan bu durum kullanıcılar tarafından rahatsız edici olarak değerlendirilmektedir.

Literatürde yapılan bir çalışmada [25] farklı liflerin boncuklanma mekanizması incelenmiştir. Çalışmada boncuğun gelişimi; hav oluşumu, karmaşıklanma ve boncuğun uzaklaşması olmak üzere üç ana evre olarak tanımlanmıştır.

Bir kumaş yüzeyinde aşınmanın ilk etkisi hav oluşumudur. Gintis ve Mead [25], hav oluşumunun mekanizmasını oluşan lif ilmeklerinin dışan çekilmesi ile açıklamışlardır. Tanımladıkları hav oluşum mekanizmasında, elyaf demetlerinin havlara dönüşmeleri aşamasında önceden var olan serbest lif ucu sayısına bağlı olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca hav oluşumunun mamulün ömrü boyunca devam ettiğini ileri sürmüşlerdir [25].

Gintis ve Mead'in yürüttüğü çalışmada boncuklanma eğilimi ayırt edici üç aşamada gösterilmiştir:

1. Mekanik etkilerle lifler kumaş yüzeyine çekilmekte ve böylece hav oluşmaktadır;

2. Havlar karmaşıklaşarak boncuk oluşturlar; ve
3. Sürtünme, yıkama, kurutma vb. mekanik etkiler sonucu yine mekanik etkilerle boncuklar koparak uzaklaşır.

Boncuklanma eğrilmiş ipliklerden elde edilen bazı kumaşların gösterdiği bir durumdur. Hav kürecikleri kumaş yüzeyine sıkı sıkı tutunmakta ve bu küreciklerin oranı arttıkça kumaş görüntüsü rahatsız edici bir görselliğe dönüşmektedir. %100 sentetik iplikten eğrilerek yapılan kumaşlar, örneğin; akrilik veya polyester, veya karışım elyaflardan, örneğin; polyester/pamuk karışımında oluşan kumaşlar boncuklanmaya yatkındırlar. Literatürde yer alan bir araştırmada [25] pamuk/polyester karışımı kumaşın boncuklanma davranışı incelenmiştir. Araştırmacılar, boncuğun gelişimini hav oluşumu, karmaşıklarıma ve boncuğun uzaklaşması olmak üzere üç ana evre de tanımlamışlardır.Kendi ekseni etrafında dönen bir aşındırıcı (martindale cihazı) kullanılarak kumaşlardaki boncuklanma incelenmiş ve mikrofotoğraflama yöntemi kullanılarak belli bir noktadaki boncuklan çok kısa zaman aralıklarıyla tetkik etmişlerdir. birbiri içine geçmiş, gevşek yapıdaki liflerden oluşan boncuklar bir veya iki bağlayıcı lif tarafından ana gövdeye tutunmaktadırlar. Bağlayıcı lifler iplik yapısından kısmen dışarı çıkmış polyester filamentleri olarak gözlenmiştir. Bağlayıcı lifin genellikle polyester olmasını polyester filamentin daha mukavim olmasından kaynaklanmaktadır. Boncuk oluşumu kumaş yüzeyinin sürtünmesi sonucu oluşmaktadır bu sebeple giysilerde boncuk oluşumu genellikle sürtünmenin fazla olduğu cep, yaka ve kollarda oluşmaktadır [25].

2.4.2 Boncuklanma mekanizması

Bir tekstil yüzeyinin boncuklanma karakteristiği birbirini besleyen, devamlı iki dengenin kurulması ile ilişkilendirilir. İlk etki yüzeyde hav küreciklerinin oluşmasıyken ikinci etki bu küreciklerin büyüyerek boncuk haline gelmesi ve nihayetinde kopmasıdır. Eğer boncuk oluşum hızı kopma hızından büyük ise, kumaş aşırı boncuk oluşumu sergilemektedir. Bununla beraber eğer boncuk kopuş oranı boncuk oluşum oranından yüksek ise kumaş boncuksuz bir yüzeye sahip olacaktır [26].

Cooke çalışmasında boncuk oluşumunu aşağıdaki gibi özetlemiştir [27]:

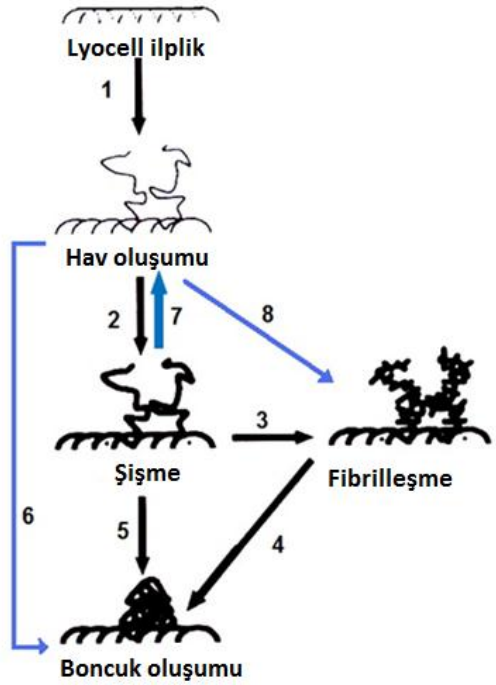
1. yüksek hava sahip bir alanın oluşumu;
2. bu alanda içiçe geçmiş gevşek bir yapının oluşumu;
3. içiçe geçmiş yapının sıklasıp sertleşerek boşluklu lif kütlesine dönmesi;
4. bağlayıcı lifin uzamasıyla serbest, ayırt edilir bir boncuğun oluşumu;
5. bazı bağlayıcı liflerin komasıyla boncuğun yer değiştirmesi; ve
6. kalan bağlayıcı liflerin de kopmasıyla boncuğun kaybolması.

Kumaş yüzeyinde sürtünme oluştuğu anda, yüzeydeki lifler karışarak hav küreciğne dönüşmektedir. Kumaş yüzey tüylülüğü, tüylü ipliklerden kaynaklanan bir durumdur. İplik tüylülüğü, eğrilmiş iplik yapısından dışarı doğru yönelmiş lifler olarak ilişkilendirilebilir. Tüylülüğü oluşturan bu lifler hala iplik yapısına sıkı sıkıya tutunmaktadır.

Boncuklanma mekanizması o kadar karmaşıktır ki, üretim aşamalarından tekstilin kullanım evrelerine kadar pek çok faktör boncuklanmaya etki eder. Giysiler kullanım sırasında kirlenirler ve tekrar kullanılabilmeleri için yıkama suretiyle temizlenirler. Bu sebeple giysi ve ev tekstil ürünlerinin faydalı ömürlerini ağırlıkla ıslak işlemlere dayanılıdır. Giysilerin hatalı kullanılması ve yıkanması sebebiyle boncuklanma oluşumu kaçınılmazdır ve boncuklanan tekstiller tüketici gözündeki değerini de kaybetmektedir. Ev ortamında yapılan yıkama ve kurutma işlemlerinde süre, sıcaklık ve kimyasal madde gibi etkenlerin gereksiz yere yükseltilmesi boncuklanma oluşumunu hızlandırmaktadır [28].

Yıkama ve kurutma adımları sırasında gerçekleşen boncuk oluşum mekanizması Şekil 2.11'de gösterilmektedir [20]. Bu çalışmaya göre; boncuk oluşumunda öncelikle kurutma (D) işlemi sonucu iplik içerisinden lif ucunun dışarı yönelerek yüzeyde hav oluşturduğu gözlenmiştir (adım bir). Yıkama işlemi (W) ile oluşan havlar şişer ve ikinci adımda gösterildiği gibi kabararak yumuşarlar. Üçüncü adımda ise, kurutma ve yıkama işlemleri ile (W-D) şişen havlar mekanik abrazyon ile kolayca fibrilleşirler ve içiçe geçerek boncuk oluştururlar. Sekizinci adımda gösterildiği gibi lifler kuru durumdaki lifler nadiren de olsa fibrilleşebilirken, şişmiş yapıdaki bazı lifler de fibrilleşmeden boncuk oluşturabilmektedir (adım beş). Altıncı adımda gösterildiği gibi, havların boncuğa dönüşümü ıslak işlemlerin olmadığı durumda da gerçekleşmektedir. Liflerin ıslanarak şişmesiyle daha az hav

oluşmaktadır (adım yedi). Belirli sayıda yıkama-kurutma (WD) uygulaması sonunda, kuru fazdaki lif-lif sürtünmesi artmakta ve hav oluşumunu bastırmaktadır. 1 ve 7 numaralı oklar hav oluşumunu, numara havların sürtünmeyle şişerek kabarması göstermektedir. 3 ve 8 numaralı oklar fibrilasyonu ve 4,5,6 numaralı oklar ise boncuk oluşumunu göstermektedirler [20].



Şekil 2.11: Boncuk oluşum mekanizması [20].

2.4.3 Boncuklanmayı etkileyen faktörler

Tekstil üretiminin hemen her aşamasında boncuklanma üzerinde etkili olan çeşitli faktörler bulunmaktadır. Ayrıca tekstilin doğasından gelen yapısal özellikleri de boncuklanma eğiliminde önemli rol oynamaktadır. Hammadde olarak kullanılan lifin, eğrilen ipliğin ve yüzey şekline getirilen kumaşın teknik özellikleri ve son olarak uygulanan terbiye işlemleri boncuklanma oluşumunda etkilidir [29].

1. **Lif cinsinin etkisi**

Araştırmalar %100 pamuk kumaşların farkedilir derecede boncuk oluşturma yatkınlığının olmadığını göstermiştir. Bazı pamuklu kumaş yüzeyinde boncuk oluşsa da boncuk kopuş oranı boncuk oluşum oranından daha hızlı olduğu için yüzey düzgün kalacaktır. Bu durumun sebebi boncukları tutan pamuk bağlantı iplerinin kısmen zayıf olmasıdır. Yine çalışmalar sonucu ulaşılan bir diğer durum ise

polyester/pamuk karışımı kumaşların şiddetli bir şekilde boncuklaşma eğiliminde olmasıdır. Karışım kumaş görüntüsü yakınlaştırıldığında bağlantı lifinin polyester olduğu saptanmıştır. Mukavim polyester bağlantı liflerinin kopması zor olup, kopmadan kumaş üzerinde büyümeye devam eder[29].

- **Sentetik elyaf denyesi**

İnce denyeye sahip olarak üretimlen sentetik iplikler, kalın sentetik ipliklere gore daha fazla boncuklanırlar. Bunun sebebi ise iplik bükümünün kalın iplikler üzerinde yaratabildiği sürtünme kuvvetinin ince ipliklerdekinden daha büyük olmasıdır. Daha kolay bir şekilde hareket eden ince sentetik lifler yüzeyde b-lif ucu olarak belirmeye meyillidirler, bu da boncuk oluşumunu başlatan ilk adımlardan biridir. [29].

- **Elyaf mukavemeti**

Elyaf mukavemeti boncuk oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Daha zayıf sentetik elyaftan üretimlen kumaş daha mukavim olan emsaline gore daha fazla boncuklaşır. Sentetik lif üreticileri boncuklanmaya dayanıklı olması amacıyla daha düşük moleküler ağırlığa sahip polimerler üretmektedirler. Böylece mukavemeti daha düşük ve esnek yapıda sentetik lif elde edilmektedir [29].

2. İplik yapısının etkisi

- **İplik bükümünün etkisi**

Düşük büküm oranına sahip iplikler yüksek büküm oranında sahip olan ipliklere kıyasla daha fazla boncuklanma eğilimi göstermektedirler. Büküm oranı liflerin yüzeye hareket edebilme yeteneğini etkiler. Daha düşük mukavemete sahip ipliklerde elyafların hareketi daha kolaylaşacaktır [29].

- **İplik tüylülüğünün etkisi**

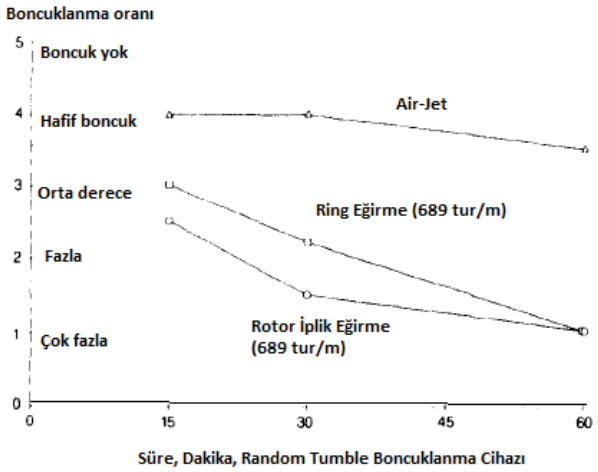
Tüylü iplikler pürüzsüz yüzeye sahip ipliklere kıyasla daha fazla boncuklaşır. Düşük büküm oranı ise iplik tüylülüğüne sebep olur [29].

- **İplik eğirme metodunun etkisi**

Kısa stapel iplikler için ring, rotor ve air jet olmak üzere başlıca üç iplik üretim sistemi vardır. Bu üç iplik üretim metoduyla üretilmiş ipliklerden oluşan yapıların boncuklanma dayanımı üzerine farklı davranış göstermeleri beklenmektedir. Ring iplikler gerçek büküme ve lif oryantasyonuna sahiptirler. Rotor iplikler de gerçek büküme sahiptirler fakat lif oryantasyonları daha düşüktür ve iplik merkezi etrafında sarılmış elyaflar bulunmaktadır. Air-jet ipliklerin gerçek bir bükümü yoktur ve paralel liflerden oluşmuş merkez ipliğin etrafına sıkıca sarılmış elyaflar ile bir

bütünlük sağlanmaktadır. Bu birbiri üzerine katlanmış lifler air-jet ipliğin yapısına rotor ipliğe kıyasla daha sağlam bir şekilde tutanmaktadırlar ve yine sıkı iplik yapısından dolayı esnek hareket edebilir durumda olmayan lifler yüzeye hareket edemezler [29].

Peter V. Alston'un yürüttüğü bir çalışmada üç farklı eğirme sistemi kullanılarak, dacron polyester (1,3 dtex) ve pamuk 50/50 karışım oranına sahip iplikler ve daha sonra da bu ipliklerden süprem kumaş üretilmiştir. Yapılan çeşitli boncuklanma testleri ardından eğirme sistemleri arasında direkt bir karşılaştırma elde edilmiştir. Sonuç olarak; air-jet iplik kullanılarak elde edilen süprem kumaş diğer iki yönteme kıyasla daha iyi boncuklanma dayanımı göstermiştir. Alston bunun sebebi olarak air-jet ipliklerin yapısı itibariyle sıkıca sarılmış olmasını öne sürmektedir. Sıkı bir şekilde iplik yapısına katılan polyester liflerin yüzeyde serbest lif uçları oluşturmaları engellenmiştir. Ring ve rotor ipliklere ait büküm artışı dahi bu ipliklerin boncuklanma dayanımını air-jet ipliğinkine eşitlemede yeterli olmadığı gösterilmiştir [30].



Şekil 2.12: Süprem kumaşa ait boncuklanmaeğrileri, standart büküm değeri [30].

Yine aynı çalışmada bükümün boncuklanmaya etkisi Şekil 2.12'de gösterildiği gibi karşılaştırıldığında, düşük büküm (689 tur/m) oranında ring ve rotor iplikten örülmüş kumaşlarda boncuk oluşum oranı kısmen aynıyken, air-jet ipliğe kıyasla 6 ila 7 kat değişen oranlarda daha yüksektir. Yüksek büküm oranında ise (896 tur/m), boncuk oluşum oranı ring ve rotor iplikten örülmüş kumaşlarda düşükken yine de air-jetten iplik ile örülen iplikten yüksektir [30].

3. **Kumaş yapısının etkisi**

Sıkı yapıda üretilen kumaşlar gevşek yapıda olanlara kıyasla boncuklanmaya karşı daha dayanıklıdır. Sıkı yapılan liflerin iplik dışına hareketini önlemektedir [29].

4. **Bitim işlemlerinin etkisi**

Bitim işlemlerinin kumaş boncuklanması üzerinde olumlu etkilerde bulunduğu iddia edilmektedir. Pek çok kumaş kendi türü için en uygun bitim işleminin seçilmesiyle boncuklanmaya karşı dayanıklı hale getirilebilir [29].

2.5 Tekstil ve Koku

2.5.1 Koku nedir

Koku, koku alma duyusuyla hissedilen, genelde çok küçük konsantrasyonlarda havada çözülmüş olarak bulunan kimyasal moleküllerdir. Koku kimyası oldukça karmaşık ve hala yeterince anlaşılamamış bir bilimdir. Kokunun insan nazal sistemi (koku algılama ile ilgili yapı, burun) tarafından algılanabilmesi için koku moleküllerinin;

- Moleküler ağırlığı küçük (<300Da);
- Uçucu yapıya sahip (gaz yapı)

Olan bileşikler şeklinde tanımlanmaktadır. Koku molekülleri akışkan veya katı durumdan hava içerisine karışarak hareket eden bileşiklerdir ve ancak havaya karışmasıyla insan tarafından koku duyusuyla algılanırlar [31].

Başlıca koku bileşikleri şu gruplardan oluşmaktadır;

- Uçucu organik asitler,
- Aldehitler,
- Ketonlar,
- Aminler,
- Sülfitler,
- Tiyoller,
- Indoller ve fenollerdir.

Aldehitler, fenoller, ketonlar meyvemsi hoş kokulara sahiptir ve koku moleküllerinin ağırlığı, karboksilik asitler, aminler ve sülfür içerikli hoş olmayan koku moleküllerinin ağırlıklarına göre daha yüksektir [32].

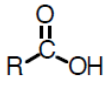
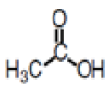
Bu çalışmada koku kaynağı olarak bütirik asit tercih edilmiştir. Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi bütirik asit uçucu organik asitler olarak da bilinen karbosilik asitler grubunda yer almaktadır. Uçucu organik yağ asidi olan bütirik asit insan terinin bozunmasıyla meydana çıkan kötü kokunun temsili ürünüdür. Bütirik asit aynı zamanda yemek kokusu, sigara vb. pek çok koku kaynağında ortak olarak bulunmaktadır [33].

Çizelge 2.1 : Karboksilik asitler grubuna ait bileşikler [32].

Karboksilik Asitler (Uçucu organik asitler)
Asetik Asit
Bütanoik asit (Bütirik asit)
Heptanoik acit
Hekzanoik acit
2-Metil bütanoik asit
Metil bütanoik asit (Isovaleric asit)
Metil propanoik asit (Isobütirik asit)
2-Metilpentanoik asit
3-Metilpentanoik asit
4-Metilpentanoik asit
Octanoik asit
Pentanoik acit (Valerik asit)
Propanoik asit
2-Etil hekzanoik asid
Nonanoik asid

Çizelge 2.2'de asetik asit, propanoik asit, bütirik asit, valerik ve isovalerik gibi karboksilik asitlerin kimyasal gösterimi yer almaktadır.

Çizelge 2.2 : Karboksilik asitlere ait kimyasal gösterimler [34].

Sınıf	Kısa Gösterimi	Tanımı	Örnek
Karboksilik asitler	RCOOH RCO_2H 	Karbonil (C=O) + Hidroksil (OH) grup	Asetik Asit CH_3COOH, CH_3CO_2H  Bütirik Asit $CH_3CH_2CH_2COOH$

2.5.2 Tekstil ve koku ilişkisi

Tekstiller çok geniş yüzey alanına sahip malzemelerdir. Bu sebeple tekstil yüzeyleri etrafında gaz durumda bulunan uçucu bileşikleri adsorplar ve yapısında muhafaza ederler. Söz konusu hoş olmayan kokuların lanması olduğunda tekstillerin yüksek kapasitedeki adsoblama özelliği bir soruna dönüşmektedir. Tekstil tarafından lanan koku molekülleri desorpsiyon ile tekstilden uzaklaşarak havaya karışır ve insan nazal sistemi tarafından algılanması gerçekleşmektedir [33].

Desorpsiyon mekanizması sıcaklık, süre ve gazın yer değiştirmesi ile hızlanmaktadır, örneğin gazın yer değiştirmesiyle gerçekleşen havalandırma işlemi bir desorpsiyon olayıdır. Havalandırma ve yıkama işlemleri kötü kokuların uzaklaştırılmasında geleneksel olarak kullanılan en basit yöntemlerdir. Tekstillerin dezenfektasyonu ve safsızlıklardan arındırılması genellikle su ve çeşitli kimyasalların kullanımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu durum ise yüksek miktarlarda su tüketimine ve atıksuya sebep olmaktadır. Suyun hızla tükenen doğal bir kaynak olması sebebiyle tekstillerin temizliği için harcanan su ve enerji miktarının azaltılması ciddi çalışma gerektiren alanlardan biridir. Özellikle üzerinde leke veya kir bulundurmayan tekstillerin sadece tazelenmesi için yapılan yıkama işleminin elimine edilmesi su, doğal kaynak ve kimyasal tüketimini azaltmaya yönelik büyük bir potansiyel taşımaktadır. Aynı zamanda tekstilin gereksiz hasarlanmasını önleyenerek sürdürülebilir bir temizleme yöntemi geliştirilebilir [33].

Literatürde tekstillerden kötü kokunun giderilmesinde farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu uygulamalardan bir kısmı kokuyu örtme, koku moleküllerini uzaklaştırma ve aynı zamanda koku moleküllerinin bozunması ve koku oluşumunun önlenmesi şeklindedir. Çizelge 2.3'de gösterildiği gibi bu uygulamaların bir kısmı tekstillerin üretimi aşamasında, bir kısmı ise kullanım periyodunda gerçekleştirilmektedir. En basit yöntem koku müleküllerı içeren bir spray ile kokuların bastırılmasıdır. Bu uygulama çok kolay olmasına rağmen etkisi düşük ve kısa sürelidir. İkinci bir prensip ise havalandırma prensibiyle koku moleküllerinin diğer gaz molekülleri ile yer değiştirerek uzaklaşmasıdır. Havalandırma işleminin en büyük avantajı su ve kimyasal kullanımına ihtiyaç olmamasıdır. Basit bir uygulama olan havalandırma işleminin etkisi sınırlıdır. Koku gideriminde bir diğer prensip ise uzaklaştırma prensibine göre yapılan yıkama işlemidir. Yıkama işleminin avantaju iyi sonuç vermesiyken, dezavantajı su ve [33]

Çizelge 2.3 : Tekstilllerden koku giderme uygulamaları [33].

Prensip	Metod	Avantajlar ve dezavantajlar
Örtme	Spray parfüm	Kolay uygulama fakat kısa süren etki
Uzaklaştırma	Havalandırma	Basit ve kimyasalsız uygulama, zaman alıcı, sınırlı etki, yüksek miktarlarda güç uygulanır
Uzaklaştırma	Yıkama	Genellikle iyi sonuç veren geleneksel yöntem fakat yan etkisi temizlemedir ve yüksek maliyet oluşturur
Uzaklaştırma	Koku moleküllerinin siklodextrin, aktif karbon vb maddelerce adsorpsiyonu	Yıkamaya ve kuru temizlemeye karşı dayanıklı, fakat doyum noktası sınırlıdır, rejenere edilmesi gerekir
Bozunma	Ozonlama	Oldukça etkili bir yöntemdir, dezenfektasyon yan etkisidir fakat özel bir ekipmana ihtiyaç vardır, ayrıca liflere ve boyarmaddelere zarar verebilir
Bozunma	Oda sıcaklığındaki hava ile katalitik oksidasyonu	Kalıcı bir uygulamadır, doyum noktası yoktur ve rejenerasyona ihtiyaç duymaz fakat geniş yüzey alanine ihtiyaç vardır, ev içinde halı ve perde gibi alanlarla sınırlıdır
Önleme	Antimikrobiyal bitim veya lif modifikasyonu ile terin bozunmasının önlenmesi	Yıkamaya ve kuru temizlemeye karşı oldukça dayanıklıdır. Ter için sınırlandırılmıştır. Bu sebeple sadece tene temas eden tekstillerde kullanılır.

deterjan kullanımı ile gelen ve gerek olmayan temizleme işlemidir. Böylece yüksek maliyet ve gereksiz lif hasarı oluşmaktadır. Bir diğer uzaklaştırma prensibine göre çalışan metod ise adsorpsiyon özelliği yüksek aktif karbon ve siklodextrin kullanımıyla koku moleküllerinin siyonudur. Yıkamaya dayanıklı bir uygulama olmasına rağmen doyum noktasına ulaşan maddeler rejenerasyon gerektirmektedir. Bozunma prensibine göre çalışan ozonlama ve oksidasyon işlemleri kalıcı ve etkili işlemlerdir. Aynı zamanda dezenfektasyon sağlayan ozonlama işlemi ile gelen dezavantajlar ozonun liflere hasar vermesi ve ozonlama için özel bir ekipmana ihtiyaç duyulmasıdır. Katalitik oksidasyonun dezavantajı ise uygulama için geniş yüzey alanına ihtiyaç duymasıdır. Tekstillerde koku sorununa sunulan bir diğer çözüm ise önleme prensibine göre yapılan antimikrobiyal işlemler veya lif modifikasyonu ile terin bakteriler tarafından bozunmasının önlenmesidir [33].

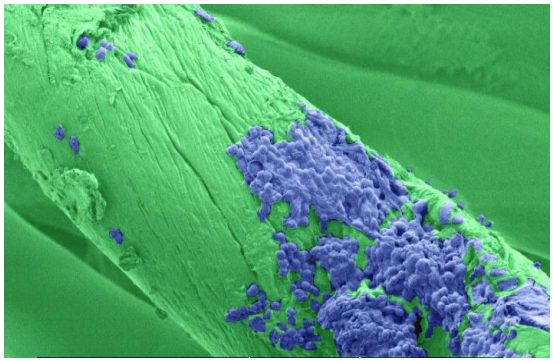
Sürdürülebilir bir teknolojinin oluşturulması adına başlatılan bu çalışmada, kimyasal madde ve su kullanımı gerektirmeyen, bilinen en eski ve basit yöntem olan havalandırma yönteminden faydalanılmıştır. Uçucu yağ asidi olan koku bileşiklerinin yine gaz yapıda olan temiz hava ile sirküle edilmesi sağlanarak koku müleküllerinin tekstilden uzaklaştırılması ve bunu yaparken en az mekanik hasarla yapması hedeflenmiştir. Böylece ıslak işlem görmeyen tekstilin gereksiz hasarlanması önlenip yaşam ömrüne katkıda bulunulabilir ve çevre yükünün azaltıması sağlanabilir [31].

2.5.3 Tekstiller üzerinde bakteri kaynaklı koku oluşumu

Terleme, vücudun sıcaklığını düzenlemede kullandığı biyolojik bir mekanizmadır. İnsan teri esasında kokusuzken ciltte ve giysilerde bulunan bakteri ve mikroorganizmalar terin kimyasal yapısında bulunan bileşenleri sindirerek kötü kokuya sebep olmaktadır. Bu şekilde ter içinde bulunan bileşiklerin bakteriler tarafından hidrolize edilmesiyle uçucu yağ asitleri atık ürün olarak meydana gelmektedir [35].

Terleme ile oluşan koku incelendinde insan teni ile temas halinde olan giysiler içerisinde veya deri üzerinde bulunan bakteriler, esasında kokusuz olan insan terindeki bileşenleri sindirerek koku oluşumuna sebep olurlar. Bakteriler düşük sayıda olduklarında fark edilen bir problem yaşatmazlarken bakteri sayısı arttıkça oluşan atık ürünleri de artmakta ve hoş olmayan kokular hissedilir dereceye yükselmektedir. Çorap üzerinde yapılan bir koku çalışmasında, lifler üzerinde biriken

bakterilerin oluşturduğu “biyofilm” Şekil 2.13’te görülmektedir. Yaşayan bir koloni oluşturan bu bakterilerin uzaklaştırılmasında yıkama işlemi dahi çok etkili olamamakta, bakterilerin bir kısmı hala hayatta kalmaktadır [36].



Şekil 2.13: Lif üzerinde bakteri birikimi ile biyofilm oluşumu [36].

Tekstillerin üzerinde bakteri kaynaklı olan kokuların giderimi için bakterilerin yok edilmesi hedef olarak alınmalıdır. Yıkama işlemi ile de tamamen giderilemeyen bakteriler kumaş üzerinde kalarak ter salgısına ulaştıklarında koku üretmeye devam edeceklerdir. Bakterilerin çamaşır yıkama & kurutma işlemlerinde yok edilmesine yönelik yapılan uygulamalar şu şekilde sıralanabilir;

- Yüksek sıcaklıkta yıkama [37]
- UV ışınlarının kullanımı [38]
- Ozon uygulaması [39]
- Plazma teknolojisi [40]
- Buhar teknolojisi [41]

2.5.4 Koku kaynaklarının lifler ile etkileşimi

Karboksilik asit grubunda yer alan koku moleküllerinin lifler tarafından e edilmesi liflerin yapısı ile ilgilidir. Amorf bölge oranı yüksek olan doğal liflerde kokuların adsorplanması yüksek iken, yoğun kristalin bölgeye sahip sentetik liflerde kokuların adsorplanması düşüktür. Koku molekülleri ancak solunan havaya karıştığı zaman insan tarafından algılanır. Böylece amorf bölge oranı yüksek doğal lifler içerisine hapsolan koku moleküllerinin havaya karışmasını önlerken, sahip oldukları pürüzsüz lif yüzeyi ile kokuyu üzerinde tutamayan yapay lifler koku moleküllerinin muhafaza etmez, havaya karışmasına ve insan nazal sistemi tarafından kolaylıkla algılanmasına sebep olur.

Literatürde yer alan bir çalışmada karboksilik asit grubunda yer alan asetik asit koku molekülü ile farklı lif içeriğine sahip çoraplar test edilerek farklı liflerin asetik asit ile etkileşimleri incelenmiştir. Çalışmada yün, akrilik, pamuk, modal ve polyester lifleri ile üretimiş çoraplar kullanılmıştır. Liflerin asetik asit koku molekülü ile etkileşimleri şu şekilde açıklanmaktadır [42];

- Yün ve akrilik liflerin yapısındaki bazik gruplar asitlerle tepkimeye girer ve böylece koku molekülleri giderilmiş olur. Bu özelliği sayesinde yün doğal bir koku giderici liftir.
- Keten, modal ve pamuk lifleri asetik asidi layabilirler çünkü yapısında bulundurduğu boş hidroksil grupları asetik asitle esterleşme reaksiyonuna girerler. Böylece koku moleküllerinin ortama salınımını engellenmiş olur.

Çalışmada asetik asidin lifler tarafından e edilme oranı incelendiğinde başta yüksek olan adsorplanma hızı 10 dakika sonra yavalamış ve 30 dakika sonra sabitlenmiştir. Yine aynı çalışmada farklı kalınlıktaki çoraplar test edilmiştir ve yapılan karşılaştırma sonucu kalın kesite sahip tekstillerin ince yapıdakilerine kıyasla çok daha az koku saldıkları belirtilmiştir. Araştırmacılar bunun sebebini ise kalın çorapların daha fazla kokuyu layabildiği şeklinde yorumlamışlardır [42].

Literatürde yer alan bir diğer çalışmada, araştırmacılar kullanım sonundatekstil üzerinde kalan koku yoğunluğunu araştırmışlardır. Elyaf içeriğinin, dokuma yapısınını ve bakteri içeriğinin koku ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada pamuk, yün ve polyester lifleri ve süprem, ribana, interlok örgü kumaşlarla çalışılmıştır. Çalışma neticesinde kokuyu en yoğun şekilde barındıran lifin polyester, daha sonra pamuk lifinin ve en az barındıran lifin ise yün lifi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Gramajı düşük olan süprem kumaşın koku yoğunluğu, gramajı daha yüksek olan interlok kumaşa göre daha hafif oluğu sonucuna ulaşmışlardır [48].

2.5.5 Kokunun duyusal analizi

Tekstil materyalini elleyerek, dokunma hissi yardımıyla tuşenin subjektif değerlendirilmesinde olduğu gibi, koku da geleneksel olarak insan koku duyusuyla test edilmektedir [33]. Kokular solunum sırasında insanın nazal sistemine giren uçucu bileşiklerdir. Koku moleküllerinin burun içerisindeki sinir hücreleriyle etkileşimi sırasında beyinin uyarılarak kokuyu algılaması olfaktometrik sisteminin ve duyusal testin temelidir. Olfaktometri, temel olarak kokulu gazın kontrollü olarak

belli konsantrasyonlarda insan burnuna sunulması ve bu kokunun insanın koku alma duyusu üzerinde yarattığı etkinin ölçülmesi yöntemidir.

Duyusal değerlendirme, insan alfaktometrik sistemi ile gerçekleştirilen, yemek ve materyallerin kokularının ölçüm analiz ve yorumlanmasında kullanılan bilimsel bir yöntemdir [43]. Duyusal değerlendirme koku konsantrasyonuna ve koku yoğunluğuna (kokunun keskinliğine) göre değişmektedir [44].

Tekstiller ve koku ile ilgili olarak uluslararası platformda halihazırda kullanılan bir standart bulunmamaktadır. Kokunun duyusal ölçümü ile ilgili var olan standartlarda duyusal ölçümün yapılacağı ortam ve panelistler hakkında bilgiler verilmektedir. Bunun dışında kokunun duyusal ölçümü ile ilgili standart oluşturma çalışmaları yürütülmektedir. Duyusal analizlarin puanlanmasında ASTM tarafından kokunun duyusal olarak analizinde kullanılmak üzere önerilen bir kategori ve derecelendirme skalası Çizelge 2.4'te gösterildiği gibidir [49].

Çizelge 2.4 : Koku yoğunluğunun numaralandırılması [43].

Yoğunluk derecesi	
Yok	1
Çok Hafif	2
Hafif	3
Orta	4
Güçlü	5

Kokunun yoğunluğunun belirlenmesinde yaygın bir şekilde numaralandırma skalası kullanılmaktadır. Bu şekilde veriler kalan koku yuğunluğu veya uzaklaşan koku yoğunluğu gibi hesaplanabilmektedir. Literatürde yer alan bir başka çalışmada[43] koku yoğunluğu Çizelge 2.5'te gösterildiği gibi altı seviye altında sınıflandırılmıştır ve üç panelist duyusal ölçümleri gerçekleştirmiştir. Tekstiller üzerindeki kokuyu ayırt etmede insan faktörünün çok önemli olduğuna dikkat çeken araştırmacılar çalışmalarında koku tanımlamada eğitilmiş panelistlerin kullanıldığını belirtmişlerdir [43].

Çizelge 2.5 : Koku yoğunluğunun numaralandırılması [43].

Yoğunluk derecesi
0 Yok
1 Hissedilir (eşik değeri)
2 Orta
3 Güçlü
4 Çok güçlü
5 Aşırı rahatsız edici

2.6 Tekstillerden Koku Uzaklaştırma ve Hav Çıkarma ile Yapılmış Literatür Çalışmalarının İncelenmesi

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında kurutucuların havalandırma programlarından minumum hav maksimum koku uzaklaştıran havalandırma programı tasarlanmıştır. Akademik düzeyde otomatik havalandırma programlarının geliştirilmesi ve tekstiller üzerindeki çeşitli etkilerini inceleyen araştırma bulunmamasına rağmen tamburlu kurutucuların kurutma programları üzerinde yapılmış çalışmalar mevcuttur. Literatürde yer alan çalışmalar daha çok ıslak işlemler akabinde kurutma işlemleri ile tekstiler üzerinde meydana gelen değişikliklerin incelenmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Yıkama işlemleri sonrasında kurutucularda muamele gören tekstillerden çıkan hav miktarının incelendiği bir çalışmada, farklı lif içeriğine ve dokuma yapısına sahip onüç battaniye ile testler gerçekleştirilmiştir. Bazı battaniyeler boncuklanmaya ve döküntüye karşı apreli olarak işleme alınmıştır. Kısa bir yıkama işlemi sonrası tamburlu kurutucularda işleme alınan battaniyelerden çıkan havlar toplanarak tartılmıştır. Makinelerin farklı bölümlerinde biriken hav oraları da kontrol edilmiştir. Battaniyelerden çıkan hav miktarının daha hızlı, pratik bir şekilde kurutucuya alınmadan tahmin edilmesinin sağlanması için tekrarlı olarak yapılan kurutma işlemleri sonucu çıkan hav miktarı ile kullandıkları hav çıkarma cihazında çıkan hav miktarı ile ilişki kurmuşlardır [45].

Tekstillerden koku ile ilgili literatürde yer alan bir çalışmada farklı lif içeriğine sahip çoraplar üzerinde in vivo testler gerçekleştirmiştir. Daha sonra çorapların kokunun lama davranışlarını ve koku yoğunluğunu analiz etmişlerdir. Ayrıca çorap içerisinde koku moleküllerinin ne oranda nüfuz ettiği ve bekletilmesi sonucu koku moleküllerini yapısında ne sürede muhafaza edildiği de araştırılmıştır. Çalışmanın analiz kısmında Japon Lif Birliği tarafından geliştirilen ve kimyasal analiz metodu esasına göre çalışan enstrümental değerlendirme yöntemi ve duyusal ölçüm metodu kullanılmıştır. Çalışmalarında özellikle amonyum, karboksilik asit olan grubundan olan asetik asit koku kaynakları üzerinde durulmuştur [43].

3. MALZEME ve METOD

İnsan yaşamını kolaylaştıran uygulamalardan biri olan tamburlu çamaşır kurutma makinalarının kullanıcı sayısı son yıllarda artış göstermektedir. Genellikle kuzey yarım kürede yaşamlarını süren soğuk ülke vatandaşları iklimin elverişli olmaması sebebiyle otomatik çamaşır kurutma makinası kullanma eğiliminde olurken, ılıman bölgelerde yaşayan bireyler de daha pratik bir yaşam için ev tipi tamburlu kurutucuları tercih etmektedirler. Kurutuculara artan talep bu makinelerin devamlı olarak geliştirilmesine ve programlarının ihtiyaca göre çeşitlendirilmesine zemin hazırlamaktadır. Havalandırma bu anlamda tasarlanmış, hem zamandan hem de su ve enerji gibi doğal kaynaklardan tasarruf sağlayan, tüketiciye destekte bulunan inovatif, çevreci bir programdır.

Bu projenin deneysel çalışma kısmı iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde %100 pamuklu süprem kumaştan havalandırma programı kullanılarak koku giderimi testleri yapılmıtır. İkinci bölümde ise hassas bir şekilde havalandırmanın sağlanması için yine %100 pamuklu süprem kumaştan hav çıkarma testleri yapılmıştır. Havalandırma programın parametrelerinin koku uzaklaştırma ve hav çıkarma etkileri incelenmiştir. Maksimum oranda koku uzaklaştıran ve minumum oranda hav çıkaran makine şartlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla oluşturulan deney tasarımındaki koşullar test edilerek en uygun makine parametreleri belirlenmiş ve optimum havalandırma programı tasarlanmıştır.

3.1 Malzeme

3.1.1 Tekstil numunesi

Çalışmada kullanılan tüm testiller testler için kontrollü bir şekilde özel olarak ürettirilmiştir. Çalışma kapsamında yürütülen testlerde piyasada yaygın bir şekilde kullanılan %100 pamuklu süprem kumaş tercih edilmiştir. Süprem kumaşa ait teknik özellikler Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Aynı zamanda koku testlerinde %100 pamuklu dokuma gömlek kullanılmış

Çizelge 3.1 : Süprem kumaş özellikleri.

Süprem
%100 pamuk,
Ne 30/1
İplik cinsi, ring iplik

Çalışmanın kontrol kısmında tekstillerden hav çıkarımı çalışmaları daha detaylı bir şekilde incelenmiştir. Farklı yapıda ve lif kompozisyonundaki tekstillerden çıkabilecek hav miktarının belirlenmesi amacıyla numuneler çeşitlendirilmiştir.

Tüketici alışkanlıkları düşünülerek zenginleştirilen numune seçiminde, bir makine yükü içerisinde hem t-shirt, iç çamaşırı, sweatshirt, spor giysiler gibi farklı alanlarda tercih edilen kumaşların olmasına özen gösterilmiştir. Bu sebeple atlet, t-shirt, iç çamaşırı gibi ürünleri temsilen %100 pamuklu süprem kumaş yanında; sweatshirt, t-shirt, kapşonlu hırka, alt-üst eşofman yapımında yaygın olarak kullanılan iki iplik ve üç iplik kumaşlar, daha tok ve kalın yapıya sahip şardonlanmış iki iplik ve üç iplik mamuller kullanılmıştır. Fazla miktarda lif bırakma potansiyeli olan, sorunlu bir kumaşın da testlere dahil edilmesi istenmiştir. Bu sebeple iki iplik ve üç iplik kumaşların şardonlanmış halleri de test edilmiştir. Bahsedilen tekstillere ait teknik özellikler Çizelge 3.2, 3.3, 3.4, 3.5'te verilmektedir.

Çizelge 3.2 : İki iplik kumaş özellikleri.

İki İplik
%80 pamuk/ %20 PES
Ne30 /20
İplik cinsi, ring iplik

Çizelge 3.3 : İki iplik şardon kumaş özellikleri.

İki İplik Şardon
%80 pamuk/ %20 PES
Ne30 /20
İplik cinsi, ring iplik

Çizelge 3.4 : Üç iplik kumaş özellikleri.

Üç İplik
%90 pamuk / %10 PES Ne 30/20/20 İplik cinsi, ring iplik

Çizelge 3.5 : Üç iplik şardon kumaş özellikleri.

Üç İplik Şardon
%90 pamuk / %10 PES Ne 30/20/20 İplik cinsi, ring iplik

3.1.2 Kullanılan kimyasallar

Yapay koku kaynağının seçiminde yemek kokusu, sigara kokusu, ter kokusu vb. pek çok koku kaynağında ortak olarak bulunan bütirik asit tercih edilmiştir. Bütirik asit (bütanoik asit) karboksilik asitler (uçucu organik asitler) koku grubuna ait bir koku kaynağıdır ve literatürde peynirimsi, ekşi bir koku kaynağı olarak belirtilmektedir.

Çalışmanın kontrol kısmında ticari bir markaya ait vanilya kokusuna sahip "eu de toilet" koku kullanılmıştır.

3.1.3 Testlerde kullanılan teçhizatlar

1. **Ev tipi tamburlu çamaşır kurutucusu**

Koku uzaklaştırma ve hav çıkarma testlerinde, ev tipi tamburlu çamaşır kurutucusu kullanışmıştır. Tez kapsamında Blomberg marka, açık çevrim yapabilen, ısı pompalı, A++ enerji sınıfına ait, 8 kg ev tipi tamburlu kurutucuda testler yürütülmüştür.

- **Kurutucu makinelerinde kullanılan filtreler ve yapısal özellikleri**

Çamaşır kurutma makineleri içerisinde kullanılan ve gaz-katı karışımını ayırmaya yarayan monofilament polyester dokuma filtreler bulunmaktadır. Çamaşır kurutma makinelerinde kullanılan filtreler, çoğunlukla bez ayağı dokuma yapıya sahip, monofilament ipliklerden üretilen filtrelerdir. Bez ayağı dokuma yapılar en yaygın kullanılan filtrelerdir. Monofilament ipliklerin ise en az akış direcine sahip olmaları

sebebiyle kurutuculardа bu filtrelerin kullanımı tercih edilmektedir. Bununla birlikte, iplik çapında yapılacak değişiklikler ile çok farklı gözenek aralığı ve esneklik değerlerine sahip filtreler elde edilebilmektedir [19].

Kurutucu içerisinde bulunan V filtreye ve sünger filtreye ait teknik özellikler çizelge 3.6 ve 3.7'de gösterilmektedir. V filtre ve sünger filtreler kontrollü bir şekilde her 18 test setinden sonra yenisiyle değiştirilmiştir. Böylece oluşabilecek filtre performans kayıplarının önüne geçilmiştir.

Çizelge 3.6 : V filtreye ait teknik özellikler

V Filtre
Polyester 190/38 Monofilament iplik Bezayağı dokuma

Çizelge 3.7 : Nonwoven filtreye ait teknik özellikler

Nonwoven Filtre
Poliüretan Nonwoven köpük filtre Evaporatör önü kaset filtre

3.2 Metod

3.2.1 Tekstil numunelerinin hazırlanması

Tez kapsamında kullanılan tüm tekstiller deney öncesi 48 saat boyunca ortam şartlarında kondisyonlanmıştır. Tüm testler standart atmosfer koşullarında, IEC 61121'e uygun olarak 23°C ± 2'de ve %55 ± 5 bağıl nemde gerçekleştirilmiştir.

Koku uzaklaştırma testlerinde kullanılan numuneler üçer adet olacak şekilde ebatlarında kesilerek hazırlanmıştır. Hazırlanan her bir numune %100 pamuk dokuma gömlek üzerine kılçık tabancasıyla sabitlenmiştir. Bu şekilde üç test numunesi için üç gömlek kullanılmıştır. Koku uzaklaştırma testlerine ait numuneler mikrobiyoloji laboratuarında steril ortamda hazırlanmıştır.

Hav çıkarma testlerinde de 1m x 1m ebatlarında kesilen tekstil numulerinin etrafına overlok çekilmiştir ve numuneler test öncesi 48 saat boyunca standart laboratuar koşullarında kondisyonlamıştır.

Hav çıkarma testlerinde çalışılacak optimum yük miktarının belirlenmesinde piyasadaki çeşitli kurutucu markaların kullanım klavuzlarındaki havalandırma programlarında tavsiye edilen bilgiler ışında hareket edilmiştir. Kullanım klavuzlarında düşük yüklerde çalışmanın daha etkili sonuç vereceğine işaret edilmiştir. Normal müşteri yükü de göz önünde bulundurularak çalışma toplam 1 kg'da gerçekleştirilmiştir

3.2.2 Kimyasalın hazırlanması

- **Koku çözeltisinin hazırlanması**

Koku uzaklaştırma testlerinde kullanılan koku çözeltisi mikrobiyoloji laboratuarında, steril bir ortamda hazırlanmıştır. %5 ml/L konsantrasyonda koku çözeltisi hazırlanmıştır. Karışım için 995 ml analitik saf su ve 5 ml bütirik asit kullanılmıştır.

- **Koku çözeltisinin tekstile aplikasyonu**

Tekstil numuneleri her biri ayrı ayrı cam petri kaplara yerleştirilmiştir. 5 ml/L konsantrasyona sahip bütirik asit çözeltisinden 2'şer ml olacak şekilde alınan çözelti ile tekstil numuneleri ıslatılmıştır. Numuneler ıslatıldıktan sonra cam petri kaplarının kapakları hemen kapatılarak etüvde, 36°C'de 15 dakika boyunca bekletilmiştir. Etüvden alınan şeritler %100 pamuklu gömleklerin etek ucuna kılçık tabancası ile sabitlenmiştir.

- **Parfümün tekstile aplikasyonu**

Aynı ebatlarda kesilen tesktil numunesinin ön ve arka yüzüne ikişer sprey sıkılmıştır. Numuneler ıslatıldıktan sonra cam petri kaplarının kapakları hemen kapatılarak etüvde, 36°C'de 15 dakika boyunca bekletilmiştir. Yine aynı şekilde gömleklerin etek ucuna kılçık tabancasıyla sabitlenerek havalandırma işlemleri uygulanmıştır.

3.2.3 Kokunun uzaklaştırılması

Dış ortamda uzaklaştırma, iç ortamda uzaklaştırma, yıkayarak uzaklaştırma ve otomatik havalandırma programında koku uzaklaştırma olacak şekilde 4 farklı metodla uzaklaştırılmıştır.

- **Dış ortamda asarak koku uzaklaştırma**

Koku numunelerini taşıyan gömlekler dış ortamda ipe asılarak 1 saat boyunca havalandırılmıştır. Dış ortamın sıcaklığı, nemi ve hava durumu not edilmiştir. Bu test iki kez tekrarlanarak sonuçların ortalaması alınmıştır.

- **İç ortamda asarak koku uzaklaştırma**

Koku numulerini taşıyan gömlekler, sürekli temiz havanın sirküle olduğu iç ortamda metal çamaşırlık üzerine asılarak 1 saat boyunca havalandırılmıştır. Bu test standart laboratuar koşullarında iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

- **Yıkayarak koku uzaklaştırma**

Koku numulerini taşıyan gömlekler, 1 saat 30ºC yıkama programında, yıkanmıştır. Bu test standart laboratuar koşullarında iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

- **Otomatik havalandırma programıyla koku uzaklaştırma**

Koku numulerini taşıyan gömlekler, deney tasarımında bulunan farklı parametrelerdeki havalandırma programlarında test edilmişlerdir. Her test koşulu iki tekrarlı olacak şekilde standart laboratuar şartlarında gerçekleştirilmiştir.

3.2.4 Test metodları

3.2.4.1 Test edilen havalandırma programı parametreleri

Çalışma kapsamındaki testlerin gerçekleştirildiği, açık hava çevrimi yapan çamaşır kurutma makinasında, havalandırma çevrimi ısıtıcı kapalı durumdayken dışarıdan alınan havanın tekstilden geçirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu çevrimde havalandırma ya etki eden faktörler:

- Tambur motor devri (devir/dakika)
- Fan motor devri (devir/saniye)
- Süre (dakika)

Şeklinde sıralanmaktadır. Testler standart laboratuar şartlarında, sürekli temiz havanın beslendiği bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde havalandırma yapılan havanın nemi ve sıcaklığı sabitlenmiştir.

- **Koku uzaklaştırma testi ve duyusal analizi**

Havalandırma işlemi sonunda tekstil şeritleri gömleklerden hemen alınarak, kapaklı cam kavanozlara yerleştirilerek kapakları kapatılmıştır. Hemen akabinde, kavanozlardaki numuler eğitilmiş altı panelist tarafından duyusal olarak değerlendirilmiştir. Duyusal analizin yapıldığı ortam diğer tüm koku kaynaklarından arındırılmış, temiz havanın sürekli beslendiği bir ortam olmalıdır. Panelistlerin konsantrasyonunu bozacak faktörler ortamdan uzaklaştırılmalı. Panelistlere, her koklama arasında toz kahve koklatılarak burnun kokuya alışması önlenmektedir. TS EN ISO 8589 standardında belirtildiği gibi duyusal analizlerde deney odalarının tanzimi için genel kurallara uyulmuştur [50].

Duyusal analizlerin derecelendirilmesi için Çizelge 3.8'de gösterilen konsantrasyonlarda kalibrasyon noktaları oluşturulmuştur. Duyusal analizlerde panelistlere öncelikle kalibrasyon noktaları koklatılmaktadır böylece panelistler, karşılaşma olasılığı olan koku yoğunluğu hakkında önceden bilgi sahibi olmakta ve puanlamayı daha doğru yapabilmektedir. Kalibrasyon noktalarını gösteren tekstil numuneleri, tüm koku testlerinde olduğu gibi yine aynı şekilde hazırlanmaktadır. Buradaki tek fark numunelerin üzerine Çizelge 3.8'de gösterildiği gibi konsantrasyon değeri bilinen bütirik asit çözeltisi ile ıslatılmasıdır. Numuneler ıslatıldıktan sonra cam petri kaplarının kapakları hemen kapatılarak etüvde, 36°C'de 15 dakika boyunca bekletilmiştir. Referans numuneleri havalandırma çevrimi gerçekleşirken senkronize bir şekilde hazırlanmakta ve havalandırma çevrimi ile aynı anda bitecek şekilde bu hazırlığa başlanmalıdır. Referans noktaları da cam kavanozların içerisine yerleştirilerek havalandırma işlemi gören test numunelerinin duyusal analizinde kullanılmaktadır.

Çizelge 3.8 : Kalibrasyon konsantrasyonu ve puanlama

Konsantrasyon (ml / L)
0 ml / L – 0 puan Saf analitik su çözeltisi
1 ml / L – 1 puan
2 ml / L – 2 puan
3 ml / L – 3 puan
4 ml / L – 4 puan
5 ml / L – 5 puan

Havalandırma programı sonrasında duyusal analizi yapılan numunelere kalibrasyon noktalarına göre puanlar verilir ve "% Bütirik Asit Uzaklaştırma" oranı; ilk giren puandan (5 ml=5 puan) analiz sonu elde edilen koku puanın çıkarılıp 100 ile çarpılıp ilk puanına bölünmesiyle elde edilir.

(5 – analiz sonu hesaplanan puan) *100/5

- **Hav çıkarma test metodu ve havların ölçümü**

Hav çıkarma testlerinin birinci kısmında sözü edilen beş farklı tesktil numunesinin hav çıkarma karakteristikleri hakkında genel bir bilgiye ulaşılmak istenmiştir. Bu amaçla deneysel çalışmalar kısmında verilen "referans test koşulu"nda tüm kumaş tipleri ayrı ayrı test edilmiştir. Referans tesleri 15 ardışık ve 3 tekrarlı olacak şekilde tamamlanmıştır. Aynı zamanda her test öncesi test yükleri referans test koşulundan geçirilerek sıfırlanmakta, bu şekilde kumaştan gelebilecek varyasyonlar (asılı haldeki lifler, çer çöp uzaklaştırılarak) kontrol altına alınmaktadır.

Hav çıkarma testlerinin ikinci kısmında deney tasarımında yer alan tüm test koşulları 5 ardışık test olacak şekilde tamamlanmıştır. Her beş ardışık test sonu kurutucu makinesinin içi boş bir havalandırma çevrimi yapılarak makine içerisinde bulunabilecek havlardan temizlenmektedir.

Yapılan her test çevrimi sonunda kurutucunun V filtresine biriken havlar toplanarak Mettle Toledo PR503 marka 0.001g hassasiyetteki terazide tartılmıştır. Sünger filtre üzerinde çok fazla birikim olmaması sebebiyle 5 ardışık test çevriminden sonra hav tartımı yapılmıştır. Sünger filre üzerine tutunan havların toplanması güç olduğu için tartım sünger filte ile birlikte yapılmıştır bu sebeple her test öncesi sünger filtrenin darası alınıp daha sonra tartım sonucundan çıkartılmıştır. Bu şekilde 5 çevrim süresince kumaştan çıkan havların toplanmasıyla o test koşulunun söz konusu tekstil tipinden hav çıkarmadaki etkisi incelenmiştir.

- **Koku uzaklaştırma ve hav çıkarma test sonuçlarının istatistiksel analizi metodu**

Havalandırma işleminde tekstilden uzaklaşan koku oranına etki eden parametrelerin incelenmesi amacıyla test sonuçları Minitab 16 programında istatistiksel olarak

değerlendirilmiştir. Bu kapsamda süprem kumaş üzerinde gerçekleştirilen testlerin grafiksel analizleri yapılmıştır. Burada yapılan istatistiksel çalışmanın amacı kurutucu makinesi havalandırma parametrelerinin tekstilden koku uzaklaştırmadaki etkilerinin incelenmesidir.

Havalandırma işleminde tekstilden hav çıkarmaya etki eden parametrelerin incelenmesi amacıyla test sonuçları Minitab 16 programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda beş farklı kumaş üzerinde hav çıkarma testlerinin grafiksel analizleri yapılmıştır. İstatistiksel çalışmanın amacı kurutucu makinesi havalandırma parametrelerinin tekstilden hav çıkartmadaki etkilerinin kumaş özelinde incelenmesidir.

Analizler sonunda yapılan optimizasyon ile maksimum koku uzaklaştıran ve minumum hav çıkaran havalandırma programı tasarlanmıştır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1 Dış Ortamda Havalandırarak Koku Giderme Testi

Deneysel çalışmalar kısmında yaygın bir yöntem olan dış ortamda havalandırma metodu ilk olarak test edilmiştir.olmuştur. Bu aşamada bütirik asit ile hazırlanan koku çözeltisinin tekstil numuleri üzerine aplike edilmesi ve gömlekler üzerine kılçık tabancasıyla sabitlenmesi ile hazır hale gelen test numuneleri, Resim 4.1'de gösterildiği gibi, dış ortamda hazırlanan çamaşır ipine asılarak 1 saat boyunca havalandırma bırakılmıştır. Hava sıcaklığı ve nem gibi dış ortam koşulları da ölçülüp not edilmiş ve bu test iki kez tekrar edilmiştir. Her test için üçer gömlek hazırlanıp, iki tekrarlı olacak şekilde testler tamamlanmıştır.



Şekil 4.1: Dış ortamda havalandırma.

4.2 İç Ortamda Havalandırarak Koku Giderme Testi

Deneysel çalışmalar kısmında test edilen bir diğer havalandırma metodu iç ortamda havalandırma olmuştur. Yine aynı şekilde, bu aşamada da bütirik asit ile hazırlanan koku çözeltisinin tekstil numuleri üzerine aplike edilerek ve gömlek üzerine kılçık tabancasıyla sabitlenerek hazırlanmıştır. İç ortamda standart laboratuar koşullarında

ve sürekli temiz havanın beslendiği bir ortamda test numuneleri kurutma teline serilerek 1 saat boyunca havalandırmaya bırakılmıştır. Her bir test üçer gömlek ile iki tekrarlı olacak şekilde tamamlanmıştır.



Şekil 4.2: İç ortamda asarak havalandırma.

4.3 Yıkayarak Koku Giderme Testi

Yine aynı şekilde hazırlanan koku numunelerinin sabitlenmiş olduğu üç gömlek yıkama işlemine tabii tutulmuştur. Yıkama işlemi de iki tekrarlı olacak şekilde tamamlanmıştır.

4.4 Otomatik Havalandırma Programında Koku Giderme Testi

4.4.1 Test edilecek havalandırma programı parametrelerinin incelenmesi

- **Çalışılacak tambur devirlerinin belirlenmesi**

Havalandırma programı parametrelerinin belirlenmesinde testlerin gerçekleştirildiği temizleme teknolojileri ARGE merkezinin tecrübelerinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda kurutucu tambur devri ve debi değerlerinin belirlenmesinde makinaların hassas programlarına air tambur devri (30 d/dak), en etkili şekilde kir leke çıkaran devri (52 d/dak) ve çamaşır yükünün merkezkaç kuvvetinden çıkıp tambur çeperine yapışarak döndüğü devir (64 d/dak) incelenmiştir. Tambur motor devri ile tambur devri arasında aşağıda gösterildiği gibi bir orantı vardır:

Tambur Devri = Tambur Motor Devri / ~53.84

Kritik kabul edilen bu devirler ve tektil numunelerinin bu devirlerde yaptığı hareketler izlenmiştir. Gözlemler sonucu aşağıdaki bilgilere ulaşılmıştır;

- Tambur motor devrinin 1600 d/dak (tambur devri = 30d/dak) olduğu durumda, çamaşırların makina içerisindeki yavaş hareketi sonucu homejen bir karışımı gerçekleşememektedir. Kumaşlar birbiri içerisine geçerek bir topaklaşmaktadır.
- Tambur motor devrinin 2800 d/dak (tambur devri = 52 d/dak) olduğu durumda, çamaşırların makina içerisindeki maksimum hareketi sayesinde homojen bir karışımı gerçekleşmektedir. Kumaşlar birbirine takılmaksızın maksimum oranda karışmaktadırlar.
- Tambur motor devrinin 3400 d/dak (tambur devri = 64 d/dak) olduğu durumda, çamaşırlar merkezkaç kuvvetinin etkisiyle tambur çeperine yapışmaktadır. Yer değiştirmeden tambur çeperine yapışık bir şekilde dönmektedirler. Bu durum çamaşırların homojen bir şekilde karışmasına engel olmaktadır. Genellikle 3400 d/d kullanılan kurutmalarda yükün karışabilmesi için belirli periyorlarla daha düşük devirlerde hareketler yapılmaktadır.

- **Çalışılacak sürenin belirlenmesi**

Havalandırma programı süresinin belirlenmesinde piyasada kullanılmakta olan havalandırma programı süreleri referans alınmıştır. Piyasada kullanılan havalandırma programları genellikle 20-60 dakika arasındaki sürelerde tasarlanmıştır. Bu çalışmada 20 dakika, 60 dakika ve bunların orta noktası olarak 40 dakikalık testler yapılarak sürenin hav çıkarmaya etkisinin olup olmadığı anlaşılmaya çalışılmıştır. Koku uzaklaştırma ve hav çıkarma testlerinde incelenen makina parametreleri ve seviyeleri Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1: Deney tasarımında incelenen parametreler ve seviyeleri.

Parametreler	İncelenen Seviyeler
Tambur Motor devri	1600 - 3400 d/dak
Fan Motor Devri (Debi)	30 - 60 d/sn
Süre	20 - 60 dak

- **Çalışılacak debinin belirlenmesi**

Makinanın debisi içindeki yük miktarı ve tambur devrine göre değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple çalışma kapsamında kullanılan yük belirlenen ağırlıkta tambur içerisine yerleştirilerek, makina tünele bağlanmıştır. Tamburunun farklı devirlerde dönmesi sağlanarak makina içerisinde oluşan debi tüneldeki sensörler tarafından okunmuştur. Tünelde ölçüm sonucu elde edile bilgiler Çizelge 4.1'de paylaşılmıştır. Bu şekilde makinada gerçekleşebilecek debi aralığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.2: Ön çalışmalarda incelenen makina debi oranları.

Makina Debi Ölçümü			
Fan Motor Devri (d/sn)	Tambur Motor Devri (d/d)	Basınç (Pa)	DebiMAK (l/s)
30	1600	30.41	32.49
35	2020	37.4	37.76
40	2301	42.95	41.73
45	2580	49.91	46.46
50	2867	60	52.83
55	3148	65.87	56.26
60	3416	71.08	59.14

Bu parametreler kullanılarak Minitab 16.0 programında tam faktörlü, bir orta noktalı, iki tekrarlı deney tasarımı yapılmıştır. Oluşan test koşulları, 5 ardışık olacak şekilde tamamlanmıştır.

4.5 Havalandırma Programında Koku Uzaklaştırma Testleri

Havalandırma programı parametrelerinin koku uzaklaştırma üzerindeki etkililerinin araştırıldığı bu kısımda değişken olarak tambur motor devri, fan motor devri ve süre alınmıştır. Bu şekilde 3 değişkenli, ful faktöriyel, bir orta nokta ve iki tekrarlı olacak şekilde Minitab 16 programında deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımında oluşturulan 9 farklı koşulun % 100 pamuklu süprem kumaştan koku uzaklaştırmadaki etkinliklerinin araştırıldığı bu bölümde toplamda 18 adet test gerçekleştirilmiştir. Tüm deney koşullarını içeren deney tasarımı ve 6 eğitilmiş panelist tarafından yapılan duyusal analiz sonuçları Ek A'da verilmiştir.

4.6 Havalandırma Programında Hav Çıkarma Testleri

Havalandırma programı parametrelerinin havalandırma işlemi sırasında hav çıkarımında oynadıkları rolün saptanması amacıyla belirlenen üzerindeki etkililerinin araştırıldığı bu kısımda da değişken olarak koku uzaklaştırma testlerinde olduğu gibi tambur motor devri, fan motor devri ve süre alınmıştır. Bu şekilde 3 değişkenli, ful faktöriyel, bir orta nokta ve iki tekrarlı olacak şekilde Minitab 16 programında deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımında oluşturulan 9 farklı test koşulunun ilk olarak % 100 pamuklu süprem kumaştan hav çıkarmadaki etkinlikleri daha sonra kontrol kısmında dört farklı tesktil üzerinde de parametrelerin etkinliklerinin araştırılmıştır. Hav çıkarma testlerinde toplamda 90 adet test gerçekleştirilmiştir. Tüm deney koşullarını içeren deney tasarımı ve sonuçları Ek B'de verilmiştir

4.7 Farklı Tekstillerin Hav Çıkarma Karakteristiklerinin İncelenmesi

Süprem kumaşın kullanılması ile koku giderme ve hav çıkarma testleri gerçekleştirilmiştir. Bu test sonuçlarının kullanılmasıyla havalandırma parametreleri optimize edilerek ve maksimum koku uzaklaştıran ve minumum hav çıkaran havalandırma programı tasarlanmıştır.

Süprem kumaştan elde edilen bilgiler ışığında tasarlanan havalandırma programında farklı tipteki tekstilerin muamele edilmesi sonucu oluşabilecek hav miktarının tekstilden tekstile nasıl değişebileceğinin araştırılması için dört farklı tekstil yüzeyi daha seçilmiştir. İki iplik, iki iplik şardon, üç iplik ve üç iplik şardon olmak üzere tekstil tipleri çeşitlendirilmiştir. Çalışmada özellikle şardonlu kumaşlara yer verilmesindeki amaç, hav çıkarma eğilimi yüksek yüzeylerin havalandırma programındaki davranışının incelenmesidir. Böylece battaniye, peluş oyuncak gibi lif bırakan yapıların da havalandırma programında hav çıkarma davranışları test edilmiş olacaktır.

Tüm kumaşların hav çıkarma testlerinden önce seçilen bu beş farklı tekstilin genel olarak hav bırakma karakteristiğinin belirlenmesi istenmiştir. Bu amaçla bir referans havalandırma programı belirlenmiştir. Referans havalandırma programına ait makina parametreleri ve seviyeleri Çizelge 4.3'te gösterilmektedir. Beş farklı tekstil numunesi (süprem, iki iplik, iki iplik şardon, üç iplik, üç iplik şardon) ayrı ayrı test yükü olacak şekilde, 15 ardışık ve 3 tekrarlı olarak test edilmiştir. Her çevrim

sonunda V filtrede biriken havlar hassas terazide tartılmıştır. Kaset filtrede biriken havlar ise 15. çevrim sonunda tartılmıştır. Böylece sonunda bu beş farklı tekstilin hav çıkarma karakteristikleri belirlenmiştir. Deneylere ait sonuçlar Ek C'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.3: Referans havalandırma testine ait parametreler ve seviyeleri.

Parametreler	İncelenen Seviyeler
Tambur devri	2800 d/dak
Debi	45 d/sn
Süre	20 dak

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

5.1 Dış Ortamda Havalandırmaya Ait Test Sonuçları

Süprem kumaş üzerinde, dış ortamda asarak gerçekleştirilen koku uzaklaştırma testlerine ait ortam koşulları ve duyusal analiz sonucu hesaplanan "% uzaklaşan koku" oranları Çizelge 5.1'de ki gibidir.

Çizelge 5.1 : Dış ortamda havalandırma metodu ve duyuzal analiz sonuçları.

Havalandırma Yöntemi	Uzaklaşan Koku (%)	Ortam Koşulları
Dış ortamda asarak	64.72	% 48 nem, 19ºC, 60 dakika
Dış ortamda asarak	63.62	% 56 nem, 22 ºC, 60 dakika

Dış ortamda yapılan havalandırma % 60 civarında kokuyu uzaklaştırmaktadır. Etkin bir yöntem olduğunu söylemek mümkün olsa da dış ortamda havalandırmanın getirdiği bazı dezavantajlar bulunmaktadır. Duyusal analiz sırasında panelistler dış ortamda havalandırılan tekstillerin üzerine farklı kokuların sindiğini belirtmişlerdir. Panelistlerin kullanılan bütirik asit kokusunun belirli oranda gittiğini fakat dış çevrede mevcut olan is vb. kokuları algıladıkları not edilmiştir.

5.2 İç Ortamda Havalandırmaya Ait Test Sonuçları

Süprem kumaş üzerinde, iç ortamda asarak gerçekleştirilen koku uzaklaştırma testlerine ait ortam koşulları ve duyusal analiz sonucu hesaplanan " % uzaklaşan koku" oranları Çizelge 5.2'de ki gibidir.

Çizelge 5.2 : İç ortamda havalandırma metodu ve duyuzal analiz sonuçları.

Havalandırma Yöntemi	Uzaklaşan Koku (%)	Ortam Koşulları
İç ortamda asarak	55.56	Standart laboratuar koşulları, 60 dak
İç ortamda asarak	52.22	Standart laboratuar koşulları, 60 dak

İç ortamda asarak koku uzaklaştırma etkisinin düşük olduğu ve Çizelge 5.2'de de görüldüğü gibi % 50 civarında kaldığı görülmektedir. İç ortama sağlanan havanın sürekli bir şekilde temiz hava ile sirküle edilmesine rağmen, iç ortamda havalandırma işleminin koku moleküllerini uzaklaştırmada yeterli oranda etkili bir yöntem olmadığı görülmektedir. Bu yöntemin getirdiği en büyük dezavantaj ise havalandırmanın yapıldığı iç ortama yayılan kokunun ile memnuniyetsizlik yaratmasıdır.

5.3 Koku Uzaklaştırma Testlerine Ait Analiz Sonuçları

Gerçekleştirilen koku uzaklaştırma testlerinde tambur motor devri (devir/dakika), fan motor devri (devir/saniye) (debi l/sn) ve süre (dakika) parametrelerinin tam faktöriyel olarak incelendiği koku uzaklaştırma testlerinde sonuçlar istatistiksel olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonucunda Şekil 5.1'de gösterildiği gibi R-Sq(adj)= %57.79 olarak hesaplanmıştır. R-Sq değeri kullanılan parametreler ve sonuçlar ile oluşturulan modelin koku uzaklaştırma olayını ne oranda açıklayabildiğini, bir diğer deyişle oluşturulan modelin doğruluğunu göstermektedir. R-Sq (adj) değeri oluşturulan modelin modifiye edilmiş sonucudur. R-Sq (adj) değerinin düşük olması kokunun duyusal analiz ile ölçülmüş olmasına dayandırılmaktadır. P değeri ilgili parametrenin hipotezi kanıtlamadaki ağırlığını göstermektedir ve 0,05 in altında ise ilgili parametrenin önemli ölçüde etkisi vardır denmektedir. Şekil 5.1'deki P değerleri incelendiğinde; sürenin (P=0,040) ve fan motor devrinin (debi) (P=0,068) ve tambur motor devri - süre (P=0,018) ikili etkileşiminin de ve tambur motor devri- fan motor devri (debi) - süre (P=0,038) üçlü etkileşiminin de koku uzaklaştırma için kritik olduğu görülmüştür.

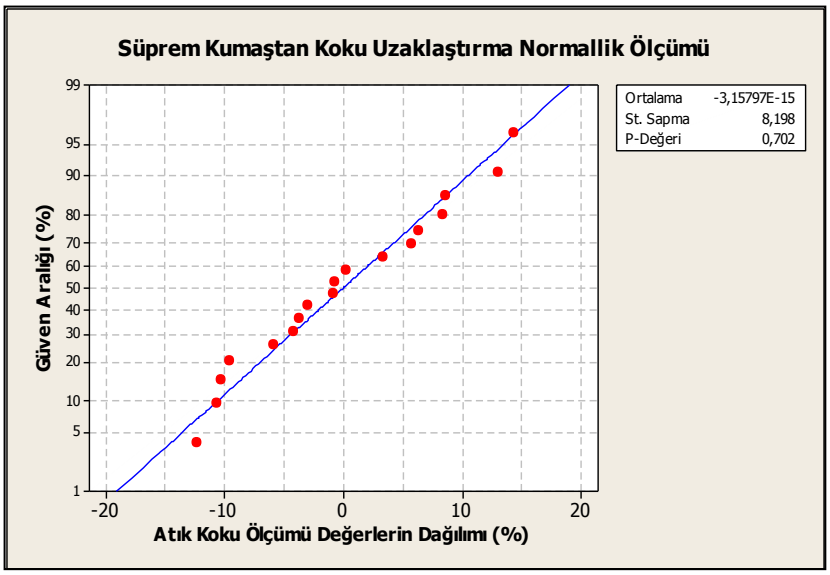
Süprem Kumaşa Ait Koku Uzaklaştırma için Hesaplanmış Etkiler ve Katsayıları

Koşul	Etki	K.Sayı	SE K.Sayı	T	P
Sabit		64,364	2,753	23,38	0,000
Tambur Motor Devri	5,379	2,689	2,753	0,98	0,354
Fan Motor Devri	11,395	5,697	2,753	2,07	0,068
Süre	13,172	6,586	2,753	2,39	0,040
Tambur M.D*Fan M.D	3,269	1,634	2,753	0,59	0,567
Tambur M.D*Süre	13,156	6,578	2,753	2,39	0,041
Fan M.D*Süre	15,840	7,920	2,753	2,88	0,018
Tambur M.D*Fan M.De*Süre	-13,399	-6,699	2,753	-2,43	0,038
Orta Nokta		2,136	8,260	0,26	0,802

S = 11,0136 PRESS = 4366,74
R-Sq = 77,66% R-Sq(pred) = 10,62% R-Sq(adj) = 57,79%

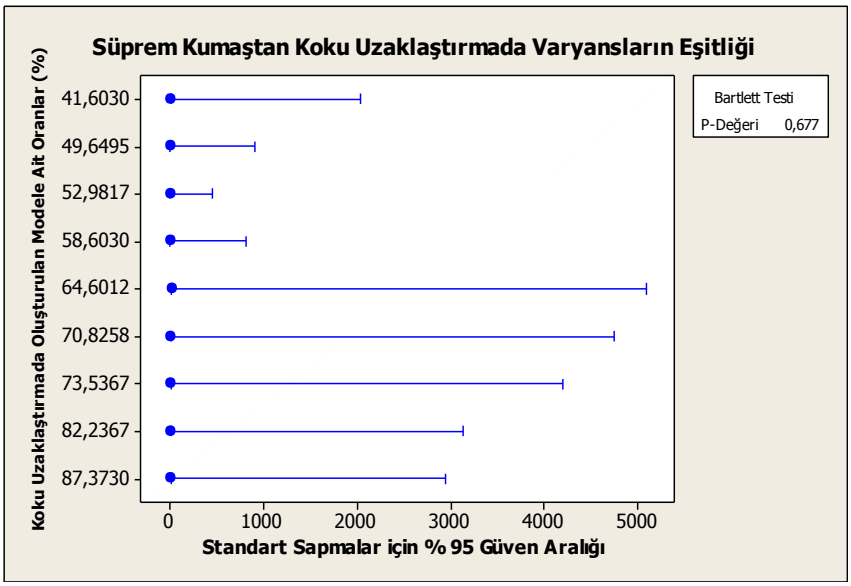
Şekil 5.1 : Hav çıkarma test parametrelerinin analizi.

Testlerden elde edilen verilerin normallik analizi gerçekleştirildiğinde Şekil 5.2'de görüldüğü gibi elde edilen P=0,702 değerinin alınan alfa riski 0,05'ten büyük olması verilerin normal dağıldığını göstermektedir.



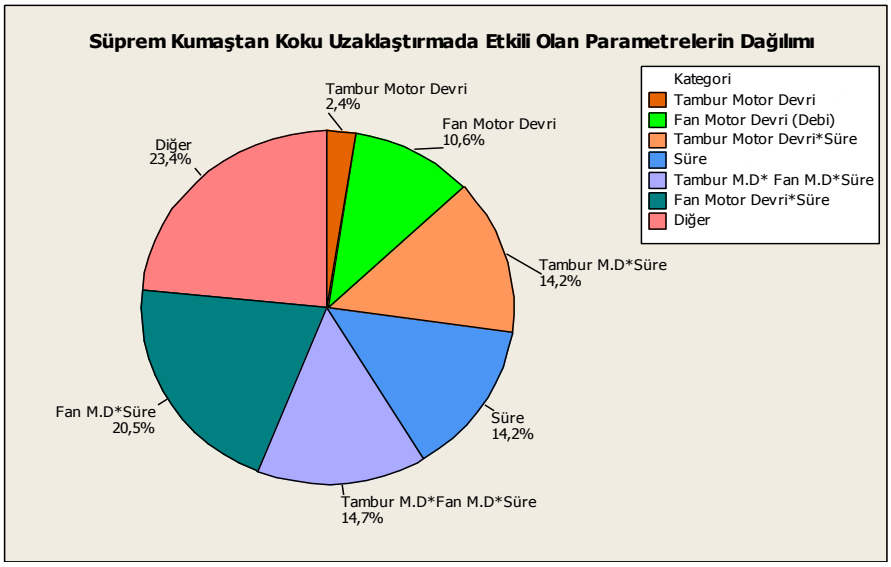
Şekil 5.2 : Koku uzaklaştırma normallik analizi.

Normallik testleri sonucunda elde edilen verilerin normal dağılması nedeniyle varyansların analizinde Barlett testi kullanılması gerekmektedir. Şekil 5.3'te gösterildiği gibi Barlett testi sonucunda elde edilen P=0,677 değerinin 0,05 alfa riskinden büyük olması nedeniyle standart sapma için havuzun standart sapmasının kullanımı önerilmektedir.



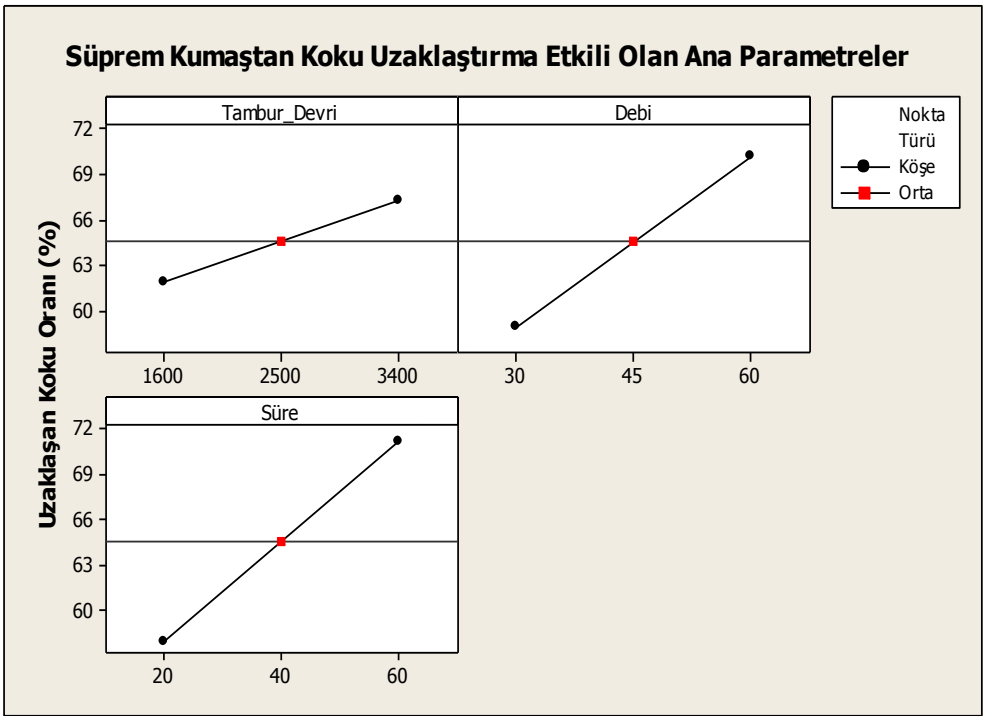
Şekil 5.3 : Koku uzaklaştırmada varyansların analizi.

Süprem kumaştan koku uzaklaştırma üzerinde etkili olan parametrelerin etki oranlarının dağılmı Şekil 5.4'te verilmektedir. Oransal dağılıma bakıldığında sürenin, tambur motor devrinin, fan motor devrinin etkilerinin sırasıyla %14,2, %10,6 ve %2,4 olduğu görülmektedir. İkili etkileşimlere bakıldığında fan motor devri (debi) ve sürenin %20,5 , tambur motor devri ve sürenin ise %14,2 oranda etkileri olduğu görülmektedir. Tambur motor devri, fan motor devri ve süre üçlü etkileşiminin de oluştuğu koku uzaklaştırma analizlerinde bu üçlü etkileşiminin oranı ise %14,7 olarak hesaplanmıştır.



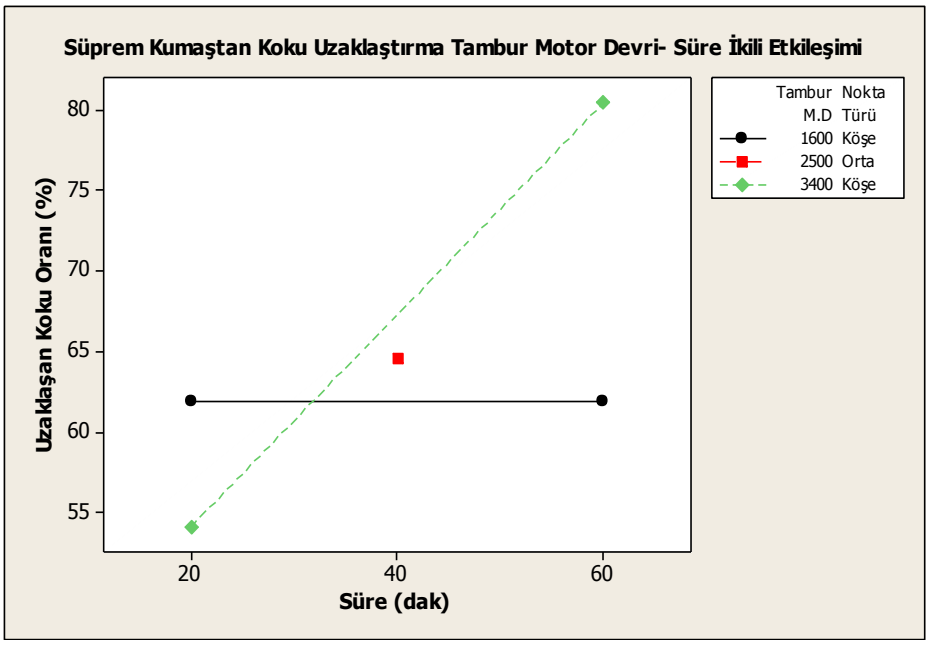
Şekil 5.4 : Koku uzaklaştırmada parametrelerin dağılımı.

Şekil 5.5'te gösterilen ana etkiler incelendiğinde tambur motor devrinin artışıyla uzaklaşan koku yüzdesinde de artış görülmektedir. Süre etkisine bakıldığında artan süreyle uzaklaşan koku oranı da artmaktadır. Koku uzaklaştırmada etkisi olan bir diğer ana parametre ise fan motor devri yani debidir. Eğrilere bakıldığında süreye ait eğrinin açısının daha büyük olması sebebiyle, sürenin koku uzaklaştırmadaki etkisi daha büyüktür denebilir.



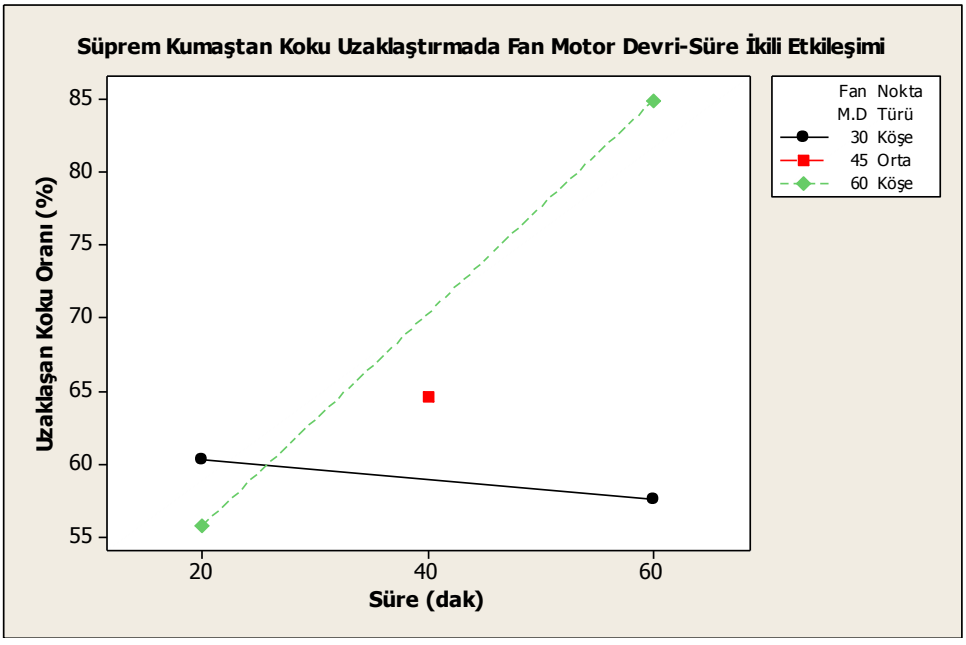
Şekil 5.5 : Koku uzaklaştırmada ana parametrelerin etkisi.

Süprem kumaştan koku uzaklaştırmada etkili olan ikili etkileşimlere bakıldığına Şekil 5.6'da süre ve tambur motor devri ikili etkileşimi görülmektedir. Tambur motor devrinin 3400 d/d olduğu çevrimde artan süreyle uzaklaşan koku oranı artarken 1600 d/d'nın bir etkisi görülmemektedir.



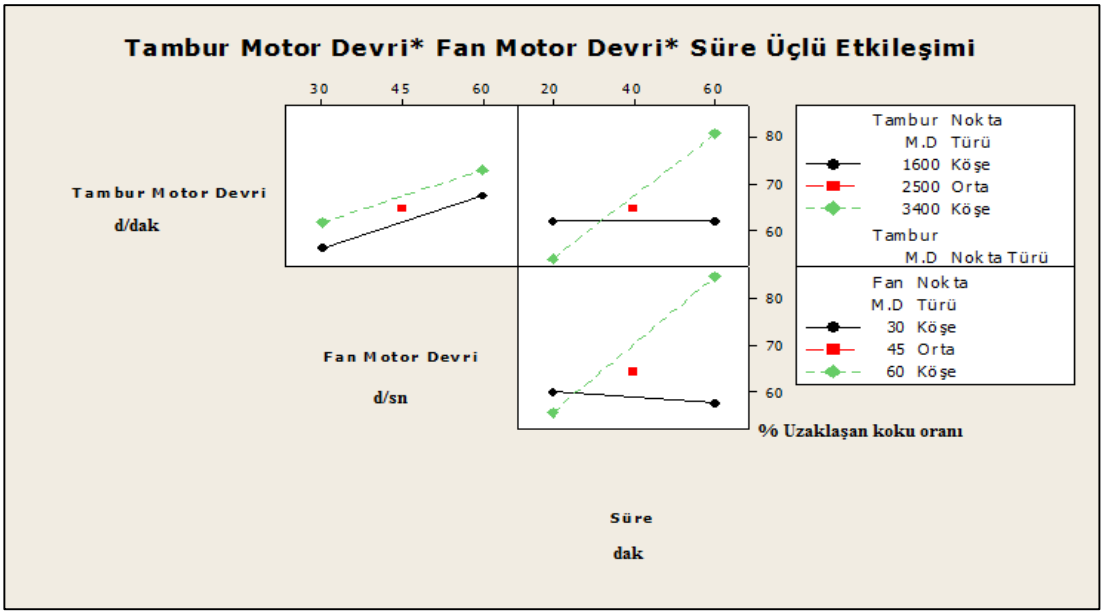
Şekil 5.6 : Koku uzaklaştırmada etkili ikili etkileşimler.

Şekil 5.7'de fan motor devri (debi) ve sürenin ikili etkileşimine bakıldığında ise fan motor devri 60 d/sn'deyken artan süreyle uzaklaşan koku oranı da artmaktayken, fan motor devrinin 30 d/sn olduğu durumda uzaklaşan koku oranında azalma görülmektedir. Bu durumu makina içerisinin 30 d/sn gibi düşük bir hava debisi ile tamamen sirküle edilememesi ve zamanla birlikte tekstilden daha fazla koku uzaklaşırken aynı oranda makina içine temiz hava ile tazelenememesi olarak yorumlayabiliriz.



Şekil 5.7 : Koku uzaklaştırmada etkili ikili etkileşimler.

Süprem kumaştan hav çıkarmada etkili olan üçlü etkileşimlere bakıldığına Şekil 5.8'de tambur motor devri, fan motor devri ve sürenin üçlü etkileşimi görülmektedir. Buna göre 3400 d/dak'da artan fan motor devri ve süreyle uzaklaşan koku oranı da artmaktadır. 1600 devirde uzaklaşan koku oranına fan motor devri ve sürenin etkisi olmamaktadır.



Şekil 5.8 : Koku uzaklaştırma üçlü etkileşim grafikleri.

5.4 Hav Çıkarma Testlerine Ait Test Sonuçlarının Analizi

Çalışmanın bu kısmında deney tasarımındaki test koşullarının süprem kumaştan hav çıkarmadaki etkinlikleri incelenmiştir. Gerçekleştirilen koku uzaklaştırma testlerinde tambur motor devri (devir/dakika), fan motor devri (devir/saniye) (debi l/sn) ve süre (dakika) parametrelerinin tam faktöriyel olarak incelendiği hav çıkartma testlerinde sonuçlar istatistiksel olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonucunda Şekil 5.9'da gösterildiği gibi R-Sq(adj)= %86,62 olarak hesaplanmıştır. R-Sq değeri kullanılan parametrelere ait sonuçlar ile oluşturulan modelin süpremden hav çıkartma olayını ne oranda açıklayabildiğini, bir diğer deyişle oluşturulan modelin doğruluğunu göstermektedir. R-Sq (adj) değeri oluşturulan modelin modifiye edilmiş sonucudur. P değeri ilgili parametrenin hipotezi kanıtlamadaki ağırlığını göstermektedir ve 0,05 in altında ise ilgili parametrenin önemli ölçüde etkisi vardır denmektedir. Şekil 5.9'daki P değerleri incelendiğinde; sürenin (P=0,001) ve tambur

motor devri, tambur motor devri- fan motor devri (P=0,046) ikili etkileşiminin ve orta noktanın süprem kumaştan hav çıkartmada kritik olduğu görülmüştür.

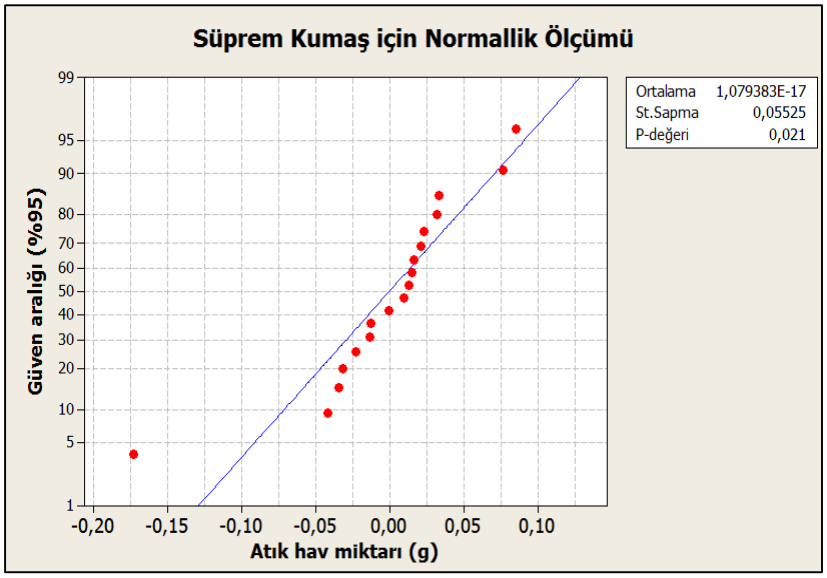
Süprem Kumaş için Hesaplanmış Etkiler ve Katsayılar

Koşul	Etki	K.sayı	SE K.sayı	T	P
Sabit	0,2082	0,01589	13,10	-7,80	0,000
Tambur Motor Devri	-0,2401	-0,1201	0,01589	-7,56	0,000
Fan Motor Devri	-0,0359	-0,0179	0,01589	-1,13	0,288
Süre	0,1551	0,0776	0,01589	4,88	0,001
Tambur M.D*Fan M.D	0,0736	0,0368	0,01589	2,32	0,046
Tambur M.D*Süre	-0,0554	-0,0277	0,01589	-1,74	0,115
Fan M.D*Süre	0,0209	0,0104	0,01589	0,66	0,528
Tambur M.D*Fan M.D*Süre	-0,0196	-0,0098	0,01589	-0,62	0,552
Orta noktA		0,2458	0,04766	5,16	0,001

S = 0,0635501 PRESS = 0,281920
R-Sq = 92,92% R-Sq(pred) = 45,05% R-Sq(adj) = 86,62%

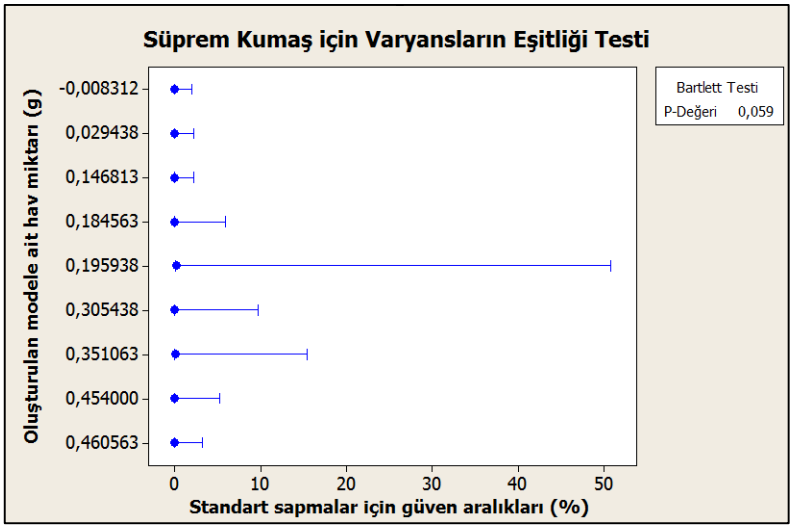
Şekil 5.9 : Hav çıkartma test parametrelerinin analizi.

Yapılan çalışmada elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Şekil 5.10 'da görülmekte olan normallik testinde elde edilen P=0,021 <0,05 olması nedeniyle verilerin normal dağılmadığı kararına varılmıştır. Verilerin normal olmaması nedeniyle varyansların incelenmesinde Levene testinin kullanılması gerekmektedir.



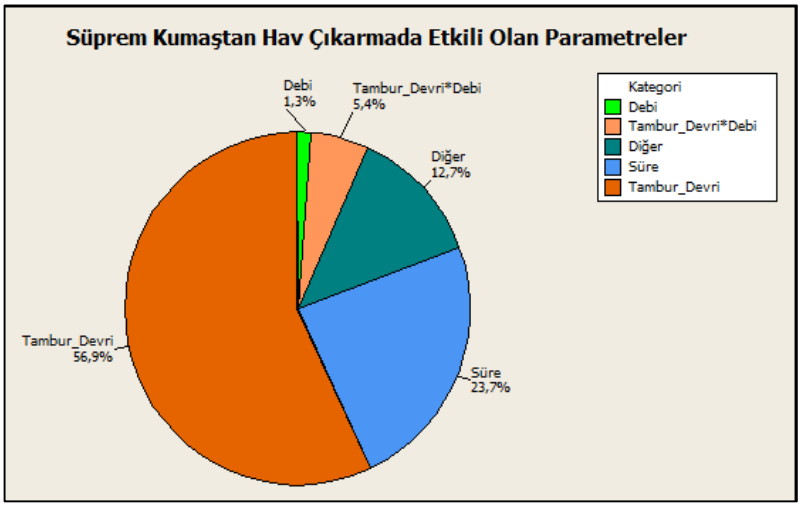
Şekil 5.10 : Hav çıkartma testleri normallik analizi.

Şekil 5.11 ‘de yer almakta olan varyansların eşitliği testinde veri seti Levene testi için yetersiz gelmekte ve varyans hesabı yapılamamaktadır. Bu noktada süprem kumaş için çalışılan aralığın standart sapma değerinin kullanılmasının uygun olduğu görüşüne varılmıştır.



Şekil 5.11 : Süprem kumaştan hav çıkartma testlerine ait varyansların eşitliği grafiği.

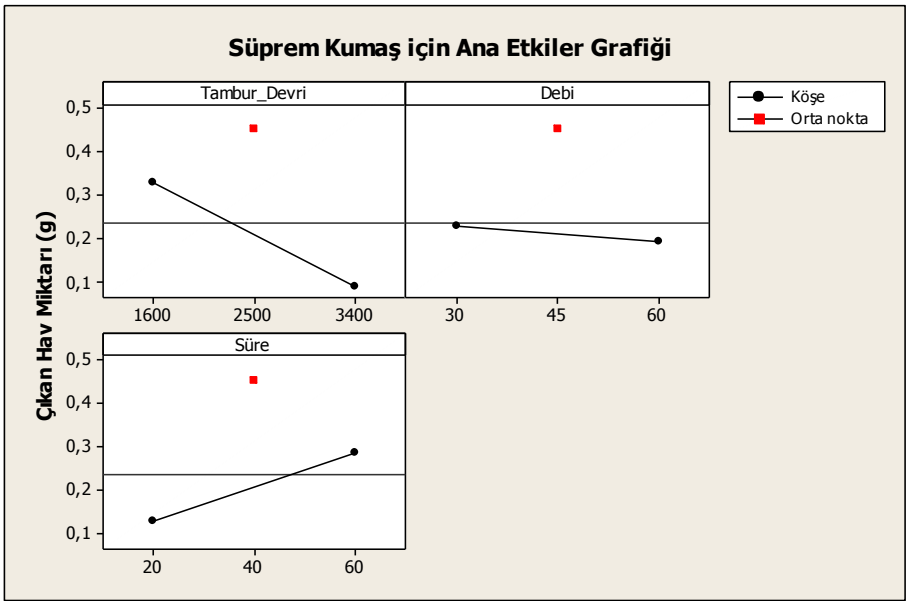
Süprem kumaştan hav çıkartmada etkili olan parametrelerin etki oranlarının dağılımı Şekil 5.12’de verilmektedir. Oransal dağılıma bakıldığında süprem kumaşın hav çıkarması üzerinde en büyük etkiye sahip parametrenin % 56,9 oranıyla tambur motor devri olduğu görülmektedir. İkinci sırada etkili olan parametre ise % 23,7 oranıyla süredir.



Şekil 5.12 : Süprem kumaştan hav çıkarmada etkili olan parametreler.

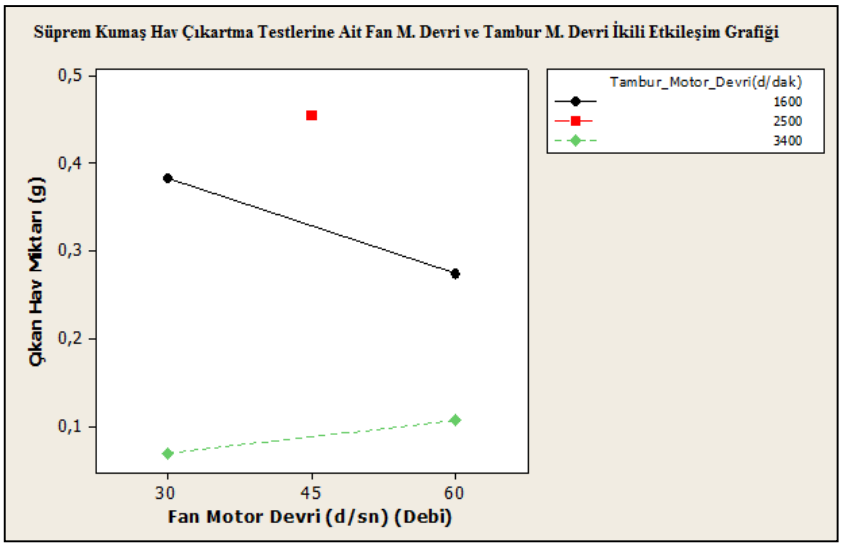
Ana etkilerin süprem kumaşın hav bırakma karakteristiği üzerindeki etkileri Şekil 5.13‘te görülmektedir. Ana etkilere bakıldığında tambur devrinin artışı ile kumaştan

çıkan hav miktarının düştüğü görülmektedir. Orta nokta etkisine bakıldığında en fazla hav miktarının burada elde edildiği görülmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında devir için orta nokta olan 2500 d/d 'da tekstilin tambur içerisinde rahatlıkla hareket etmesinden kaynaklı olduğu yargısına varılmıştır. Düşük devirde birbiri içerisine girerek, yuvarlanarak hareket eden numuneler orta noktada serbestçe hareket etmekteyken, devrin artışıyla beraber tekstil tambur çeperine yapışarak serbest hareket etme kabiliyetini kaybetmekte ve bunun bir sonucu olarak tekstilden çıkan hav oranı düşmektedir. Süre etkisine bakıldığında sürenin artışıyla hav çıkarma kapasitenin arttığı görülmektedir. Bu noktada söz konusu olan orta nokta etkisinin tamburdan gelen baskın etkiden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.13 : Süprem kumaş üzerinde ana parametrelerin etkisi.

Şekil 5.14'te süprem kumaş üzerinde etkili olan ikili etkileşimlere bakıldığında tambur devri-debi ikili etkileşiminin hav çıkarma üzerinde etkisi olduğu görülmektedir. Tambur devrinin 1600 d/d olduğu koşulda debi artışıyla çıkan hav miktarı azalmakta iken, tambur devrinin 3400 d/d olduğu koşulda debinin artışıyla çıkan hav miktarı artmaktadır. Orta noktada görülen etki tekstilin 2500 d/d 'da serbest olarak hareket edebilmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.14 : Süprem kumaş için debi-hav miktarı ikili etkileşimi.

5.5 Optimizasyon

5.5.1 Maksimum koku uzaklaştıran ve minimum hav çıkaran havalandırma programına yönelik yapılan optimizasyon

Deney tasarımındaki koşulların koku uzaklaştırma ve hav çıkarmadaki etkilerine yapılan testler sonunda ulaşılmıştır. Süprem kumaş üzerinde gerçekleştirilen bu test sonuçları kullanılarak minimum hav çıkaran ve maksimum oranda koku uzaklaştıran program tasarımı için belirlenen alt - üst limitler ve hedef ile optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Optimizasyonda hedeflenen değerler ve sınırlamalar Şekil 5.18'de gösterilmektedir. Buna göre;

Koku uzaklaştırmada alt limit %60, hedef değer %70 ve üst hedef %70 olarak belirlenmiştir. Hav çıkarmada ise alt limit 0,15g, hedef 0,15g ve üst hedef 0,2g olarak belirlenmiştir. Optimizasyonda, uzaklaşan kokunun ve çıkan hav miktarının aynı önem ve ağırlık değeri ile değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Response Optimizasyonu

Parametreler

	Hedef	Alt limit	Hedef	Üst Hedef	Ağırlık	Önem
Süprem,Çıkan Hav Miktarı(g)	Minimum	0,15	0,15	0,2	1	1
Uzaklaşan Koku (%)	Maksimum	60,00	70,00	70,0	1	1

Genel Çözüm

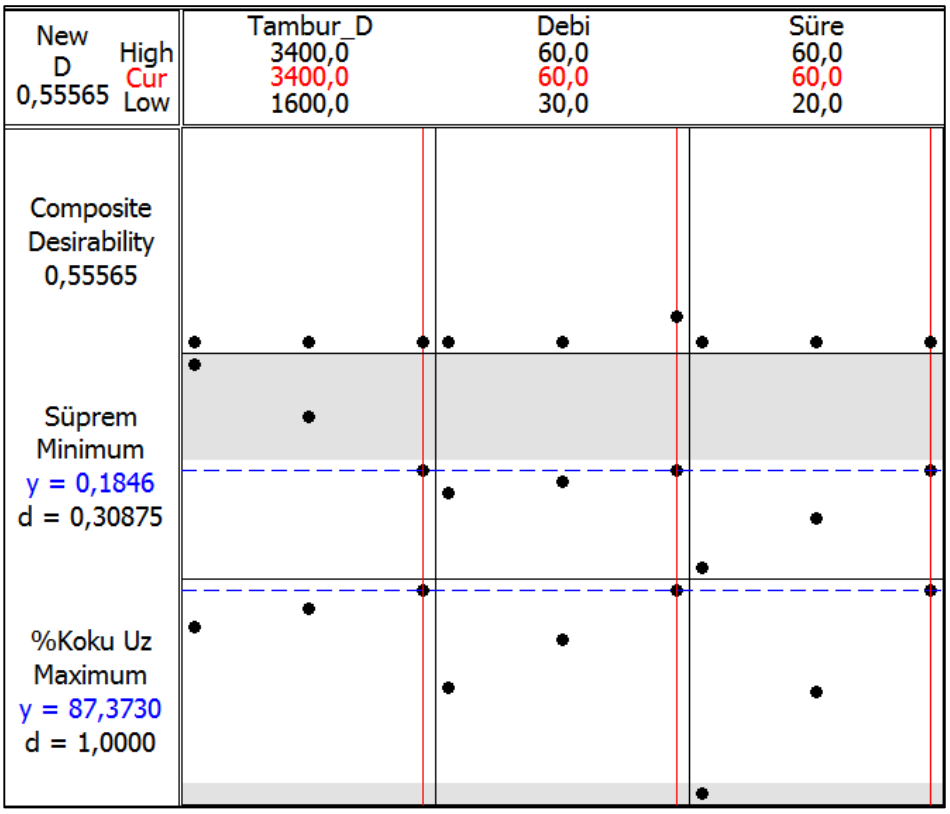
Tambur Motor Devri	=	3400 d/dak
Fan Motor Devri (Debi)	=	60 d/sn
Süre	=	60 dak

Predicted Responses

Süprem	=	0,1846	, istenebilirlik =	0,308750
%Koku Uzakla	=	87,3730	, istenebilirlik =	1,000000

Ortak istenebilirlik = 0,55565

Şekil 5.15 : Havalandırma parametreleri optimizasyonu.



Şekil 5.16 : Havalandırma program parametreleri optimizasyon grafiği.

Gerçekleştirilen optimizasyonda istenebilirlik değerleri optimizasyonda elde edilen sonucun, optimize edilen parametrelerin hedeflenen koşullara yakınlığını temsil etmektedir. Gerçekleştirilen bu optimizasyonda ortak istenebilirlik değeri 0,56 olarak elde edilmiştir.

Optimizasyon sonucunda ulaşılan çözüm şu şekildedir:

- Tambur Motor Devri = 3400 d/dakika
- Fan Motor Devri (Debi) = 60 d/sn
- Süre: 60 dakika

5.6 Kontrol Testleri

Süprem kumaş üzerinde gerçekleştirilen koku uzaklaştırma testlerinde laboratuar ortamında hazırlanan koku çözeltisi kullanılmıştır. Kontrol testlerinde ilk olarak tasarlanan havaandırma programının gerçek bir kokuyu uzaklaştırmadaki yeteneği araştırılmıştır ve bu dış ortamda, iç ortamda ve yıkayarak koku uzaklaştırma yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. Bu aşamada ticari bir markaya ait "eu de toilet" vanilya koku kullanılmıştır.Literatürde belirtildiği üzere hoş kokulara sahip koku molekülleri ağırlığının daha fazladır ve dolayısıyla uzaklaşması daha zor olacaktır. Bu sebeple kontrol kısmında parfüm kullanılmıştır.

Süprem kumaşa ait koku uzaklaştırma ve hav çıkarma test sonuçları kullanılarak havalandırma programı optimize edilmiştir. Optimize edilen havalandırma programında süprem kumaş için hedeflenen değerlere ulaşılırken. Farklı tipteki tekstilllerin kullanıcı tarafından havalandırma programında muamele etme durumu göz önünde bulundurularak "müşteri yükü" oluşturulmuştur. Bunlar süprem, iki iplik, iki iplik kumaş, üç iplik, üç iplik kumaş şeklinde belirlenmiştir.

Kontrol testlerinde belirlenen müşteri yüklerinin ayrı ayrı kendi içlerinde hav bırakma karakteristikleri hakkında bilgi edinmek istenmiştir. Bu sebeple belirlenen referans test koşulunda 15 ardışık olacak şekilde teste tabii tutulmuştur. Böylece kumaş özelinde hav bırakma davranışları belirlenmiştir.

Daha sonra optimize edilen havalandırma programının belirlenen farklı tipteki tekstillerden koku uzaklaştırma yeteneği araştırılmıştır. İki tekrarlı olarak koku uzaklaştırma testleri gerçekleştirilmiştir.

5.6.1 Parfüm kokusunun optimize edilen havalandırma programında ve diğer yöntemlerle uzaklaştırılması

Ticari bir markaya ait olan "eu de toilet" vanilya koku ile hazırlanan tekstil numuneleri dış ortamda, iç ortamda ve yıkama işlemleri ile tasarlanan havalandırma

program test edilerek Çizelge 5.3'te gösterildiği gibi karşılaştırılmıştır. Buna göre deterjan kullanılmadan yapılan yıkama işleminde bütirik asit % 91 oranda uzaklaşırken, parfüm kokusu % 80 oranda uzaklaşmaktadır. En düşük oranda koku uzaklaştırmanın gerçekleştiği yöntem olarak iç ortamda havalandırma karşımıza çıkmaktadır. Dış ortamda yapılan havalandırma sonucunda %60 oranlarında bir sonuç elde edilmektedir. Otomatik havalandırma yönteminde ise % 70 civarında başarı sağlanmıştır.

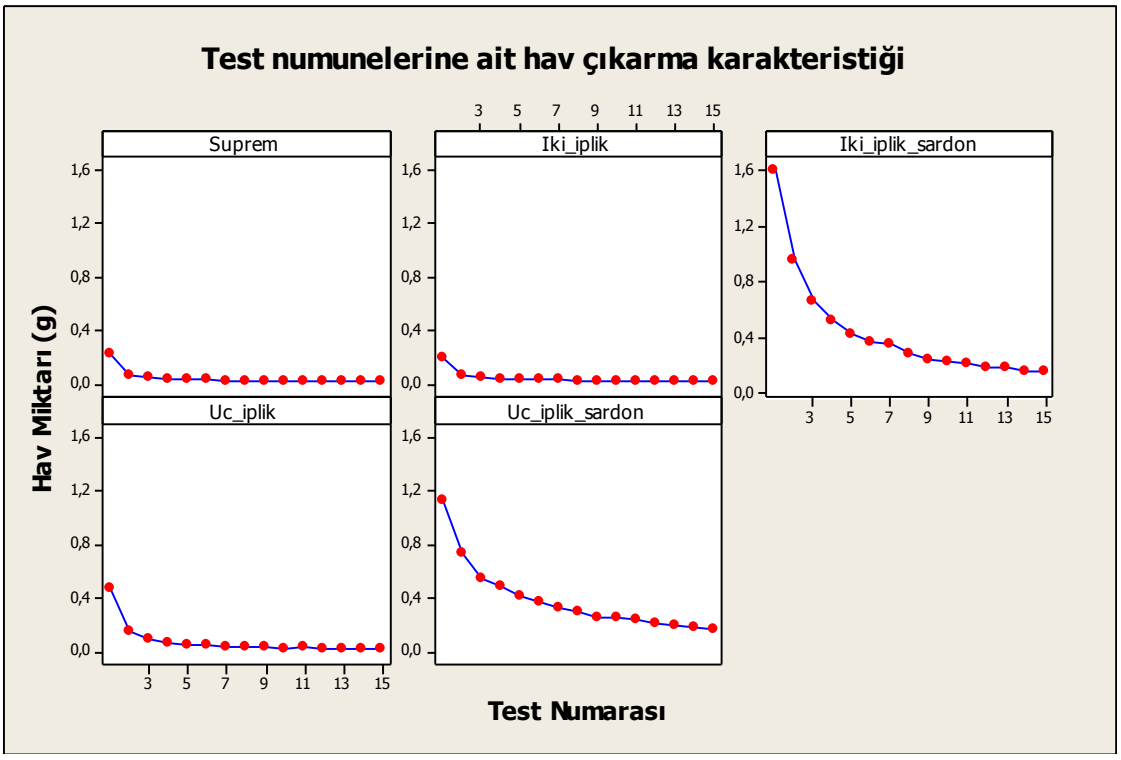
Çizelge 5.3 : Bütirik asit ve parfüm kokusunun farklı yöntemlerle uzaklaşma davranışının karşılaştırılması.

	Uzaklaşan Koku Oranı %	
	Bütirik Asit	Parfüm
Yıkama İşlemi	91,11	80
Dış Ortamda Asarak Havalandırma	64,17	60
İç Ortamda Asarak Havalandırma	53,89	40
Otomatik Havalandırma Programında Havalandırma	74,69	70

5.6.2 Referans testlere ait sonuçların analizi

Bu kısımda süprem, iki iplik, iki iplik şardon, üç iplik, üç iplik şardon kumaşlara ait genel hav çıkarma karakteristiklerini belirlemeye yönelik testler yapılmıştır. Referans koşulu seçilerek, 15 ardışık olacak şekilde yapılan testlere ait sonuçlar Şekil 5.15'te verilmiştir. Farklı kumaşların hav çıkarma potansiyelleri Minitab 16 programında

analiz edilmiştir. Test edilen beş farklı tekstile ait hav çıkarma eğilimleri grafiksel olarak gösterilmektedir. Bu testler sonucunda farklı tip tekstillerin hav çıkartma miktarlarının birbirinden ayrıştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.17 : Farklı tip tekstillerin hav çıkarma karakteristiği.

Tekstil tipinin çıkan hav miktarı üzerinde etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla ANOVA analizi yapılmıştır. ANOVA analizi bağımsız değişkenlerin kendi aralarında nasıl etkileşime girdiklerini analiz etmek için kullanılır**.** Şekil 5.16'da ANOVA analizine ait sonuçlar gösterilmektedir. Analiz sonucunda elde edilen P değerinin 0,05 değerinden küçük olması sebebiyle istatistiksel olarak tekstil tipinin hav bırakma üzerinde etkili olduğu söylenebilmektedir. Fakat, R-Sq(adj) değerinin %37,95 oranı ile çok düşük olması nedediyle bu modelin oluşturulmasında tekstil tipinin tek parametre olmadığı, hav oluşumunu etkileyen farklı parametrelerin de olduğu tespit edilmiştir.

ANOVA Analizi: Çıkan hav miktari ile kumaş tipinin karşılaştırılması

```
Kaynak      DF      SS      MS      F      P
Kumaş tipi   4  2,3615  0,5904  12,31  0,000
Hata        70  3,3558  0,0479
Toplam      74  5,7173

S = 0,2190   R-Sq = 41,30%   R-Sq(adj) = 37,95%



                                        Çıkan hav miktarı(g)
Seviye            N    Ort.   StSap.  -----+---------+---------+---------+----
Iki_iplik         15  0,0366  0,0439  (------*------)
Iki_iplik_sardon  15  0,4323  0,3924                          (------*------)
Suprem            15  0,0380  0,0539  (------*------)
Uc_iplik          15  0,0768  0,1167     (------*------)
Uc_iplik_sardon   15  0,3884  0,2593                       (------*------)
                                      -----+---------+---------+---------+----
                                         0,00g   0,16g     0,32g     0,48g

Havuzun standart sapması= 0,2190
```

Tanımlayıcı istatistik: Çıkan hav miktarina göre kumaşların belli değerlere göre tanımlanması

Değişken	Kumaş tipi	N	Ortalama	A.O St.Sapma	St.Sapma	Minimum	Maksimum
Hav miktari	Iki_iplik	15	0,0366	0,0113	0,0439	0,0140	0,1890
	Iki_iplik_sardon	15	0,432	0,101	0,392	0,155	1,607
	Suprem	15	0,0380	0,0139	0,0539	0,0113	0,2267
	Uc_iplik	15	0,0768	0,0301	0,1167	0,0220	0,4800
	Uc_iplik_sardon	15	0,3884	0,0669	0,2593	0,1720	1,1370

Şekil 5.18 : Tekstil tipinin hav çıkarma üzerindeki etkisinin ANOVA analizi.

Yapılan ANOVA analizinde kumaş tipinin tekstilden çıkan hav miktarı üzerinde etkili olduğu belirlenmiş, fakat sistemde farklı etkilerin de olabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle makina parametrelerinin hav çıkarma üzerindeki etkisinin incelenmesi gerektiği yargısına varılmıştır. Parametrelerin istatistiksel olarak incelenmesinin öncesinde, tekstilin kurutma makinasında ardışık olarak muamele edilmesinin hav çıkarma üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Yürütülen testlerde ardışık deney sayısı arttıkça tekstillerden çıkan hav miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Yapılan korelasyon analizinde artan çevrim sayısıyla tekstillerin hav çıkarma özelliklerinde değişim gözlenmek istenmiştir. Buna göre Şekil 5.17'de gösterilen korelasyon analizine bakıldığında ardışık deney sayısı ve kumaş tipleri arasında, sonucun negatif çıkmasından dolayı ters korelasyon oduğu görülmektedir.



Şekil 5.19 : Ardışık işlemin hav çıkarma üzerindeki etkisi.

Özellikle şardonlu kumaşların oluşturduğu hav miktarları ile ardışık deney sayısı arasında güçlü bir ters korelasyon olduğu tespit edilmiştir (<-0,8). Elde edilen bu korelasyon sayısının negatif oluşu aradaki ilişinin ters olduğunu, test sayısının artışıyla hav miktarının azaldığını desteklemektedir.

5.6.3 Diğer test yüklerinin optimize edilen havalandırma programındaki performanslarının incelenmesi

Optimize edilen havalandırma programının farklı tekstillerden koku giderme yeteneğinin araştırıldığı kontrol testlerinde. Süprem kumaş üzerinde yapılan testler sonunda optimize edilen havalandırma programının farklı tipte tekstiller kullanıldığında koku uzaklaştırma ve hav çıkarmadaki performansı incelenmiştir. Tasarlanan havalandırma programında, 2 tekrarlı olacak şekilde kontrol testleri gerçekleştirilmiştir.

Test sonuçları Çizelge 5.4'te görüldüğü gibi uzaklaşan koku oranı Süprem kumaş (% 74,69), iki iplik (%71,94) ve iki iplik şardon (% 86,33) kumaşlarda %70 gibi kabul

edilebilir bir uzaklaştırma oranı üzerinde kalırken. Üç iplik (64,72) ve üç iplik şardon (%55) kumaşlarda daha düşün oranlarda koku uzaklaaştırılabilmiştir. Bu durum kumaş gramajları ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Optimize edilen programda test edilen farklı tipteki kumaşlardan çıkan hav miktarı da Çizelge 5.4' te gösterilmektedir.

Çizelge 5.4 : Farklı tekstillerden koku uzaklaşma oranları.

Tekstil Tipi	Uzaklaşan koku yüzdesi %	Çıkan Hav Miktarı g
Süprem	74,69	0,157
İki iplik	71,94	0,125
İki iplik şardon	86,33	0,543
Üç iplik	64,72	0,114
Üç iplik şardon	55,00	0,399

Süprem kumaş kullanılarak tasarlanan havalandırma programının farklı tipteki tekstiller üzerindeki etkile Çizelge 5.4'te de gösterildiği gibidir. Kontrol testleri sonunda koku uzaklaştırma oranları Kabul edilebilir orandayken (optimizasyonda tanımlanan hedef %60) , hav çıkarma konusunda özellikle şardonlu kumaşlarda hedeften çok uzaklaşıldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple kontrol testlerinin bir sonraki aşamasında kumaş bazında hav çıkarma olayına etki eden unsurların daha detayla araştırılması gerektiği görülmüştür. Hav çıkarma olayının daha detaylı incelenmesi için deney tasarımında oluşturulan test koşulları tüm kumaş tipleri için tek tek uygulanmış ve test sonuçları analiz edilmiştir.

5.6.3.1 İki iplik, iki iplik şardon, üç iplik ve üç iplik şardon kumaşlarda hav çıkartma testleri

Kontrol testlerinde iki iplik, iki iplik şardon, üç iplik ve üç iplik şardon kumaşları, deney tasarımındaki hav çıkarma testlerine tabii tutulmuştur. Sonuçların istatistiksel analizi Minitab 16 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde farklı tipteki tekstillerden çıkabilecek hav miktarı belirlenmiştir.

- **İki İplik Kumaşa Ait Analiz Sonuçları**

İki iplik örme kumaş için gerçekleştirilen bu analizde 5 çevrim boyunca ortaya çıkan toplam hav miktarının ortalaması üzerinde tambur motor devri, fan motor devri ve sürenin etkisi irdelenmiştir. Şekil 5.20'de iki iplik örme kumaş için gerçekleştirilen analiz yer almaktadır. Analiz sonucunda iki iplik kumaşın hav çıkarması üzerinde çalışılan koşullarda etkili olan parametrelerin R-Sq(adj) = 90,27% oranında açıklanabildiği görülmektedir. Tambur motor devri, süre ve tambur motor devri–süre ikili etkileşiminin iki iplik örme kumaşın hav çıkarması üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

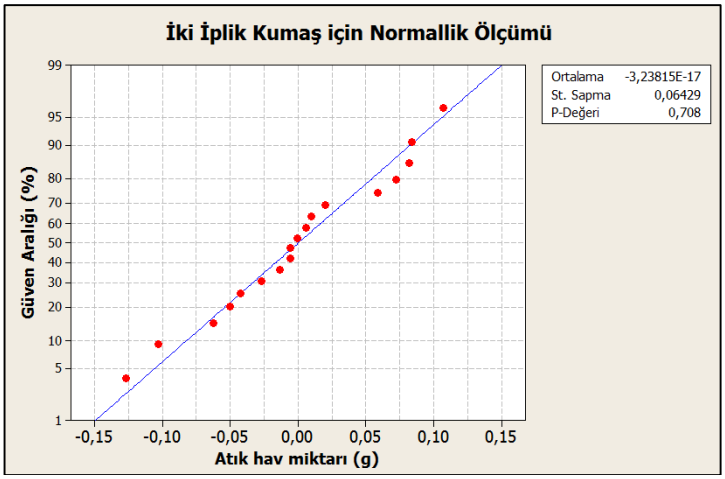
İki İplik Kumaş için Hesaplanmış Etkiler ve Katsayılar

Koşul	Etki	K.sayı	SE Coef	T	P
Sabit		0,2606	0,02010	12,96	0,000
Tambur Motor Devri	-0,4120	-0,2060	0,02010	-10,25	0,000
Fan Motor Devri(Debi)	0,0410	0,0205	0,02010	1,02	0,334
Süre	0,1595	0,0798	0,02010	3,97	0,003
Tambur M.D*Fan M.D	0,0153	0,0076	0,02010	0,38	0,713
Tambur M.D*Süre	-0,1118	-0,0559	0,02010	-2,78	0,021
Fan M.D*Süre	0,0038	0,0019	0,02010	0,09	0,928
Tambur M.D*Fan M.D*Süre	0,0330	0,0165	0,02010	0,82	0,433
Orta Nokta		0,3589	0,06031	5,95	0,000

S = 0,0804118 PRESS = 0,525677
R-Sq = 94,85% R-Sq(pred) = 53,48% R-Sq(adj) = 90,27%

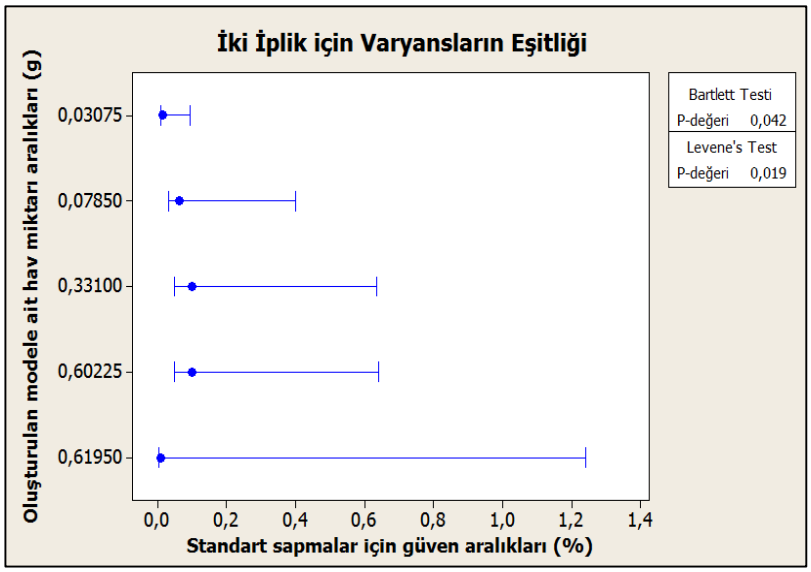
Şekil 5.20 : İki iplik kumaş için analiz sonuçları

Yapılan çalışmada elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Şekil 5.21'de görülmekte olan normallik testinde elde edilen P=0,708 > 0,05 olması nedeniyle verilerin normal dağıldığı görülmektedir.



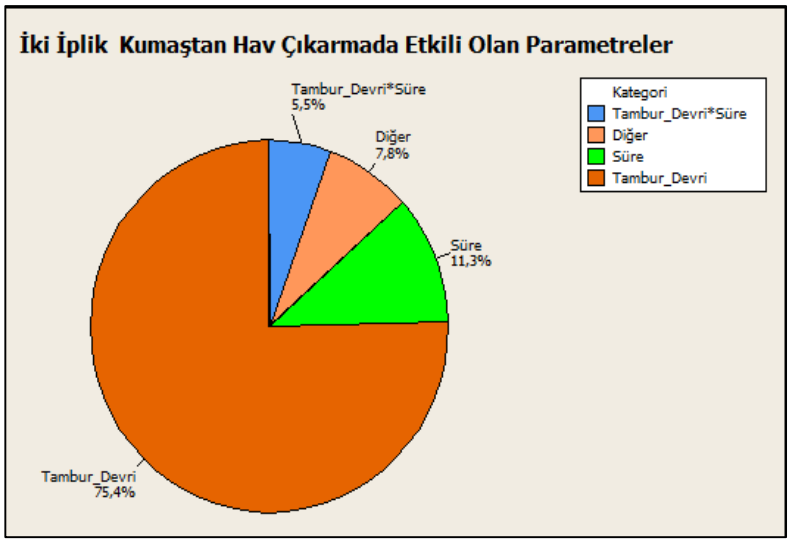
Şekil 5.21 : İki iplik kumaş normallik analizi

Normal dağılan bu veriler için yapılacak olan varyans analizinde Barlet testi kullanılacaktır. Şekil 5.22'de gösterildiği gibi gerçekleştirilen varyans analizinde P=0,042<0,05 olması nedeniyle kullanılacak standart sapma değerinin çalışılacak değer aralığında hesaplanması gerektiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.22 : İki iplik kumaştan hav çıkarmada etkin olan parametreler.

İki iplik kumaşın hav çıkarma karakterisiği üzerinde etkili olan parametrelerin etki oranlarının dağılmı Şekil 5.23'te verilmektedir.

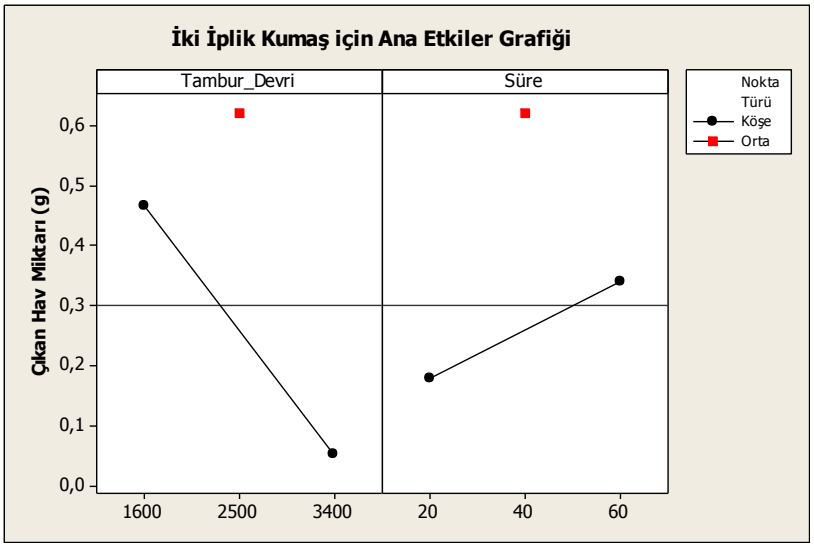


Şekil 5.23 : İki iplik kumaşın hav çıkarma karakteristiğinde etkin olan parametrelerin oransal dağılımı.

Oransal dağılıma bakıldığında iki iplik örme kumaşın hav bırakma karakteristiği üzerinde en yüksek payı alan parametrenin % 75,4 oranıyla tambur motor devri

olduğu görülmektedr. Süre'nin % 11,3 oranında etkili olduğu analizde tambur motor devri-süre ikili etkileşiminin de % 5,5 oranında etkili olduğu görülmektedir.

İki iplik örme kumaşın hav çıkarma karakteristiği üzerinde etkili olan ana parametreler ait etkiler Şekil 5.24'te görülmektedir.

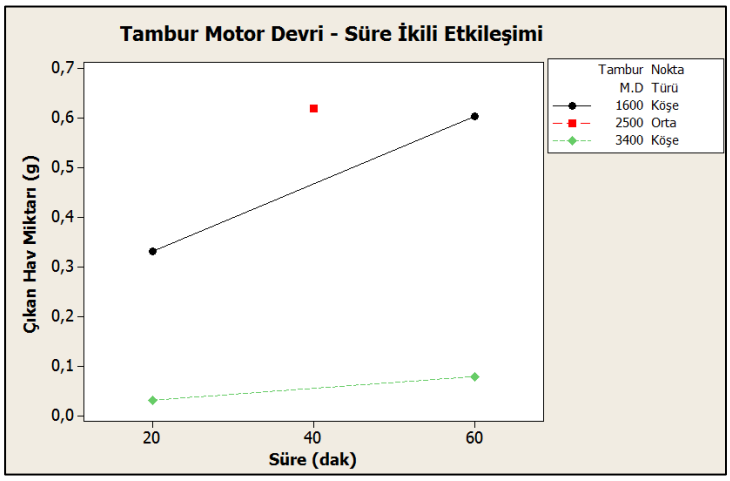


Şekil 5.24 : İki iplik kumaş üzerinde ana parametrelerin etkisi.

Ana etkiler incelendiğinde tambur motor devrinin artışıyla hav bırakma miktarında düşüş görülmektedir. Orta nokta etkisine bakıldığında en fazla hav miktarının elde edildiği görülmektedir. Daha önce de vurgulandığı gibi bu durumun ortaya çıkasındaki neden orta nokta tambur devri olan 2500 d/d'da tekstilin serbestçe hareket edebilmesidir. Süre etkisine bakıldığında sürenin artışıyla hav çıkarma oranının arttığı görülmektedir. Bu durumda yüksek olan orta nokta etkisinin tambur devrinden kaynaklı bir durum olduğu savunulmaktadır. İki iplik kumaşta hav çıkarmada rol oynayan ana etkiler içerisinde debi bulunmamaktadır. Bu durum bize iki iplik kumaştan hav çıkımına debi değişiminin herhangibir etkisinin olmadığını göstermektedir.

İki iplik kumaştan hav çıkarmada etkili olan ikili etkileşimlere bakıldığına Şekil 5.25'teki gibi süre – tambur devri ikili etkileşiminin etkili olduğu görülmektedir. Tambur motor devrinin 1600 d/d olduğu koşulda artan süreyle çıkan hav miktarı da artmaktadır. Yine aynı şekilde 3400 d/d devirde süre arttıkça çıkan hav miktarında da bir artış görülürken, artış oranı 1600 d/d'dakine kıyasla düşüktür. Orta noktada

görülen etki tekstilin 2500 d/d devride serbest hareket etmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.25 : İki iplik kumaş için süre-hav miktarının ikili etkileşimi.

- **İki İplik Şardonlu Kumaşa Ait Analiz Sonuçları**

İncelenen parametrelerin iki iplik şardonlu kumaşın hav bırakma miktarı üzerindeki etkisinin R-Sq(adj) = % 99,06 oranında açıklanabildiği belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda şardonlu iki iplik kumaşın hav bırakma miktarı üzerinde Şekil 5.26'da görüldüğü gibi tambur motor devrinin, sürenin, tambur motor devri ile sürenin ikili etkileşiminin ve orta noktanın etkili olduğu görülmektedir.

İki iplik şardon için hesaplanmış etkiler ve katsayılar

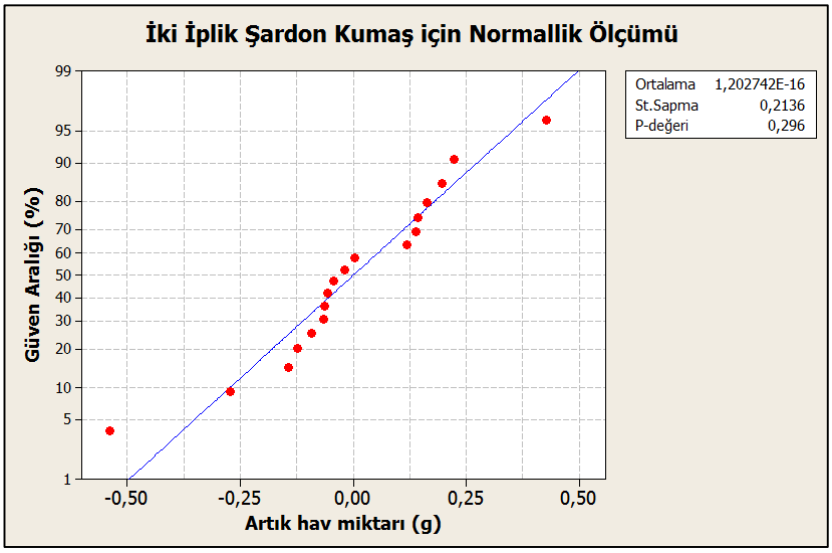
Koşul	Etki	K.sayı	SE K.sayı	T	P
Sabit		2,382	0,05601	42,53	0,000
Tambur Motor Devri	-3,981	-1,990	0,05601	-35,53	0,000
Fan Motor Devri (Debi)	0,042	0,021	0,05601	0,37	0,717
Süre	1,496	0,748	0,05601	13,35	0,000
Tambur M.D*Fan M.D	0,083	0,042	0,05601	0,74	0,476
Tambur M.D*Süre	-1,361	-0,680	0,05601	-12,15	0,000
Fan M.D *Süre	-0,168	-0,084	0,05601	-1,50	0,168
Tambur M.D*Fan M.D*Süre	0,210	0,105	0,05601	1,87	0,094
Orta Nokta		2,356	0,16804	14,02	0,000

S = 0,224059 PRESS = 14,3224
R-Sq = 99,50% R-Sq(pred) = 84,16% R-Sq(adj) = 99,06%

Şekil 5.26 : İki iplik şardon kumaş için analiz sonuçları.

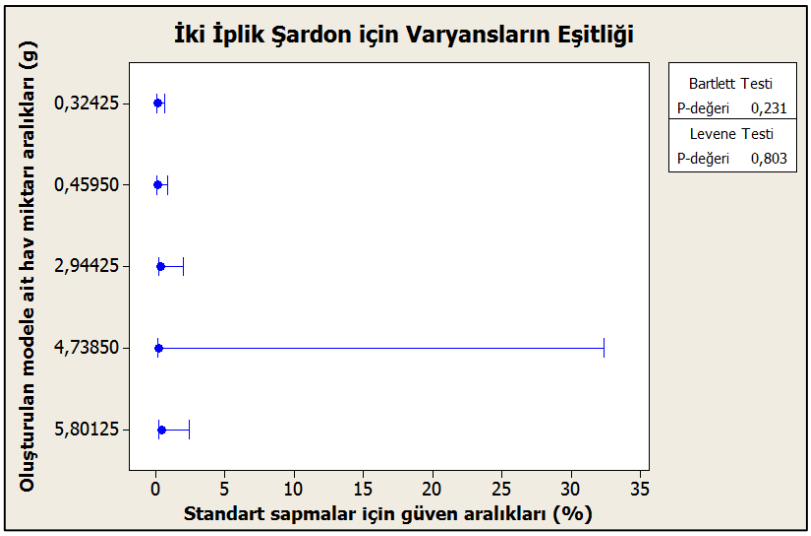
Yapılan çalışmada elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Şekil 5.27'de görülmekte olan normallik testinde elde edilen P=0,296 > 0,05 olması

nedeniyle verilerin normal dağıldığı görülmektedir. Verilerin normal olması nedeniyle varyansların incelenmesinde Barlett testinin kullanılması gerekmektedir.



Şekil 5.27 : İki iplik şardon kumaş için normallik ölçümü.

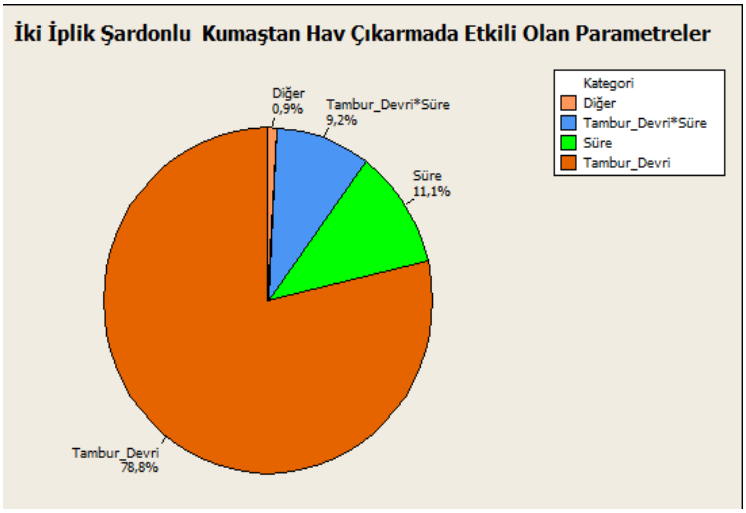
Gerçekleştirilen varyans analizinde Şekil 5,28'de görüldüğü gibi P=0,231>0,05 olması nedeniyle havuzun standart sapma değeri kullanılacaktır.



Şekil 5.28 : İki iplik şardon kumaş için varyansların eşitliği.

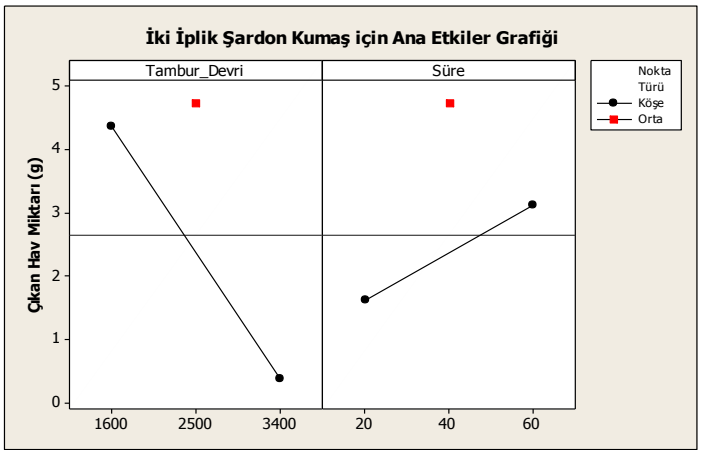
Şardonlanmış iki iplik kumaşın hav çıkarma karakteristiği üzerinde etkili olan parametrelerin etki oranlarının dağılmı Şekil 5.29'da verilmektedir. Oransal dağılıma bakıldığında şardonlanmış iki iplik örme kumaşın hav bırakma karakteristiği üzerinde en yüksek payı alan parametrenin %78,8 oranıyla tambur motor devri olduğu görülmektedir. İkinci en yüksek payı alan parametre ise % 11,1 oranla

süredir. Tambur motor devri ve süre ikili etkileşiminin de % 9,2 oranında etkili olduğu görülmektedir



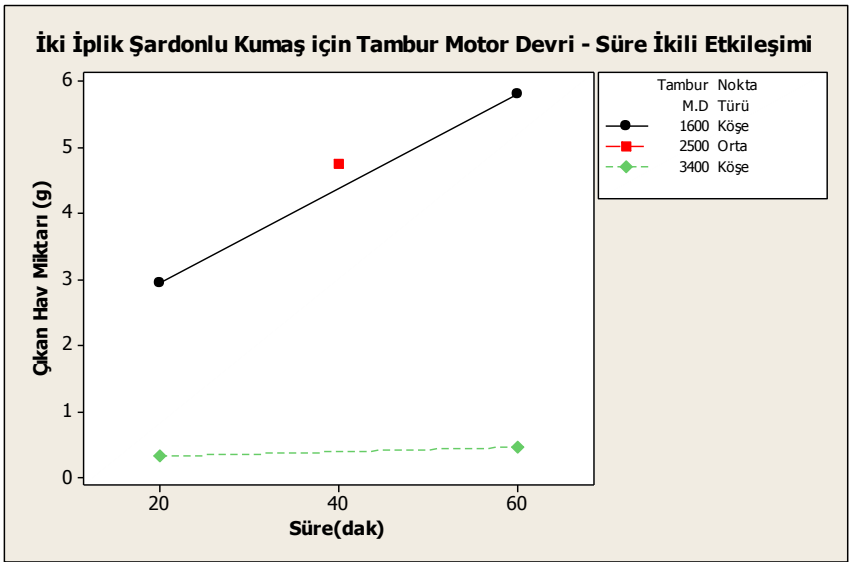
Şekil 5.29 : İki iplik şardon kumaşta hav çıkarmada etkin olan parametreler.

Şordanlanmış iki iplik örme kumaştan havalandırma programları sonucunda hav çıkarma karakteristiğine ait ana etkiler Şekil 5.30'da görülmektedir. Ana etkiler incelendiğinde tambur devrinin artışıyla hav bırakma miktarında düşüş görülmektedir. Orta nokta etkisine 2500 d/d'da tekstilin tambur içerisindeki serbest hareketinden dolayı burada en fazla hav miktarının elde edildiği görülmektedir. Süre etkisine bakıldığında sürenin artışıyla hav çıkarma oranının arttığı görülmektedir. Bu durumda yüksek olan orta nokta etkisinin tambur devrinden kaynaklı bir durum olduğu savunulmaktadır. İki iplik şardonlu kumaşta hav çıkarmada rol oynayan ana etkiler içerisinde debi bulunmamaktadır.



Şekil 5.30 : İki iplik şardon kumaş üzerinde ana parametrelerin etkisi.

İki iplik kumaştan hav çıkarmada etkili olan ikili etkileşimlere bakıldığına süre ve tambur motor devri ikili etkileşiminin yer aldığı görülmektedir. Şekil 5.31'de gösterilen grafiğe bakıldığında tambur motor devrinin 1600 d/d olduğu koşulda süreyle çıkan hav miktarı da artmaktadır. Tambur motor devrinin 3400 d/d olduğu çevrimde süre artmasıyla çıkan hav miktarın da çok az bir oranda da olsa artış göstermektedir. Orta noktada görülen etki tekstilin 2500 d/d devride serbest hareket etmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.31 : İki iplik şardonlu kumaş için süre-hav etkileşim grafiği.

- **Üç İplik Kumaşa Ait Analiz Sonuçları**

İncelenen parametrelerin üç iplik kumaşın hav bırakma miktarı üzerindeki etkisinin R-Sq(adj) = % 99,27 oranında açıklanabildiği belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda üç iplik kumaşın hav bırakma miktarı üzerinde Şekil 5.32'de görüldüğü gibi tambur motor devrinin, fan motor devrinin, sürenin, tambur motor devri ile sürenin ikili etkileşiminin ve orta noktanın etkili olduğu görülmektedir.

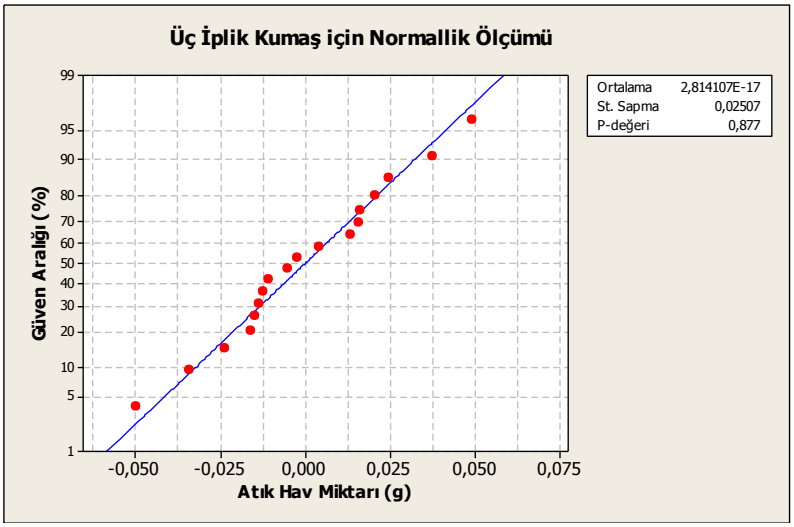
Üç İplik Kumaş İçin Hesaplanmış Katsayılar ve Etkiler

Koşul	Etki	K.Sayı	SE K.Sayı	T	P
Sabit		0,3081	0,007648	40,28	0,000
Tambur Motor Devri	-0,5106	-0,2553	0,007648	-33,38	0,000
Fan Motor Devri	0,0481	0,0241	0,007648	3,15	0,012
Süre	0,1869	0,0934	0,007648	12,22	0,000
Tambur M.D*Fan M.D	0,0024	0,0012	0,007648	0,16	0,880
Tambur M.D*Süre	-0,1469	-0,0734	0,007648	-9,60	0,000
Fan M.D*Süre	0,0209	0,0104	0,007648	1,36	0,205
Tambur M.D*Fan M.D*Süre	0,0111	0,0056	0,007648	0,73	0,486
Orta Nokta		0,7029	0,022944	30,64	0,000

S = 0,0305914 PRESS = 1,15662
R-Sq = 99,61% R-Sq(pred) = 46,63% R-Sq(adj) = 99,27%

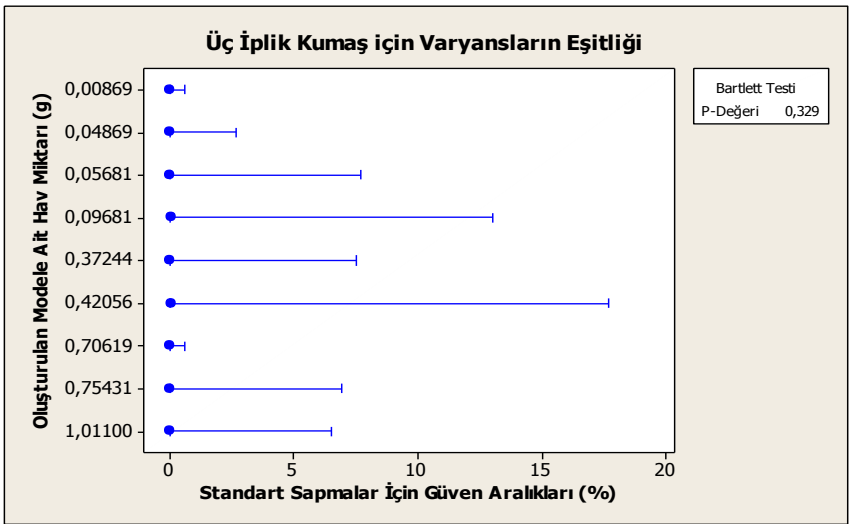
Şekil 5.32 : Üç iplik kumaş için analiz sonuçları.

Yapılan çalışmada elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Şekil 5.33'te görülmekte olan normallik ölçümünde elde edilen P=0,877 > 0,05 olması nedeniyle verilerin normal dağıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Verilerin normal olması nedeniyle varyansların incelenmesinde Barlett testinin kullanılması gerekmektedir.



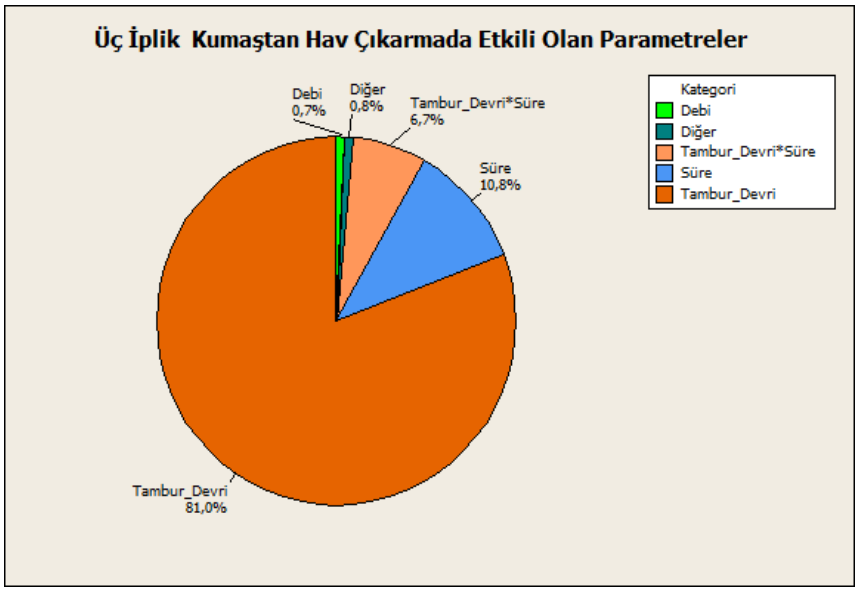
Şekil 5.33 : Üç iplik kumaş için verilen normallik analizi.

Gerçekleştirilen varyans analizinde Şekil 5,34'te görüldüğü gibi P=0,329>0,05 olması nedeniyle üç iplik örme kumaş için havuzun standart sapma değeri kullanılacaktır.



Şekil 5.34 : Üç iplik kumaş için varyansların eşitliği.

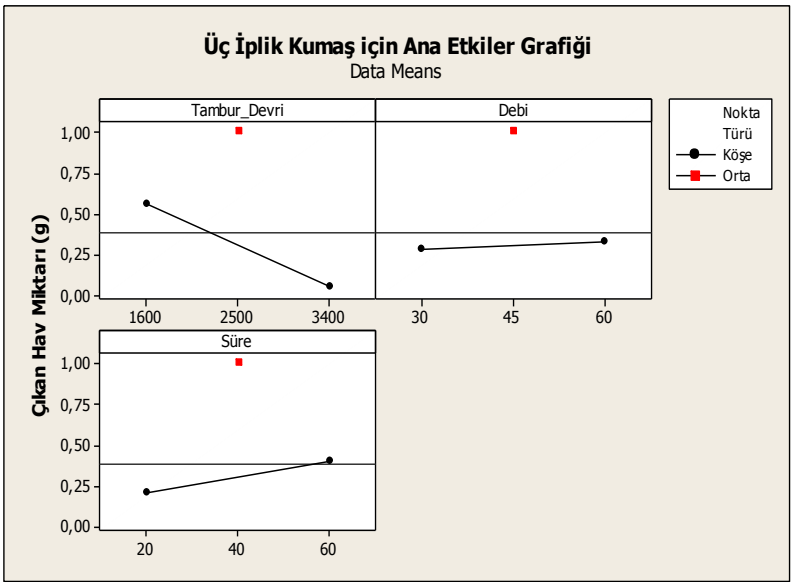
Üç iplik örme kumaşın hav çıkarma karakteristiği üzerinde etkili olan parametrelerin etki oranlarının dağılmı Şekil 5.35'te verilmektedir. Oransal dağılıma bakıldığında üç



Şekil 5.35 : Üç iplik kumaştan hav çıkarmada etkin olan parametreler.

iplik örme kumaşın havalandırma programında hav çıkarma karakteristiği üzerinde en yüksek payı alan parametrenin % 81 oranıyla tambur motor devri olduğu görülmektedir. Sürenin hav çıkartmadaki etkisi % 10,8 iken debinin etkisi % 0,7 gibi çok düşük bir oranda kalmaktadır. İki etkileşimlere bakıldığında ise % 6,7 ile tambur motor devri ve süre ikili etkileşiminin hav çıkarmada etkili olduğu görülmektedir

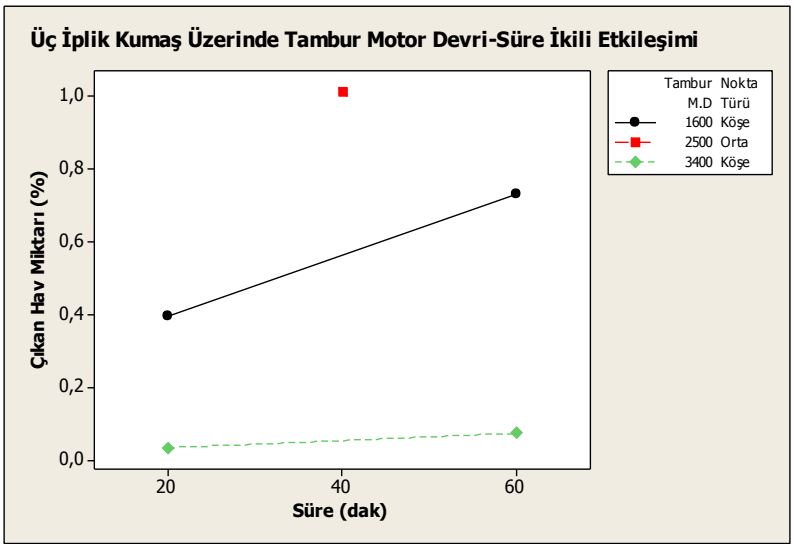
Üç iplik örme kumaştan deney tasarımına göre farklı havalandırma koşulları sonucunda çıkan hav miktarına göre ana etkiler grafiği Şekil 5.36'da gösterilmektedir.



Şekil 5.36 : Üç iplik kumaş için ana parametrelerin etkisi.

Ana etkiler incelendiğinde tambur devrinin artışıyla hav bırakma miktarında düşüş görülmektedir. Orta nokta etkisine 2500 d/d'da tekstilin tambur içerisindeki serbest hareketinden dolayı burada en fazla hav miktarının elde edildiği görülmektedir. Süre etkisine bakıldığında sürenin artışıyla hav çıkarma oranının arttığı görülmektedir. Bu durumda yüksek olan orta nokta etkisinin tambur devrinden kaynaklı bir durum olduğu savunulmaktadır. İki iplik şardonlu kumaşta hav çıkarmada rol oynayan ana etkiler içerisinde debi bulunmamaktadır.

Üç iplik kumaştan hav çıkarmada etkili olan ikili etkileşimlere bakıldığına Şekil 5.37'de gösterildiği gibi süre ve tambur motor devri ikili etkileşiminin yer aldığı görülmektedir. Tambur motor devrinin 1600 d/d olduğu koşulda süre arttıkça çıkan hav miktarında da artış gözlenmektedir. Tambur motor devrinin 3400 d/d olduğu çevrimde sürenin artmasıyla çıkan hav miktarın da çok az bir oranda da olsa artış göstermektedir. Orta noktada görülen etki tekstilin 2500 d/d devirde maksimum oranda yaptığı serbest hareketten kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.37 : Üç iplik kumaş için süre-debi ikili etkileşimi.

- **Üç İplik Şardon Kumaşa Ait Analiz Sonuçları**

Deney tasarımındaki havalandırma koşullarında test edilen üç iplik şardon kumaştan 5 çevrim boyunca ortaya çıkan toplam hav miktarı üzerindeki yapılan analizlerde tambur devrinin, hava debisinin ve sürenin etkisi şekil 5.38'de görüldüğü gibi irdelenmiştir.

Üç İplik Şardon Kumaş için Hesaplanmış Etkiler ve Katsayılar

Koşul	Etki	K.Sayı	SE K.Sayı	T	P
Sabit		1,726	0,07294	23,66	0,000
Tambur Motor Devr	-2,806	-1,403	0,07294	-19,23	0,000
Fan Motor Devr	0,434	0,217	0,07294	2,98	0,016
Süre	1,329	0,665	0,07294	9,11	0,000
Tambur M.D*Fan M.D	-0,372	-0,186	0,07294	-2,55	0,031
Tambur M.D*Süre	-1,252	-0,626	0,07294	-8,59	0,000
Fan M.D*Süre	0,263	0,131	0,07294	1,80	0,105
Tambur M.D*Fan M.D*Süre	-0,248	-0,124	0,07294	-1,70	0,123
Orta Nokta		2,332	0,21881	10,66	0,000

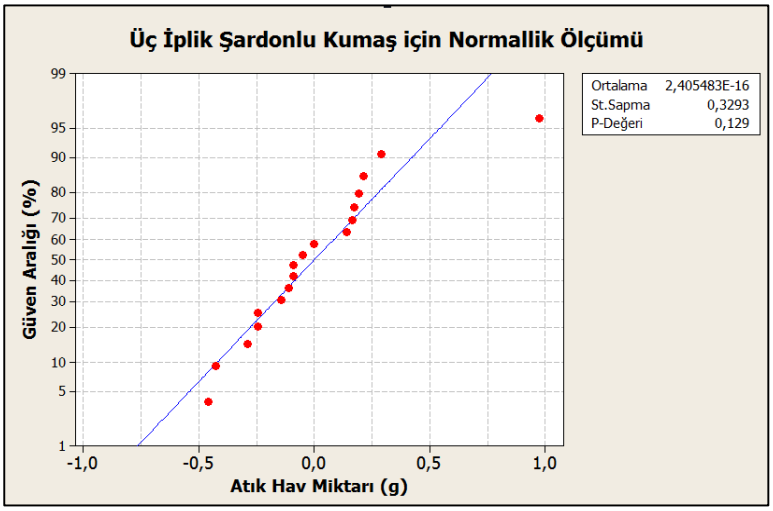
S = 0,291747 PRESS = 14,9591
R-Sq = 98,66% R-Sq(pred) = 73,80% R-Sq(adj) = 97,47%

Şekil 5.38 : Üç iplik şardon kumaş için analiz sonuçları.

Üç farklı parametrenin tam faktöriyel olarak incelendiği çalışmada bu parametrelerin üç iplik şardonlu kumaşın hav bırakma miktarı üzerindeki etkisinin R-Sq(adj) = % 97.47 oranında açıklanabildiği belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda şardonlu üç iplik kumaşın hav bırakma miktarı üzerinde Şekil 5.38'de görüldüğü gibi tambur

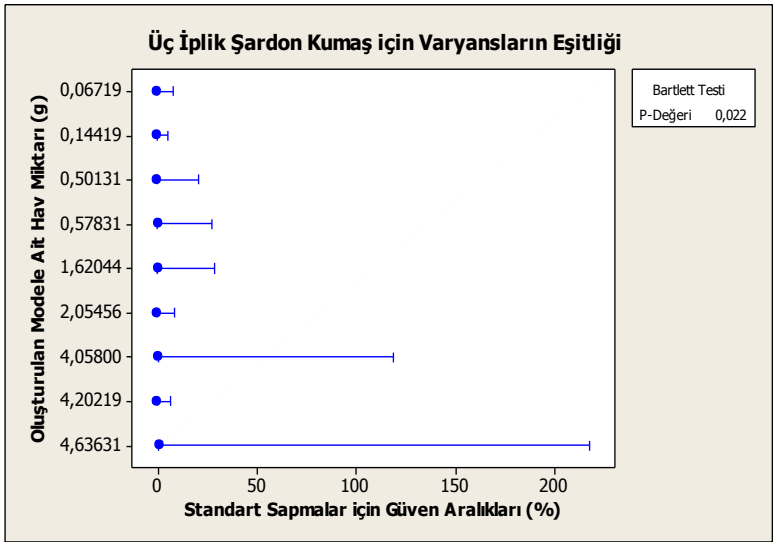
motor devrinin, fan motor devrinin (debinin), sürenin, tambur motor devri ile sürenin ikili etkileşiminin ve orta noktanın etkili olduğu görülmektedir

Yapılan çalışmada elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Şekil 5.39'da görülmekte olan normallik testinde elde edilen P=0,129 > 0,05 olması nedeniyle verilerin normal dağıldığı görülmektedir. Verilerin normal olması nedeniyle varyansların incelenmesinde Barlett testinin kullanılması gerekmektedir.



Şekil 5.39 : Üç iplik şardon kumaş için verilen normallik analizi.

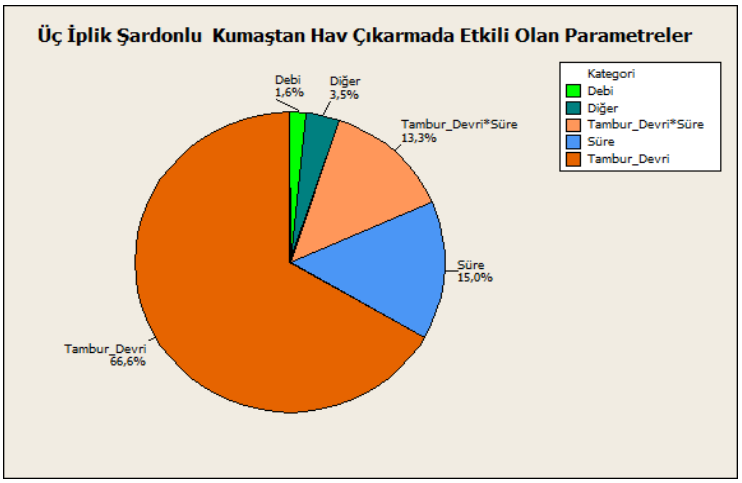
Gerçekleştirilen varyans analizinde Şekil 5.40'da görüldüğü gibi P=0,022<0,05 olması nedeniyle çalışılacak değer aralığında hesaplanması gerektiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.40 : Üç iplik şardon kumaş için varyansların eşitliği.

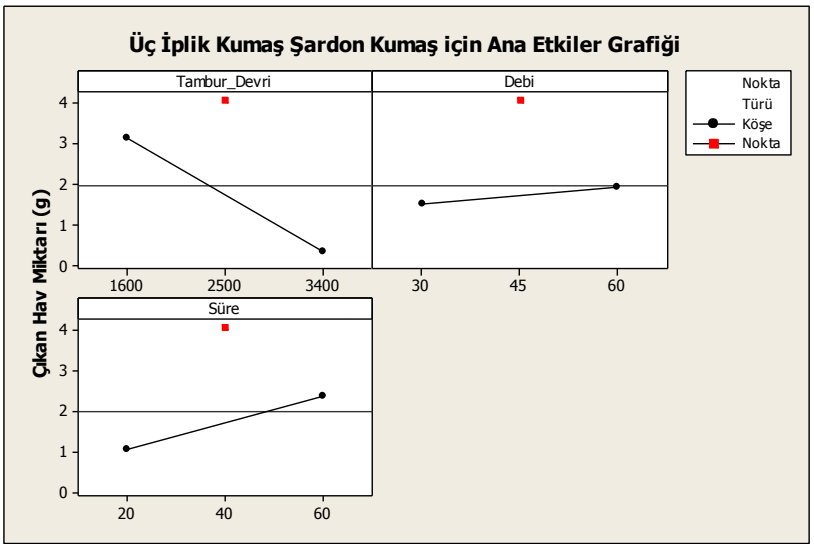
Şardonlanmış üç iplik kumaşın hav çıkarma karakteristiği üzerinde etkili olan parametrelerin etki oranlarının dağılmı Şekil 5.41'de verilmektedir. Oransal dağılıma

bakıldığında şardonlanmış üç iplik örme kumaşın hav bırakma karakteristiği üzerinde en yüksek payı alan parametrenin % 66,6 oranıyla tambur motor devri olduğu görülmektedir. İkinci en yüksek payı alan parametre ise % 15 oranla süreyken %1.6 oranla kumaştan hav çıkarmada en düşük etkiyi fan motor devri yani makina içinde oluşan hava debi yaratmaktadır. İkili etkileşimlerin oransal dağılımına bakıldığında ise %13,3 oranla tambur motor devri-süre etkili olmaktadır.



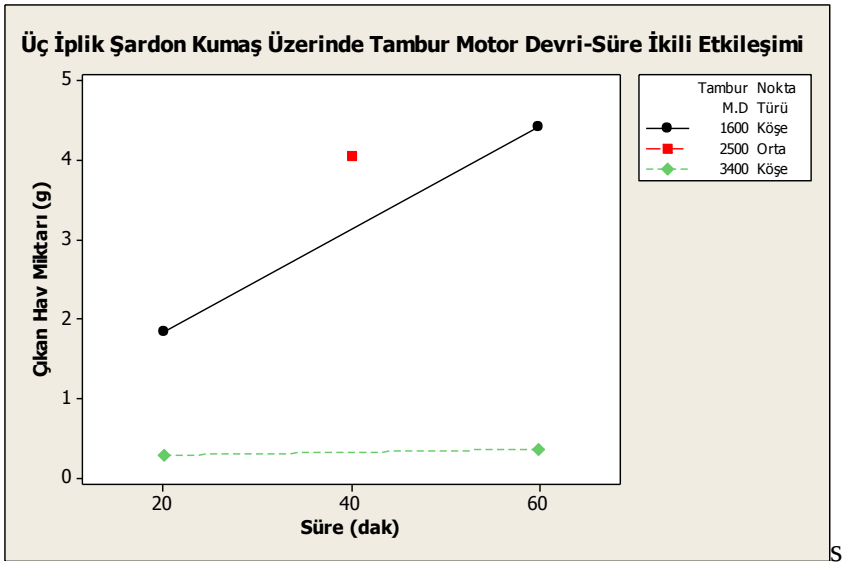
Şekil 5.41 : Üç iplik şardon kumaşta hav çıkarmada etkin olan parametreler.

Şordanlanmış üç iplik örme kumaşın hav çıkarma karakteristiğine ait ana etkiler Şekil 5.42'de görülmektedir. Ana etkiler incelendiğinde tambur devrinin artışıyla hav bırakma miktarında düşüş görülmektedir. Orta nokta etkisine 2500 d/d'da tekstilin tambur içerisindeki serbest hareketinden dolayı burada en fazla hav miktarının elde edildiği görülmektedir. Süre etkisine bakıldığında sürenin artışıyla hav çıkarma oranının arttığı görülmektedir. Bu durumda yüksek olan orta nokta etkisinin tambur devrinden kaynaklı bir durum olduğu savunulmaktadır. İki iplik şardonlu kumaşta hav çıkarmada rol oynayan ana etkiler içerisinde debi de bulunmaktadır ve debinin artışıyla hav çıkarma oranı da artmaktadır.



Şekil 5.42 : Üç iplik şardon kumaş için ana parametrelerin etkisi.

Şardonlanmış üç iplik kumaştan hav çıkarmada etkili olan ikili etkileşimlere bakıldığına Şekil 5.43'te gösterildiği gibi süre ve tambur motor devri ikili etkileşiminin yer aldığı görülmektedir. Tambur motor devrinin 1600 d/d olduğu koşulda süreyle çıkan hav miktarı da artmaktadır. Tambur motor devrinin 3400 d/d olduğu çevrimde sürenin artmasıyla çıkan hav miktarın da çok az bir oranda olsa da bir miktar artış görülmektedir. Orta noktada görülen etki tekstilin 2500 d/d devirde serbest hareket etmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.43 : Üç iplik şardon kumaş için tambur motor devri süre ikili etkileşimi.

5.6.3.2 Farklı tipteki tekstiller üerinde gerçekleştirilen hav çıkarma testleri sonucu minimum hav çıkarımı sağlayan program optimizasyonu

Deney tasarımındaki koşulların hav çıkarmadaki etkilerine yapılan testler sonunda ulaşılmıştır. Süprem, iki iplik, iki iplik şardon, üç iplik, üç iplik şardon kumaşlar üzerinde gerçekleştirilen hav çıkarma testlerine ait sonuçlar kullanılarak minimum hav çıkaran program tasarımı için belirlenen alt - üst limitler ve hedef ile optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Optimizasyonda hedeflenen değerler ve sınırlamalar Şekil 5.44'te gösterildiği gibidir.

Optimizasyon

Parametreler

	Amaç	Alt	Hedef	Üst	Ağırlık	Önem
Süprem	Minimum	0,03	0,03	0,05	1	1
İki_İplik	Minimum	0,10	0,10	0,20	1	1
İki_İplik_şa	Minimum	0,30	0,30	0,50	1	1
Üç_iplik	Minimum	0,05	0,05	0,07	1	1
Üç_iplik_şar	Minimum	0,50	0,50	0,75	1	1

Genel Çözüm

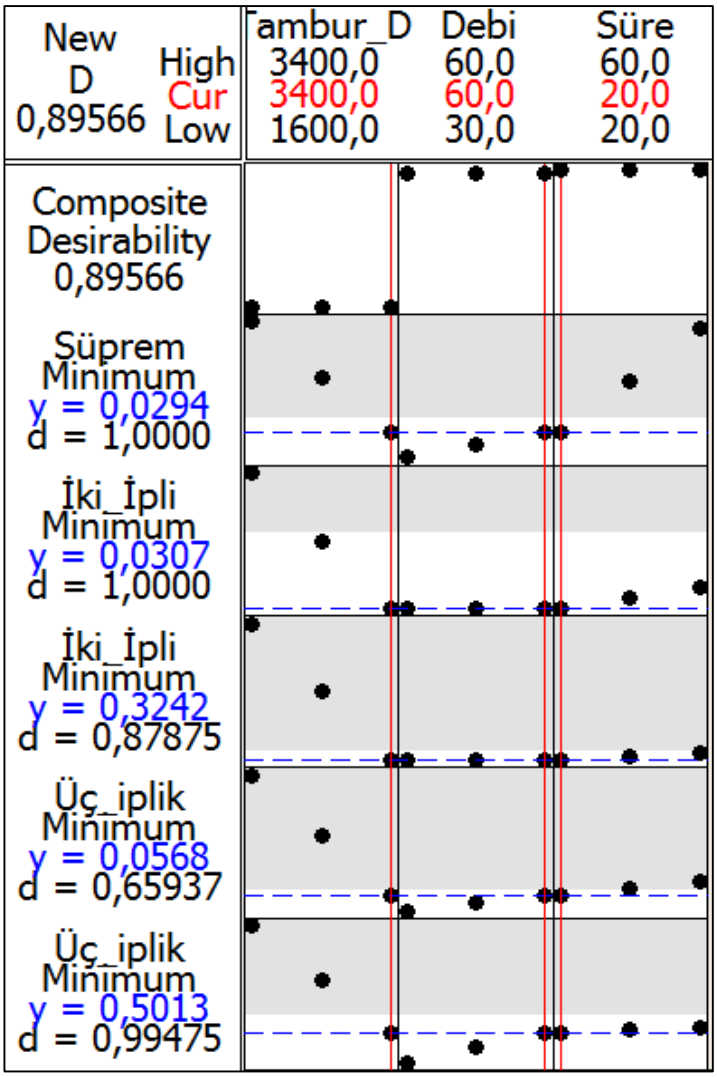
Tambur_Devri	=	3400
Debi	=	30
Süre	=	20

Hesaplanan sonuçlar

Süprem	=	-0,008312	,	desirability =	1,000000
İki_İplik	=	0,030750	,	desirability =	1,000000
İki_İplik_şa	=	0,324250	,	desirability =	0,878750
Üç_iplik	=	0,008688	,	desirability =	1,000000
Üç_iplik_şar	=	0,067188	,	desirability =	1,000000

Ortak isteneblirlik = 0,974480

Şekil 5.44 : Minimum hav çıkaran program optimizasyonu hedefleri.



Şekil 5.45 : Minimum hav çıkaran program optimizasyonu parametreleri.

Gerçekleştirilen optimizasyonda istenebilirlik değerleri optimizasyonda elde edilen sonucun, optimize edilen parametrelerin hedeflenen koşullara yakınlığını temsil etmektedir. Gerçekleştirilen bu optimizasyonda ortak istenebilirlik değeri Şekil 5.45'te gösterildiği gibi 0,89 olarak elde edilmiştir.

Optimizasyon sonucunda ulaşılan çözüm şu şekildedir:

- Tambur Motor Devri = 3400 d/dakika
- Fan Motor Devri (Debi) = 60 d/sn
- Süre: 20 dakika

5.6.3.3 Havalandırma proramı ve yıkama programının çevre yükü açısından karşılaştırılması

Tasarlanan havalandırma programının su ve kimyasal kullanımına gereksinim bırakmaması sebebiyle çevreci açıdan öne çıkmaktadır. Yıkama işlemlerine alternatif olarak tasarlanan havalandırma ve yıkama programının tüketim değerleri açısından değerlendirilmesi Çizelge 5.5'teki gibidir. Yıkama programında harcanan enerji havalandırma programında harcanandan iki katından biraz daha fazladır. Aynı zamanda dikkat çekilmesi gereken bir diğer nokta da çalışmada tercih edilen yıkama programının düşük sıcaklığa sahip bir program olmasıdır. Havalandırma programında ısıtıcı kapalıyken yıkama programında açık olan ısıtının yanında aynı zamanda yıkama ana suyu suyu için 14 litre su kullanılmaktadır.

Çizelge 5.5 : Otomatik yıkama ve havalandırma programlarının tüketim değerleri.

	Otomatik Çamaşır Pamuklu Yıkama programı	Otomatik kurutucu havalandırma programı
Enerji tüketimi	400 w/h	180 w/h
Isıtıcı	Açık, 30	Kapalı
Program Süresi	60 dak	60 dak
Tüketilen Su	14 litre	yok

5.7 Tekstil Etkilerinin Belirlenmesi

5.7.1 Patlama mukavemeti testleri

Testlerde kullanılan örme kumaşların havalandırma işlemleri sonunda mukavet kayıplarının olup olmadığının kontrolü için TS 393 EN ISO 13938-2 standardına göre patlama testleri yapılmıştır [46]. Patlama testlerinde orjinal numunelerin, en az hav çıkaran 20 dakika havalandırma programında 5 çevrim sonrası ve en az hav çıkaran ve en fazla koku uzaklaştıran 60 dakika havalandırma programında 5 çevrim sonrası kumaşların mukavemet değerleri karşılaştırılmıştır. Test sonuçları Çizelge

5.6'da gösterilmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi kumaşların mukavemetinde çok az miktarda bir düşüş görülmüştür.

Çizelge 5.6 : Test numuneleri üzerinde yapılan patlama testi verileri.

Koşul	Ortalama Mukavemet değeri (kPa)		
İşlem	Orjinal kumaş	20 dakika program	60 dakika program
Süprem	718	640	648
Iki iplik	774	781	740
İki iplik şardon	743	713	668
Üç iplik	718	715	646
Üç iplik şardon	707	696	713

5.7.2 Martindale boncuklanma testi

Tez kapsamında kullanılan örme kumaşların 20 dakika ve 60 dakika programlarda 5 çevrim sonrası boncuklanma eğilimlerinin belirlenebilmesi için artan devirlerde boncuklanma testi gerçekleştirilmiştir. Kumaşların yüzeyleri standart resimlerle görsel olarak değerdirilerek, sonuçlar Çizelde 5.7, 5.8 ve 5.9'da yer almaktadır [47].

Çizelge 5.7 : Süprem kumaş boncuklanma testi.

Devir	Süprem		
	Orijinal	20 dak	60 dak
Başlangıç	5	5	5
125	5	5	5
250	5	4/5	4/5
500	4/5	4/5	4
1000	4/5	4	4
2000	4/5	4	3/4
5000	4	3/4	3/4
7000	¾	3/4	3/4

Çizelge 5.8 : İki iplik ve iki iplik şardon kumaşta boncuklanma testi.

Devir	İki İplik			İki İplik Şardon		
	Orijinal	20 dak	60 dak	Orijinal	20 dak	60 dak
Başlangıç	5	5	5	5	5	5
125	5	5	5	5	4/5	4/5
250	5	5	5	4/5	4	4/5
500	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4
1000	4/5	4/5	4/5	4	3/4	4
2000	4/5	4/5	4/5	4	3/4	3/4
5000	4/5	4/5	4/5	3/4	3/4	3/4
7000	4/5	4	4	3/4	¾	3/4

Çizelge 5.9 : Üç iplik ve üç iplik şardon kumaşta boncuklanma testi.

Devir	Üç İplik			Üç İplik Şardon		
	Orijinal	20 dak	60 dak	Orijinal	20 dak	60 dak
Başlangıç	5	5	5	5	5	5
125	5	5	4	5	5	4
250	4/5	4/5	4	5	4/5	4
500	4/5	4	4	4/5	4/5	4
1000	4	4	4	4/5	4/5	4
2000	4	4	4/5	4/5	4	4
5000	4	4/5	3/4	4	3/4	3/4
7000	4/5	4/5	3/4	3/4	3/4	3/4

Gerçekleştirilen boncuklanma testleri sonucunda havalandırma işleminin kumaşların boncuklanma eğilimi üzerinde bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

5.8 Sonuçlar

Bu çalışmada, üzerine istenmeyen kokuların sindiği tekstilleri tazeleyen otomatik havalandırma programı tasarımı için testler gerçekleştirilmiştir. Havalandırma işleminin yapıldığı makina parametrelerinin tekstillerden koku uzaklaştırmada ve hav

çıkarmadaki etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışma kısmında Minitab16 programında deney tasarımı oluşturulmuştur. Süprem kumaş üzerinde gerçekleştirilen koku uzaklaştırma ve hav çıkartma testleri sonrasında deney sonuçları istatistiksel olarak incelenerek parametrelerin etkileri ve birbirleriyle etkileşimleri incelenmiştir. Testlere ait sonuçlar kullanılarak maksimum koku uzaklaştıran ve minumum hav çıkaran havalandırma programı optimizasyonu yapılmıştır.

Farklı tipteki tekstillerin koku bırakma ve hav çıkartma davranışları, çalışmanın kontrol kısmında incelenmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen farklı tipteki tesktiller, iki iplik, iki iplik şardon, üç iplik, üç iplik şardon, deney tasarımındaki koşullarda test edilerek hav çıkartma karakteristikleri incelenmiştir. Daha sonra tasarlanan havalandırma programının kullanıllmasıyla meydana gelen hav miktarı ile kumaşın genel hav bırakma davranışı karşılaştırılmıştır. Akabinde yine belirlenen dört farklı tesktilin optimize edilen programda koku testleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın başında kabul edilen veriler:

- Kurutucu tambur devrinin farklı devirleri esnasında tekstillerin makina içerisindeki hareketleri izlenerek hangi makina parametrelerinde çalışılacağına karar verilmiştir. Buna göre 1600 d/dak'da tekstillerin çok yavaş hareketlerle tambur içerisinde karıştığı, 2800 d/dak'da tekstillerin makina içerisinde maksimum harekete ulaşarak en iyi karışımın gerçekleştiği, 3400 d/dak'da ise tekstil yükünün artık merkezkaç kuvvetinin etkisiyle tambur çeperine yapışarak gerçek bir karışımın olmadan yapıldığı devirler olarak belirlenmiştir.
- Referans test parametreleri olarak belirlenen 2800d/dak.tambur motor devri, 45 devir/sn fan motor devri ve süre 20 dak.'da tüm numunelerin 15 ardışık ve 3 tekrarlı test sonuçlarıyla genel anlamda tekstillerin hav çıkarma karakteristikleri incelenmiş ve iki iplik şardonlu kumaşın en fazla hav bırakan kumaş olduğu gözlenmiştir.
- Havalandırma ekipmanı içerisinde bakteri, mikroorganizmalar gibi biyolojik canlıların yok edilmesini sağlayan UV, ozon, buhar jeneratörü gibi ekipmanların olmaması sebebiyle bu sistem içerisinde yapılacak havalandırma işleminde bakteri kaynaklı olmayan ortamdaki hava içerisinde bulunan uçucu koku moleküllerinin tekstile sinmesiyle oluşan

problemin çözümü hedeflenmiştir bu sebeple pek çok koku kaynağı içerisinde bulunan bütirik asitle koku testleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalardan elde edilen veriler ışığında gerçekleştirilen deneysel çalışmada çamaşır makinalarında havalandırma parametreleri olarak tambur motor devri, fan motor devri ve sürenin hav çıkarmada ve koku uzaklaştırmada etkileri irdelenmiştir. Sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Koku uzaklaştırmada en yüksek etkiye sahip parametre olarak süre (%14) yer alırken bunu fan motor devri ve tambur motor devri takip etmektedir. İkili ve üçlü etkileşimlerinin de, debi*süre (%20), tambur devri*süre ve tambur devri*debi*süre, şeklinde yer aldığı analizlerde süprem kumaştan %70 oranlarda koku uzaklaşımı mümkün olmaktadır.
- Koku uzaklaştırma test sonuçları ve hav çıkarma test sonuçlarıyla minumum hav maksimum koku hedefiyle yapılan optimizasyon sonucu önerilen uygulama şu şekildedir:
    - Süre: 60 dakika
    - Tambur motor devri: 3400 devir/dakika
    - Fan Motor devri: 60 devir/saniye
- Dış ortamda havalandırma, iç or ortamda havalandırma gibi diğer geleneksel havalandırma yöntemleriyle otomatik havalandırma programı karşılaştırıldığında fark edilir derecede makinada havalandırmanın daha etkili olduğu kanıtlanmıştır.
- Yapılan üç farklı havalandırma yöntemleri içinde % 74.69 oranla en etkili koku uzaklaştırma sağlayan yöntem otomatik havalandırma programıdır. Dış ortamda yapılan havalandırmanın ikinci en etkin koku uzaklaştırma yöntemi olduğunu söylemek mümkün olsa da dış ortamda havalandırmanın getirdiği dezavantajlar bulunmaktadır. Duyusal analiz sırasında panelistlerin yaptıkları yorumlar ışığı altında tekstillerin üzerinde dış ortamda maruz kaldıkları farklı kokuların sindiği belirtilmiştir. Panelistlerin kullanılan sentetik kokunun belirli oranda gittiğini fakat dış çevrede mevcut olan is vb istenmeyen kokuları algıladıkları not edilmiştir. İç ortamda asarak ise koku uzaklaştırma etkisinin en düşük olduğu kanıtlanan yöntemdir. İç ortamdaki havanın sürekli bir şekilde temiz hava ile sirküle olması koku moleküllerinin

tekstilden uzaklaşmasında yalnız başına etkili olmamıştır. İç ortamda yapılan koku uzaklaştırma uygulamasının veriminin düşük olmasının nedeni, uçucu koku moleküllerinin uzaklaşmasına yardımcı olan kumaş hareketinin kısıtlı kalması şeklinde yorumlanabilir. u yöntemin getirdiği en büyük dezavantaj ise havalandırma yapılan ortamın sürekli temiz hava ile sirkülasyonuna rağmen, iç ortama istenmeyen kokunun yayılması sonucu tatminsizlik yaratan bir sonuç doğurmuştur.

- İç ortamda yapılan koku uzaklaştırma uygulamasının veriminin düşük olmasının nedeni, uçucu koku moleküllerinin uzaklaşmasına yardımcı olan kumaş hareketinin kısıtlı kalması şeklinde yorumlanabilir.
- Havalandırma programında test edilen tüm numunelerin koku bırakma davranışları incelenmiştir. Süprem, iki iplik, iki iplik şardon kumaşlar birbirine yakın oranlarda kokunun uzaklaşmasına müsaade ederken üç iplik ve üç iplik şardon kumaşlarda bu oran daha düşük olmuştur. Bu durumun açıklanmasında literatürde de bahsedildiği gibi kumaş gramajı ile ilgili olduğu düşünülmektedir.
- Havalandırma programı düşük ısıda yapılan yıkamaya göre daha çevreci ve sürdürülebilir bir programdır.
- Tüm kumaş tiplerinde hav çıkarmada en etkili parametre tambur devri olmuştur. Süprem kumaşta %56,9, iki iplik kumaşta % 75,4, iki iplik şardon kumaşta % 78,8, üç iplik kumaşta %81, üç iplik şardon kumaşta %66,6 oranda tambur devrinin hav çıkarmada etkisi görülmüştür.
- Tekstillerden hav çıkarmada en etkili ikinci parametrenin süre olduğu görülmektedir. Artan süre ile çıkan hav miktarı da artmaktadır.
- Debinin tekstillerden hav çıkarmada etkisine bakıldığında, sadece süprem kumaşta % 1,3 ve üç iplik şardonlu kumaşta 1,6 gibi çok düşük oranlarda etkisi görülürken diğer kumaşlarda etkili olan bir parametre olarak yer almamaktadır. Tambur devri*debi ikili etkileşim olarak yine sadece süprem kumaşta yer almaktadır.
- Hav çıkarmada kayda değer bir etkisinin olmadığı yapılan anilizler sonunda belirlenen parametre debinin yüksek olması, hava akışının artışını arttırarak havalandırmayı pozitif yönde etkileyeceği düşünüldüğü için debi maksimum değerde 60 d/sn olarak alınmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Draper S., Murray V. and Weissbrod I., (2007), Fashioning Sustainability: Textbook:a Review of the Sustainability Impacts on the Clothing Industry, London: Forum for the Future

[2] Anyangewe E., (2010) Pesticide Action Network UK, Development House

[3] J.M Allwood, et al. (2007), An approach to scenario analysis of the sustainability of an industrial sector applied to clothing and textiles in the UK, Journal of Cleaner Production, Volume 16, Issue 12, August (2008), Pages 1234–1246

[4] Sudhindra SESHADRI, (2012), 37th Annual Macromarketing Conference

[5] Carbon Trust. 2008. Product Carbon Footprinting: The New Business Opportunity Experience from Leading Companies. The Carbon Trust Report.

[6] Continental Clothing. (2011). About Earth Positive. http://www.continentalclothing.com/page/about_earthpositive_apparel .

[7] Carbon Trust. (2011). International Carbon Flows: Clothing. The Carbon Trust Report.

[8] Morley, N.J. Barlett, and McGill., (2009), "Maximizing Reuse and Recycling of UK Clothing and Textiles." A report to Department for Environment, Food and Rural Affairs (Oakdene Hollins Ltd).

[9] DEFRA, (2011), Sustainable clothing roadmap - progress report, Policy Paper, UK, Ref: PB13461 PDF, 1.93MB, https://www.gov.uk/government/publications/sustainable-clothing-roadmap-progress-report-2011

[10] Cachon, Gerard P. and Robert Swinney. (2011). "The Value of Fast Fashion: Quick Response, Enhanced Design, and Strategic Consumer Behaviour." Management Science April: 57(4): 778–95.

[11] Adrien Beton, Debora Dias, Laura Farrant, Thomas Gibon, Yannick Le Guern, Marie Desaxce, Anne Perwueltz, Ines Boufateh, (2014), Environmental Improvement Potential of textiles (IMPRO Textiles), report, http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=6960

[12] Kirsi Laitala, Casper Boks and Ingun Grimstad Klepp, (2011), Potential for environmental improvements in laundering, National Institute for Consumer Research, 2011 Blackwell Publishing, Wiley Online Library.

[13] W.R.Goynes and M.L Rollins, (1971), a SEM study of washer-dreyer abrasion in cotton fibers. Textile Research Journal. 41:226

[14] Levi Strauss & Co., Forum for the Future Report, Fashion Futures (2025), http://www.forumforthefuture.org/project/fashion-futures-2025/overview

[15]Julian M Allwood, Søren Ellebæk Laursen, Cecilia Malvido de Rodríguez, Nancy M P Bocken., (2006), Well dressed? The present and future sustainability of clothing and textiles in the United Kingdom. Copyright © University of Cambridge Institute for Manufacturing. All rights First published in Great Britain 2006 by: University of Cambridge Institute for Manufacturing Mill Lane, Cambridge CB2 1RX, UK.

[16] Lyndon B., Waterless Clothes-Cleaning Machine, Johnson Space Center, This work was done by Glenn Johnson and Shane Ganske of United Space Alliance for Johnson Space Center. Further information is contained in a TSP (see page 1)**.** MSC- 25280-1 **http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20130012662.pdf**

[17] HOHENSTEIN, (2013)**,** http://www.hohenstein.de/en/inline/pressrelease_52737.xhtml

[18] Hartoka, O. (2009). Design of Efficient Condenser for Tumble Dryers (Yüksek Lisans Tezi), Yeditepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[19] Derek, B. P. and Sutherland, L. (2002). Handbook of Filter Media, (2. Sürüm) (Sf. 1-116), Elsevier Science Ltd., Philidelphia, ABD.

[20] S. Okubayashi, T. Bechtold, (2005), A Pilling Mechnism Of Man-Made Cellulosic Fabrics – Effects of Fibrillation, Textile Research Journal vol. 75 no. 4 **288-292.**

[21] Abdullah, I., Blackburn, R.S., Russell, S.J., Taylor, J. (2006) Abrasion Phenomena in Twill Tencel Fabric, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 102, pp.1391–1398

[21] Kadolph, S.J. (2007). Quality Assurance for Textiles and Apparel, ISBN:156367-144-1, Fairchild Publication

[23] Collier, B. J., Epps, H. H., (1999). Textile Testing and Analysis, Prentice Hall, New Jersey. Das, B.R., Hati, S., New Generation Tensile Tester: CTT,

[24] L. Higgins, S. C. Anand, M. E. Hall and D. A. Holmes, (2003), Effect of Tumble-drying on Selected Properties of Knitted and Woven Cotton Fabrics, The Journal of The Textile Institute, Volume 94, Issue 1-2.

[25] Gintis, D. and Mead, E.J., (1959), The Mechanism of Pilling, Text Res. J, 29, 578.

[26] S. Okubayashi , R. Campos , C. Rohrer & T. Bechtold, (2005), The Journal of The Textile Institute Volume 96, Issue 1.

[27] Cooke, W.D., (1982), The Influence of Fibre Fatigue on the Pilling Cycle Parti. J Text Inst. 73,13.

[28] Yahya CAN, Muhammed AKAYDIN, (2012), Yikama Işleminin Pamuklu Bezayağı Kumaşlarin Boncuklanma Özelliğine Etkileri,Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 19, Sayı 4, 2013, Sayfalar 170-173

[29] C.M Carr. (1995), "Chemistry of the Textiles Industry", Department of Textiles Springer-Science+Business Media, B.V.

[30] Peter V. Alston., (1992), Effect of Yarn Spinning System on Pill Resistance of Polyester/Cotton Knit Fabrics Textile Research Journal February 1992 vol. 62 no. 2 105-108

[31] Müller, Siegfried; Zahn, Rolf-Jürgen; Koburger, Torsten; Weltmann, Klaus-Dieter, (2010), Smell reduction and disinfection of textile materials by dielectric barrier discharges. Natural Science Vol. 2 Issue 9, p1044-1048. 5p. 2 Diagrams, 4 Graphs, 1 Map.

[32] Odour Testing, http://www.caslab.com/Odor-Testing/

[33] Chemical Finishing of Textiles, (2004) Part18: Novel Finishes by Woodhead Publishing Ltd.

[34] Organic Chemistry Book, Prof. Schoffers, WMU, CHEM 3750

[35] Armadillo Merino® Report, https://www.armadillomerino.com/sites/default/files/uploads/7%20Odour%20suppression%20by%20Armadillo%20Merino%C2%AE%202012.pdf

[36] RCS, Advancing the Chemical Sciences, Nanotechnology and smelly socks – page 7 of 7, Index 5.2.2. http://www.rsc.org/Education/Teachers/Resources/Inspirational/resources/5.2.2.pdf

[37] Neil KR., Davidson CG., Davidson RW., (1897)**,** Effect of water temperature on bacterial killing in laundry, Europe PubMed CebtralType: Journal Article, Comparative Study, Infection Control : IC [8(5):204-209]. (PMID:3647942)

[38] Clay A. Brown, (1997), Ultravoilet, antibacterial, antifungal dryerlight, US patent 5664340 A

[39] Rip G. Rice,Marc DeBrum, (2011), The Ozone Laundry Handbook, by Clear Water Tech, publisher LULU

[40] Müller, Siegfried; Zahn, Rolf-Jürgen; Koburger, Torsten; Weltmann, Klaus-Dieter, (2010) Smell reduction and disinfection of textile materials by dielectric barrier discharges., Natural Sciences, Vol. 2 Issue 9, p1044-1048. 5p. 2 Diagrams, 4 Graphs, 1 Map.

[41] Jong Chil Lee, (2011), Washing Machine and Steam Washing Method Thereof US Patent 20110072861

[42] Hong Xiao, Lili Liu, Meiwu Shi, (2011), Comparison of Deodorizing Properties of Several Typical Fibers, 2. Journal of Fiber Bioengineering & Informatics 4:3 (2011) 301{309

[43] Wu X W., (2003), The test method of dynamic olfactory sense and accuracy. Environmental Science Trends 4, 16-19

[44] Charles B. Hassenboehler JR, Nancy E. Wyatt, (1979), Lint-Loss and Appearance-Change Tests for Blankets, Textile Research Journal vol. 49 no. 10 583-587

[45] V. SAICHEUA, T.COOPER, A.KNOX, Public Understanding Towards Sustainable Clothing And The Supply Chain, Nottingham Trent University, http://process.arts.ac.uk/sites/default/files/vaeovan-saicheua.pdf

[46] BS EN ISO No 13938-2, (1998), Textiles – Determination of the Abrasion Resistance of Fabrics by the Martindale Method

[47] ISO No 12947-5, (2000), Textiles – Determination of Fabric Propensity to Surface Fuzzing and to Pilling. Part 2: Martindale Method.

[48] Rachel H. McQueen, Raechel M. Laing, Heather J.L. Brooks, Brian E.Niven Odor Intensity in Apparel Fabrics and the Link with Bacterial Populations, 2007, TRJ, *Textile Research Journal* 2007 77: 449

[49] ASTM Designation: E 619 – 84 (Reapproved 1995) Standard Practice for Evaluating Foreign Odors in Paper Packaging, www.astm.org.

[50] TS EN ISO 8589, Sensory analysis. General guidance for the design of test rooms

EKLER

EK A: Koku Uzaklaştırma Test Sonuçları

EK B: Hav Çıkarma Test Sonuçları

EK A: Koku Uzaklaştırma Test Sonuçları

StdSıra	ÇalışmaSırası	Orta Nokta	Blok	Tambur_motor_devri (d(dak)	Fan _motor_devri (devir/sn)	Süre (dak)	Süprem	%Koku Uzaklaştırma
1	1	1	1	1600	30	20	0,322	60,56
2	2	1	1	3400	30	20	0,025	45,56
3	3	1	1	1600	60	20	0,023	52,22
4	4	1	1	3400	60	20	0,051	58,00
5	5	1	1	1600	30	60	0,476	48,00
6	6	1	1	3400	30	60	0,124	61,33
7	7	1	1	1600	60	60	0,361	88,06
8	8	1	1	3400	60	60	0,143	81,54
9	9	1	1	1600	30	20	0,274	83,89
10	10	1	1	3400	30	20	0,015	50,00
11	11	1	1	1600	60	20	0,273	50,00
12	12	1	1	3400	60	20	0,062	62,00
13	13	1	1	1600	30	60	0,460	38,00
14	14	1	1	3400	30	60	0,113	82,00
15	15	1	1	1600	60	60	0,437	72,67
16	16	1	1	3400	60	60	0,172	96,00
17	17	0	1	2500	45	40	0,467	54,00
18	18	0	1	2500	45	40	0,441	79,00

EK B: Hav Çıkarma Test Sonuçları

Kumaş	Tambur Motor Devri (d/dak)	Fan Motor Devri (d/sn)	Süre (dakika)	Referans Test Sonucu	Test1. Hav (g)	Test2. Hav (g)	Test3. Hav (g)	Test4. Hav (g)	Test5. Hav (g)	Kaset. Hav (g)	Toplam Hav (g)	Toplam/Referans Hav (g)
Üç iplik şardon	1600	30	20	0,900	0,272	0,360	0,334	0,288	0,286	0,08	1,620	1,800
Üç iplik şardon	3400	30	20	1,113	0,028	0,040	0,075	0,025	0,042	0,07	0,280	0,252
Üç iplik şardon	1600	60	20	1,062	0,486	0,250	0,428	0,482	0,160	0,20	2,006	1,889
Üç iplik şardon	3400	60	20	1,207	0,045	0,048	0,010	0,044	0,020	0,09	0,257	0,213
Üç iplik şardon	1600	30	60	1,208	1,063	1,036	0,675	0,526	0,424	0,02	3,744	3,099
Üç iplik şardon	3400	30	60	1,178	0,032	0,036	0,060	0,054	0,018	0,11	0,310	0,263
Üç iplik şardon	1600	60	60	1,337	1,235	0,964	0,840	0,704	0,521	0,28	4,544	3,399
Üç iplik şardon	3400	60	60	1,528	0,040	0,020	0,043	0,197	0,066	0,10	0,466	0,305
Üç iplik şardon	1600	30	20	0,957	0,317	0,343	0,347	0,316	0,337	0,10	1,760	1,839
Üç iplik şardon	3400	30	20	1,428	0,013	0,029	0,044	0,020	0,045	0,09	0,241	0,169
Üç iplik şardon	1600	60	20	0,760	0,530	0,468	0,268	0,332	0,086	0,28	1,964	2,584
Üç iplik şardon	3400	60	20	1,150	0,031	0,070	0,040	0,112	0,026	0,08	0,359	0,312
Üç iplik şardon	1600	30	60	1,111	0,916	0,857	0,751	0,639	0,534	0,08	3,777	3,400
Üç iplik şardon	3400	30	60	1,188	0,106	0,033	0,032	0,019	0,056	0,09	0,336	0,283
Üç iplik şardon	1600	60	60	1,320	1,366	1,378	1,065	0,800	0,703	0,30	5,612	4,252
Üç iplik şardon	3400	60	60	1,170	0,063	0,078	0,029	0,053	0,030	0,08	0,333	0,285
Üç iplik şardon	2800	45	40	1.420	1.416	0,848	0,697	0,530	0,468	0,39	4.349	3,063
Üç iplik şardon	2800	45	40	1.244	0,946	0,728	0,663	0,598	0,492	0,34	3.767	3,028
Üç iplik	1600	30	20	0,439	0,085	0,075	0,083	0,057	0,050	0,01	0,360	0,820
Üç iplik	3400	30	20	0,522	0,004	0,009	0,001	0,004	0,007	0,00	0,025	0,048
Üç iplik	1600	60	20	0,425	0,111	0,072	0,061	0,045	0,052	0,03	0,371	0,873
Üç iplik	3400	60	20	0,415	0,008	0,010	0,005	0,015	0,013	0,01	0,061	0,147
Üç iplik	1600	30	60	0,440	0,262	0,167	0,110	0,089	0,073	0,00	0,701	1,593
Üç iplik	3400	30	60	0,430	0,003	0,005	0,007	0,007	0,006	0,01	0,038	0,088
Üç iplik	1600	60	60	0,470	0,283	0,135	0,113	0,073	0,071	0,10	0,775	1,649
Üç iplik	3400	60	60	0,430	0,024	0,002	0,002	0,028	0,020	0,07	0,146	0,340
Üç iplik	1600	30	20	0,342	0,099	0,082	0,068	0,058	0,050	0,04	0,397	1,161
Üç iplik	3400	30	20	0,470	0,003	0,004	0,003	0,009	0,003	0,00	0,022	0,047
Üç iplik	1600	60	20	0,382	0,115	0,090	0,069	0,046	0,018	0,12	0,458	1,199
Üç iplik	3400	60	20	0,462	0,002	0,008	0,004	0,003	0,006	0,00	0,023	0,050
Üç iplik	1600	30	60	0,397	0,237	0,164	0,117	0,100	0,086	0,00	0,704	1,773
Üç iplik	3400	30	60	0,351	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,01	0,025	0,071
Üç iplik	1600	60	60	0,520	0,286	0,130	0,110	0,061	0,084	0,07	0,741	1,425
Üç iplik	3400	60	60	0,347	0,023	0,033	0,006	0,018	0,002	0,00	0,082	0,236
Üç iplik	2800	45	40	0,480	0,236	0,132	0,098	0,071	0,068	0,390	0,995	2,073
Üç iplik	2800	45	40	0,392	0,286	0,148	0,088	0,070	0,065	0,370	1,027	2,620
İki iplik sardon	1600	30	20	1,591	0,633	0,613	0,543	0,500	0,480	0,11	2,879	1,810
İki iplik sardon	3400	30	20	1,848	0,058	0,052	0,045	0,033	0,032	0,04	0,260	0,141
İki iplik sardon	1600	60	20	2,009	0,917	0,688	0,555	0,506	0,427	0,28	3,373	1,679
İki iplik sardon	3400	60	20	1,544	0,059	0,059	0,125	0,088	0,093	0,04	0,464	0,301

İki iplik sardon	1600	30	60	1,892	1,705	1,713	1,032	0,791	0,593	0,19	6,024	3,184
İki iplik sardon	3400	30	60	1,848	0,037	0,066	0,047	0,015	0,021	0,15	0,336	0,182
İki iplik sardon	1600	60	60	1,988	2,050	1,187	0,895	0,758	0,621	0,41	5,921	2,978
İki iplik sardon	3400	60	60	1,493	0,077	0,100	0,094	0,095	0,047	0,05	0,463	0,310
İki iplik sardon	1600	30	20	1,788	0,546	0,506	0,492	0,471	0,508	0,15	2,673	1,495
İki iplik sardon	3400	30	20	1,941	0,044	0,046	0,061	0,066	0,038	0,05	0,305	0,157
İki iplik sardon	1600	60	20	1,470	0,776	0,559	0,585	0,381	0,341	0,21	2,852	1,940
İki iplik sardon	3400	60	20	1,541	0,077	0,021	0,046	0,057	0,057	0,01	0,268	0,174
İki iplik sardon	1600	30	60	1,968	1,724	1,381	1,080	0,884	0,759	0,17	5,998	3,048
İki iplik sardon	3400	30	60	1,895	0,133	0,041	0,073	0,031	0,038	0,10	0,416	0,220
İki iplik sardon	1600	60	60	1,835	1,812	1,072	0,760	0,566	0,532	0,52	5,262	2,868
İki iplik sardon	3400	60	60	1,856	0,082	0,090	0,123	0,096	0,122	0,11	0,623	0,336
İki iplik sardon	2800	45	40	1,740	1,666	1,058	0,805	0,652	0,531	0,17	4,882	2,806
İki iplik sardon	2800	45	40	1,808	1,592	0,999	0,749	0,605	0,490	0,16	4,595	2,541
İki iplik	1600	30	20	0,210	0,053	0,043	0,038	0,031	0,029	0,01	0,204	0,971
İki iplik	3400	30	20	0,200	0,006	0,002	0,002	0,003	0,002	0,01	0,025	0,125
İki iplik	1600	60	20	0,285	0,056	0,004	0,031	0,028	0,024	0,27	0,413	1,449
İki iplik	3400	60	20	0,236	0,002	0,005	0,005	0,003	0,005	0,01	0,030	0,127
İki iplik	1600	30	60	0,247	0,147	0,098	0,074	0,066	0,054	0,06	0,499	2,020
İki iplik	3400	30	60	0,296	0,007	0,003	0,007	0,005	0,006	0,00	0,028	0,095
İki iplik	1600	60	60	0,214	0,116	0,063	0,044	0,050	0,037	0,23	0,540	2,523
İki iplik	3400	60	60	0,184	0,019	0,005	0,009	0,009	0,016	0,03	0,088	0,478
İki iplik	1600	30	20	0,191	0,038	0,034	0,035	0,033	0,033	0,23	0,403	2,110
İki iplik	3400	30	20	0,190	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,01	0,017	0,089
İki iplik	1600	60	20	0,205	0,056	0,038	0,028	0,024	0,028	0,13	0,304	1,483
İki iplik	3400	60	20	0,202	0,008	0,009	0,001	0,008	0,005	0,02	0,051	0,252
İki iplik	1600	30	60	0,532	0,156	0,112	0,093	0,070	0,078	0,20	0,709	1,333
İki iplik	3400	30	60	0,180	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,03	0,036	0,200
İki iplik	1600	60	60	0,198	0,133	0,074	0,061	0,041	0,042	0,31	0,661	3,338
İki iplik	3400	60	60	0,142	0,006	0,004	0,003	0,003	0,006	0,14	0,162	1,141
İki iplik	2800	45	40	0,228	0,121	0,077	0,053	0,047	0,036	0,28	0,614	2,693
İki iplik	2800	45	40	0,188	0,106	0,065	0,050	0,039	0,035	0,33	0,625	3,324
Süprem	1600	30	20	0,338	0,058	0,050	0,048	0,041	0,035	0,09	0,322	0,953
Süprem	3400	30	20	0,240	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,02	0,025	0,104
Süprem	1600	60	20	0,238	1,000	3,000	0,045	0,028	0,030	0,03	0,023	0,080
Süprem	3400	60	20	0,236	0,010	0,006	0,008	0,001	0,016	0,01	0,051	0,216
Süprem	1600	30	60	0,205	0,138	0,095	0,076	0,062	0,055	0,05	0,476	2,322
Süprem	3400	30	60	0,226	0,003	0,004	0,001	0,001	0,005	0,11	0,124	0,549
Süprem	1600	60	60	0,234	0,096	0,065	0,049	0,038	0,033	0,08	0,361	1,543
Süprem	3400	60	60	0,200	0,008	0,005	0,001	0,001	0,008	0,12	0,143	0,715
Süprem	1600	30	20	0,220	0,060	0,049	0,041	0,033	0,031	0,06	0,274	1,245
Süprem	3400	30	20	0,222	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	0,015	0,068
Süprem	1600	60	20	0,224	0,050	0,037	0,031	0,025	0,020	0,11	0,273	1,219
Süprem	3400	60	20	0,191	0,003	0,010	0,007	0,003	0,009	0,03	0,062	0,325
Süprem	1600	30	60	0,245	0,148	0,098	0,068	0,056	0,050	0,04	0,460	1,878
Süprem	3400	30	60	0,176	0,004	0,002	0,001	0,005	0,001	0,10	0,113	0,642

Süprem	1600	60	60	0,230	0,161	0,071	0,055	0,042	0,038	0,07	0,437	1,900
Süprem	3400	60	60	0,252	0,014	0,010	0,006	0,012	0,010	0,12	0,172	0,683
Süprem	2800	45	40	0,240	0,130	0,064	0,044	0,037	0,032	0,16	0,467	1,946
Süprem	2800	45	40	0,262	0,122	0,068	0,024	0,055	0,032	0,14	0,441	1,683

EK B: Referans Hav Çıkarma Testine Ait Sonuçlar

Deney_no	Süprem	Iki plik	Iki iplik şardon	Üç iplik	Üç iplik şardon
1	0,227	0,189	1,607	0,48	1,137
2	0,062	0,06	0,954	0,154	0,73
3	0,043	0,043	0,656	0,089	0,551
4	0,033	0,035	0,521	0,065	0,484
5	0,031	0,029	0,415	0,052	0,418
6	0,026	0,027	0,359	0,045	0,375
7	0,021	0,026	0,345	0,039	0,322
8	0,021	0,021	0,285	0,036	0,297
9	0,020	0,02	0,244	0,033	0,258
10	0,017	0,018	0,217	0,027	0,255
11	0,017	0,018	0,209	0,031	0,233
12	0,015	0,016	0,184	0,027	0,21
13	0,016	0,015	0,177	0,027	0,196
14	0,011	0,018	0,157	0,025	0,188
15	0,012	0,014	0,155	0,022	0,172

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad **:** Bükra Kalaycı

Doğum Tarihi ve Yeri: 09.03.1987

E-posta **:** bukra.klyc@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2010, Süleyman Demirel Üniverstesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği.
- **Yükseklisans** **:** 2014, İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı , Tekstil Mühendisliği Programı.

MESLEKİ DENEYİM:

Arçelik A.Ş Temizleme Teknolojileri ARGE Merkezi,
22 Ay.