

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Şadi KAHYA**

**DENİM KUMAŞLARDA SEÇİLMİŞ KONFOR VE  
PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN OPTİMİZASYONU**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-2019**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

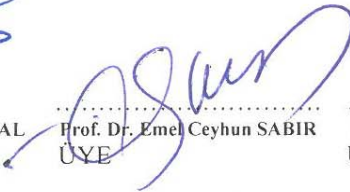
**DENİM KUMAŞLARDA SEÇİLMİŞ KONFOR VE PERFORMANS  
ÖZELLİKLERİNİN OPTİMİZASYONU**

**Şadi KAHYA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez 02/09/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

|                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| Prof. Dr. Belkis ZERVENT ÜNAL<br>DANIŞMAN                                          | Prof. Dr. Emel Ceyhan SABİR<br>ÜYE                                                  | Dr. Öğretim Üyesi İ. Hakan KARACİZMELİ<br>ÜYE                                        |

Bu tez enstitümüz tarafından Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında  
hazırlanmıştır.

**Kod No:**

**Prof. Dr. Mustafa GÖK  
Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.  
Proje No: FYL-2017-9623

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve  
fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri  
Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ÖZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DENİM KUMAŞLARDA SEÇİLMİŞ KONFOR VE PERFORMANS  
ÖZELLİKLERİNİN OPTİMİZASYONU**

**Şadi KAHYA**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL  
Yıl: 2019, Sayfa; 131  
Jüri : Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL  
: Prof. Dr. Emel Ceyhun SABİR  
: Dr.Öğr.Üyesi İ. Hakan KARAÇİZMELİ

Bu çalışmanın amacı, çeşitli yıkama işlemlerine tabi tutulmuş farklı fiziksel özelliklere sahip denim kumaşlarda, seçilmiş konfor ve performans özelliklerinin belirlenmesi ve üretim öncesi tahminlenmesine yönelik optimizasyon modelleri oluşturulmasıdır. Bu amaçla JNR MENSUCAT A.Ş. (Kadirli) işletmesinde 13 farklı denim kumaş üretilmiş, daha sonra üretilen kumaşların bir kısmına yıkama işlemi uygulanarak toplam 27 adet numune elde edilmiştir. Numune kumaşların seçilmiş fiziksel ve konfor/performans özellikleri standartlara göre tespit edilmiştir. Bu özellikler gramaj, atkı ve çözgü iplik numaraları, atkı ve çözgü sıklıkları, örgü raporu, atkı ve çözgü kopma mukavemeti, yumuşaklık, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği olarak sıralanabilir.

Testler sonucu elde edilen verilere SPSS paket programı kullanılarak çeşitli analizler (K-S testi, Runs testi, regresyon analizi) uygulanmış ve böylece üretim öncesi tahminlemeye yönelik fiziksel ve konfor/performans özellikleriyle ilgili eşitlikler oluşturulmuştur. Daha sonra bu eşitlikler kısıt olarak kullanılarak her bir konfor/performans özelliğinin ayrı ayrı eniyilenmesinin amaçlandığı veya birden fazla konfor ve/veya performans özelliğinin aynı anda optimize edilmeye çalışıldığı toplam 10 adet matematiksel model oluşturulmuştur. Ardından bu modellerin optimum çözümleri LINGO 18.0 optimizasyon yazılımı kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Denim, konfor, performans, regresyon, optimizasyon

## **ABSTRACT**

### **MSc THESIS**

#### **OPTIMIZATION OF SELECTED COMFORT AND PERFORMANCE PROPERTIES OF DENIM FABRICS**

**Şadi KAHYA**

**ÇUKUROVA UNIVERSITY  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING**

Supervisor : Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL  
Year: 2019, Pages: 131  
Jury : Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL  
: Prof. Dr. Emel Ceyhun SABİR  
: Asst. Prof. Dr. İ. Hakan KARAÇİZMELİ

The aim of this study is to obtain some selected comfort and performance properties of washed denim fabrics having different physical properties and to develop optimization models in order to use it in pre-production prediction.

For this purpose, 13 denim fabric with different physical properties were produced in JNR MENSUCAT Holding (Kadirli), and by applying different washing processes to some of the produced fabrics a total of 27 samples were obtained. Then some selected physical and comfort/performance properties of these fabrics were determined experimentally according to relevant standards. These properties were listed as fabric weight, weft and warp yarn number, weft and warp density, weave repeat, fabric tensile strength, softness, air permeability and water vapor permeability.

Various statistical analyses (K-S test, Runs test, regression analyses) were applied to the data obtained by using the SPSS package program. and thus the equations related to physical and comfort/performance properties which will be used in pre-production estimation were determined.

Then, by using these equations as constraint, a total of 10 mathematical models were created in order to optimize each comfort/performance properties separately or to optimize multiple comfort and/or performance properties at the same time. Optimum solutions were determined by using LINGO 18.0 optimization software and the results were analyzed.

**Keywords:** Denim, comfort, performance, regression, optimization

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

15. yüzyılda Cenova ve Nimes kentinde, dokunan pamuklu kumaşların indigo boyasıyla boyanması neticesinde denim kumaş üretimi başlamıştır. Çözümlü ipliklerinin boyanıp, atkı ipliklerinin boyanmaması denim kumaşının en temel özelliğidir. Geçmiş yıllarda sadece dayanıklı olması nedeniyle tercih edilen denim kumaş, günümüzde tüketicilerin en çok rağbet ettiğı kumaş türlerinin başında gelmektedir. Denim kumaşın bütün dünyada yaygın olarak kullanılması sebebiyle, küresel pazarda var olmak isteyen tekstil firmaları denim kumaş üretimine başlamıştır.

Son yıllarda konfor özellikleri giysiler için önemli bir nitelik olarak sayılmaya başlanmıştır. İnsan vücudu ile çevresi arasındaki fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumun memnuniyet verici olma durumunu ifade eden giysi konforu, ısı konforu, duysal konfor, psikolojik konfor ve vücut hareketi konforu olmak üzere dört ana başlık altında incelenmektedir.

Değişen kullanıcı beklentileri neticesinde giysilerin konfor özellikleri ön plana çıkmaktadır. Konfor özellikleri bir çok farklı ürün grubunda olduğı gibi denim kumaş ürünlerinde de geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu doğrultuda hem ürün özelliklerini geliştirmek hem de mevcut durumu değerlendirmek amacıyla birçok akademik çalışma yapılmıştır. Bu çalışma konfor ve/veya performans özelliklerinin en iyilenmesinin amaçlandığı optimizasyon modelleri oluşturulmasını hedeflemektedir.

Çalışma kapsamında kullanılmak üzere farklı özelliklere sahip 13 denim kumaş dokunmuştur. Dokunan kumaşların bir kısmına, (rins, enzim ve taş) olmak üzere 3 farklı yıkama işlemi uygulanmış ve böylelikle 27 adet numune kumaş elde edilmiştir. Kumaşların üretimi sırasında kumaş konfor ve performans özellikleri üzerine etkisi olan hammadde, iplik eğirme sistemi, çözgü iplik numarası, atkı iplik numarası, çözgü sıklığı, atkı sıklığı, dokuma örgüsü ve yıkama tipi bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Üretilen numune kumaşların, gramaj, atkı ve çözgü

sıklıkları, atkı ve çözgü iplik numaraları ve dokuma örgüsü (raporu) gibi fiziksel özellikleri ile, atkı ve çözgü kopma mukavemeti, yumuşaklık, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği gibi performans ve konfor özellikleri standartlar esas alınarak deneysel olarak belirlenmiştir.

Değişken olarak belirlenmiş olan özelliklerin deneysel olarak tespit edilen verilerinin normal dağılıma uygunluğunun tespiti için “KOLMOGOROV-SMIRNOV”, değişkenlerin almış oldukları ölçüm değerlerinin birbiriyle etkileşiminin başka bir ifadeyle rastgelelik durumunun tespiti için “WOLD-WOLFOWITZ DİZİLER (RUNS)” testleri ve seçilmiş bir bağımlı değişken (yanıt değişkeni) ile açıklayıcı değişkenler (bağımsız değişkenler) arasındaki ilişkiyi veren eşitliklerin oluşturulması amacıyla “REGRESYON ANALİZİ” uygulanmıştır.

Tez çalışmasının son aşamasında ise istatistiksel çalışma sonucunda elde edilen eşitlikler kısıt olarak kullanılarak incelenen konfor ve/veya performans özelliklerinin eniyilenmesinin amaçlandığı çeşitli optimizasyon modelleri geliştirilmiştir. Söz konusu modellerin çözümü ise LINGO 18.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda, konfor ve/veya performans özelliklerinin ayrı ayrı eniyilemesinin amaçlandığı tek amaçlı 5 model ve aynı anda birden fazla özelliğin optimizasyonunun amaçlandığı 5 model olmak üzere toplam 10 adet tek amaçlı ve çok amaçlı doğrusal matematiksel model oluşturulmuş ve optimum çözümleri belirlenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesinde ve tezimin yürütülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen, çalışmam süresince karşılaştığım her türlü sorunun çözümü sırasında desteğini gördüğüm değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Emel Ceyhun SABIR ve Dr. Öğretim Üyesi İ. Hakan KARAÇİZMELİ'ye yardımlarından ve değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın ortaya çıkmasını sağlayan numune kumaşların, hammadde temini, üretimi, ön terbiyesi, yıkaması ve bunların tarafıma ulaştırılmasında her türlü yardımı ve desteği sağlayan JNR MENSUCAT A.Ş. tüm çalışanlarına en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvar imkanlarından faydalanmamı sağlayan sayın bölüm başkanımız Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA başta olmak üzere Tekstil Mühendisliği Bölümü akademik ve idari personeline teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca, bilgi ve tecrübeleriyle her zaman katkıda bulunan, sayın hocalarım Prof. Dr. Emel Ceyhun SABIR, Doç. Dr. Füsün DOBAKADEM ve Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Deneysel çalışma aşamasında bana her türlü yardımı yapan Muhittin ÖZKAN ve Arş.Gör. Sait YILÖNÜ hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman desteklerini hissettiğim canım annem ve canım babam başta olmak üzere ailemin tüm fertlerine teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca her zaman yanımda olan canım eşim ve can parçalarım çocuklarım Meryem, Ömer ve Muhammed Fatih'e varlıklarıyla bana her zaman güç verdikleri için sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| ÖZ .....                                                   | I   |
| ABSTRACT.....                                              | II  |
| GENİŞLETİLMİŞ ÖZET .....                                   | III |
| TEŞEKKÜR.....                                              | V   |
| İÇİNDEKİLER .....                                          | VI  |
| ÇİZELGE DİZİNİ.....                                        | X   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                      | XII |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                       | XIV |
| 1. GİRİŞ .....                                             | 1   |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....                                 | 5   |
| 3. DENİM .....                                             | 29  |
| 3.1. Denim Kumaşın Tarihçesi .....                         | 29  |
| 3.2. Türkiye’de Denim Kumaşın Yeri ve Önemi.....           | 31  |
| 3.3. Denim Kumaşın Yapısı ve Genel Özellikleri.....        | 34  |
| 3.4. Denim Kumaş Üretimi .....                             | 38  |
| 4. GİYSİ KONFORU.....                                      | 47  |
| 4.1. Konfor Kavramı .....                                  | 47  |
| 4.2. Giysi Konforunun Sınıflandırılması.....               | 48  |
| 4.2.1. Psikolojik Konfor.....                              | 51  |
| 4.2.2. Fiziksel Konfor .....                               | 52  |
| 4.2.3. Termofizyolojik (Termal veya Isıl) Konfor .....     | 52  |
| 4.2.3.1. Termofizyolojik Konfor Parametreleri .....        | 53  |
| 4.2.3.1.(1). Isıl Geçiş Özellikleri.....                   | 53  |
| 4.2.3.1.(2). Su Buharı Geçirgenliği .....                  | 55  |
| 4.2.3.1.(3). Hava Geçirgenliği.....                        | 55  |
| 4.2.3.1.(4). Nem İletimi.....                              | 55  |
| 4.2.3.2. Termofizyolojik Konforu Etkileyen Faktörler ..... | 56  |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5. MATERYAL VE METOD .....                                                                        | 59 |
| 5.1. Materyal .....                                                                               | 59 |
| 5.2. Metod .....                                                                                  | 64 |
| 5.2.1. Denim Kumaşlara Uygulanan Yıkama İşlemleri .....                                           | 64 |
| 5.2.2. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler .....                             | 66 |
| 5.2.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler .....             | 66 |
| 5.2.2.2. Kumaşların Performans ve Konfor özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler ..... | 68 |
| 5.2.3. Kullanılan İstatistiksel Paket Programı .....                                              | 73 |
| 5.2.4. Kullanılan Optimizasyon Yazılımı .....                                                     | 74 |
| 6. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR .....                                                             | 77 |
| 6.1. Numunelerin Fiziksel Özellikleri .....                                                       | 77 |
| 6.1.1. Çözümlü ve Atkı İplik Numarası Ölçüm Sonuçları .....                                       | 78 |
| 6.1.2. Çözümlü ve Atkı Sıklığı Ölçüm Sonuçları .....                                              | 79 |
| 6.1.3. Gramaj Ölçüm Sonuçları .....                                                               | 81 |
| 6.1.4. Dokuma Örgüsü (Rapor) Test Sonuçları .....                                                 | 82 |
| 6.2. Numunelerin Performans/Konfor Özellikleri .....                                              | 82 |
| 6.2.1. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları .....                                                      | 83 |
| 6.2.2. Yumuşaklık Test Sonuçları .....                                                            | 84 |
| 6.2.3. Hava Geçirgenliği Test Sonuçları .....                                                     | 85 |
| 6.2.4. Su Buharı Geçirgenliği Test Sonuçları .....                                                | 87 |
| 7. İSTATİSTİKSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARI .....                                                       | 89 |
| 7.1. Kolmogorov-Smirnov Testi Sonuçları .....                                                     | 92 |
| 7.2. Histogram Grafiklerinin Sonuçları .....                                                      | 94 |
| 7.3. Wald-Wolfowitz Diziler (Runs) Testinin Sonuçları .....                                       | 96 |
| 7.4. Regresyon Analizi .....                                                                      | 97 |
| 7.5. Regresyon Analizi Sonuçları .....                                                            | 98 |
| 7.5.1. Fiziksel Özelliklerin Regresyon Analizi Sonuçları .....                                    | 98 |

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.5.2. Performans/Konfor Özelliklerin Regresyon Analizi Sonuçları ..... | 102 |
| 8. OPTİMİZASYON MODELLERİ VE ÇÖZÜMLERİ .....                            | 105 |
| 8.1. Tek Amaçlı Modeller .....                                          | 105 |
| 8.2. Çok Amaçlı Modeller.....                                           | 110 |
| 9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....                                           | 119 |
| 9.1. Sonuçlar .....                                                     | 119 |
| 9.2.Öneriler .....                                                      | 122 |
| KAYNAKLAR .....                                                         | 123 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                          | 131 |



|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 3.1. Dünya denim kumaş ihracatında ülkeler 2017-2018 dönemi .....           | 32  |
| Çizelge 3.2. Türkiye'nin denim kumaş ihracatı (ülkeler) 2017 - 2018 dönemi.....     | 33  |
| Çizelge 3.3. Türkiye'nin denim giysi ihracatı 2017-2018 dönemi ülkeler .....        | 34  |
| Çizelge 5.1. Kullanılan çözgü ipliklerin temel özellikleri .....                    | 59  |
| Çizelge 5.2. Kullanılan atkı ipliklerin temel özellikleri .....                     | 60  |
| Çizelge 5.3. Dokuma makinasının teknik özellikleri .....                            | 60  |
| Çizelge 5.4. Numune kumaşların genel özellikleri .....                              | 61  |
| Çizelge 5.5. Rins yıkama reçetesi .....                                             | 64  |
| Çizelge 5.6. Taş yıkama reçetesi.....                                               | 65  |
| Çizelge 5.7. Enzim yıkama reçetesi .....                                            | 65  |
| Çizelge 5.8. Test edilen özellikler ve testlerin standart numaraları .....          | 66  |
| Çizelge 6.1. Çözgü iplik numarası ölçüm sonuçları .....                             | 78  |
| Çizelge 6.2. Atkı iplik numarası ölçüm sonuçları.....                               | 79  |
| Çizelge 6.3. Numunelerin atkı ve çözgü sıklıkları.....                              | 80  |
| Çizelge 6.4. Numunelerin gramaj (g/m <sup>2</sup> ) değerleri .....                 | 81  |
| Çizelge 6.5. Numunelerin fiziksel özelliklerinin dağılma aralıkları .....           | 82  |
| Çizelge 6.6. Numunelerin kopma mukavemeti değerleri.....                            | 83  |
| Çizelge 6.7. Numunelerin yumuşaklık değerleri .....                                 | 85  |
| Çizelge 6.8. Numunelerin hava geçirgenliği değerleri.....                           | 86  |
| Çizelge 6.9. Numunelerin su buharı geçirgenliği değerleri .....                     | 88  |
| Çizelge 7.1. SPSS veri sayfasına girilen ölçüm değerleri.....                       | 90  |
| Çizelge 7.2. SPSS veri girişinde kullanılan kodlar .....                            | 92  |
| Çizelge 7.3. Performans/konfor özelliklerinin normallik (K-S) testi sonuçları ..... | 93  |
| Çizelge 7.4. Fiziksel büyüklüklerin normallik (K-S) testi sonuçları .....           | 93  |
| Çizelge 7.5. Performans/konfor özelliklerine ait verilerin RUNS testi sonuçları...  | 97  |
| Çizelge 7.6. Fiziksel özelliklere ait verilerin RUNS testi sonuçları .....          | 97  |
| Çizelge 7.7. Modellerde kullanılacak eşitlikler .....                               | 103 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 8.1. Modelde verilen kısıtların sınır değerleri..... | 106 |
| Çizelge 8.2. Oluşturulan modellerin çözüm sonuçları .....    | 117 |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Denim Kumaş Görünümü (Çakir, 2010) .....                         | 36 |
| Şekil 3.2. Denim kumaşlardaki bazı doku tiplerinin şematik görünümleri..... | 37 |
| Şekil 3.3. Denim kumaş üretimi akış şeması (Çataloğlu, 2007) .....          | 39 |
| Şekil 3.4. Halat boyama makinesi (Paul, 2015) .....                         | 40 |
| Şekil 3.5. Açık en (slasher) boyama makinesi (Paul, 2015) .....             | 42 |
| Şekil 3.6. Levent boyamada kullanılan delikli levent (Çataloğlu, 2007)..... | 42 |
| Şekil 4.1. Konfor değerlendirme şeması (Karalomlu, 2010) .....              | 50 |
| Şekil 4.2. Fiziksel olarak konforlu olmama (Erenler, 2013).....             | 52 |
| Şekil 4.3. Mikro klimayı etkileyen faktörler (Marmaralı ve ark., 2006)..... | 57 |
| Şekil 5.1. Titan universal mukavemet test cihazı.....                       | 70 |
| Şekil 5.2. Stiffness test cihazı .....                                      | 71 |
| Şekil 5.3. Prowhite hava geçirgenliği test cihazı .....                     | 72 |
| Şekil 7.1. CN (çözümlü numarası) verilerinin histogram grafiği .....        | 94 |
| Şekil 7.2. AN (atkı numarası) verilerinin histogram grafiği .....           | 94 |
| Şekil 7.3. CS (çözümlü sıklığı) verilerinin histogram grafiği .....         | 95 |
| Şekil 7.4. AS (atkı sıklığı) verilerinin histogram grafiği .....            | 95 |
| Şekil 7.5. Gramaj (G) verilerinin histogram grafiği .....                   | 95 |
| Şekil 7.6. Ckop (çözümlü kopma muk.) verilerinin histogram grafiği .....    | 95 |
| Şekil 7.7. Akop (atkı kopma muk.) verilerinin histogram grafiği.....        | 95 |
| Şekil 7.8. Y (yumuşaklık) verilerinin histogram grafiği .....               | 95 |
| Şekil 7.9. HG (hava geç.) verilerinin histogram grafiği.....                | 96 |
| Şekil 7.10. SBG (su buharı geç.) verilerinin histogram grafiği .....        | 96 |
| Şekil 7.11. Bağımlı değişkenin G olduğu analiz sonuçları .....              | 99 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|         |                                                         |
|---------|---------------------------------------------------------|
| A       | : Alan [ $m^2$ ]                                        |
| AH      | : Atkı hammaddesi                                       |
| Akop    | : Atkı kopma mukavemeti [N]                             |
| AN      | : Atkı iplik numarası [Ne]                              |
| AS      | : Atkı sıklığı [tel/cm]                                 |
| ASTM    | : American Society for Testing and Materials            |
| AT      | : Atkı tipi                                             |
| B.T     | : Kırık dimi                                            |
| CH      | : Çözümlü hammaddesi                                    |
| Ckop    | : Çözümlü kopma mukavemeti [N]                          |
| CN      | : Çözümlü iplik numarası [Ne]                           |
| Co      | : Pamuk                                                 |
| CS      | : Çözümlü sıklığı [tel/cm]                              |
| CT      | : Çözümlü tipi                                          |
| d       | : Çap [mm]                                              |
| G       | : Gramaj [ $g/m^2$ ]                                    |
| h       | : Saat                                                  |
| HG      | : Hava geçirgenliği [mm/s]                              |
| M       | : Kütle [g]                                             |
| OE      | : Open-end                                              |
| OT      | : Örgü tipi                                             |
| Pes     | : Polyester                                             |
| $q_v$   | : Hava akışı [ $dm^3/dak$ ]                             |
| R       | : Birden fazla değişken arasındaki korelasyon katsayısı |
| $R^2$   | : Belirtme katsayısı                                    |
| $R^2_d$ | : Düzeltilmiş $R^2$ değeri                              |
| SBG     | : Su buharı geçirgenliği [ $g/m^2/gün$ ]                |

|     |                               |
|-----|-------------------------------|
| t   | : Zaman [saat]                |
| Te  | : Tencel                      |
| TS  | : Türk Standartları           |
| TSE | : Türk Standartları Enstitüsü |
| Y   | : Yumuşaklık [Kg]             |
| YT  | : Yıkama tipi                 |



## 1. GİRİŞ

Türkiye, özellikle 1980'lerin başından itibaren bir tekstil ülkesi olarak nitelendirilmiştir. Ekonomik ve kaliteli ürün arayışı içerisindeki birçok uluslararası hazır giyim kuruluşu Türkiye'yi tercih etmektedir. İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri'nin 2018 tarihli Denim Raporu'na göre, 2016 yılı Dünya denim kumaş ihracatında en büyük paya sahip ülkeler; %38,3 ile Çin, %10,7 ile Pakistan, %9,8 ile Hong Kong ve %8,6 ile Türkiye'dir. 2017 Ocak-Kasım döneminde (değer bazında) Avrupa Birliği'nin en fazla denim kumaş ithal ettiği ülkeler arasında ise Türkiye %30,4'lük pay ile birinci sıradadır (www.ithib.org.tr, 2018). Uludağ İhracatçı Birlikleri'nin 2019 tarihli Türkiye Denim Sektörü Dış Ticaret Raporu'na göre; Toplam 4 milyar 910 milyon dolar olan dünya denim kumaş ihracatında 338 milyon dolar ihracat ile %7, hazır giyimde ise 2,1 milyar dolar ihracat ile %4,5 paya ulaşarak her iki branşta da dünyanın en fazla ihracat yapan dördüncü ülkesi olmuştur (www.uib.org.tr, 2019).

Spor giyim ve özellikle Jean pantolon yapımında kullanılan kaba, dayanıklı bir kumaş olan denim, Fransa'nın "de Nimes" kentinde üretilmeye başlandığı için, "Nimes'den gelen" anlamını taşıyan adını bu şehirden almıştır.

Denim kumaşlar dayanıklı ve zor aşınan kumaşlar olduğu için ilk denim giysiler, iş giysileri olarak üretilmiş ve kullanılmıştır. Geçen süre zarfında denim kumaş ve denim kumaşlardan yapılan giysiler, insanların yaşam tarzlarının değişmesiyle birlikte değişmiş ve gelişmiştir. Denim kumaşların konfor ve performans özelliklerini etkileyen önemli değişim/gelişim aşamaları, farklı kumaş kalınlıkları ve ağırlıklarında üretilmesi, başlangıçta kumaş oluşumunda sadece %100 pamuk lifi kullanılırken, lif ve iplik teknolojisinin gelişmesiyle birlikte farklı liflerin de denim kumaş yapısına dahil edilmesi, yeni terbiye teknikleri ile farklı görüntü ve tuşelerde kumaş eldesi ve kumaşa çift yönlü elastikiyet, dayanıklılık, vücuda göre kolay şekil alabilme vb. özelliklerin kazandırılmasıdır. Sağlanan bu

değişim ve gelişmeler sayesinde denim kumaşlar/giysiler daima gündemde kalan ürünler olabilmeyi başarmışlardır.

Zamanla kullanılmış görünümlü denim mamullere eğilimin artmasıyla, yıkama işletmelerinde kumaşlar, bir takım aşındırma işlemlerinden de geçirilmeye başlanmıştır. Bu amaçla, denim kumaştan üretilmiş mamullere, kumlama, zımparalama, lazer vb. gibi fiziksel; taş yıkama, enzim yıkama, enzimli taş yıkama, ağartma, vb. gibi kimyasal eskitme işlemleri uygulanabilmektedir. Denim kumaşa uygulanan bu yıkama işlemlerinin kumaşın fiziksel ve termofizyolojik özelliklerini kötü yönde etkilememesi gerekmektedir.

Giymek, insanın en temel ihtiyaçlarından birisidir. Giysi, vücudu uygun olmayan fiziksel şartlara karşı koruyan bir ya da birden fazla katmandan oluşan bir bariyer olarak düşünülebilir. Tekstil teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak insanların yaşam standartlarının yükselmesiyle, giysilerden koruma, sağlamlık, estetik yanında bazı fonksiyonel özellikler de beklenmeye başlamıştır. Gün içinde ve özellikle uzun çalışma saatlerinde, yüksek giysi konforunun sağlanması vücudun kendini rahat hissetmesi açısından oldukça önemlidir. Bu açıdan giysilerin, ısı ve nem iletimini dengelemesi ve koruyucu özellikte olması istenmektedir. Bu kapsamda, son yıllarda özellikle konfor özellikleri giysiler için önemli bir nitelik olarak sayılmaya başlanmıştır. Eskiden, tekstil sektöründe müşteri talebinde ve kalite anlayışında etkili ve ayırt edici faktör olarak sadece ürünün mukavemet, haslık vb. performans özellikleri önem arz etmekte iken son dönemlerde performans özelliklerinin yanı sıra ürünün konfor özellikleri de ön plana çıkmıştır. Bu durum konfor araştırmalarına yön vermiş, tekstil ve lif piyasasında yeni, cazip ve beklentileri karşılayacak ürünlere yönelik araştırmaları hızlandırmıştır.

Tekstil işletmelerinin içinde bulunduğu rekabet ortamında yeni ürünlerin geliştirilmesi ve mevcut ürünlerin iyileştirilmesi son derece önem taşımaktadır. Bu nedenle belirli fiziksel özelliklerdeki mamullerin konfor ve/veya performans özelliklerinin, çeşitli matematiksel ifadeler kullanılarak önceden tahmin edilmesi

ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda üretim yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bu kapsamda deneysel olarak tespit edilen gerçek verilere istatistiksel paket programlar kullanılarak çeşitli analizlerin uygulanmasıyla bağıntılar oluşturulabilmekte ve elde edilen bu denklemler, özelliklerin önceden tahmin edilmesinde kullanılabilmektedir. Ayrıca benzer işlemler ile, yine tahminleme amaçlı kullanılmak üzere denim kumaşın seçilmiş fiziksel özelliklerini diğer fiziksel büyüklükler cinsinden ifade edecek eşitliklerde oluşturulabilmektedir. Böylelikle kumaşların fiziksel ve performans/konfor özellikleri üretime geçmeden tahmin edilerek deneme üretimleri ortadan kaldırılacak, zaman kaybı ve denemelerden kaynaklanacak maliyet artışı da önlenmiş olacaktır.

İstenilen özelliklere sahip kumaşların üretimini sağlayacak fiziksel özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla yöneylem araştırması konusu kapsamında yeralan çeşitli matematiksel modeller oluşturulabilmektedir. Bu modellerde, istatistiksel analizler ile elde edilen eşitlikler kısıt olarak kullanılmakta, fiziksel ve konfor/performans özelliklerine alt ve üst sınır değerleri verilmekte ve modelin çözümüyle, sözkonusu özellikleri bu sınırlar içerisinde olan bir denim kumaşın optimum özellikte üretilebilmesi için kullanılması gereken fiziksel büyüklükler tespit edilebilmektedir. Benzer şekilde birden fazla konfor ve/veya performans özelliğinin aynı anda en iyilenmesinin amaçlandığı modeller de oluşturulabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında farklı hammaddelerle ve farklı eğirme sistemleri ile üretilen farklı numaralarda iplikler kullanılarak, farklı sıklıklar ve konstrüksiyonlarda dokunmuş ve üzerine farklı yıkama işlemleri uygulanmış denim kumaşların seçilmiş bazı konfor/performans özelliklerinin deneysel olarak belirlenerek, istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi ve daha sonra konfor ve/veya performans özelliklerinin maksimizasyonunun veya minimizasyonunun amaçlandığı optimizasyon modelleri oluşturulması hedeflenmiştir. Bu amaçla JNR MENSUCAT A.Ş. işletmesinde farklı fiziksel özelliklere sahip 27 adet numune kumaş üretimi gerçekleştirilmiş ve daha sonra sözkonusu numunelerin fiziksel ve

konfor/performans özelliklerini belirlemek amacıyla standartlaştırılmış test yöntemleriyle deneysel çalışma yürütülmüştür. Bu kapsamda fiziksel özellik olarak gramaj, atkı ve çözgü sıklıkları, atkı ve çözgü iplik numaraları ve dokuma örgüsü, konfor/performans özelliklerinden ise atkı ve çözgü kopma mukavemeti, yumuşaklık, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği değerleri belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen bu değerler veri olarak kullanılarak SPSS paket programı yardımıyla çeşitli istatistiksel analizler (K-S testi, Runs testi ve regresyon analizleri) gerçekleştirilmiş ve fiziksel özelliklerle konfor/performans büyüklüklerinin üretime geçilmeden, bilinen fiziksel özellikler kullanılarak tahmin edilmesini sağlayacak çok sayıda eşitlik elde edilmiştir. Daha sonra bu denklemler oluşturulacak optimizasyon modellerinde kısıt olarak kullanılmıştır.

Tez çalışmasının esas amacı konfor ve/veya performans özelliklerinin en iyilenmesinin hedeflendiği optimizasyon modelleri elde etmektir. Bu amaçla öncelikle her bir konfor/performans özelliğinin ayrı ayrı eniyilenmesinin amaçlandığı ve bir veya daha fazla konfor ve/veya performans özelliğinin aynı anda optimize edilmeye çalışıldığı toplam 10 adet matematiksel model oluşturulmuş ve bunların optimum çözümleri LINGO 18.0 optimizasyon yazılımı kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar irdelenmiştir. Söz konusu modellerin oluşturulması, çözümü ve çözüm raporlarının yorumu, ilgili bölümlerde, detaylı olarak irdelenmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma kapsamında, tekstil mamullerinin ve denim kumaşların konfor özellikleri ve testleri, fiziksel ve konfor-performans özelliklerinin etkileşimi, apre ve yıkama işlemlerinin denim kumaş konfor-performans özellikleri üzerine etkisi ve üretim öncesi tahminleme öğelerinin deneysel olarak belirlendiği ve yorumlandığı çalışmalarla deneysel çalışmaların bulgularının istatistiksel analizle değerlendirildiği günümüze kadar yapılmış bilimsel eserlere yer verilmiştir.

Çalışma süresince yapılan literatür taraması sonucu ulaşılan yayınlardan (tez, makale vb.) seçilmiş olanlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

**Yoon ve Buckley (1984)** yaptıkları çalışma kapsamında, polyester, pamuk ve polyester / pamuk karışımı kumaşların ısı konfor özelliklerini incelenmişlerdir. Sonuçlarda hem kumaş yapımı hem de lif cinsi ısı iletkenliğini etkilediği görülmüştür. Genel olarak ısı yalıtımı, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği kumaşın geometrik parametrelerine (özellikle kalınlık ve gözenekliliğine) bağlı olduğu ifade edilmiştir. Sıvı su iletimi kumaşı oluşturan lif cinsine kuvvetle bağlı olduğu tespit edilmiştir. Pamuk genellikle polyester üzerinde avantaj göstermiştir. 50/50 polyester / pamuk karışımı sıvı su iletimi konusunda pamuk ile neredeyse aynı olduğu tespit edilmiştir.

**Harrison (1993)** çalışmasında, konfor parametrelerini etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmış ve aşağıdaki faktörlerin etkili olduğunu bulmuştur:

- Lifin ve kumaş içinde tutulan havanın ısı iletkenliği
- Kumaş kalınlığı ve katman sayısı
- Kumaşın hacimsel yoğunluğu (kumaş içindeki hava boşluklarının sayısı, büyüklüğü ve dağılımı)
- Kumaş yüzeyi (kullanılan lifin tipi, kumaşın yapısı, kumaştaki bitim işlemleri)

- Kumaş ve yüzey arasındaki temas alanı
- Deri ve kumaş arasındaki kontakt ısı kaybı
- Deri ile kumaş arasındaki konveksiyon ısı kaybı
- Işıma (radyasyon) ile ısı kaybı (deri ve kumaş yüzeylerinin emisyon kabiliyeti)
- Deri ve kumaştan suyun buharlaşması ile ısı kaybı
- Kumaşın su absorbe etmesi nedeniyle ısı kaybı veya artışı.

**Radhakrishnaiah ve arkadaşları (1993)** çalışmalarında, pamuk/polyester karışım ile pamuk (dış) / polyester (öz) özlü iplikten yapılmış özdeş dokuma kumaşların termal temas davranışlarını ölçmüş ve özlü iplikten yapılan kumaşın daha soğuk temas hissi verdiğini bulmuşlardır. Kuru ve ıslak temas tekniklerine göre yapılan ölçümler sonucunda, özlü iplikten yapılan kumaşın kuru halde daha az, ıslak halde daha çok ısı ilettiği ve daha az ısı yalıtım değerine sahip olduğu görülmüştür.

**Frydrych ve Dziworska (2002)** çalışmalarında, pamuk ve tencel ipliklerden dokunmuş kumaşların ısı iletkenlik, soğurganlık, ısı direnç ve diğer ısı izolasyon özelliklerini karşılaştırmışlardır. Yapılan deneysel çalışmada, bezayağı, rips 2/2 ve dimi 1/5 yapılarında kumaşlar 20 tex inceliğinde aynı miktarda büküme sahip 100 % pamuk ve 100% tencel ipliklerden, atkı ve çözgü sıklıkları 32 tel/cm olarak üretilerek, dokuma tipinin ısı özelliklerine etkisi de incelenmiştir. Yazlık giysi kullanımı için üretildiği varsayılan bu kumaşların ısı özelliklerinin karşılaştırma sonuçları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

- Pamuklu kumaşların ısı iletkenlik değerleri tencel kumaşlarındakinden daha yüksek olmaktadır.
- Bezayağı doku yapısı ile dokunmuş kumaşların ısı iletkenlik değerleri diğer iki tip dokuya göre daha yüksektir.

- Tencel kumaşların ısı difüzyon değerleri pamuklu kumaşlardan daha yüksektir.
- Isıl soğurganlık değerlerinin karşılaştırılmasında, tencel kumaşların değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.
- Doku tipleri karşılaştırıldığında bezayağı kumaşların ısı soğurganlık değerinin en yüksek, dimi kumaşların ise en düşük olduğu belirlenmiştir.
- Tencel kumaşların hava geçirgenlikleri pamuklu kumaşlardan daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

**Holme (2003)** havlı ve astarlı örgüler üzerinde yaptığı çalışma ile, havların ısı tutmayı sağladığını ve böylece ısı direnç değerinin yükseldiğini ortaya koymuştur. Ayrıca yün lifinin üstün su emme yeteneği ve ısıl tampon yaratması sayesinde, vücutla temas halindeki yüzeylerde kullanılabileceğini belirtmiştir.

**Matusiak (2006)** çalışmasında, tekli ve çoklu tabakalardan oluşmuş tekstil materyallerinin termal yalıtım özellikleri Alambeta cihazında test edilerek materyal takımlarının termal yalıtım özellikleri ile komponentlerin termal yalıtım özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Sonuçta kompozit bir kumaşın termal yalıtım özelliklerinin komponentlerin konfigürasyonuna ve özelliklerine bağlı olduğu ortaya koyulmuştur.

**Marmaralı ve arkadaşlarının (2006)** yürüttükleri çalışma kapsamında, giysilerde ısı ve nem geçirgenlik özellikleri ile ilgili kavramların tanımları yapılmış ve bu özellikleri etkileyen parametreler ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Çalışmada çevre koşulları ile insan ve giysi parametrelerinin ısı soğurganlık ve bağıl su buharı geçirgenliği üzerine etkileri açıklanmıştır. Çalışmada giysi parametrelerinden iplik inceliği, kumaş kalınlığı, dokuma örgüsü gibi parametrelerin etkileri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Çalışmada kumaş kalınlığı arttıkça su buharı geçirgenliğinin azaldığı, iplik ve lif inceliği azaldıkça su buharı geçirgenliğinin arttığı belirtilmiştir.

**Kanat (2007)** çalışmasında, Ne 36/1 numara pamuk, tencel ve viskon, 167 dtex dairesel kesitli, altı kanallı ve mikro polyeste ipliklerden iki farklı doku tipinde ( bezayağı ve Dimi 1/3) ve farklı atkı sıklıklarında (bezayağı kumaşlarda 19 tel/cm, 23 tel/cm, 27 tel/cm; dimi kumaşlarda 23 tel/cm, 27 tel/cm, 31 tel/cm) gömleklik kumaşlar dokunmuş ve bu kumaşların ısı özellikleri, dikey yönde su iletim davranışları, su buharı ve hava geçirgenlikleri incelenmiştir. Yapılan testlere göre, özellikleri irdelenen gömleklik kumaşların kullanılacağı ortam sıcaklıkları ve kişilerin terleme durumları önemli olduğunu tespit etmiştir. Bu nedenle, yorum yapılırken ortam sıcaklığının (iklim şartlarının), vücut sıcaklığının, terleme durumunun ve faaliyetlerin göz önüne alınması gerektiğini ifade etmiştir.

**Öner (2008)** çalışma kapsamında, farklı lif tiplerinden elde edilmiş ipliklerle, farklı hav yüksekliklerinde, farklı örgülerde dokunup bir kısmı terbiye işlemi gören kumaşların konfor parametreleri ölçümü yapılmıştır. Amaç havlu ve bornoz olarak üretilen dokuma kumaşlar için oldukça önemli olan hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, su emme hızı gibi konfor parametrelerinin optimum değerlerini tespit ederek, en mükemmel konforu sağlayabilmektir. Sonuçta hava geçirgenliği değerleri incelendiğinde, düşük havlı ve PP oranı yüksek, ham kumaşlar daha iyi hava geçirgenliği değerleri vermiştir. PP lifleri düşük yoğunlukları nedeniyle bu kadar yüksek hava geçirgenliği değerleri vermiştir. Su buharı geçirgenliği değerleri incelendiğinde; hav yüksekliğinin çok belirleyici olmadığı, PP oranının artmasının olumlu olduğu, ham haldeki kumaşların daha iyi değerler verdiği görülmüştür.

**Özdil (2008)** yaptığı çalışmada, yün, akrilik, pamuk ve PA içeren çorapların ısı konfor özellikleri hakkında deneysel çalışmalar yapmış ve sonuçları yorumlamıştır. Deneysel çalışmada ısı direnç, ısı iletkenlik ve ısı soğurganlık değerleri Alambeta, bağıl su buharı geçirgenliği değerleri Permetest, hava geçirgenliği değerleri FX3300 cihazlarında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, yün çorapların ısı iletkenlik değerlerinin akrilik çoraplardan daha düşük olduğunu göstermiştir. Yün- akrilik karışımı çorapların ısı direnç değerleri %100 akrilik

çoraplardan daha yüksektir ve ısı iletkenliği açısından ilk temasta daha sıcak his vermekte olduğu saptanmıştır. PA içeren çoraplar pamuklu çoraplara göre yüksek ısı iletkenlik ve ısı iletkenliği değerleri vermekte olduğunu ifade etmiştir. Geçirgenlik özellikleri açısından elastan içeren çoraplar elastan içermeyen çoraplardan daha yüksek su buharı geçirgenliği ve daha düşük hava geçirgenliği gösterdiğini belirlemiştir. Gözenekliliği fazla olan %100 yün ve yün içeren çorapların hava geçirgenlikleri %100 akrilik çoraplardan daha yüksek değerler verdiği tespit edilmiştir.

Uğur ve Sivri (2008) yaptıkları çalışma kapsamında, tekstil materyallerinin su buharı geçirgenliğinin ölçümünde günümüzde ön plana çıkan test metodlarını incelemiş, bu metodlara ait test parametreleri ve test cihazları araştırmışlardır. Çalışmada Turl Dish Metodu, Terleyen Korumalı Sıcak Plaka Metodu, Upright ve Inverted Cup Metodu, Döner Platform Metodu, Gözenekli Konveksiyon/Difüzyon Test Metodu, Permetest Metodu birbirleriyle kıyaslanmıştır. Test yöntemleri arasında herhangi bir korelasyonun olmadığı ve her bir test metodundan elde edilen su buharı geçirgenlik değerinin birim olarak ifadesinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Çeker (2010) çalışmasında, pamuk, akrilik, mikrofiber ve pamuk –akrilik karışımı, farklı sıklık ve gramaja sahip battaniyeler üretmiş ve ısı konfor özellikleri ile hava geçirgenliğini ölçmüştür. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucuna göre, pamuklu battaniyelerde ısı akış miktarının diğerlerine göre daha fazla olduğu görülmüştür. Sonuç olarak battaniyelerin bazıları iyi ısı özellikler gösterirken, bazılarının yüksek hava geçirgenliği özelliği göstermekte olduğu belirlenmiştir.

Karalomlu (2010) çalışmasında, askeri amaçlı olan ve pilotların uçuş esnasında giydikleri uçuş tulumlarında kullanılan yanması geciktirilmiş kumaşların konfor özelliklerini incelemiştir. Bu kumaşların ısı özellikleri, su buharı direnci, su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği ve kılcallık özellikleri üzerinde testler gerçekleştirilmiş ve test sonuçlarına göre kumaşların konfor özellikleri hakkında

yorumlar yapılmıştır. Test için kullanılan kumaşlardan kullanıcıya konfor sağlayabilecek olanlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada sonuç olarak, incelenen numuneler içerisinde bezayağı dokunmuş, %93 Meta-aramid, %5 Peraaramid ve %2 iletken elyaf malzemeli kumaş numunesinin yanması geciktirilmiş kumaşların kullanım amacına yönelik en ideal konfor şartlarını yerine getirebilecek özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

**Doba Kadem ve Ergen (2011)** çalışmalarında, %100 PES dokuma kumaş, PU, PES ve PTFE membranlarla lamine edilmiştir. Bu kumaşlara su iticilik apresi uygulanmış ve konfor testleri laminasyon öncesi ve laminasyon sonrası su iticilik apre prosesli olmak üzere iki grupta yürütülmüştür. Kumaşlara hava geçirgenliği, su iticilik, su geçirmezlik ve su buharı geçirgenliği konfor testleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda; karşılaştırılan numuneler arasında su iticilik apre uygulamasının laminasyon işleminden önce uygulandığı tüm numunelerin daha düşük su geçirmezlik özelliği gösterdiği, PES membran ile lamine edilmiş numunelerin su geçirmezlik düzeylerinin diğer numunelere göre daha iyi olduğu, su geçirmezlik apre uygulamasının laminasyon sonrasında yapıldığı numunelerin su buharı geçirgenliği açısından en düşük özelliği PU kaplamalı numunelerin, en yüksek özelliği ise PTFE kaplamalı numunelerin gösterdiği tespit edilmiştir.

**Gül (2012)** çalışmasında, pamuk ve viskon gibi önceden beri kullanılan lifler ile Bambu, Modal®, Promodal®, Mikromodal®, Keten-modal, lyocell® gibi yeni rejenere elyaf cinsleri kullanılarak örülmüş çoraplar yardımıyla, konfor özelliklerine elyaf cinsinin katkısı, yeni elyaf cinslerinin kumaş konfor özelliklerine katkıda ne kadar başarılı olduğunu araştırmıştır. Bu doğrultuda, çorapların konfor performanslarını karşılaştırmak için konforu belirleyen parametreler olan su buharı geçirgenliği, ısı transferi, hava geçirgenliği, sıvı transferi, nem yönetimi gibi özellikler belirlenmiştir. En düşük hava geçirgenlik değeri pamuk, en yüksek modal numunesinde elde edilmiştir. Bağlı su buharı geçirgenliği yüzdelere göre, en düşük mikromodal en yüksek modal numunesinde sağlanmıştır. Su buharı direnci ile su buharı geçirgenlik özellikleri

ters ilişkili olduğunu belirlemiştir. Isıl iletkenlik değerlerine göre, en iyi sonucun viskon numunesine ait olduğu gözlenmiştir. En düşük mikromodal numunesi gelmiştir. Isıl iletkenlik ile ısı direncin birbiri ile ters orantılı olduğunu tespit etmiştir. Isıl direnç değerlerine göre, en düşük değer modal en yüksek bambu numunesinde elde edilmiştir. En düşük ısı soğurganlık değeri pamuk, en yüksek ise viskon numunesinde tespit edilmiştir.

**Kiraz (2012)** çalışmasında, süt lifinden üretilmiş örme kumaşların fiziksel performans ve konfor özelliklerini, aynı makine ayarları ile üretilmiş pamuk ve viskon kumaşları ile kıyaslamıştır. Kumaşların üretiminde aynı numara iplikler kullanılmıştır. Üretilen kumaşları tamamen dinlendirilmiş hale getirmek için 5 kez yıkama ve kurutma işlemi yapılmış ve bu kumaşların ilmek iplik uzunluğu, kalınlık, boyutsal değişim, boncuklaşma ve aşınma dayanımı davranışları incelenerek fiziksel performansları değerlendirilmiştir. Bu kumaşların konfor özelliklerini değerlendirmek amacıyla kuruma ve kılcal ıslanma testleri uygulanmıştır. Birbirlerine göre kıyaslandıklarında dikey kılcal ıslanma sonuçları, transfer kılcal ıslanma sonuçlarına benzer olduğu saptanmıştır. En iyi dikey kılcal ıslanma viskon kumaşında görülmüştür. Viskon kumaşını da sırasıyla pamuklu kumaş ve süt kumaşı takip etmektedir.

**Marmaralı ve Oğlakcıoğlu (2013)** yaptıkları çalışmada, giysi konforu konusunda bugüne kadar gerçekleştirilmiş araştırmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirmişlerdir. Çalışmada hava geçirgenliği, nem iletimi, su buharı geçirgenliği ve ısı soğurganlık özellikleri incelenmiş, literatürde bu konfor özellikleri ile ilgili olarak ulaşılmış sonuçlar değerlendirilmiş ve bu konfor özelliklerini etkileyen parametrelere değinilmiştir.

**Uysaltürk (2013)** çalışmasında, viloft/polyester ve viloft/pamuk karışımı Ne 30/1 ring ipliklerden üretilen süprem ve 1x1 ribana kumaşların ısı iletim, ısı yayılım, ısı soğurganlık, ısı direnç (yalıtım), hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği özelliklerini incelemiştir. Sonuç olarak karışımda viloft oranının artırılmasıyla üretilen kumaşların ısı özelliklerinin iyileştiği görülmüştür. Ancak

kumaşların su buharı geçirgenliği değerlerinin viloft/polyester karışımları için istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, viloft/pamuk karışımları için ise anlamlılık derecesinin zayıf olduğu görülmüştür.

**Mahbub ve arkadaşları (2014)** çalışmalarında, dokuma Kevlar / yün ve dokuma Kevlar balistik kumaşların ısı konfor özelliklerini incelemişlerdir. 100% Kevlar ve Kevlar / yün balistik kumaşların ısı direnç, su buharı direnci, nem yönetimi performansı (moisture management), hava geçirgenliği karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlara göre, iki kumaş ısı konfor özelliklerinde belirgin bir farklılık göstermiştir. Kevlar / yün kumaşların daha iyi nem yönetimi (moisture management) özelliklerine ve Kevlar kumaşa kıyasla gelişmiş mekanik özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Gürkan Ünal ve arkadaşları (2015)** yaptıkları çalışma kapsamında, sporcu kıyafetleri üretiminde kullanılabilecek çeşitli örme kumaşların ısı konfor özelliklerini ölçerek, ısı konforu etkileyen parametrelerin belirlenmesi ve farklı spor dallarının ihtiyaçlarına yönelik kumaş yapılarının önerilmesini amaçlamışlardır. Bu kapsamda öncelikle piyasada sporcu kıyafeti üretiminde kullanılan 11 farklı kumaş yapısı seçilmiş ve bu kumaşların konfor ve mekanik testleri gerçekleştirilmiştir. Seçilen kumaşların piyasadan temin edilmesi nedeniyle en azından gramaj değerlerinin birbirlerine yakın olması hususuna dikkat edilmiştir. Çalışmada ikinci aşama olarak ise sporcu kıyafetlerine alternatif olarak içi boşluklu yapıda iplik tasarımı yapılarak standart süprem kumaşlar üzerinde bu ipliklerin konfor özelliklerinin sağladığı avantajlar ortaya konmaya çalışılmıştır. İçi boşluklu iplikler, 3 farklı numarada ring iplik makinesinde mantoda pamuk, viskon ve akrilik özde ise PVA elyafının kullanımıyla üretilmiştir. Daha sonra süprem kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşların yıkama öncesi ve sonrası olmak üzere geçirgenlik özelliklerinin ölçümü gerçekleştirilmiştir. PVA özlü üretilen ipliklerin yıkama sonrası ortamdaki uzaklaştırılması sonucunda bu ipliklerden üretilen süprem kumaşların geçirgenlik özelliklerinin iyileştirilmesinin yanı sıra gramaj

değerlerinin düşmesi sebebiyle bu alanda kullanım için uygun oldukları düşünüldüğü belirlenmiştir.

**Saraç (2015)** çalışmasında, denim giyside ısı düzenleme özelliğinin geliştirilmesini amaçlamıştır. Isıl düzenleme ile ısı konforu sağlamak üzere faz değiştiren maddeler (PCM) kullanılmıştır. Streç denim kumaş üretilmiş, kumaştan dikilen örnek giysilere endüstriyel yıkama aşamasında deneysel olarak mikrokapsüllenmiş faz değiştiren madde (PCM) uygulanmış, uygulanan farklı proses şartları ile PCM 'in çalışma sıcaklık aralığında ısı düzenleme sağlayıp sağlamadığı test edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen örneklerle DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre), FE-SEM (Alan Taramalı Elektron Mikroskobu) analizi ve hava geçirgenliği testleri uygulanmış, sonuçları değerlendirilmiştir.

**Aytaç (2016)** çalışmasında, pamuk, viskon, yün ve polyester liflerini mantoda ve değişen oranlarda polivinilalkol (PVA) monofilamentini özde kullanarak 59 Tex numara özlü iplik üretimi gerçekleştirmiştir. Özlü iplikler laboratuvar tipi örme makinasında kumaş haline getirilerek, yıkama öncesi ve yıkama sonrası konfor ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Söz konusu kumaşlara gramaj, hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği, kılcal emme, boncuklanma ve patlama mukavemeti testleri uygulanmıştır. Yapılan testler sonucunda üretilen kumaşlarda yıkama öncesi ve yıkama sonrası değerlerin manto-öz oranına bağlı olarak kumaş hava ve su buharı geçirgenliği, kılcal emme ve boncuklanma, patlama özelliklerini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Bu sayede boşluklu yapıdaki ipliklerden üretilen kumaşların sahip olduğu yüksek geçirgenlik özelliklerinden dolayı, sporcu giysilerinde de kullanılacağı saptanmıştır.

**Bedez Üte ve arkadaşları (2018)** yaptıkları çalışma kapsamında, farklı karışım oranlarında farklı doğal liflerden üretilmiş süprem örme kumaşların iç giysilik olarak kullanımının konfor özellikleri açısından araştırılmasını hedeflemişlerdir. Bu amaçla farklı karışım oranlarında (45/55, 30/70, 15/85) yün/pamuk ve ipek/pamuk karışımlı iplikler ile karşılaştırma amaçlı kullanılmak

üzere %100 pamuk open-end ipliği üretilmiştir. Üretilen iplikler süprem örgü yapısında kumaş formuna getirilmiş, hidrofilleştirme işlemine tabi tutulmuş ve kumaşların hava geçirgenliği, ısı direnç, ısı soğurganlık, su buharı geçirgenliği gibi ısı konfor özellikleri ile su absorplama özellikleri ve dikey ıslanma süreleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, kumaşlarda yün lif oranı arttıkça yalıtım özelliklerinin iyileştiği, ipek karışımı kumaşların ise yüksek su buharı geçirgenliği, ısı soğurganlık ve su emicilik özellikleri ile terlemenin yoğun olarak ortaya çıktığı yoğun aktivite koşulları için uygun olduğu ortaya konmuştur.

**Havenith (2002)** yaptığı çalışmada, malzemenin kalınlığı ve içerdiği hava miktarı arttıkça malzemenin ısı direnç ve su buharı direncinin arttığını, hava geçirgenliğinin ise azaldığını belirlemiştir.

**Tyagi ve arkadaşları (2004)** çalışmalarında, farklı karışım oranlarındaki bezayağı ve 2/1 dimi dokuma polyester/viskon karışımı kumaşlarda doku tipi, lif karışım oranı, iplik numarası ve lif kesit şekli gibi parametrelerin kumaşların ısı konfor özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Genel olarak şu sonuçlar elde edilmiştir: Hem doku tipi dimi, lif kesiti yuvarlak olan kumaşların hem de polyester oranı fazla, iplik çapı düşük olan kumaşların hava ve su buharı geçirgenlikleri daha yüksek çıkmıştır. Dimi kumaşların ısı yalıtımı daha açık yapıda olmalarından dolayı bezayağı kumaşlardan daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca iplik çapı arttıkça hacimlilik artmakta bunun sonucunda ısı izolasyon değeri de artmaktadır. Üçgen kesitli polyester liflerinden oluşan kumaşların ısı izolasyon özelliği gelişmekte ancak hava ve su buharı geçirgenlik özellikleri azalmakta olduğu görülmüştür.

**Avcı (2007)** çalışmasında, vücudun ısı dengesiyle alakalı olan fizyolojik konforu incelemiştir. Yeni liflerin giysi konforuna ne kadar katkıda bulunduğunu, bu katkıyı sağlarken giysinin fiziksel performansında ne gibi değişiklikler yarattığını tespit etmek amacıyla yapılan bu çalışmada yeni lif olarak Modal, Bambu, Viloft, Soya, Seacell seçilmiş ve kontrol amaçlı olarak pamuk ve viskon lifleri kullanılmıştır. Seçilen elyaf gruplarının tamamı doğal esaslı liflerden

oluşmaktadır, bu şekilde benzer yapıdaki liflerin ne kadar fark yarattığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Hazırlanan numunelere, çorapların konfor özelliklerini belirlemek için, su buharı geçirgenliği, ısı transferi, sıvı transferi, kuruma ve hava geçirgenliği testleri yapılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde elyaf tipinin giysi konfor özelliklerine direkt ve dolaylı etkisinin olduğu görülmüştür. Numunelerin su buharı geçirgenlik oranlarının kumaş yoğunluğundan ve nem içeriği oranından negatif etkilendiği tespit edilmiştir. Isı iletim katsayısının kumaşın içindeki liflerin yapısından etkilendiği; ısı taşınım katsayısının ise kumaşın yapısından etkilendiği görülmüştür. Çorapların ıslanma davranışlarındaki farklılıkların direkt olarak lif tipinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Modal ve Seacell liflerinin konfor ve fiziksel özellikleri açısından iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bambu konfor performansının, belirtilenin ve beklenenin aksine düşük olduğu görülmüştür. Ancak serinlik hissi açısından diğerlerine göre daha iyi sonuç vermiştir. Bunun yanında fiziksel performansı da oldukça düşük çıkmıştır. Viloft, sağladığı ısı izolasyon ve kılcal ıslanma özellikleriyle ön plana çıkmıştır. Soya, düşük ısı iletimi ve yüksek ısı taşınımı özellikleri göstermiştir. Su itici liflere benzer özellik sergilemiştir. Fiziksel değerleri ise yüksek çıkmıştır. Pamuğun konfor performansının ise diğer yeni liflere göre çok aşağılarda olmadığı görülmüştür. Yapılan çalışmada elde edilen en dikkat çekici sonuç, pamuk ile karışım halinde kullanılan yeni liflerden elde edilmiş çorapların, aynı liflerin %100 oranında kullandığı çoraplardan hem konfor açısından hem de fiziksel performans açısından daha iyi sonuç vermiştir. Yeni liflerden optimum verim alabilmek için pamuk ile karışım halinde kullanılmasının daha uygun olacağı görülmüştür.

**Çil (2007)** örme kumaşların konfor özelliklerini incelemiştir. Pamuk, akrilik karışımı kumaşların su buharı geçirgenliği, kılcal ıslanma kabiliyetleri ve kuruma davranışlarını kapsayan su ile olan etkileşimleri konfor özellikleri ile ilgili yeteneklerini görebilmek için test edilmiştir. Elyaf içeriği, iplik numarası, kumaş sıklığı, yıkama ve diğer yapısal kumaş değişkenlerinin konfor özellikleri üzerindeki etkileri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Deneysel çalışma istatistiksel

olarak SPSS programı yardımıyla çok değişkenli varyans analizi ve çift değişkenli korelasyon analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmanın sonucunda yıkamanın incelenen kumaşların su buharı geçirgenliği ve kılcal ıslanma özellikleri üzerinde arttırıcı bir etkisi olduğu görülmüştür. Kumaşların transfer ve dikey kılcal ıslanma yetenekleri nispeten kalın ipliklerin kullanılmasıyla artarken, kuruma hızları nispeten daha ince ipliklerin kullanımıyla artmıştır. Buna ilaveten, incelenen kumaşların transfer ve boyuna kılcal ıslanma yetenekleri elyaf içeriğindeki akrilik lifi oranı arttıkça iyileşirken su buharı geçiş hızları karışımdaki akrilik lifi oranının artmasıyla azalma göstermiştir. Kuruma hızının ise lif içeriğinden etkilenmediği görülmüştür.

**Bozdoğan (2008)** çalışmasında, günümüzde örme sanayinde yoğun bir şekilde kullanılmakta olan polyester (PES) liflerinin kesit şekli ve filaman sayıları değiştirildiğinde, örme kumaşların ısı konfor ve mekanik özelliklerinin değişimini ayrıntılı olarak incelemiştir. Kumaş numuneleri üzerinde gramaj, ilmek yoğunluğu, sıra ve çubuk açıklığı, ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık, kumaş kalınlığı, su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği, tutum (yumuşaklık-sertlik), patlama mukavemeti testleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, polyester liflerinin kesit şekli ve filaman sayıları değiştirildiğinde, örme kumaşların ısı konfor ve tutum, hava geçirgenliği, patlama mukavemeti gibi pek çok mekanik özelliklerinin değiştiği görülmüştür.

**Vigneswaran ve arkadaşları (2009)**, Çalışmalarında % 30/70, % 40/60 ve % 50/50 karışım oranlarında 60, 74 ve 98 tex lineer yoğunluklarında jüt/pamuk karışımı iplikler, bu ipliklerden de süprem örgülü kumaşlar üretmişlerdir. Kumaş özellikleri ile termal iletkenlik arasındaki ilişki regresyon analizi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda yüksek jüt karışım oranlarında düşük termal iletkenlik olduğu, kumaş kalınlığının artması ile termal iletkenliğin düştüğü tespit edilmiştir.

**Işıktaş (2009)** yürüttüğü çalışmada, polyester ve geri kazanılan yün liflerinin farklı oranlardaki karışımlarından oluşan 10 adet dokuma kumaş

kullanmıştır. Bu numuneler doku yapısı ve gramaj değerleri göz önünde bulundurularak 3 gruba ayrılmıştır. Her bir grup için ıslak halde Alambeta cihazında ısıl direnç, ısıl iletkenlik ve ısıl soğurganlık değerleri ölçülmüştür. Bu numunelerden farklı özelliklere sahip 5 adet numune seçilmiş ve bu numunelerin hava geçirgenlik değerleri ile Permetest cihazında bağıl su buharı geçirgenlikleri ve su buharı dirençleri ölçülmüştür. Ölçümlerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir:

- Tüm kumaşlarda artan nem değeri ile birlikte ısıl iletkenlik değeri de artmakta olduğu belirlenmiştir.
- Tüm kumaşlarda artan nem değeri ile birlikte ısıl direnç değeri de azalmakta olduğu belirlenmiştir.
- Tüm kumaşlarda artan nem değeri ile birlikte ısıl soğurganlık değeri de artmakta olduğu belirlenmiştir.
- Kumaşların yoğunluk değeri arttıkça ıslak haldeki ısıl soğurganlık değerinin de arttığı belirlenmiştir.
- Tüm numuneler için kumaşların artan nem içeriği ile birlikte bağıl su buharı geçirgenliği artmakta olduğu belirlenmiştir.
- Tüm numuneler için, kumaşların artan nem içeriği ile birlikte hava geçirgenlik değerleri önemli miktarda azalmakta olduğu belirlenmiştir.

**Rego ve arkadaşları (2010)** yürüttükleri çalışma kapsamında, dokunmuş polyester/pamuk kumaşların performans özellikleri üzerine çeşitli tasarım parametrelerinin etkisini detaylı bir şekilde incelemişlerdir. İncelenen parametreler, polyester içeriği, atkı esnekliği, kumaşın terbiye işlemleri ve özellikle leke iticiliği işleminin kullanımıdır. İncelenen konfor özellikleri ise, kumaşın termal ve nem yönetimi özellikleri (ısıl direnç, su buharı direnci, kılcallık (wicking) ve kuruma

oranı) şeklindedir. Elde edilen sonuçlar, atkı esnekliğinin dokusal konfor ve kumaş ısı direnci üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

**Namlıgöz (2010)** yaptığı çalışma kapsamında, farklı liflerden sabit iplik büküm katsayısı ile üretilmiş iplikler kullanılarak doku tipi, atkı ve çözgü iplik numarası ve sıklığı sabit tutularak üretilen kumaşlara fonksiyonellik kazandırmak amacıyla çeşitli bitim işlemleri uygulayarak lif tipi, farklı bitim işlemi/yöntemi, madde tipi ve madde konsantrasyonu gibi parametrelerin kumaşların termofizyolojik konfor özelliklerine etkisini sistematik bir şekilde incelemiştir. Denemelerde konvansiyonel emdirme yönteminin yanında kumaştan kumaşa ilk olarak bu çalışmada uygulanan transfer tekniği ile klasik ve nano ürünlerden oluşan su-yağ itici, yumuşatıcı ve buruşmazlık maddeleri applike edilmiştir. Aplikasyonlardan sonra kumaşların hem su, yağ iticilik testleri, buruşmazlık açısı tayini, hem de ısı iletkenlik, ısı akışı, ısı soğurganlık, ısı direnç, kalınlık, su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği ve nem iletim özellikleri gibi termofizyolojik konfor açısından önemli parametreleri ölçülmüştür ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda lyocell, viskon ve bu liflerin karışımlarının ısı geçirgenlik, su buharı ve hava geçirgenliği özelliklerinin, selülozik/polyester karışımı kumaşların ise nem iletim özelliklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

**Özçelik Kayseri ve arkadaşları (2010)** çalışma kapsamında, viskon, modal ve lyocell lif ve ipliklerinin yapısal özelliklerini araştırmışlardır. Ayrıca liflerin yapısal özelliklerinin bazı örme kumaşların boncuklanma, patlama mukavemeti, renk verimliliği ve termo fizyolojik konfor özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada lyocell liflerinden üretilen kumaşların ısı iletkenliğinin daha fazla olduğu buna karşın viskon ve modal liflerine göre ilk dokunuşta daha serin hissi verdiği belirlenmiştir.

**Parer (2011)** çalışmasında, çarşaflık kumaşların sıvı nem konforunu araştırmıştır. Bunun için bütün fiziksel dış faktörler ve iplik özelliklerinin sabit olduğu, örgü tipleri ile birim alandaki iplik (tel) sayılarından oluşan kumaş

özellikleri ve ön terbiye işlemlerinin değiştiği çarşaflık kumaşlar üretmiş ve bu kumaşların nem yönetimi özelliklerini incelemiştir. Çarşaflık kumaşların elde edilen nem yönetimi verileri varyans analizi kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirmiş ve genel dokuma kumaş özellikleri ve ön terbiye işlemlerinin sıvı nem konforu üzerindeki etki seviyelerini tespit etmiştir.

**Bajzik ve Hes (2012)** çalışmalarında, nemin 5 farklı bitim işlemi uygulanan 3 farklı pamuklu kumaşın ısı konfor özelliklerine etkilerini incelemiştir. Bu kumaşların ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık ve su buharı geçirgenliği özellikleri kuru ve ıslak durumda test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve grafiklerle gösterilmiştir. Çalışma sonucunda kumaşta nem bulunmasının, tüm ısı izolasyon ve ısı temas özelliklerini önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir.

**Cubric ve arkadaşları (2012)** ısı transferini etkileyen önemli kumaş parametrelerini gözenekli yapıyı göz önünde tutarak incelemiştir. Üretilen örme kumaşların birincil ve ikincil parametreleri saptanmaya çalışılmıştır. Ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında ısı direnç ile kalınlık, gramaj, örtme faktörü ve gözeneklilik arasında bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Test sonuçlarının istatistiksel incelemesinde lif iletkenliği ve direncinin ısı transferine etkisinin düşük ( $R=0,32$ ) olduğu görülmektedir. Aynı zamanda örme kumaş yapısı içindeki havanın, kumaşın termal direnç değerinde büyük rol oynadığı saptanmıştır.

**Uzun (2012)** çalışmasında, iki farklı (ultrasonik ve klasik) yıkama yöntemi ile yıkanmış %100 pamuk, %100 polyester (PES) ve %50/50 pamuk/PES karışım dokuma kumaşların kuru ve nemli haldeki termal konfor özellikleri incelenmiştir. Alambeta ve Permetest cihazları kullanılarak kumaşların termal özelliklerine, yıkama yöntemlerinin, kuru ve nemli hallerin ve lif türünün etkisi karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen test sonuçları termal konfor özelliklerinin, yıkama metodu, kuru-nemli halde olma ve lif cinsine göre değiştiğini göstermiştir.

**Çakmak (2013)** çalışmasında, pamuk ve pamuk karışımı çeşitli denim kumaşlarının fiziksel performansını ve konfor özelliklerini tayin edecek testler

yapılmıştır. Bu çalışmada fizyolojik konfor incelenmiştir. Sıvı transferi, su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği ve kuruma davranışları gibi özellikleri araştırılmıştır. Farklı içerikli denim kumaşların konfor özellikleri irdelenirken farklı parametreler de dikkate alınarak kalite özelliklerindeki kayıp ve değişimler tespit edilmiştir. Pamuklu ve pamuk karışumlu denim kumaşlarda apreli rijit oluşu, yıkanmış oluşu, kumaş kalınlığı, kumaş yoğunluğu, iplik numarası ve lif içeriği gibi parametrelerin kumaş konforuna ne kadar etki ettiğini, bu etkiyle birlikte kumaşların fiziksel performansında ne gibi değişiklikler yarattığı incelenmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmada pamuk, pamuk-polyester ve pamuk-elastan karışumlu kumaşlar kullanılmıştır. Belirlenen kumaşlar yıkama öncesi numune grubu ve yıkanmış numune grubu olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere konfor özelliklerinin belirlenmesi için su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği, sıvı transferi, kuruma hızı ve temas açısı ölçümleri; fiziksel performansını tespit amaçlı olarak kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, aşınma dayanımı ve boyutsal değişim testleri yapılmıştır. Deneyler neticesinde elyaf içeriğinin denim kumaş konfor özelliklerine etkisinin olduğu görülmüştür. Numunelerin su buharı geçirgenlik oranları lif içeriği karışımının artışından pozitif yönde etkilenmiştir, pamuk-polyester ve pamuk-elastan karışumlu kumaşların su buharı geçirgenlik değerleri yüzde yüz pamuk içerikli kumaşlara göre daha iyidir.

**Çavdaroglu (2013)** dikişsiz iç giyim sektöründe içlik ve sportif kıyafet olarak kullanılan kumaşların termal konfor özelliklerini incelemiştir. İlgili kumaşların termal konfor analizini yapmak amacıyla kumaşların gramaj, dikey ıslanma, transfer ıslanma, su buharı geçirgenliği, su buharlaşma hızı, ısı iletkenlik, ısıl direnç, ısıl soğurganlık, kalınlık ve su temas açıları ölçülmüştür. Bu çalışmada yapılan konfor testleri değerlendirildiğinde kumaş kalınlığının diğer ölçüm sonuçları üzerinde önemli etkileri olduğu istatistiksel olarak saptanmıştır. Kumaş kalınlığının ısıl direnç ve transfer ıslanmaya pozitif, ısı iletkenlik ve ısıl soğurganlığa negatif yönde etki ettiği görülmüştür.

**Yıldırım (2013)** yürüttüğü çalışma kapsamında, farklı atkı-çözümlü tipleri ile denim kumaşlar üretilmiş ve üretilen kumaşlara rinse yıkama, taş yıkama ve ağartma yıkamaları yapılmıştır. Uygulanan yıkama işlemlerinin denim kumaşın fiziksel ve termofizyolojik konfor özellikleri üzerindeki etkisini incelenmek amacıyla, kumaşların kalınlık, gramaj, hava geçirgenliği, su buharı direnci, ısı direnç, renk değişimi ve aşınma özellikleri tespit edilerek analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda denim kumaş tasarım ve üretiminde kullanılmayan bir tasarım bilgisi/bileşeni oluşturulmaya çalışılmıştır.

**Demiröz Gün ve Bodur (2014)** yapılan diğer çalışmalar ışığında kumaşların su buharı geçirgenlik özelliklerini incelemişlerdir. Birbiriyle daimi bir ilişki içinde olan lif, iplik ve kumaş özelliklerinin tamamının kumaşların su buharı geçirgenliğini etkilemekte olduğunu, kumaşların kalınlığı ve gözenekliliği, iplik numarası ve hammadde cinsinin su buharı geçirgenliğini etkileyen en önemli parametreler arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Kumaş kalınlığı su buharı geçirgenliğiyle ters orantılı bir ilişki içindeyken bunun aksine gözenekliliğin doğru orantılı bir ilişki içinde olduğunu da ifade etmişlerdir.

**Karazincir ve Duru Baykal (2014)** yaptıkları çalışma kapsamında, ağır gramajlı denim kumaşa rinse, enzim ve enzimli taş olmak üzere üç farklı türde yıkama uygulanmıştır. Yıkamalar öncesi ve sonrası kumaş mukavemet ve uzaması ölçülmüş, elde edilen veriler SPSS istatistiksel veri analizi paket programı ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yıkama türünün denim kumaş üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yıkama işlemlerinin kumaşta mukavemet kaybına neden olduğu ve en fazla mukavemet kaybının enzimli taş yıkama sonrası olduğu gözlenmiştir. Rinse yıkama işleminin kumaş mukavemeti ve uzama yüzdeleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki yaratmadığı, enzim ve enzimli taş yıkama işlemlerinin ise hem atkı hem de çözgü yönünde uzama değerlerini düşürdüğü gözlemlenmiştir.

**Çerçi (2016)** yürüttüğü çalışmada, yaygın olarak kullanılan konvansiyonel tip PU ile denim kumaş numunelerine laboratuvar ortamında kaplama yapmış ve

kumaşların nefes alabilirliğini arttırmak amacıyla mikro-çatlatma işlemi uygulamıştır. Mikro-çatlatma için aseton, dimetilformamid (DMF) ve etanol çözümleri kullanılmış ve kumaş numunelerinin konfor (su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği, kılcallık) ve mekanik (kopma mukavemeti-uzaması, aşınma, su geçirmezlik) parametreleri ölçülmüştür. Çözelti tipi, banyo oranı ve bekletme süresinin kaplanmış denim kumaş özellikleri üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemi varyans analizleri yapılarak araştırılmış ve işlem varyasyonları belirlenmiştir.

**Nergis ve Oğulata (2016)** çalışmalarında, rins yıkamanın, denim kumaş özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Seçilen bir denim kumaşa, rins yıkama esnasında farklı sıcaklık ve süre seviyelerinde yıkama denemeleri yapılmıştır. Yapılan araştırmada, yıkamaların kumaşlar üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, tekstil kumaşlarının performans tayininde kullanılan test metotları uygulanarak elde edilen sonuçlar istatistiksel metotlarla analiz edilmiştir. Deneysel çalışma sonuçlarının değerlendirilmesi ile; rins yıkama prosesinde yıkama süresinin gramaj, en, sertlik, çözgü uzama, dönme, atkı kopma ve çözgü kopma sonuçları üzerinde etkili iken, sıcaklığın ise sadece atkı ve çözgü kopma mukavemet sonuçları üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

**Nergis ve Oğulata (2017)** yaptıkları çalışma kapsamında, taş yıkamanın, denim kumaş özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Seçilen bir denim kumaşa, taş yıkama esnasında farklı taş miktarı, sıcaklık ve süre seviyelerinde yıkama denemeleri yapılmıştır. Deneysel çalışma sonuçlarına göre, taş yıkama prosesinde yıkama süresi, taş yıkama miktarı ve sıcaklık faktörlerinin kumaşlara uygulanan gramaj, en, yıkama sonrası çekme, elastikiyet, kalıcı uzama, dönme, kopma ve yırtılma mukavemeti üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

**Üren (2018)** çalışmasında, denim kumaşların dokusal konforunun geliştirilmesine yönelik önerilerde bulunulması ve önerilen işlemlerin etkinliğinin, nesnel ve duyuşal testler ile değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla pazarda mevcut çeşitli denim kumaşlar temin edilmiş ve seçilen kumaş tiplerine iki farklı

yıkama işlemi uygulanmıştır. Çalışmada, dokunsal konforu geliştirilmiş sistematik denim kumaşlar üretilmiş, hammadde, örgü raporu, sıklık ve yıkama işlemlerinin etkisi değerlendirilmiştir. Kumaşların, kalınlık, sıkıştırılabilirlik oranı, uzama yeteneği, eğilme direnci, kayma direnci, sürtünme katsayıları ve yüzey profili değerleri ölçülmüştür. Kayma direnci testleri için yeni bir kayma çerçevesi test aparatı tasarlanmış ve kullanılmıştır. Duyusal değerlendirmeler ile kumaşların; sertlik-yumuşaklık puanı, pürüzlü yüzey-düzgün yüzey puanı, sıcak-soğuk hissi puanı ve tutum skoru belirlenmiştir. Duyusal test bulgularının; eğilme direnci, kayma direnci ve halkadan çekme testi sonuçları başta olmak üzere; nesnel test sonuçları ile yüksek korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek dokunsal konfor skorları; viskon, viskon-ipek veya viskon-yün karışımı atkı ipliğine sahip ve taş yıkama işlemine tabi tutulmuş sistematik denim kumaşlar için elde edilmiştir. Ticari denim kumaşlar içerisinde ise, taş yıkama işlemine tabi tutulmuş kumaş tipi başta olmak üzere, pamuk-polyester karışımı özlü iplik içeren kumaşların yüksek tutum skoruna sahip olduğu görülmüştür. Bulgular bir arada değerlendirildiğinde, taş yıkama işleminin dokunsal konforun iyileştirilmesinde en etkili yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Enzim yıkama işlemi, dokuma parametrelerinin değiştirilmesi ve polyester-viskon karışımı atkı ipliklerinde viskon oranının arttırılması da dokunsal konforda belirgin bir iyileşme sağlamıştır. Bununla birlikte, viskon ile karışım halinde kullanılan hayvansal liflerin etkisi nispeten düşük bulunmuştur.

**Sabır (2000)** yürüttüğü çalışma kapsamında, iplik işletmesinde üretim planlaması probleminin matematiksel modeli lineer programlama yaklaşımı ile kurulmuştur. Seçilen bir iplik işletmesi için model çözülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

**Doba Kadem (2007)** tarafından yapılan çalışmada, pamuklu dokuma kumaşlarda, seçilmiş fiziksel ve performans özelliklerinin belirlenmesi ve üretim öncesi tahminlenmesine yönelik ampirik eşitlikler oluşturulması hedeflenmiştir. Bu amaçla ilk olarak, farklı konstrüksiyonlarda 72 adet %100 pamuklu dokuma kumaş üretilmiş, daha sonra bu kumaşların ön terbiyesi yapılmıştır. Kumaşların bazı

seçilmiş fiziksel ve performans özellikleri standartlara göre tespit edilmiştir. Söz konusu özellikler; atkı-çözümlü sıklığı, gramaj, örgü raporu, kumaş kalınlığı, kumaş yırtılma ve kopma mukavemeti, boncuklanma, yıkama ve buhar sonrası boyut değişimi, aşınma ile kütle kaybıdır. Deneysel sonuçlara SPSS paket programı kullanılarak bazı istatistiksel analiz teknikleri (K-S testi, Runs testi, regresyon analizi, korelasyon analizi) uygulanmış ve böylece üretim öncesi tahminlemeye yönelik fiziksel ve performans özellikleriyle ilgili eşitlikler belirlenmiştir.

**Zervent Ünal (2007)** yürüttüğü çalışma kapsamında, belirli özelliklere sahip havlu kumaşların birim üretim maliyetinin ve/veya performans özelliklerinin en iyilenmesinin amaçlandığı optimizasyon modelleri oluşturulmasını hedeflemiştir. Bu amaçla, farklı fiziksel özelliklere sahip 47 adet numune havlu üretimi gerçekleştirilmiş ve bu numunelerin fiziksel ve performans özelliklerini belirlemek amacıyla deneysel çalışma yürütülmüştür. Daha sonra elde edilen bu değerler veri olarak kullanılarak SPSS paket programı yardımıyla çeşitli istatistiksel analizler gerçekleştirilmiş ve seçilmiş fiziksel özelliklerle performans büyüklüklerinin üretime geçilmeden, bilinen fiziksel özellikler kullanılarak tahmin edilmesini sağlayacak çok sayıda eşitlik elde edilmiştir. Daha sonra bu eşitliklerin kısıt olarak kullanıldığı ve oluşturulan maliyet ifadesinin amaç fonksiyonu olarak kabul edildiği bir maliyet minimizasyonu modeli kurularak “ana/temel model” olarak tanımlanmıştır. Ardından ana model esas alınarak, her bir performans özelliğinin ayrı ayrı eniyilenmesinin amaçlandığı ve maliyetle birlikte bir veya daha fazla performans özelliğinin aynı anda optimize edilmeye çalışıldığı toplam 16 adet non-lineer matematiksel model oluşturulmuş ve optimum çözümleri LINGO 8.0 optimizasyon yazılımı kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

**Nergiz (2016)** çalışmasında, yıkama koşullarının denim kumaş performansı üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, seçilmiş orta oz/yd<sup>2</sup> gramajlı bir denim kumaşa 4 farklı yıkama reçetesi baz alınarak, farklı koşullarda yıkamalar yapılmıştır. Çalışmada, denim yıkama endüstrisinde yoğun şekilde kullanılan bitim

işlemlerinden, rins, enzim, taş ve taşlı ağartma yıkama reçetelerinde incelemeler yapılmıştır. Test sonuçlarının analizinde yıkama reçetelerinde uygulanan süre, sıcaklık ve kullanılan taş, enzim ve ağartıcı oranları bağımsız değişken, gramaj, en, yıkama sonrası boyutsal stabilite, dönme, çözgü uzama, katılık, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve elastikiyet ve kalıcı uzama değerleri ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. SPSS 22 istatistiksel veri analizi paket programı ile Çok Değişkenli Genel Lineer Model uygulanmıştır. Böylece seçilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri istatistiksel olarak değerlendirilerek sonuçlar yorumlanmıştır.

**Güneşoğlu (2005)** spor amaçlı kullanılan örme kumaşlardan üretilen giysilerin konfor özelliklerini araştırmıştır. Bu kapsamda PA, PES, PP, Pamuk, Viskon ve Elastan karışımli ipliklerden örülen süprem, ribana, interlok ve RL-2 iplik astarlı kumaşların konfor özellikleri üzerinde çalışılmıştır. Numuneler üzerinde termal iletkenlik ve termal direnç, termal absorbtivite, termal difüzyon, nem absorbtivitesi, su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği ve dikey ve yatay kılcallık özellikleri istatistiki olarak incelenmiş, ayrıca kumaşların ve liflerin kolaylıkla ölçülebilen parametrelerini girdi olarak kullanarak, kumaşların termal absorbtivite ve termal iletkenlik değerlerini veren bir program yapay sinir ağı yöntemi kullanarak oluşturulmuştur. Çalışma sonuçları, termofizyolojik konfor algısını belirleyen ısı ve kütle transferi özellikleri üzerinde lif tipi ve kumaş yapısının ayırt edici etkide olduğunu; genel olarak RL örgülü doğal liflerden üretilen kumaşların daha yüksek ısı ve kütle transferi yeteneğine sahip olduğunu ve astar örgülü kumaşlarda ise şardonlama işleminin ısı transferi özelliğini belirleyen temel etken olduğunu göstermiştir.

**Kaplan (2009)** yaptığı çalışma kapsamında, termal konforun mümkün olduğunca kolay uygulanabilir objektif yöntemlerle belirlenebilmesini sağlayan bir yöntemin geliştirilmesini hedeflemiştir. Bu amaçla öncelikle objektif ölçümler için gerekli test olanaklarının oluşturulması için çalışmalar yapılmış, dünyada termal konfor ölçümleri konusunda kullanılan en gelişmiş objektif ölçüm sistemlerinden

olan dinamik terleyen levha sistemi tasarlanıp üretilmiş ve terleyen termal manken sistemi de mevcut bir sistem üzerinde yapılan değişikliklerle elde edilmiştir. Objektif ölçümlerin gerçeği hangi oranda yansıttığının belirlenebilmesi için de incelenen kumaş grubunun bir kısmından üretilen giysilerle profesyonel sporcuların katıldığı subjektif giyim denemeleri gerçekleştirilmiştir. Subjektif giyim denemelerinden önce, seçilen bir grup kumaşın deriyle temas sırasında verdiği sıcaklık ve ıslaklık hislerinin bağlı olduğu kumaş özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla önkol testi uygulanmıştır. Bu test sonucu tutarlı ve tekrarlanabilir sonuçlar veren gönüllülerle subjektif giyim denemelerine devam edilmiştir. İncelenen kumaşlar piyasada sportif giysi üretiminde kullanılan, termal konfor açısından avantajlı hammadde veya yapılara sahip olduğu belirtilen kumaşlar ve standart kumaşlardan oluşan bir gruptur. Objektif ölçüm yöntemleri ile kumaş ve giysi sistemleri için tespit edilen termal ve su buharı direnç değerleri ile subjektif giyim denemeleri ile elde edilen fizyolojik ve psikolojik veriler arasındaki ilişkiler incelenerek farklı ölçüm sistemleri ile elde edilen parametreler arasındaki ilişkilerle ilgili sonuçlar ortaya konmuştur. Ayrıca, kumaşların fiziksel/yapısal ve geçirgenlik özellikleri de standart yöntemlerle tespit edilerek bu özelliklerin termal konfor performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

**Mavruz ve Oğulata (2009)** yürüttükleri çalışmada, farklı iplik numarası, örgü tipi ve ilmek sıklığına sahip pamuklu örme kumaşların hava geçirgenliği değerlerini tespit etmiş, üretimden önce hava geçirgenliği değerini, belirli kumaş parametreleriyle tahminlemek üzere regresyon denklemleri oluşturmaya çalışmışlardır.

**Sztandera ve arkadaşları (2012)** geniş bir kumaş veritabanından kumaşın, Handfeel, mekanik ve konstrüksiyon özellikleri ve algılanan dokunsal konfor verilerini kullanarak regresyon analizi gerçekleştirmişlerdir ve böylece dokunsal konforu etkileyen en önemli handfeel, mekanik ve konstrüksiyon özelliklerini tespit etmişlerdir.

**Erenler (2013)** yürüttüğü çalışma kapsamında, seçilmiş üretim parametrelerinin bazı kumaş konfor özellikleri üzerine etkisini incelemek ve bu üretim parametrelerinden yola çıkarak kumaş konfor özelliklerinin üretim öncesinde tahmin edilebilmesi için Yapay Sinir Ağı (YSA) modeli ve Yapay Sinir Ağı (YSA) ile Genetik Algoritma (GA) temelli hibrid modeller oluşturulması hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik olarak 81 farklı kumaş üretilmiştir. Kumaş üretiminde çözgü özellikleri ile dokuma şartları sabit tutulmuştur. Bağımsız değişken olarak; atkı ipliğinde 3 farklı elyaf karışım oranı, 3 farklı atkı iplik numarası, 3 farklı atkı sıklığı ve 3 farklı dokuma örgüsü belirlenerek üretim yapılmıştır. Üretilen kumaşlara aynı şartlar altında kasar, optik ağartma ve reaktif boyama işlemi uygulanmıştır. Boyama sonrasında her bir kumaş üzerine 4 farklı apre 3 farklı konsantrasyon ile uygulanarak 972 adet apreli numune elde edilmiştir. Numune kumaşlar üzerinde yumuşaklık, hava geçirgenliği, bağıl su buharı geçirgenliği, nem iletimi, dikey yönde sıvı iletimi ve buruşmazlık testleri uygulanmıştır. Uygulanan testler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak YSA modelleri ve YSA-GA hibrid modelleri kurulmuştur. Sonuç olarak, kurulan YSA modelleri ile kumaş konfor özellikleri, üretim parametreleri kullanılarak tahmin edilebilmiştir. Ayrıca kurulan YSA-GA hibrid modelleri ile de istenilen konfor özelliğine ulaşabilmek için gereken parametre dizileri başarılı bir şekilde tahmin edilebilmiştir.

**Celep (2015)** çalışmasında, konvansiyonel ring ipliği ile farklı boşluk oranına sahip içi boş ipliklerden üretilen örme kumaşların ısı konfor özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla iplik merkezinde (özde) farklı oranlarda polivinil alkol içeren pamuk sargılı özlü ipliklerden örme kumaşlar üretilip, sıcak suda yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama sonrası oluşan içi boş iplikli örme kumaşların ısı iletkenlik, ısı direnç, ısı soğurganlık, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği gibi ısı konfor özellikleri tespit edilerek, içi boş ipliklerden oluşan kumaşların konfor özelliklerinin tahmin edilmesine yönelik modeller geliştirilmiştir. Tüm bu sonuçlar, içi boş iplikler ile genel olarak ısı konfor

özellikleri geliştirilmiş örme kumaşların üretiminin gerçekleştirilebileceğini göstermektedir.



### 3. DENİM

#### 3.1. Denim Kumaşın Tarihçesi

Denim kumaşın tarihi 16. yüzyıla dayanmaktadır. 16. yüzyılda “serge” olarak adlandırılan ve Hindistan'da yetişen indigofera bitkisinden elde edilen indigo boyarmaddesi ile boyanmış, yün karışımlı bir kumaş Fransa'nın çok eski bir tekstil merkezi olan Nimes kasabasında üretilmiştir. Bundan dolayı üretilen bu kumaş, Serge De Nimes veya Tissue De Nimes adıyla anılmış ve zamanla bu isim “denim” haline gelmiştir. Fransızca “Genes” diye geçen ve 16. Yüzyılda İtalya'nın Cenova Limanı'na gidip gelen Cenevizli denizciler Serge De Nimes' de yapılmış olan pantolonları giyorlardı. Blue jeans ismi de “blue de genes” den (Cenevizli Mavisi) gelmektedir (Yıldırım, 2013).

Denim kumaşı Amerika'ya ilk götüren kişi Christopher Columbus olmuştur. Columbus, Fransa'da hazırlanan Santa Marina adlı gemisinin yelkeninde bu kumaşı kullanarak denimin kullanımında ilk adımı atmıştır (Fidan, 2013).

18. yüzyılda ise pamuk elyafından dayanıklı denim kumaş üretilmiştir. Yine aynı yüzyılda pamuk tarlalarında çalışan köle işçiler tarafından dayanıklı ve kolay yıpranmadığından dolayı denim kumaşlar işçi kıyafeti olarak yaygın bir biçimde kullanılmıştır (Fidan, 2013).

Denimin tarihi gelişimi içinde Levi Strauss büyük bir önem kazanmıştır. Levi Strauss, denimi keşfeden kişi olarak bilinir. Bavaria'lı Levi Strauss, 1847 yılında New York'a ailesi ile birlikte göç etmiş ve burada ticaret hayatına atılarak tecrübe kazanmıştır. 1853 yılında San Francisco'ya taşınıp top kumaşlar satmaya başlamıştır (Paul, 2015).

Bir gün Amerikalı genç bir madenci, Strauss'a altın aradıkları arazide çalışırken giymek için kolay eskitemeyecekleri, dayanıklı pantolonlara ihtiyaç duyduklarını söylemiştir. Bunun üzerine Levi Strauss, Serge de Nimes'de bir pantolon diktirmiştir. Bu dayanıklı pantolondan memnun kalan madenci, diğer arkadaşlarına bu pantolonu önermiş ve daha sonra kullanılan bu kumaş Amerika'da

“denim” olarak adlandırılmıştır. Kısa bir süre sonra maden işçilerinin iş elbiseleri denim kumaşından üretilmeye başlanmıştır (Tarhan, 2005).

Önceleri sadece ABD’nin batı kesimindeki kovboyların ve madencilerin iş elbiselerinde kullanılan denim, daha sonraları fabrika işçilerinin giydiği mavi tulumların üretilmesinde kullanılmıştır (Yıldırım, 2013).

Kuzey Carolina’nın Erwin kasabası halkının tamamı halkın kullandığı tabirle “bluejean” giydiğinden 1976 yılında kasaba “bluejean’ in kalbi” olması sıfatıyla bir madalya almıştır (Yıldırım, 2013).

1873 yılında Jacob Davis isimli bir terzi, müşterilerinden diktığı pantolonların ceplerinin çok çabuk yırtıldığına ilişkin şikayetler almaya başlamıştır. Bunu önlemek için ceplerin dikildiği köşelere rivet adı verilen küçük metaller çakarak bu yoğun gerilim noktalarını artık çok daha dayanıklı hale getirmiştir. Jacob Davis bu fikrinin çalınmasını önlemek için patentini almaya karar vermiş, fakat patent almak için yeterli parası olmadığından Levi Strauss’a gidip patenti alması için teklifte bulunmuştur. Böylelikle Strauss ve Davis ortak olurlar. 20 Mayıs 1873’te resmi olarak patent alınmış ve bu tarih denim ya da yaygın kullanımıyla jeans pantolonun doğum tarihi olmuştur (Doğan, 2009).

İkinci Dünya Savaşı’nı izleyen dönemde parça boyama için polyester/pamuk harmanlarının geliştirilmesiyle, mavi yakalı denilen işçilerin giyinme alışkanlıklarında hızlı bir değişim gözlenmiştir. Bu değişim denim tulumların yerine polyester/pamuk karışımı iş pantolonlarının ve gömleklerinin kullanımı olarak karşımıza çıkmıştır. Değişimle beraber 60’lı yılların sonlarında, “hippy” hareketiyle bağlantılı olan sosyal devrim nedeniyle denim kumaşlar sadece işçi sınıfıyla özdeşleştirilen dayanıklı bir iş elbisesi olmakla kalmamış, kurulu düzene karşı bir protesto sembolü olarak tarihi gelişim sürecine devam etmiştir (Yıldırım, 2013).

Denimin tarihçesi kronolojik olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1873: Levi Strauss madenciler için ilk “jean” i yaptı.
- 1890’lar: Levi Strauss jean’leri “501 indigo” adı altında üretti.
- 1904: Kuzey Calorina Greensboro’da denim üretimi yapan ilk şirket ( Blue - Bell Co.) kuruldu.
- 1950’ler: İlk fermuarlı jean üretildi ve denim tüketiminde bir artış meydana geldi.
- 1974: Denim yıkama, piyasada önem kazanarak yerini aldı.
- 1978: Denim için önemli bir çığır açan taş yıkama geliştirildi.
- 1986: Taş yıkamadan sonra diğer bir önemli yıkama prosesi olan kimyasal yıkama tarihteki yerini aldı.
- 1987: Süper mavi indigoyla boyanmış ilk denim kumaşlar piyasaya sunuldu (Fidan, 2013).

Gelişimi bu şekilde başlayan denim kumaş, günümüze kadar gitgide artan bir önem kazanmıştır. Günümüzde ise denim, ekonomik, rahat ve moda uygun olması nedeniyle çok tercih edilen bir kumaş haline gelmiştir (Tarhan, 2005).

### 3.2. Türkiye’de Denim Kumaşın Yeri ve Önemi

Türkiye’nin denim ile tanışması II. Dünya Savaşı sonralarına rastlamaktadır. 1950’li yıllarda Türk blue jeans’ine marka olarak soyadını veren Muhteşem Kot, Avrupa’ya yaptığı bir gezi sırasında blue jeans ile karşılaşmış ve araştırdığında blue jeans’in Amerika’da tarım ve maden işçileri tarafından giyildiğini öğrenmiştir. Blue jeans’in Türkiye’de de işçi ve köylüler tarafından giyilebilecek sağlam, rahat, kullanımı kolay bir pantolon olabileceğini düşünerek blue jeans üretimine başlamıştır. Muhteşem Kot, denim üretiminde ilk blue jeans’i üretip pazarlamaya başlamış ve soyadı olan “kot” bir marka olarak 1958 yılında tescil edilmiştir. Böylece Muhteşem Kot’un girişimi ile blue jeans, Amerika’dan yaklaşık yüzyıl sonra İstanbul’daki tarihine başlamıştır (Doğan, 2009).

Denim giysiler, Türkiye’de dokuma konfeksiyon sanayinin önemli üretim dallarından biridir ve bu ürün grubu Türkiye’nin dokuma konfeksiyon ihracatından yaklaşık %25-30 arasında önemli bir pay almaktadır.

Çizelge 3.1’de 2017-2018 döneminde dünya denim kumaş ihracatında ülkeler gösterilmiştir. Dünya toplam denim kumaş ihracatı yaklaşık olarak 4 milyar 910 milyon dolardır. Türkiye (Hong Kong da Çin olarak kabul edildiğinden) dünyanın 4. en büyük denim kumaş ihracatçısı konumundadır. ITC verilerine göre Türkiye’nin 2018 yılı ihracatı 338 milyon dolardır (<http://www.uib.org.tr>, 2019).

Çizelge 3.1. Dünya denim kumaş ihracatında ülkeler 2017-2018 dönemi (<http://www.uib.org.tr>, 2019)

|    | <b>İhracatçı Ülke</b> | <b>2017<br/>(1000 \$)</b> | <b>2018<br/>(1000 \$)</b> | <b>Değişim<br/>%</b> | <b>Pay %</b> |
|----|-----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|--------------|
|    | Dünya                 | 4.700.464                 | 4.910.499                 | 4,47%                | 100,00%      |
| 1  | Çin                   | 1.856.749                 | 2.085.485                 | 12,32%               | 42,47%       |
| 2  | Pakistan              | 533.282                   | 578.598                   | 8,50%                | 11,78%       |
| 3  | Hindistan             | 350.501                   | 405.341                   | 15,65%               | 8,25%        |
| 4  | Hong Kong, Çin        | 393.905                   | 367.454                   | -6,72%               | 7,48%        |
| 5  | Türkiye               | 368.564                   | 338.243                   | -8,23%               | 6,89%        |
| 6  | ABD                   | 159.765                   | 156.617                   | -1,97%               | 3,19%        |
| 7  | İtalya                | 161.793                   | 145.882                   | -9,83%               | 2,97%        |
| 8  | Mısır                 | 131.151                   | 117.621                   | -10,32%              | 2,40%        |
| 9  | Japonya               | 103.258                   | 93.816                    | -9,14%               | 1,91%        |
| 10 | Meksika               | 76.931                    | 92.859                    | 20,70%               | 1,89%        |

Çizelge 3.2’de 2017-2018 döneminde Türkiye’nin denim kumaş ihracatında ülkeler gösterilmiştir. Türkiye 2018 yılında dolar bazında %7,97 azalış ile 341,3 milyon dolar denim kumaş ihracatı gerçekleştirmiştir. Türkiye’nin denim kumaş ihracatında ilk beş ülke sırasıyla Tunus, Mısır, İtalya, Fas ve Bangladeş’tir. Tunus’a ihracat %5,1 artış ile 54,6 milyon dolar, Mısır’a ihracat %4 artış ile 50,1 milyon dolar, İtalya’ya ihracat %8,4 azalış ile 36,6 milyon dolar, Fas’a ihracat

%24,5 azalış ile 27,9 milyon dolar ve Bangladeş'e ihracat %21,5 azalış ile 26,8 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. 2018 yılı itibarıyla Türkiye'nin ihracatında ağırlıklı bölgeler Kuzey Afrika, Avrupa ve Uzak Doğu'dur. Türkiye'nin ihracatındaki ilk 20 ülkeye gerçekleştirilen ihracat, toplam ihracatın yaklaşık %91'ini oluşturmaktadır (<http://www.uib.org.tr>, 2019)."

Çizelge 3.2. Türkiye'nin denim kumaş ihracatı (ülkeler) 2017 - 2018 dönemi (<http://www.uib.org.tr>, 2019)

| Sıra | Ülke                      | 2017               | 2018               | Değişim %     |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------|---------------|
|      |                           | FOB \$             | FOB \$             | FOB \$        |
| 1    | TUNUS                     | 51.958.394         | 54.623.206         | 5,13%         |
| 2    | MISIR                     | 48.222.240         | 50.154.549         | 4,01%         |
| 3    | İTALYA                    | 40.056.111         | 36.666.474         | -8,46%        |
| 4    | FAS                       | 36.981.156         | 27.911.141         | -24,53%       |
| 5    | BANGLADEŞ                 | 34.237.229         | 26.849.838         | -21,58%       |
| 6    | HONG KONG                 | 24.429.753         | 25.319.578         | 3,64%         |
| 7    | BİRLEŞİK DEVLETLER        | 13.570.438         | 12.624.166         | -6,97%        |
| 8    | ALMANYA                   | 19.886.573         | 11.612.331         | -41,61%       |
| 9    | ÇİN HALK CUMHURİYETİ      | 13.872.674         | 10.979.776         | -20,85%       |
| 10   | POLONYA                   | 5.069.172          | 8.523.200          | 68,14%        |
| 11   | MACARİSTAN                | 7.809.869          | 7.661.574          | -1,90%        |
| 12   | VIETNAM                   | 6.388.924          | 6.746.737          | 5,60%         |
| 13   | MEKSİKA                   | 3.618.618          | 5.454.200          | 50,73%        |
| 14   | PORTEKİZ                  | 5.826.553          | 5.246.929          | -9,95%        |
| 15   | BULGARİSTAN               | 1.305.116          | 4.666.820          | 257,58%       |
| 16   | SİRBİSTAN                 | 4.711.500          | 4.058.388          | -13,86%       |
| 17   | GÜNEY KORE CUMHURİYETİ    | 3.163.988          | 3.488.257          | 10,25%        |
| 18   | MERSİN SERBEST BÖLGE      | 4.862.949          | 3.200.732          | -34,18%       |
| 19   | ROMANYA                   | 3.854.461          | 3.068.289          | -20,40%       |
| 20   | UKRAYNA                   | 3.271.185          | 3.012.494          | -7,91%        |
|      | <b>İLK 20 ÜLKE TOPLAM</b> | <b>333.096.902</b> | <b>311.868.679</b> | <b>-6,37%</b> |
|      | <b>GENEL TOPLAM</b>       | <b>370.931.859</b> | <b>341.368.352</b> | <b>-7,97%</b> |

Çizelge 3.3'te 2017-2018 döneminde Türkiye'nin denim giysi ihracatında ülkeler gösterilmiştir. Türkiye'nin denim giysi ihracatı 2018 yılında dolar bazında %2 azalış ile 1 milyar 666 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin denim giysi ihracatında ilk beş ülke sırasıyla Almanya, İspanya, Birleşik Krallık, Hollanda ve Danimarka'dır. Almanya'ya ihracat %2,5 azalış ile 299 milyon dolar, İspanya'ya ihracat %11,4 azalış ile 291,1 milyon dolar, Birleşik Krallık'a ihracat

%5,1 azalış ile 252,6 milyon dolar, Hollanda'ya ihracat %5 artış ile 167,9 milyon dolar ve Danimarka'ya ihracat %9,7 artış ile 124,2 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. 2018 yılı sonu itibarıyla Türkiye'nin denim giysi ihracatında Avrupa ağırlığını korumaktadır. Avrupa'ya yapılan ihracat toplam denim giysi ihracatının yaklaşık % 85'ini oluşturmaktadır (<http://www.uib.org.tr>, 2019).”

Çizelge 3.3. Türkiye'nin denim giysi ihracatı 2017-2018 dönemi ülkeler (<http://www.uib.org.tr>, 2019)

| Sıra | Ülke               | 2017          | 2018          | Değişim % | Pay %   |
|------|--------------------|---------------|---------------|-----------|---------|
|      |                    | FOB \$        | FOB \$        | FOB \$    |         |
| 1    | ALMANYA            | 307.308.664   | 299.359.307   | -2,59%    | 17,96%  |
| 2    | İSPANYA            | 328.632.162   | 291.172.404   | -11,40%   | 17,47%  |
| 3    | BİRLEŞİK KRALLIK   | 266.311.631   | 252.668.937   | -5,12%    | 15,16%  |
| 4    | HOLLANDA           | 159.915.982   | 167.966.630   | 5,03%     | 10,08%  |
| 5    | DANİMARKA          | 113.252.031   | 124.271.020   | 9,73%     | 7,46%   |
| 6    | FRANSA             | 60.250.128    | 65.070.433    | 8,00%     | 3,90%   |
| 7    | İTALYA             | 65.308.059    | 60.751.984    | -6,98%    | 3,64%   |
| 8    | BİRLEŞİK DEVLETLER | 45.031.168    | 54.847.399    | 21,80%    | 3,29%   |
| 9    | RUSYA FEDERASYONU  | 30.402.165    | 35.885.939    | 18,04%    | 2,15%   |
| 10   | İSVEÇ              | 33.163.583    | 35.756.039    | 7,82%     | 2,15%   |
| 11   | CEZAYİR            | 18.264.972    | 21.021.108    | 15,09%    | 1,26%   |
| 12   | ÇEK CUMHURİYETİ    | 39.176.395    | 18.890.341    | -51,78%   | 1,13%   |
| 13   | İSRAİL             | 14.265.218    | 18.570.686    | 30,18%    | 1,11%   |
| 14   | POLONYA            | 20.036.807    | 18.444.914    | -7,94%    | 1,11%   |
| 15   | BELÇİKA            | 18.261.178    | 14.698.698    | -19,51%   | 0,88%   |
| 16   | KANADA             | 8.928.526     | 12.248.121    | 37,18%    | 0,73%   |
| 17   | UKRAYNA            | 19.323.167    | 10.696.917    | -44,64%   | 0,64%   |
| 18   | KAZAKİSTAN         | 5.681.523     | 9.615.338     | 69,24%    | 0,58%   |
| 19   | BULGARİSTAN        | 6.402.914     | 9.321.539     | 45,58%    | 0,56%   |
| 20   | ROMANYA            | 4.937.327     | 7.703.920     | 56,03%    | 0,46%   |
|      | İLK 20 ÜLKE TOPLAM | 1.564.853.600 | 1.528.961.675 | -2,29%    | 91,73%  |
|      | Toplam             | 1.701.634.633 | 1.666.769.903 | -2,05%    | 100,00% |

### 3.3. Denim Kumaşın Yapısı ve Genel Özellikleri

The Textile Institute denimi: “Çözümlü iplikleri boyalı, atkı iplikleri ham olan ve yüzeyde çözgünün hakim olduğu kumaş” olarak tanımlamıştır. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından ise denim: “Dış giyimde kullanılan tek kat %100 pamuk ipliğinden dokunmuş, çözgüsü mavi ya da lacivert, atkısı ham, dimi dokulu kumaştır” şeklinde tanımlanmaktadır (Fidan, 2013).

Genel özellikleri itibariyle kendine has bir kumaş türü olan denimi tanımlayan en önemli özellikler ise; tek kat %100 pamuk ipliğinden üretilmesi, çözgü ipliklerinin indigo boyarmaddesi ile boyanması, atkı ipliklerinin boyanmamış yani doğal renginde olması ve D 2/1 Z veya D 3/1 Z kumaş örgüleri ile dokunmasıdır (Çakir, 2010).

Denim kumaşların ön ve arka yüz görünüşleri farklı olup ön yüzde boyalı çözgü iplikleri, arka yüzde boyanmamış ham atkı iplikleri görülmektedir. Çözgü ipliklerinin boyanmasında büyük oranda indigo boyarmaddesi tercih edilmektedir. İndigo, çözgü ipliklerinin içine nüfuz etmeyecek şekilde özel bir yöntemle uygulanmaktadır. Böylece denim kumaş kullanıldıkça ya da farklı seviyelerde yıkamalara maruz kalınca renginde açılma meydana gelir. Kumaş zamanla daha otantik, yıpranmış bir görünüm kazanır. Arka yüzde yoğun olan atkı ipliklerinin giyim esnasında tene temas etmesi, atkıda kullanılan hammaddenin önemini arttırmaktadır. Tene temas eden atkı ipliklerinin boyasız olması sebebi ile kullanım esnasında iç çamaşırı boyanmaz. Boyalı atkı ipliği kullanılması durumunda ise, iyi haslık özelliklerine sahip atkı iplikleri tercih edilmelidir (Çakir, 2010).

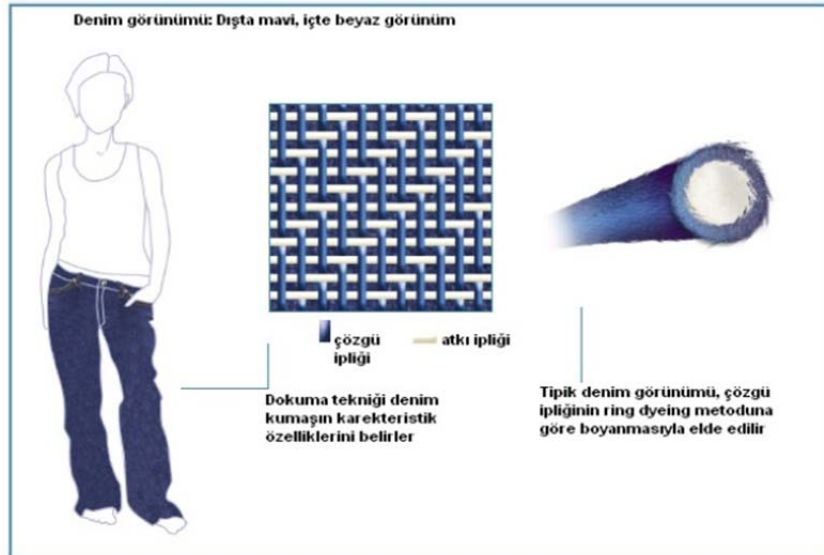
Denim kumaşlar genel olarak %100 pamuk ipliğinden üretilmektedir. Doğal, terletmeyen, yumuşak, ekonomik, kolay efekt alabilen ve boya tutabilen bir madde olması pamuğu tekstil ve özellikle denim endüstrisinin değişmez unsuru yapmıştır. Ancak son yıllarda pamuk/poliester, pamuk/viskon, pamuk/yün, pamuk/soya, pamuk/tencel karışımları da denim kumaş üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca atkı ipliği elastanlı, çözgü ipliği elastanlı ve hem atkı hem de çözgü ipliği elastanlı denim kumaşlar da üretilmektedir (Fidan, 2013).

Denim kumaşlarda atkı ve çözgü iplikleri, kumaştan beklenen kalite derecesine bağlı olarak ve maliyetler göz önünde bulundurulmak suretiyle “OE” ya da “RING” olarak seçilebilir (Çakir, 2010).

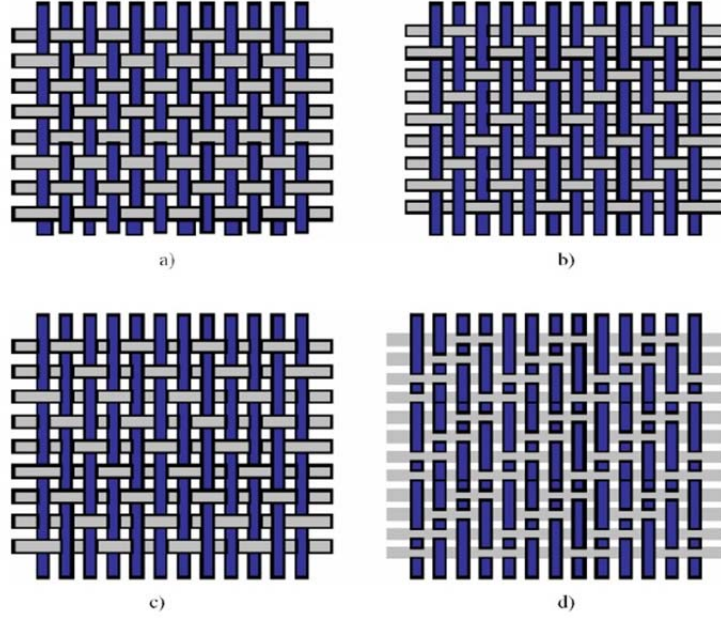
Denim kumaşlarda çözgü iplikleri, atkı ipliklerinden daha ince ve daha bükümlüdür. Kumaş yapısında çözgü sıklığı, atkı sıklığına göre daha yüksektir (Fidan, 2013).

Örgü cinsine göre kumaş karakteri değişse bile genelde görünüm açısından çözgü iplikleri daha ön plandadır (Fidan, 2013).

İndigo boyar maddesi ile boyanmış iplikler değişik dokuma kumaş örgüleri ile dokunsa da klasik denim kumaşları örgüsü gabardin olarak adlandırılan D 2/1 Z (sağ yollu) veya D 3/1 Z (sağ yollu) dimi örgüsü ile üretilmektedir. Sol (S) yollu dimi örgülü kumaşlar, sağ yollu (Z) dimi kumaşlara göre daha yumuşak olur. Genellikle denim kumaşlarda kullanılan iplikler Z bükümlüdür. Tercih edilen örgü sol (S) yollu dimi örgü olur ise iplik üzerindeki büküm ile örgü ters yönlü olacağından iplikteki büküm kaynaklı gerilim azalır ve büküm açılır. Bu durum da dokunan kumaşın yumuşak olmasına yol açar. Sağ (Z) yollu dimi örgüsünün tercih edilmesinin nedeni ise daha az esneme yapmasıdır. Kumaşın yüzeyinde hem örgü gereği hem de sıklık açısından çözgü ipliklerinin yoğun olmasından dolayı, kumaş görünümüne çözgü ipliğinin rengi hakimdir (Acar, 2005). Şekil 3.1 ve 3.2’de denim kumaş görünümü ve denim kumaşlardaki bazı doku tiplerinin şematik görüntüleri gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Denim Kumaş Görünümü (Çakır, 2010)



Şekil 3.2. Denim kumaşlardaki bazı doku tiplerinin şematik görünüşleri

a) 1/1 bezayağı, b) 2/1 z dimi, c) 2/1 s dimi, d) 2/2 z dimi (Çakır, 2010)

Denim kumaşlar, kullanılan indigo boyarmaddesi nedeniyle diğer klasik dokuma kumaşlardan farklı bir prosesle üretilmektedir. Bu farklılık genelde dokuma hazırlık daresinde kendini göstermektedir. İplikler halat halinde veya çözgü halinde indigo boyarmaddesi ile boyanmakta, haşılanmakta ve dokumaya hazır hale getirilmektedir (Fidan, 2013).

İndigo (küp) boyarmaddesi, asla tam olarak elyafa nüfuz etmez ve sürekli olarak solar. Kademeli olarak renginin solması nedeniyle “yaşayan renk” olarak anılan indigo boyarmaddesi, günümüzde sentetik olarak üretilmektedir. Eğer indigo boyarmaddesi ile boyanmış bir ipliğin bükümü açılırsa, beyaz boyanmamış elyaf gözükür. Diğer boyarmaddeler ise tümüyle elyafa nüfuz etmektedir. Bu özelliğe sahip başka bir boyarmadde yoktur. İndigo boyarmaddesi ile boyanmış mamul, zamanla yıkamaya bağlı olarak renk değiştirip beyazlamaktadır (Fidan, 2013).

### 3.4. Denim Kumaş Üretimi

Denim kumaş üretiminde ürün yelpazesinin geniş olması ve beklenen kalitenin karşılanması açısından kullanılan ipliğin çok önemli bir yeri vardır (Çelik, 2016).

Denim kumaş üretiminde kullanılacak ipliklerin fiziksel özellikleri, denim kumaşın son görüntüsünü doğrudan etkilemektedir. Özellikle pamuk içindeki kısa lif oranı ve kirli elyaf oranı büyük önem taşımaktadır. Çünkü bunlar ipliğin mukavemetini ve esnekliğini önemli ölçüde etkilemektedirler.

Denimde kullanılan iplik numaraları genellikle Ne 4 ve Ne 13 arasında değişmektedir. 1970'li yılların öncesinde bütün denim iplikleri ring iplikçiliği yöntemi ile elde edilmekteydi. Günümüzde ise denim kumaş üretiminde farklı kombinasyonlar olarak ring ve open-end (OE) iplikleri ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Ring/Ring, Ring/OE, OE/OE gibi kombinasyonlar örnek verilebilir. Burada ilk belirtilen çözgü ipliği üretim yöntemi, ikinci ise atkı ipliği üretim yöntemini göstermektedir. İplik üreticileri farklı efektler tasarlayıp bunu ipliklere uyarlayabilmektedirler (Acar, 2005).

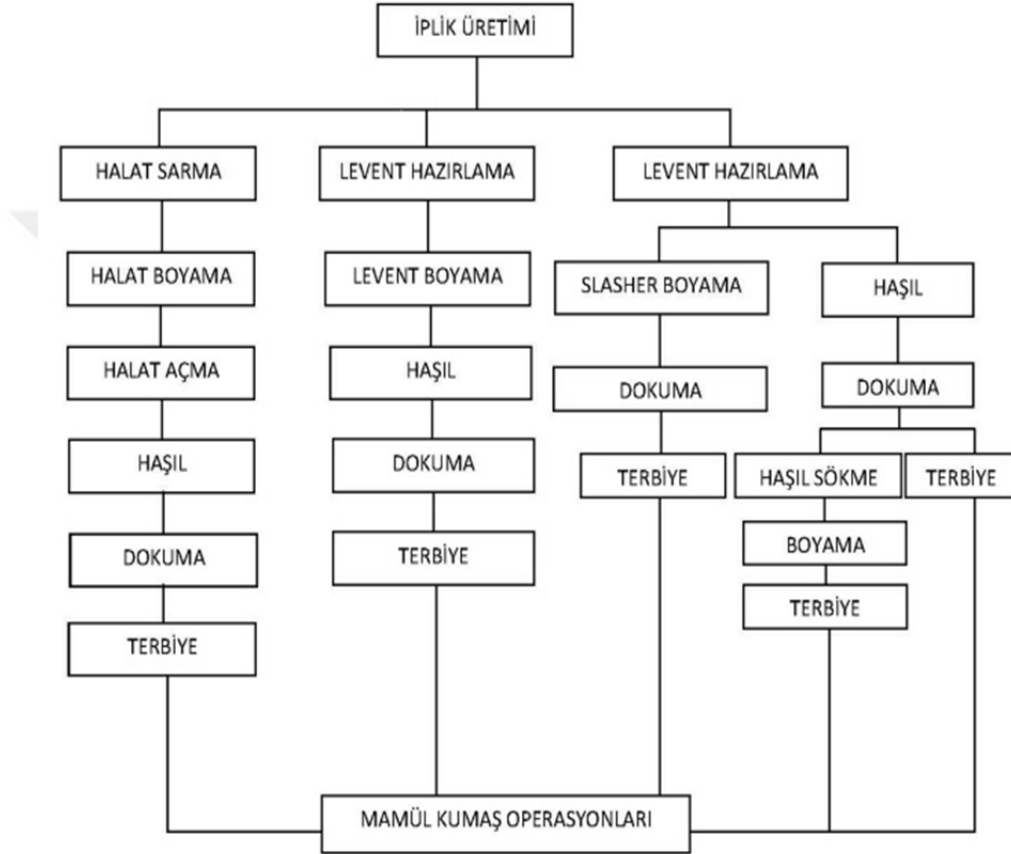
Günümüzde denim giysiler sadece %100 pamuklu ürünlerden olmayıp, farklı liflerden (Tencel, Elastan/Pamuk, Polyester/Pamuk vb.) dokunmuş, farklı renk ve görünüm özelliklerine sahip denim kumaşlar üretilmektedir (Çelik, 2016).

Denim kumaşlarda elastan içerikli iplikler de sıklıkla kullanılmaktadır. Elastan içerikli iplik üretiminde en çok kabul gören yöntem özlü iplik üretim yöntemidir. Bu yöntemde elastan lifleri ring iplik makinelerine son çekim silindirinden beslenmektedir. Çekilmiş pamuk lifleri elastan lifi etrafında bükülerek, elastanı ipliğin özüne almaktadır. Open-end makinelerinde ise elastan lifleri rotora, rotor milinden iletilmektedir ve pamuk elastanı çevreleyerek özlü ipliği oluşturmaktadır (Çataloğlu, 2007).

Denimde farklı liflerin kullanılmasıyla denim tüketimi her geçen gün artmaktadır.

Normal dokuma kumaşlardan farklı olarak denim kumaşlarda çözgü iplikleri ayrı bir hazırlama işlemine tabi tutulmaktadır. Dokuma öncesinde çözgü

ipliği birçok işlemten geçmektedir. Atkı ipliği ise direkt dokuma makinesinde işleme dahil olmaktadır. Şekil 3.3'te denim kumaş üretiminde kullanılan işlem akışları gösterilmiştir (Çataloğlu, 2007).



Şekil 3.3. Denim kumaş üretimi akış şeması (Çataloğlu, 2007)

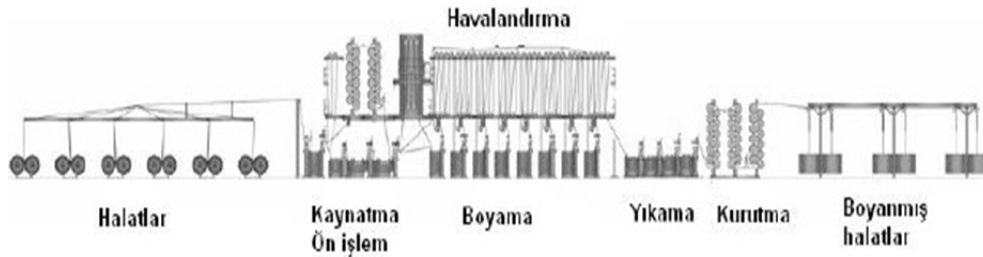
#### a) Halat sarma

Halat sarma işleminde çözgü iplikleri bir araya getirilerek halatlar oluşturulmakta ve bu formda boyanmaktadır. Halat sarma işleminde 250-400 iplik cağılıktan çekilerek halat formunda sarılmaktadır. Cağılıktan sonra tarak benzeri bir ünite ipliklerin paralel ve düzgün sarılmasına yardımcı olur. Her 1000-2000 metrede çapraz ipliği adı verilen iplik (sentetik ve dayanıklı) diğer ipliklerin

arasından geçirilerek bağlanmaktadır. Çapraz ipliği, halat açmada ipliklerin birbirinden ayrılmasını kolaylaştırmaktadır (Çataloğlu, 2007).

#### b) Halat boyama

Denim kumaşların büyük bir bölümü çözgüsü indigo boyalı ve atkısı boyasız olarak üretilmektedir. İndigo boyarmaddesinin pamuk lifine karşı afinitesi yoktur ve suda çözünmemektedir. Pamuğu boyaması için indigonun suda çözünebilir (leuco) formuna dönüştürülmesi ve sonrasında pamuğa apliedilmesi gerekmektedir. Ring iplik boyamada boyarmadde, ipliğin iç kısımlarına kadar işlememektedir. Daha koyu boyamalar yapabilmek için boyama pasaj sayısının artırılması gerekmektedir. Bu, tekne sayısını artırarak gerçekleştirilmektedir. Koyu renklerin elde edilmesi için indigo boyama öncesinde ya da sonrasında kükürt boyarmaddesi (siyah ya da mavi) boyama yapılabilmektedir. Kükürt boyarmaddesi indigo boyarmaddesinden önce kullanılıyorsa "bottoming" işlemi, sonra ise "topping" işlemi adını almaktadır.



Şekil 3.4. Halat boyama makinesi (Paul, 2015)

Halatlar öncelikle bir veya daha fazla kaynatma teknesine girmektedirler. Bu teknelerde ıslatıcılar, deterjan, kostik vb. maddeler bulunabilmektedir. Bu teknelerin amacı lifte bulunan doğal yağ, pektin, kir ve minerallerin uzaklaştırılmasıdır. Düzgün bir ıslatma ve boyama etkisi için bu aşama çok önemlidir. Halatlar bu aşamanın ardından durulama teknesine girmektedirler. Eğer "bottoming" işlemi yapılacak ise, halatlar ilk teknede indirgenmiş haldeki kükürt

ile boyanır. İndigo gibi kükürt boyarmaddeleri de suda çözülmezler, pamuk ile muamelesi öncesinde suda çözülebilir hale indirgenmesi gerekmektedir. İndigodan farklı olarak kükürt boyarmaddesi pamuk ipliğine ve lifine daha kolay tutunabilmektedir. Kükürt boyama işleminin amacı ürüne daha koyu renkler ve daha farklı renk tonları verebilmektir. Kükürt ile boyama sonrasında da yükseltgeme işlemi yapılması gerekmektedir. Halatlar bu aşamalar sonrasında indigo teknelerine beslenmektedirler. Her tekne sonrasında havalandırma ile yükseltgeme yapılmaktadır. Boyama teknelerinin ardından fikse olmayan boyaların uzaklaştırılması amacıyla durulama tekneleri kullanılmaktadır. Durulama teknelerinin hemen çıkışında sıkma silindirleri ile mekanik olarak da suyun uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Sonrasında ise, kurutma tamburlarında kurutulan halatlar büyük halat kovalarına taşınır. Kurutmada kullanılan metal tamburlar belirli bir basınçta sıcak buhar ile ısıtılmakta, bu sayede bütün tamburların yüzeyindeki sıcaklık kontrol edilebilmektedir (Paul, 2015).

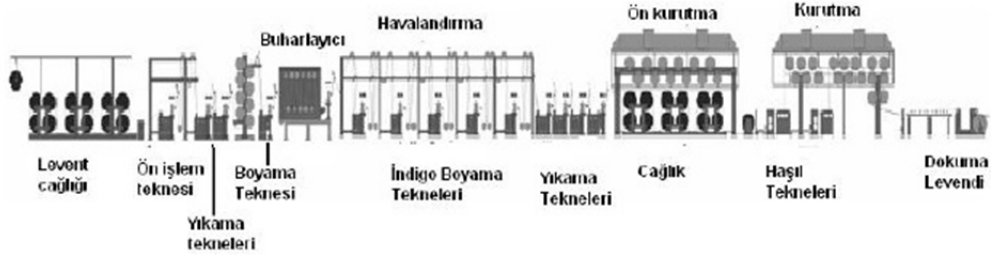
#### **c) Seri çözgü**

Bu işlemde iplikler açık ende, paralel olarak leventlere sarılmaktadır. İplikler halat boyama işlemine girmemektedirler. Bu şekilde sarılan iplikler "slasher (açık en)" boyama yöntemine göre boyanmaktadır ya da özel leventlere sarılarak, levent boyama yapılabilmektedir. Hazırlanan seri çözgüler, boyanmadan kumaş üretiminde de kullanılabilir. Boyanmadan üretilen kumaşlar ise daha sonra kumaş boyama, parça boyama vb. işlemlere tabi tutulmaktadır (Çataloğlu, 2007).

#### **d) Açık en (slasher) boyama**

Slasher boyama yöntemi, halat boyamaya alternatif olarak geliştirilmiştir. Bu yöntemde işlem aşamaları kısaltılmıştır. Aynı anda boyama ve haşıllama yapılabilmektedir. Leventlerde bulunan iplikler düzgün bir şekilde kaynatma teknesi, boyama tekneleri ve haşıl teknesinden geçmektedir (şekil (3.5)). Halat

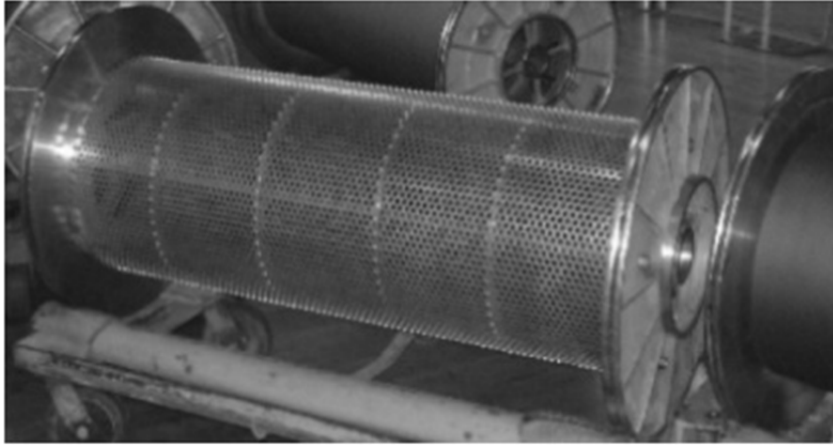
boyamaya kıyasla, genellikle daha açık renkler elde edilmektedir. Bu yöntem ile düşük ağırlıklarda denim üretimi daha kolay olmaktadır (Paul, 2015).



Şekil 3.5. Açık en (slasher) boyama makinesi (Paul, 2015)

#### e) Levent boyama

Bu yöntemde yüzlerce iplik delikli (perfore) levente sarılmaktadır. Sonrasında levent silindirik boyama makinesine yüklenmektedir şekil (3.6). Boyama, yıkama ve kurutma işlemleri sonrasında diğer leventlere aktarılarak haşıl ve dokuma işlemlerine hazırlanmaktadır. Bu yöntem genellikle indigo dışındaki (reaktif, direkt, kükürt vb.) boyarmaddeler ile boyama işleminde kullanılmaktadır (Çataloğlu, 2007).



Şekil 3.6. Levent boyamada kullanılan delikli levent (Çataloğlu, 2007)

**f) Dokuma işlemi**

Klasik bir 14,5 onz/yd<sup>2</sup> denim kumaş 25 çözgü/cm, 14 atkı/cm sıklığı ile oluşturulabilmektedir. Denim kumaşlarda genellikle Dimi 3/1, Dimi 2/1, Kırık dimi 3/1 konstrüksiyonları kullanılmaktadır. Basit dokuların kullanılması nedeniyle genellikle kamlı ağızlık açma sistemleri kullanılmaktadır. Jakarlı ve armürlü makinelerde üretilen denim kumaşlar bulunmaktaysa da oranları çok azdır. Yüksek üretim ve verimlilikleri nedeniyle çift en mekikçikli ve hava jetli atkı sistemleri tercih edilmektedir. Bunun yanında atkıda farklı ipliklerle rahat çalışılmasını sağlayan kancalı atkı atım sistemleri de kullanılmaktadır. Günümüzde mekikli makineler ise halen denim dokuma kumaş üretiminde kullanılmaktadır. Mekikli makinelerin denim için halen tercih edilmesinin en büyük nedeni ise kenar yapılarıdır. Mekikli makinelerde atkı çift yönlü atılmaktadır, bu sayede atkı iplikleri kesilmemekte ve kenarda orijinal bir görünüm elde etmek mümkün olmaktadır. Ancak bu makinelerin hızları çok düşüktür (Paul, 2015).

**g) Denim kumaş terbiyesi**

İndigo ile boyanıp haşıllanan çözgülerle dokunan denim kumaş birtakım terbiye işlemlerinden geçmektedir. Bu işlemler;

- ❖ *Fırça işlemi*, kumaşa daha önce yapılan terbiye işlemlerinde yapışan toz, uçuntu ve iplikler temizlenerek hava emişi ile fırçalama haznesine sevk edilmektedir. Burada silindir şeklindeki fırçaların arasından geçen kumaş, fırçalanıp temizlenmektedir.
- ❖ *Yakma işlemi*, tüycükleri yok ederek yüzey düzgünlüğü sağlamak ve migrasyonu engelleyerek kimyasalın homojen alınmasını sağlamak amacıyla yapılır. Yakma işleminde ayrıca kumaş kenarları da düzenlenir. Kumaş kenarındaki uzun atkılar yakılarak kumaş kenarının düzgün olması sağlanır. Alevin kumaşı yakmaması için işlem belirlenmiş bir hızda ve gerginlikte yapılır. Bu önlemlerin yanı sıra bir tutuşma olmaması için

kumaş yakma bölümünün çıkışında bir yaş işlem gerçekleştirilir veya kumaş kenarlarına su püskürtülüp soğuması sağlanır.

- ❖ *Germe (Ramöz) işlemi*, yıkama sonrasında kumaşın veya pantolonda paçanın dönmesini engellemek, dikişlerde marullanmayı önlemek için yapılır. Kumaşa istenilen özellikleri kazandırmak için fularda apre verilir ve gergin silindirler vasıtasıyla en ayarı ve atkı eğimi (burulma) ayarı verilir. Nötralizasyon teknesinde kumaş pH'ı 4-7 arasına çekilir. Kumaş kurutma silindirlerinden geçerken verilen en ve atkı eğimi sabitlenir.
- ❖ *Sanforlama işlemi*, kumaşa parlaklık ve kayganlık kazandırmak için yapılır. Bu ünite, kauçuk bir bant ve ısıtılabilen bir çekirme silindirinden oluşur. Terbiye işlemlerinin en önemlilerinden biri olan boydan çekirmenin esası, kumaşı taşıyan kauçuk bandın, bastırma silindiri üzerinden geçerken yüzeyin genişlemesi ve bu genişlemiş yüzeye bastırılan kumaşın, lastik bandın bastırma silindiri üzerinden kurtulduğu andaki yüzeyin daralması sonucu çekirme olayının gerçekleşmesidir. Bu şekilde boydan çektirilen kumaş, lastik bant ve sıcak silindir arasından geçerken nispeten yeni durumu ile fikse olmaktadır (Yıldırım, 2013).

#### h) Denim kumaşa uygulanan yıkama işlemleri

Yıkama işlemlerindeki gelişmeler ve kullanılan kimyasalların özellikleri arttıkça, denim kumaşlarda değişik yıkama çeşitleri elde edilmiştir. Denim mamuller 1970'li yıllara kadar yıkanmadan yalnızca haşıl maddesi sökülerek tüketiciye sunulmakta, tüketicinin kullanım koşullarına göre zaman içerisinde kendine özgü renk ve aşınma efektleri almaktaydı. Fakat bu işlemin zamanla oluşması uzun bir süreç aldığından denim üreticileri bunu daha kısa sürede yapabilmek amacıyla değişik yöntemler geliştirmişlerdir. Bu yıkama yöntemleri içerisinde çalışma kapsamında yapılanları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- **Rinse yıkama**

Klasik bir denim yıkama prosesinde kurutma öncesi yapılan son işlem adımıdır. Yumuşatma ile ürün üzerinde istenen tuşe efektinin verilmesi sağlanır. Bunları sağlamak için ise, çeşitli kimyasal maddelerden yararlanılır. Kullanılan yumuşatıcı maddeler, kumaşın belirli bir yumuşaklık ve dökümlülüğe sahip olmasını sağlar. Şişirici ve kayganlık artırıcı etki gösterebilirler (Toksöz ve Mezarcıöz, 2013).

- **Enzim yıkama**

Daha canlı ve yıpranmamış jean eldesi için, enzimlerin kullanıldığı yıkama prosesleri büyük önem taşımaktadır. Böylece denim ürünlerin ömrü de artmış olmaktadır. Denim yıkamasında enzimlerinin kullanımı ile hem eskimiş havası veren etkiler hem de moda olan yıkama etkileri elde edilebilmektedir. Bu sayede terbiyeciler için daha koruyucu yeni çalışma biçimleri ortaya çıkmış olmaktadır. Denim ürünlerde boya sökme amacıyla (enzim ile taş yıkama ya da sadece enzim ile yıkama prosesinde) kullanılan enzim ‘selülaz’ enzimidir. Bio-parlatma (enzimatik tüy dökme) işleminde daha çok asidik selülazlar tercih edilirken, denim kumaştan mamül ürünlere uygulanan enzimatik taş yıkama prosesinde veya taş kullanılmaksızın sadece enzim ile gerçekleştirilen yıkamalarda nötral selülaz enzimleri tercih edilmektedir.

***Asidik selülazlar;***

- 45-55°C’de ve 4,5-5,5 pH aralığında maksimum etki gösterirler. pH 6’ya çıktığında ise, renk sökme etkisi %40’ların altına düşmektedir.
- Denim ürünler üzerinde, kısa bir zamanda etkili bir renk sökümü gerçekleştirirler.
- Geri boyama problemi söz konusudur.

***Nötral selülazlar;***

- 50-60°C 'de ve 6-8 pH aralığında maksimum etki gösterirler. En büyük etkiyi pH 6'da sağlamakla birlikte, pH 7-7,5 arasında renk sökme etkileri %90'ların üzerindedir.
- Denim ürünler üzerinde asidik selülaza göre daha uzun sürede ve daha az etkili bir renk sökümü gerçekleştirirler.
- Geri boyama problemi yoktur.

Asidik selüloza göre tekrarlanabilirliği daha yüksek seviyelerdedir (Toksöz ve Mezarcıöz, 2013).

- **Taş Yıkama**

Ürün üzerinde istenen eskimiş veya yıpranma efektleri rengi bu bölümde gerçekleşmektedir. Buradaki efektler, ürünlerin makineye ve kendi aralarındaki sürtünmelerinden oluşabileceği gibi, bunlar için yardımcı kimyasal olarak selülaz enzimleriyle de sağlanabilir. Ayrıca işletmelerde mekanik sürtünme etkisini artırmak amacıyla ponza taşı da kullanılır. Efektleri çok fazla olan bir üründe ise enzim ve taş birlikte kullanılmaktadır. Taş kullanılarak yapılan yıkamanın avantajları, kısa yıkama süresi, yumuşak ve dolgun tuşe, düşük maliyet, yüksek mekanik etki, indigo boyalı ürünlerde gri nüanslı etki. Taş kullanılarak yapılan yıkamanın dezavantajları ise, taş tozu, makine aşınması, taşların ayıklanmasının zorluğu olarak sıralanabilmektedir (Toksöz ve Mezarcıöz, 2013).

#### 4. GİYSİ KONFORU

##### 4.1. Konfor Kavramı

Konfor birçok fiziksel, psikolojik ve fizyolojik faktörü içeren karmaşık bir kavramdır. Birçok araştırmacının ortak fikri, konforun nötr bir his olduğudur.

Erenler'in (2013) çalışmasında belirttiğine göre, Shivers (1980) konforu fizyolojik ve psikolojik olarak tanımlamıştır. Fizyolojik konfor, vücudun ürettiği ve kaybettiği ısının dengesinin sağlanmasını ifade etmektedir. Psikolojik konfor ise, kişinin kendisini güvende ve farklı durumlarda rahat hissetmesi için gerekli farklı ihtiyaçlarla tanımlanmaktadır.

Bir kişinin konforlu sayılabilmesi için çevre sıcaklığı, nem, rüzgar hızı, ışık gibi çevresel faktörlerle ilgili bir uyarının beyine iletilmemiş olması gerekir. Giysilerimiz veya psikolojik durumumuza bağlı olarak bu faktörlerden herhangi birine hissedilen rahatsızlık duygusu konforu ortadan kaldıracaktır(Kaplan, 2009).

Konforsuzluk; rahatsız olma, soğuk, sıcak, acı, batma, kaşınma, soğukluk hissi, ıslaklık ve giysi içinde aşırı terleme gibi birkaç kelimeyle kolaylıkla ifade edilmektedir. Bu nedenle, konfor için çok kabul görmüş bir tanım konforsuzluktan (rahatsızlık) ve acıdan bağımsız, doğal bir durum şeklindedir (Yıldırım, 2013).

Slater (1993),konforu kişiye göre değişen bir özellik olduğundan nicel bir tanımlama getirmemiştir ve konforu insan ile çevre arasındaki psikolojik ve fiziksel harmoninin tatminkar hali olarak tanımlamaktadır(Slater,1993:Yıldırım,2013'ten).

Konfor fiziksel, psikolojik ve fizyolojik birçok faktörün etkili olduğu, bu sebeple tanımı zor ve karmaşık olan bir ifadedir. Konfor algısındaki fiziksel faktörler duyu organlarına gerekli uyarıları sağlamaktadır. Bu uyarılar, fizyolojik sinyallerle beyine gönderilmekte ayrıca terleme, nabız değişikliği gibi vücut tepkilerine yol açmaktadır. Beyin, aldığı sinyalleri çeşitli sübjektif algıları tanımlamak için kullanmakta ve eski tecrübeler ve psikolojik beklentilerle karşılaştırarak bir genel değerlendirme yapmaktadır (Yıldırım, 2013).

Tüm bu tanımlamalarda birkaç önemli kısım vardır. Bunlar;

- Konfor çeşitli duyuların oluşturduğu hislerle ilgilidir ve sübjektiftir.
- Konfor insan duyusunun görsel (estetik konfor), termal (soğuk ve sıcak),acı (batma ve kasıntı) ve dokunma (pürüzsüz, pürüzlü, yumuşak, sert) gibi çeşitli değerlendirmelerini içerir.
- Sübjektif hisler psikolojik işlemleri kapsar. Bununla kastedilen, kişinin istediği konfor şartlarını tanımlamak için mevcut durumu geçmiş tecrübelerine göre değerlendirmesidir.
- Vücut-giysi etkileşimleri (hem termal, hem mekanik) kullanıcının konfor durumunu tanımlamada önemli rol oynar.
- Dış çevre şartları (fiziksel, sosyal, kültürel) kullanıcının konfor durumu üzerinde çok etkilidir.

Bu tanımlamalara göre konfor algısı, giysiden ve dış çevre şartlarından gelen, sinirsel yollarla beyne gidip orada çözümlenen ve çok sayıda uyarıcıyı kapsayan komplike bir prosestir (Yıldırım, 2013) .

#### 4.2. Giysi Konforunun Sınıflandırılması

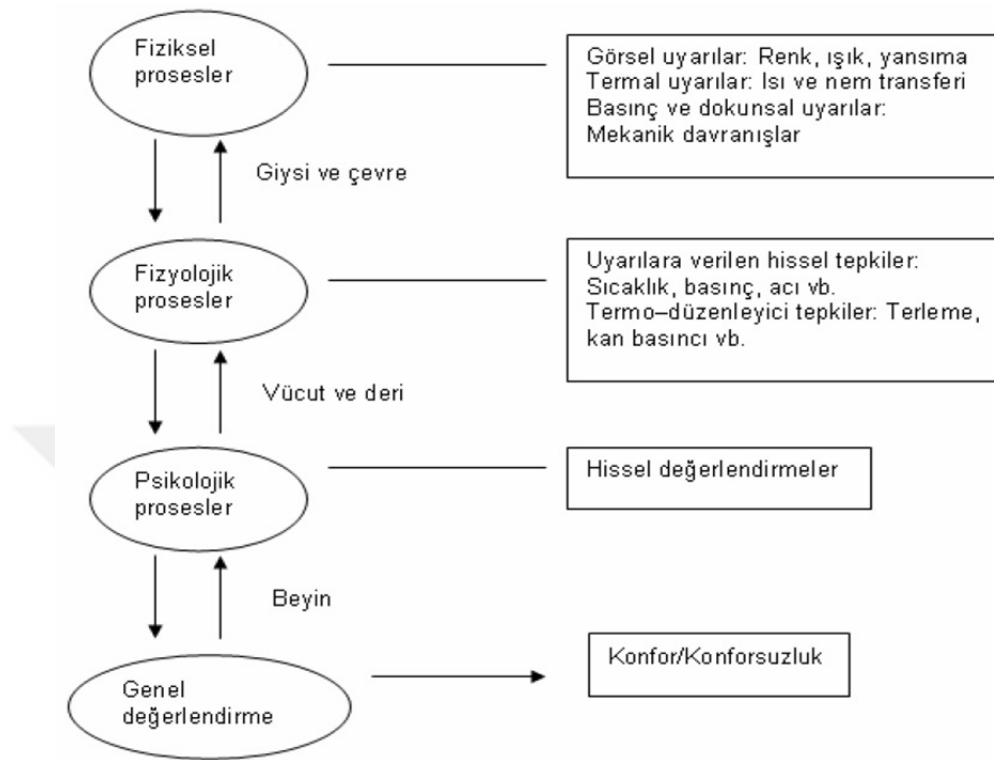
Konfor genel bir olgudur ve daha küçük bileşenlere ayrılabilmekte, fizyolojik ve psikolojik olarak tanımlanabilmektedir. Fizyolojik konfor, vücudun ürettiği ve kaybettiği ısıнын dengesinin sağlanmasını ifade etmektedir. Psikolojik konfor ise, kişinin kendisini güvende ve farklı durumlarda rahat hissetmesi için gerekli farklı ihtiyaçlarla tanımlanmaktadır (Erenler, 2013).

Hatch'e göre (1993), psikolojik ve fizyolojik açıdan konfor aşağıdaki bileşenlere ayrılabilir:

- Termofizyolojik konfor, sıcaklık ve ıslaklık açısından konforun sağlanmasıdır, kumaşta meydana gelen ısı ve sıvı transfer mekanizmalarını kapsamaktadır.
- Dokunsal konfor, tekstil materyalinin deriyle teması sonucu ortaya çıkan nörolojik algılardır.
- Vücut hareket konforu, giysinin vücut hareketlerine imkan tanınması, vücuda uygulanan basıncı minimuma indirmesidir.
- Estetik konfor, kişinin psikolojisini etkileyen giysi özelliklerinin duyu organlarıyla (göz, kulak, deri vb.) algılanan kısmıdır (Hatch, 1993: Erenler, 2013'ten).

Konforu etkileyen, fiziksel, psikolojik ve fizyolojik faktörlerin konfor algısındaki akış şeması Şekil 4.1'de görülebilmektedir.

Şemaya göre fiziksel faktörler duyu organlarına gerekli uyarıları sağlamaktadır. Bu uyarılar, fizyolojik sinyallerle beyine gönderilmekte ayrıca terleme, nabız değişikliği gibi vücut tepkilerine yol açmaktadır. Beyin, aldığı sinyalleri çeşitli sübjektif algıları tanımlamak için kullanmakta ve eski tecrübeler ve psikolojik beklentilerle karşılaştırarak bir genel değerlendirme yapmaktadır (Karalomlu, 2010).



Şekil 4.1. Konfor değerlendirme şeması (Karalomlu, 2010)

Giysi kullanıcısının konfor algısında faaliyet gösteren dört tip proses vardır:

- Giysi içerisinde ısı ve nem iletimi gibi giysi ve çevre arasındaki fiziksel prosesler; giysi ve vücut arasındaki mekanik etkileşimler, giysinin ışığı absorblaması ve yansıtması gibi vücuda sinyaller sağlayan fiziksel prosesler.
- Vücuttaki termal denge, giysi ve çevreye olan dinamik etkileşimler ve termoregüler tepkiler gibi fizyolojik prosesler.

- Vücudun giysi ve çevresiyle etkileşimlerinden doğan sinyalleri ve bu sinyallerin cilt, göz ve diğer organlar tarafından alındığı mekanizmalar olan nörofizyolojik prosesler.
- Yukarıda bahsedilen sinyallerden dolayı beyinde meydana gelen hisler ve bu hislerin geçmiş tecrübe ve isteklere göre değerlendirilerek ortaya çıkan sübjektif kabuller olan psikolojik prosesler.

Bu dört proses, kullanıcının herhangi bir andaki konfor durumunu belirlemek üzere birbirleriyle dinamik etkileşimdedirler. Bu nedenle konfor, insan ve çevre arasındaki psikolojik, fizyolojik, ve fiziksel uyumun bir sonucu ve psikolojik, fizyolojik, ve fiziksel konfor algısının toplamı olmaktadır (Erenler, 2013).

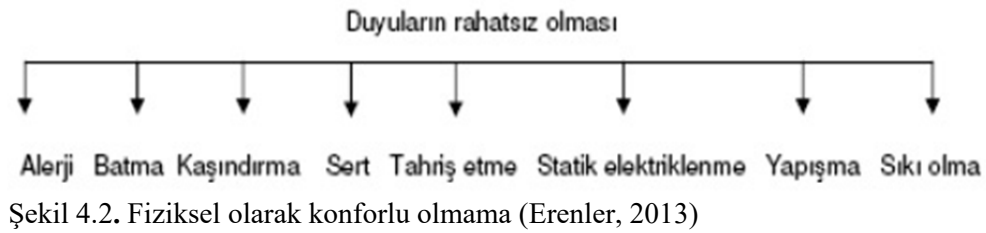
#### 4.2.1. Psikolojik Konfor

Psikolojik konfor, duyu organları ile alınan çevresel uyarıların geçmişteki tecrübe ve beklentilerle karşılaştırılarak algıya dönüştürülmesi ve bu algıların farklı biçimde tanımlanmasını sağlayan bir kavramdır. Giysilerde psikolojik konfor, giysi vücut ile temas ettiğinde neler hissettirir, neler çağrıştırır ve göze nasıl görünür soruları ile ilgilenmektedir. Psikolojik konfor moda, görünüm, temiz kalma, yıkama sonrası şeklinde bozulup bozulmama olması gibi giysi özelliklerinden etkilenir. Modaya uygun, göze hitap eden estetik açıdan uygun giysiler, kişilerin toplum içerisinde fark edilmesini ve dolayısıyla psikolojik rahatlamayı sağlar. Eğer kişi, giydiği giysi ile toplum içerisinde kendisini rahat hissetmiyorsa, o zaman psikolojik konforsuzluk hisseder. Psikolojik konfor değerlendirmeleri sırasında, kişilerin yorumları önemlidir. Psikolojik konforun objektif olarak ölçülmesi mümkün olmadığından kişilere aynı şartlarda sübjektif değerlendirmeler yaptırılmaktadır. Sübjektif değerlendirmeler sırasında, kişilere algılarını tanımlayıcı sorular sorulmakta ve cevapları psikolojik skalalar üzerine kaydedilmektedir. Sonuçta, kişilerin yapmış oldukları sübjektif değerlendirmeler ve objektif ölçümler arasında ilişki kurularak psikolojik konfor değerlendirmeleri yapılmaktadır (Yüksel, 2010).

#### 4.2.2. Fiziksel Konfor

Fiziksel konfor, vücudun tekstil yüzeyi ile direkt teması anında duyulan hislerin (vücutla mekanik temas) bir sonucudur. Bu temas, hissedilen kumaşın yumuşaklığı, sağladığı hareket serbestliği ve ıslak kumaşın neden olduğu batma, kaşıntı ve yapışma gibi giysi konforunu negatif yönde etkileyen faktörleri içermektedir. Bu hisleri belirleyen kumaş özellikleri ise, yüzey pürüzsüzlülüğü, ağırlık, yumuşaklık, yoğunluk ve rijitlik olarak sıralanabilmektedir (Yüksel, 2010).

Kumaş yapısı ve giysi dizaynı, giysinin fiziksel konforu için çok önemlidir. Çünkü bunların deriye sürtünme, sıkı oturma, kaşıntı ve batma gibi etkileri vardır. Bu etkiler (fiziksel konforsuzluk), deriyle temas anında açığa çıkan hislerden veya giysinin vücuda oturmaması, şekil uygunsuzluğundan kaynaklanabilir. Şekil 4.2’de, fiziksel konforsuzluk haline ait durumlar örneklenmiştir (Erenler, 2013).



Şekil 4.2. Fiziksel olarak konforlu olmama (Erenler, 2013)

Fiziksel konfor algısına lif, iplik ve kumaş yapısal özellikleri yanında kumaşa uygulanan terbiye, kaplama, laminasyon vb. işlemler de etkilidir (Erenler, 2013).

#### 4.2.3. Termofizyolojik (Termal veya Isıl) Konfor

Termofizyolojik konfor; giysilerin ısı ve nem iletim özelliklerine, giysilerin ciltte yarattıkları hisse ve giysi-cilt arasındaki mekanik etkileşime bağlıdır. Termofizyolojik konfor, cilt üzerindeki kumaş rahatlığının algılanması,

sıcaklık, soğukluk, ıslaklık ve hissedilebilirlik duygularını içeren karmaşık bir olaydır (Kaplan, 2009).

Termofizyolojik açıdan giysi konforu denildiğinde, giysinin ısı iletim özelliği önemli bir değişken olmaktadır. Eğer vücut ve çevresi arasında olan ısı alışverişi dengeye gelmez ve vücut ısınıp kaybetmeye ya da ısınmaya başlar ise fizyolojik bazı tepkiler ve bunların sonunda bazı süreçler ortaya çıkmaktadır. Bu tepkiler üşüme ya da aşırı terleme, kas iskelet sistemi rahatsızlıkları, ısı şoku ya da soğuk şoku, vücut elektrolit dengesinin bozulması, stres, hareket kısıtlılıkları, kas krampları, romatizmal hastalıklar olarak sıralanmaktadır. Termofizyolojik konforun oluşturulması için giysiden beklenen, ortam sıcaklığı ile ilişkiyi kesip vücut sıcaklığını sabit tutmasıdır. Nefes alan kumaşlar ile insan vücudunda oluşan ter dışarıya atılırken, aynı zamanda dışarıdaki faktörlerden etkilenmemekte ve ısı yalıtımı sağlanmaktadır (Yıldırım, 2013).

İnsanların giysilerinde termofizyolojik olarak kendilerini konforlu hissetmeleri terin buharlaşarak uzaklaşması, sıcak iklimlerde veya faal durumlarda aşırı ısınmanın önlenmesine bağlıdır. Vücut, dış sıcaklık veya aktivite düzeyi artınca nem buharlaştırarak konforunu korur. Bazı durumlarda ıslak vücuttan terin buharlaşma hızı ter salgılama hızından düşük olabilir. Vücudun (deri) üzerinde terin birikmesi ve yetersiz buharlaşma ısı kaybı ise konforsuzluk hissi verir (Erenler, 2013).

#### 4.2.3.1. Termofizyolojik Konfor Parametreleri

Kullanım yerine göre kumaşlardan farklı geçirgenlik özellikleri beklenir. Kullanım alanı göz önünde bulundurularak kumaşın geçirgenlik özellikleri genel olarak ısı, su buharı, hava ve kumaşlarda sıvı su iletimi (kılcallık) olmak üzere farklı gruplarda incelenebilir (Yıldırım, 2013).

##### 4.2.3.1.(1). Isıl Geçiş Özellikleri

Isı, yüksek sıcaklıklı bölgeden düşük sıcaklıklı bölgeye doğru geçme eğiliminde olan bir enerji çeşididir. Isı, giysi içinden taşınım (konveksiyon), ışıınım,

iletim (kondüksiyon) ve terleme yoluyla (buharlaşma) uzaklaşabilir. Düşük aktivite şartlarında deri yüzeyinden ısı kaybının %75'i taşınım, ısınım ve iletimle gerçekleşir. Giyside oluşan ısı, terin uzaklaşmasına izin verecek seviyede olmalıdır . Giysiler için en önemli ısı konfor parametreleri şu şekilde sıralanabilir:

- Isıl iletkenlik
- Isıl direnç
- Isıl soğurganlık

**a) Isıl İletkenlik**

Bir malzemenin birim kalınlıkta, 1°K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir. Giysilerde yüksek ısı iletkenlik özelliği, fiziksel aktiviteler sırasında vücutta oluşan fazla ısıyı uzaklaştırılmasını desteklemektedir.

**b) Isıl direnç (stabil durumda)**

Bir malzemenin iki kesiti arasındaki sıcaklık farkının, kesitler arasındaki ısı akış hızına bölünmesi ile tanımlanan ve ısı aktarımına direnci gösteren büyüklüktür. Malzeme kalınlığı ile doğru, ısı iletkenlik ile ters orantılı olarak değişmektedir. Özellikle soğuk hava koşullarında gerçekleştirilen aktivitelerde, yüksek ısı direnç özelliği ile giysilerde yüksek ısı izolasyonu sağlanabilmektedir.

**c) Isıl soğurganlık (geçici durumda)**

Farklı sıcaklıktaki iki parça birbirine temas ettiğinde meydana gelen ani ısı akışıdır. Eğer ısı soğurganlık değeri düşük ise kumaş ilk temas anında sıcak his; yüksek ise soğuk his vermektedir. Özellikle soğuk günlerde giysinin ilk giyim anında kişiye konfor hissi sağlayan bu parametre, malzemenin ısı iletkenlik,

yoğunluk ve özgül ısı değerleriyle doğru orantılı olarak değişmektedir (Marmaralı ve Oğlacioğlu, 2013).

#### 4.2.3.1.(2). Su Buharı Geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği özelliği kumaşın su buharını iletebilme yeteneğidir. Birim alandan birim zamanda 1 paskal basınç altında gram cinsinden geçen su buharı miktarı ( $\text{g/m}^2\text{hPa}$ ) olarak tanımlanabilir.

Özellikle yoğun fiziksel aktivite sonrasında oluşan terin vücuttan uzaklaştırılması ve yüksek vücut sıcaklığının düşürülmesi vücut konforu açısından oldukça önemlidir. Bu noktada giysilerin nem iletim özelliklerinin rolü büyüktür. Ancak terin oluşumu öncesinde oluşan fazla ısı eğer su buharı halinde transfer edilebilirse deride ıslaklık hissi oluşmadan vücut sıcaklığı dengelenebilir. Bu durumda giysilerin su buharı geçirgenliği özellikleri de nem iletimi kadar önemli taşımaktadır (Marmaralı ve Oğlacioğlu, 2013).

#### 4.2.3.1.(3). Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği, bir materyalin iki yüzeyi arasından, belirli bir basınç farkı altında birim zamanda ve birim alandan geçen havanın miktarıdır. Havanın lif, iplik ve kumaş yapısı içerisinde geçebilme yeteneğidir (Marmaralı ve Oğlacioğlu, 2013).

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) 1996 yılında hava geçirgenliğini, deney alanı, basınç düşmesi gibi şartları belirlenmiş bir deney parçasından düşey yönde geçen havanın hızı olarak tanımlamıştır. Kumaşın verilen bir alandan dikey yönde geçen hava akışının hızı, verilen bir zaman aralığında, kumaşın deney alanı içindeki basınç farkıyla ölçülür (Yıldırım, 2013).

#### 4.2.3.1.(4). Nem İletimi

Vücut hareketliliği yüksek düzeyde olduğunda, ter bezi kanallarının çalışması hızlanmakta, sıvı ter deri yüzeyine çıkmaktadır. Bu durumda, giysinin

sadece su buharını değil, sıvı haldeki teri de emmesi ve hızla üst tabakalara iletmesi gerekmektedir. Bu sebeple iyi bir giysi konforu sağlanması, giysilerin deriye yakın bölgesinde, mikro-klima bölgesindeki absorpsiyon-migrasyon ve kapiler transfer mekanizmaları ile ilgili bir durumdur. Bu noktada, tekstiller için kapılar transfer etkisi, sıvının ince kapılar kanallar veya kılcal boşluklar yardımı ile fiziksel olarak yukarıya taşınmasını kolaylaştırır. İplikteki lifler arası boşluklar bu tür kapiler kanalları oluşturmaktadırlar .

Nem iletimi konusunda genellikle ilk akla gelen doğal liflerin hidrofil özellikleri nedeniyle daha iyi konfor sağladığıdır. Ancak, bu özellikleri doğal liflerin nemi bünyesine almasına ve çok yavaş kurumasına neden olmaktadır. Bu noktada, sahip oldukları kapılar etki ve dolayısıyla iyi nem taşıma özelliği sayesinde son yıllarda geliştirilen özel sentetik lifler, çok fazla terleme durumunda diğer klasik liflerden yapılmış ürünlere oranla daha avantajlıdır. Hatta bu konuda öne çıkan çift yüzeyli yapılarda, klasik ve özel liflerin bir arada kullanılması liflerin avantajlı yönleri birleştirilirken, olumsuz yönlerini ortadan kaldırılmakta ve giysi sistemleri için en uygun sonuçları vermektedir (Marmaralı ve Oğlakcıoğlu, 2013).

#### 4.2.3.2. Termofizyolojik Konforu Etkileyen Faktörler

Kişinin konfor hissini belirleyen insan teni ile giysi arasında kalan ve mikroklima olarak da adlandırılan hava tabakasıdır. Mikroklima, Şekil 4.3'te görüldüğü gibi çevresel faktörler ile insan ve giysi faktörlerinden etkilenmektedir (Marmaralı ve ark., 2006).



Şekil 4.3. Mikro klimayı etkileyen faktörler (Marmaralı ve ark., 2006)



## 5. MATERYAL VE METOD

### 5.1. Materyal

Çalışma kapsamında, denim kumaşların seçilmiş konfor ve/veya performans özelliklerinin eniyilenmesinin amaçlandığı modeller oluşturulması hedeflenmiştir. Bu amaçla oluşturulacak optimizasyon modellerinde kullanılmak üzere herbir fiziksel ve konfor/performans özelliğini matematiksel olarak ifade edecek eşitliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu eşitlikleri oluşturmak için regresyon analizi uygulanmış olup sözkonusu analizlerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan verilerin elde edilebilmesi için farklı konstrüksiyonlarda denim kumaş üretimi yapıp deneysel çalışma yürütülmüştür. Bu amaçla, farklı konstrüksiyon özelliklerine (gramaj, sıklık, iplik numarası, hammadde tipi vb.) sahip 13 adet denim kumaşın üretimi Osmaniye’de faaliyet gösteren JNR MENSUCAT A.Ş. işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Sözkonusu kumaşların üretiminde kullanılan çözü ve atkı ipliklerin temel özellikleri üretimin gerçekleştirildiği işletmeden temin edilip Çizelge 5.1 ve 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kullanılan çözü ipliklerin temel özellikleri

| Çözü        |                |                |
|-------------|----------------|----------------|
| Hammadde    | İplik Numarası | Üretim Yöntemi |
| 100% Co     | Ne 5.8         | Karde          |
| 100% Co     | Ne 9           | Karde          |
| 100% Co     | Ne 14          | Karde          |
| 100% Co     | Ne 20          | Karde          |
| 100% Tencel | Ne 20          | Karde          |

Çizelge 5.2. Kullanılan atkı ipliklerin temel özellikleri

| Atkı                         |                     |                |
|------------------------------|---------------------|----------------|
| Hammadde                     | İplik Numarası      | Üretim Yöntemi |
| 100% Co                      | Ne 7                | Open-End       |
| 100% Co                      | Ne 14               | Karde          |
| %48.5-48.5 Co/Pes+%3 Elastan | Ne 16.5 + Dtex 44   | Karde          |
| 100% Co                      | Ne 20               | Karde          |
| 100% Tencel                  | Ne 20               | Karde          |
| %96 Pes+ %4 Elastan          | Den 200/144+Dtex 78 | Sentetik       |

Yukarıda belirtilen özelliklerdeki ipliklerle gerçekleştirilen dokuma işleminde kullanılan dokuma makinasının teknik özellikleri ise Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Dokuma makinasının teknik özellikleri

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| <b>Tezgahın Markası</b>         | Picanol      |
| <b>Ağızlık Açma Mekanizması</b> | Armürlü      |
| <b>Atkı Atma Mekanizması</b>    | Kancalı      |
| <b>Tezgah Hızı</b>              | 600 atkı/dak |

Numunelerin tamamı yukarıdaki özelliklere sahip dokuma makinasında üretilmiş ve daha sonra aynı işletmede ön terbiye işlemine tabi tutulmuştur. Söz konusu ön terbiye işleminde kumaşın öncelikle üzerinde bulunan hav ve tüycüklerin yok edilmesi için çift yüz yakma işleminden geçirilmiştir. Daha sonra kumaş yüzeyinde parlaklık elde etmek ve kumaşa ekstra mukavemet kazandırmak amacıyla NaOH (sodyumhidroksit) verilerek merserizasyon işlemi yapılmıştır. Sonrasında kumaş üzerindeki kimyasalları uzaklaştırmak için 90 °C'de normal su ile yıkama işlemi uygulanmıştır. Son aşamada ise kumaşa, çekmezlik vermek amacıyla sanfor işlemi uygulanmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan kumaşların genel özellikleri Çizelge 5.4.'te yer almaktadır.

Çizelge 5.4. Numune kumaşların genel özellikleri

| Kod | Çözü Numarası (Ne) | Atkı Numarası (Ne) | Çözü Hammaddesi | Atkı Hammaddesi                 | Atkı Tipi | Çözü Sıklığı (tel/cm) | Atkı Sıklığı (tel/cm) | Örgü Tipi | Yıkama Tipi | Gramaj (g/m <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------------|--------------------|-----------------|---------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------|-------------|----------------------------|
| K1  | Ne 9               | Ne 7               | 100 % Co        | 100 % Co                        | OE        | 26                    | 18                    | 3/1 S     | Yıkanmamış  | 370                        |
| K2  | Ne 9               | Ne 7               | 100 % Co        | 100 % Co                        | OE        | 26                    | 18                    | 3/1 B.T   | Yıkanmamış  | 375                        |
| K3  | Ne 9               | Ne 14              | 100 % Co        | 100 % Co                        | K         | 26.5                  | 21                    | 2/2 Z     | Yıkanmamış  | 302                        |
| K4  | Ne 9               | Ne 14              | 100 % Co        | 100 % Co                        | K         | 26.5                  | 23                    | 1/3 Z     | Yıkanmamış  | 305                        |
| K5  | Ne 9               | Ne 14              | 100 % Co        | 100 % Co                        | K         | 26.5                  | 23                    | 1/3 Z     | Rinse       | 305                        |
| K6  | Ne 9               | Ne 14              | 100 % Co        | 100 % Co                        | K         | 26.5                  | 23                    | 1/3 Z     | Taş         | 305                        |
| K7  | Ne 9               | Ne 16.5+Dtex 44    | 100 % Co        | 48.5%Co + 48.5%Pes + 3% Elastan | K         | 29                    | 21                    | 1/3 Z     | Yıkanmamış  | 312                        |
| K8  | Ne 9               | Ne 16.5+Dtex 44    | 100 % Co        | 48.5%Co + 48.5%Pes + 3% Elastan | K         | 29                    | 21                    | 1/3 Z     | Rinse       | 312                        |
| K9  | Ne 9               | Ne 16.5+Dtex 44    | 100 % Co        | 48.5%Co + 48.5%Pes + 3% Elastan | K         | 29                    | 21                    | 1/3 Z     | Enzim       | 312                        |
| K10 | Ne 9               | Ne 16.5+Dtex 44    | 100 % Co        | 48.5%Co + 48.5%Pes + 3% Elastan | K         | 29                    | 21                    | 1/3 Z     | Taş         | 312                        |
| K11 | Ne 9               | Ne 20              | 100 % Co        | 100 % Co                        | K         | 27                    | 23                    | 2/2 Z     | Yıkanmamış  | 277                        |
| K12 | Ne 9               | Ne 20              | 100 % Co        | 100 % Co                        | K         | 27                    | 23                    | 2/2 Z     | Enzim       | 277                        |

Çizelge 5.4'ün devamı

| Kod | Çözü Numarası (Ne) | Atkı Numarası (Ne) | Çözü Hammaddesi | Atkı Hammaddesi | Atkı Tipi | Çözü Sıklığı (tel/cm) | Atkı Sıklığı (tel/cm) | Örgü Tipi | Yıkama Tipi | Gramaj (g/m <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------|-------------|----------------------------|
| K13 | Ne 9               | Ne 20              | 100 % Co        | 100 % Co        | K         | 27                    | 23                    | 2/2 Z     | Taş         | 277                        |
| K14 | Ne 9               | Ne 20              | 100 % Co        | 100 % Co        | K         | 27                    | 24                    | 3/1 Z     | Yıkanmamış  | 287                        |
| K15 | Ne 9               | Ne 20              | 100 % Co        | 100 % Co        | K         | 27                    | 24                    | 3/1 Z     | Taş         | 287                        |
| K16 | Ne 9               | Ne 20              | 100 % Co        | 100 % Te        | K         | 26.5                  | 21                    | 2/2 Z     | Yıkanmamış  | 281                        |
| K17 | Ne 9               | Ne 20              | 100 % Co        | 100 % Te        | K         | 26.5                  | 21                    | 2/2 Z     | Rinse       | 281                        |
| K18 | Ne 9               | Ne 20              | 100 % Co        | 100 % Te        | K         | 26.5                  | 21                    | 2/2 Z     | Enzim       | 281                        |
| K19 | Ne 20              | Ne 20              | 100 % Te        | 100 % Te        | K         | 39                    | 23                    | 2/1 Z     | Yıkanmamış  | 220                        |
| K20 | Ne 20              | Ne 20              | 100 % Te        | 100 % Te        | K         | 39                    | 23                    | 2/1 Z     | Enzim       | 220                        |
| K21 | Ne 20              | Ne 20              | 100 % Co        | 100 % Co        | K         | 37                    | 21                    | 2/1 Z     | Yıkanmamış  | 185                        |
| K22 | Ne 9               | Ne 7               | 100 % Co        | 100 % Co        | OE        | 26                    | 17                    | 3/1 Z     | Yıkanmamış  | 360                        |
| K23 | Ne 9               | Ne 7               | 100 % Co        | 100 % Co        | OE        | 26                    | 17                    | 3/1 Z     | Taş         | 360                        |
| K24 | Ne 9               | Ne 7               | 100 % Co        | 100 % Co        | OE        | 26                    | 17                    | 3/1 Z     | Enzim       | 360                        |
| K25 | Ne 5.8             | Ne 7               | 100 % Co        | 100 % Co        | OE        | 23                    | 17                    | 3/1 Z     | Yıkanmamış  | 425                        |

Çizelge 5.4'ün devamı

| Kod | Çözü<br>Numarası<br>(Ne) | Atkı Numarası<br>(Ne)     | Çözü<br>Hammaddesi | Atkı<br>Hammaddesi     | Atkı<br>Tipi | Çözü<br>Sıklığı<br>(tel/cm) | Atkı<br>Sıklığı<br>(tel/cm) | Örgü<br>Tipi | Yıkama<br>Tipi | Gramaj<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|----------------|-------------------------------|
| K26 | Ne 14                    | Den 200/144 + Dtex<br>78  | 100 % Co           | 96 % Pes + 4 % Elastan | S            | 43.5                        | 23                          | 3/1 Z        | Yıkanmamış     | 295                           |
| K27 | Ne 14                    | Den 200 /144 +<br>Dtex 78 | 100 % Co           | 96 % Pes + 4 % Elastan | S            | 43.5                        | 23                          | 3/1 Z        | Enzim          | 295                           |

Co : Pamuk  
Te : Tencel  
Pes : Polyester  
OE : Open-end  
K : Karde  
S : Sentetik  
B.T : Kırık dimi

## 5.2. Metod

Çalışma kapsamında farklı konstrüksiyonlara sahip olarak dokunan 13 adet numuneye farklı yıkama işlemleri JNR MENSUCAT A.Ş. işletmesi imkanları kullanılarak uygulanmıştır. Denemelerdeki yıkama işlemlerinde ana yıkama olarak bilinen ve en yaygın kullanım alanına sahip olan rins, enzim ve taş yıkama işlemleri uygulanmıştır.

### 5.2.1. Denim Kumaşlara Uygulanan Yıkama İşlemleri

**Rins Yıkama:** Deneysel çalışma kapsamında numune kumaşlara uygulanan rins yıkama reçetesi proses adımları Çizelge 5.5'te gösterilmiştir. Bu yıkama türünün kısa bir işlem olması nedeniyle uygulanan işlemler 4 adımdan oluşmaktadır. İlk adımda yıkama işlemi yapılmakta sonrasında ise boşaltma, sıkma ve kurutma işlemi uygulanarak işlem sona ermektedir.

Çizelge 5.5. Rins yıkama reçetesi

| Proses      | Sıcaklık (C°) | Süre (dk) | Su Miktarı (l/kg) | pH  |
|-------------|---------------|-----------|-------------------|-----|
| Rins Yıkama | 60            | 15        | 20                | 6-7 |
| Boşaltma    | _____         |           |                   |     |
| Sıkma       | _____         |           |                   |     |
| Kurutma     | 60            | 45        | -                 | -   |

**Taş Yıkama:** Deneysel çalışma kapsamında numune kumaşlara uygulanan taş yıkama reçetesi proses adımları Çizelge 5.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Taş yıkama reçetesi

| Proses       | Sıcaklık (C°) | Süre (dk) | Taş Miktarı (kg/kg) | Su Miktarı (l/kg) | pH  |
|--------------|---------------|-----------|---------------------|-------------------|-----|
| Taş Yıkama   | 60            | 45        | 1.5                 | 20                | 6-7 |
| Boşaltma     | _____         |           |                     |                   |     |
| Durulama     | _____         |           |                     |                   |     |
| Boşaltma     | _____         |           |                     |                   |     |
| Durulama     | _____         |           |                     |                   |     |
| Boşaltma     | _____         |           |                     |                   |     |
| Sıkma        | _____         |           |                     |                   |     |
| Taş Ayıklama | _____         |           |                     |                   |     |
| Kurutma      | 60            | 45        | -                   | -                 | -   |

**Enzim Yıkama:** Deneysel çalışma kapsamında numune kumaşlara uygulanan enzim yıkama reçetesi proses adımları Çizelge 5.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. Enzim yıkama reçetesi

| Proses       | Sıcaklık (C°) | Süre (dk) | Enzim Miktarı (g/l) | Su Miktarı (l/kg) | pH  |
|--------------|---------------|-----------|---------------------|-------------------|-----|
| Enzim Yıkama | 60            | 30        | 3                   | 20                | 6-7 |
| Boşaltma     | _____         |           |                     |                   |     |
| Durulama     | _____         |           |                     |                   |     |
| Boşaltma     | _____         |           |                     |                   |     |
| Durulama     | _____         |           |                     |                   |     |
| Sıkma        | _____         |           |                     |                   |     |
| Kurutma      | 60            | 45        | -                   | -                 | -   |

### 5.2.2. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler

Numunelere uygulanan testler iki başlık altında incelenmiştir. İlk olarak numune kumaşların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla testler uygulanmış, ikinci kısımda ise numuneler üzerine seçilmiş bazı performans ve konfor testleri uygulanmıştır. Söz konusu özelliklerin ölçümünde kullanılan test yöntemleri, standart numaralarıyla birlikte Çizelge 5.8’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.8. Test edilen özellikler ve testlerin standart numaraları

| Uygulanan Testler                | İlgili Standart    |
|----------------------------------|--------------------|
| Numara (atkı ve çözgü numarası)  | TS 255             |
| Sıklık (atkı ve çözgü sıklığı)   | TS 250             |
| Gramaj                           | TS 251             |
| Örgü raporu                      | TS 6349            |
| Kopma mukavemeti (atkı ve çözgü) | TS EN ISO 13934-1  |
| Yumuşaklık                       | ASTM D 4032-94     |
| Hava geçirgenliği                | TS 391 EN ISO 9237 |
| Su buharı geçirgenliği           | ASTM E96 B         |

#### 5.2.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler

Numune kumaşların fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla atkı ve çözgü iplik numarası, atkı ve çözgü iplik sıklığı, kumaş gramajı ve dokuma örgüsü ölçümü yapılmıştır.

##### a) Atkı ve Çözgü İplik Numarası Tayini

Numune kumaşlar üzerinde atkı ve çözgü iplik numarası tayini TS 255 “Kumaştan Çıkarılan İpliğin Doğrusal Yoğunluğunun Tayini” standardı esas alınarak yapılmıştır. Standartta göre kondüsyonlama sonrasında kumaştan çözgü ipliklerinin tayini için; farklı çözgü ipliklerini içeren 2 adet, atkı ipliklerinin tayini

için farklı atkı ipliklerini içeren 5 adet 50 cm uzunluğunda dikdörtgen şeritler kesilerek her bir şeritten ilk 10 iplik ayrılır. 10 iplikten her biri cetvel üzerinde iki ucundan elle tutulup çekilerek kıvrımı açılmak suretiyle düzeltilir ve uzunluğu cetvel üzerinden okunarak kaydedilir ve 10 ipliğin ortalaması alınır. Böylece ortalama düzeltilmiş uzunluk hesaplanır. Her bir şeritten en az 40 iplik daha çıkartılarak, her bir şerit için elde edilen 50 adet iplik tartılarak elde edilen sonuç 50'ye bölünür ve ortalama ağırlık bulunur. Atkı şeritleri kendi aralarında çözgü şeritleri kendi aralarında olmak üzere ortalamalar hesaplanarak bir atkı ipliği için belli bir uzunluk ve ağırlık, bir çözgü ipliği için belirli bir uzunluk ve ağırlık bulunur. Bu uzunluk ve ağırlık iplik numaralandırma sistemlerinden birisine göre işlenerek iplik numarası hesaplanır (Erenler, 2013).

Çalışma kapsamında aşağıdaki eşitlikler kullanılarak ipliğin Nm (Numara metrik) cinsinden numarası hesaplanmış ve daha sonra Ne numaralandırma sistemine dönüşüm yapılmıştır.

$$Nm = \frac{\text{Ortalama Uzunluk (m)}}{\text{Ortalama Ağırlık (gr)}} , \quad Ne = \frac{Nm}{1,693} \quad (\text{Zervent Ünal, 2007})$$

#### b) Atkı ve Çözgü Sıklığı Tayini

TS 250 EN 1049-2 ‘Dokunmuş Kumaşlar-Yapı-Analiz Metotları-Bölüm2: Birim Uzunluktaki İplik Sayısının Tayini’ Standardı esas alınarak testler gerçekleştirilmiştir. Kumaşların çözgü ve atkı yönünde 1 cm'deki çözgü ve atkı iplik sayısı büyüteç (lup) ve toplu iğne yardımıyla sayılır. Her bir kumaş numunesinden üç adet sayım yapıp ölçümlerin ortalama değerleri alınır. (Kılınçkaya, 2017).

#### c) Gramaj Testi

Kumaşta gramaj tayini, belli bir alanın veya belli bir uzunluğun ağırlığı, yani birim alanın ağırlığıdır. Bu test kapsamında, numune kumaşlardan 100 cm<sup>2</sup>'lik

numuneler kesilip hassas terazide tartılır ve elde edilen değerler 100 ile çarpılmak suretiyle kumaşların gramajı  $g/m^2$  cinsinden belirlenir. Her bir kumaş numunesinden en az üç adet ölçüm yapıp ölçümlerin ortalama değerleri alınır. Yapılan kumaş gramaj testleri için TS 251 standardı esas alınmıştır (Yıldırım, 2013).

#### **d) Örgü Raporunun Tayini**

Numune kumaşların doku türünün belirlenmesinde TS 6349 standart esas alınmaktadır. Söz konusu standarda göre kesilen bir parça kumaşın kenarlarından atkı ve çözgü doğrultularında yaklaşık 1 cm saçak oluşacak şekilde iplik çekilmektedir. Daha sonra ilk sıradaki çözgü ipliği, hafifçe kumaştan ayrılacak şekilde saçığı oluşturan ipliklerin arasında kaydırılır. Daha sonra gözle veya lup adı verilen alet kullanılarak ilk çözgü ipliğinin atkılarının altında ve üstünde olma durumu gözlenerek kareli kağıda işaretleme yapılır. Genellikle çözgü ipliğinin üstte olduğu bağlantı noktaları “x” gibi bir işaretle gösterilmektedir. Aynı işlem sırasıyla diğer çözgüler için de gerçekleştirilir ve iplik hareketlerinde tekrarlar başlayana kadar işleme devam edilir. Bu şekilde örgü raporu elde edilmiş olmaktadır. Raporun atkı ve çözgü yönünde tekrarlayan en küçük birimine “birim örgü raporu” adı verilmektedir (Zervent Ünal, 2007).

#### **5.2.2.2. Kumaşların Performans ve Konfor özelliklerinin Belirlenmesi için Uygulanan Testler**

Çalışma kapsamında numune kumaşlar üzerine kopma mukavemeti, yumuşaklık tayini, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği testleri yapılmıştır. Tüm testler Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

#### **a) Titan Cihazı ile Kopma Dayanımı Derecesinin Belirlenmesi**

Titan Cihazı ile EN ISO 13934-1 (International Organization for Standardization) standardı esas alınarak yapılan kopma dayanımı derecesi tayini

testi, belirli ölçülerdeki numuneye cihaz üzerindeki çeneler aracılığıyla kuvvet uygulanması ve numunede kopma meydana getiren kuvvet değerinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır.

**Deney Numunesi:** Kopma dayanımı tayini deneyinde kullanılabilecek numune ebatları 5x30 cm olup söz konusu numunelerde uzun kenar boyunca 30 cm den kısa iplik olmamalıdır. Bu nedenle test edilecek kumaştan 6x30 cm ölçülerinde atkı ve çözgü doğrultularında 5'er adet olmak üzere toplam 10 numune kesilmektedir. Numunenin alınacağı bölgenin kırışksız ve kat izi olmayan yerler olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Söz konusu numunelerin kenarlarındaki iplikler çekilerek eni 5 cm ye getirilmekte ve bu işlem sonrası numuneler teste hazır hale gelmektedir.

**Deney Cihazı ve Deneyin Yapılışı:** Kumaşların kopma dayanımı derecesinin tespiti için kullanılan Titan Universal Mukavemet Test Cihazı Şekil 5.1'de verilmiştir. Biri sabit diğeri hareketli iki çeneye sahip cihaza, Titan isimli yazılım yüklü bir bilgisayar bağlı durumdadır. Cihazın çalışma prensibi, çeneler arasına yerleştirilen bir numuneye kopana kadar uygulanan yük miktarının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Numune iplik veya kumaş olabilmektedir. Söz konusu yazılım yardımıyla çeneler arası mesafe, ilk yükleme miktarı, çenelerin hızı vb. değerler değiştirilebilmektedir.

Gerekli ayarlamalar yapıldıktan ve numune aralarında 20 cm bulunan çenelere yerleştirildikten sonra teste başlanmaktadır. Hareketli çenenin belirlenen hızda hareket etmesiyle numuneye yük uygulanmakta, kopma meydana geldiği anda ise çene durmaktadır. Bu anda okunan değer numunenin kopma mukavemeti değeri olup, bu işlem atkı ve çözgü yönündeki tüm numunelere sırasıyla uygulanmaktadır. Bunun yanı sıra kullanıcının belirlediği eksenler üzerinde gerçek zamanlı grafik gösterimi yapılarak test esnasında elde edilen kuvvet/uzama diyagramı görüntülenebilmektedir. Test cihazından alınan sonuçlar arşivlenebilmekte, grafiksel ve istatistiksel olarak sunulabilmektedir (Zervent Ünal, 2007).



Şekil 5.1. Titan universal mukavemet test cihazı

#### b) Stiffness Tester Cihazı ile Yumuşaklık Derecesinin Belirlenmesi

Stiffness Tester Cihazı ile ASTM (American Society for Testing and Materials) D 4032-94 Dairesel Eğme Test Metodu'na göre yapılan yumuşaklık tayini; belirli ölçülerdeki numuneyi cihaz üzerindeki bir delikten geçirmek için uygulanması gereken yük miktarının belirlenmesi esasına dayanmaktadır.

**Deney Numunesinin Hazırlanması:** Yumuşaklık derecesi tayin edilecek kumaştan 10x20 cm ölçülerinde farklı yerlerden 3 adet numune kesilmektedir. Numunenin alınacağı bölgenin kırışıklı ve kat izi olmayan yerler olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

**Deney Cihazı ve Deneyin Yapılışı:** Kumaşların yumuşaklık derecesinin tespiti için kullanılan Dijital Pnömatik Stiffness Tester Cihazı Şekil 5.2'de

verilmiştir. Bu cihaz, numuneyi değişebilen bir yüke maruz bırakan bir deney parmağından, numunenin söz konusu yük etkisi ile geçtiği bir delikten ve uygulanan yükün büyüklüğünün okunduğu bir göstergeden oluşmaktadır. Cihazın çalışma prensibi; 25,4 mm (1 inç) çapındaki bir parmağın kumaşı 38 mm (1,5 inç) çapındaki deliğe 57 mm (2,25 inç) yükseklikten 1,7 sn’de ve maksimum kuvvetle itmesi esasına dayanmaktadır.



Şekil 5.2. Stiffness test cihazı

Hazırlanan deney numunesi ikiye katlanarak cihaz üzerindeki deliği örtecek şekilde yerleştirilmektedir. Daha sonra parmak belirli bir yük uygulayarak kumaşın delikten geçmesini sağlamaktadır. Bu işlem esnasında uygulanan yük, deney cihazının göstergesinden “kgf” cinsinden okunmakta ve sonuç olarak kaydedilmektedir. Kumaşın delikten geçmesi için uygulanması gereken yükün yüksek çıkması kumaşın yumuşaklık derecesinin düşük olduğu anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle yük değeri artıkcı kumaşın yumuşaklık derecesinin düştüğü anlaşılmaktadır (Zervent Ünal, 2007).

**c) Kumaşların Hava Geçirgenliğinin Belirlenmesi**

TS 391 EN ISO 9237 “Tekstil- Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini” test standardı esas alınarak numune kumaşlarının hava geçirgenliği değerleri, PROWHITE kumaş hava geçirgenliği test cihazında 20 cm<sup>2</sup>'lik test alanından 100 Pa basınçta geçen hava miktarının mm/sn olarak ölçülmesi ile tespit edilmiştir. Kumaşların 5 farklı bölgesinde test uygulanarak ortalama hava geçirgenliği değerleri hesap edilmiştir. Hesaplanan değer ne kadar yüksek çıkar ise kumaşın hava geçirgenliği o kadar yüksek olarak yorumlanmaktadır. Hava geçirgenliği test cihazı Şekil 5.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Prowhite hava geçirgenliği test cihazı

**d) Kumaşların Su Buharı Geçirgenliğinin Belirlenmesi**

ASTM E96 B “Dikey Kap Metodu (Upright Cup Method)” standardına uygun olarak ölçüm yapılmaktadır. Numune, içinde saf su bulunan dikey bir kap

üzerine conta yardımıyla sabitlenmektedir. Bir gün boyunca kap düzeneğinin ağırlığı periyodik olarak incelenerek elde edilen kütle kaybı değerleri kullanılarak su buharı iletim oranı hesaplanmaktadır (Gün ve Bodur, 2014).

Çalışma kapsamında her bir kap, kumaşla su yüzeyi arasında 10 mm lik bir hava tabakası kalacak şekilde yeterli miktarda saf su ile doldurulur. Kumaş ön yüzü dışa gelecek şekilde kaba dikkatlice yerleştirilir ve kapatma halkası ile tutturulur. Test öncesi kumaşlı kap tartılır ve standart atmosfer şartlarına konularak 24 saat bekletilir sonra tekrar tartı işlemi yapılır. Ağırlık farkı esas alınarak buhar geçişi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{Su Buharı Geçirgenliği WVP} = \frac{24 \cdot M}{A \cdot t} \quad (\text{g/m}^2/\text{gün}) \quad (\text{Gün ve Bodur, 2014})$$

Burada;

M : kütle kaybı (g)

t : ağırlık değişiminin meydana gelmesi boyunca geçen zaman (saat)

A : kabın iç alanı (m<sup>2</sup>) ; ve  $A = \frac{\pi d^2 \times 10^{-6}}{4}$

d : kabın iç çapı (mm)

### 5.2.3. Kullanılan İstatistiksel Paket Programı

Denim kumaşların temel fiziksel özelliklerinin birbirleriyle ve çeşitli performans ve konfor özellikleriyle olan ilişkilerini belirlemek ve sözkonusu performans-konfor özelliklerini üretime geçmeden, fiziksel özellikler yardımıyla tahmin etmek için kullanılacak çeşitli bağıntıları oluşturmak amacıyla, deneysel olarak elde edilen verilere (numune kumaşların fiziksel ve performans-konfor özellikleri) regresyon analizi uygulanması gerekmektedir. Sözkonusu analiz SPSS, STATISTICA, MINITAB gibi çeşitli paket programlar kullanılarak yapılabilmektedir.

Menü yönetimli bir program olması nedeniyle rahatlıkla kullanılabilen, bazı yöntemlerin uygulandığı veri setlerine uyumlu olmaması halinde uyarılar veren bir program olması nedeniyle SPSS en yaygın kullanıma sahip programdır. Bu nedenle çalışma kapsamında yapılacak istatistiksel analizlerin tümünde SPSS 22.0 paket programı kullanılmıştır (<https://www.ibm.com>).

Değişken olarak belirlenmiş olan özelliklerin deneysel olarak tespit edilen verilerinin normal dağılıma uygunluğunun tespiti için “KOLMOGOROV-SMIRNOV”, değişkenlerin almış oldukları ölçüm değerlerinin birbiriyle etkileşiminin başka bir ifadeyle rastgelelik durumunun tespiti için “WOLD-WOLFOWITZ DİZİLER (RUNS)” testleri ve seçilmiş bir bağımlı değişken (yanıt değişkeni) ile açıklayıcı değişkenler (bağımsız değişkenler) arasındaki ilişkiyi veren eşitliklerin oluşturulması amacıyla “REGRESYON ANALİZİ” uygulanmıştır.

Ayrıca çalışma kapsamında tüm değişkenlere ait verilerin “HİSTOGRAM GRAFİKLERİ” çizilmiştir.

#### 5.2.4. Kullanılan Optimizasyon Yazılımı

Çalışma kapsamında incelenen performans-konfor özelliklerinin en iyilenmesinin amaçlandığı çeşitli optimizasyon modelleri geliştirilmiştir. Söz konusu modellerin çözümü ise LINDO, LINGO, MPL gibi çeşitli yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir.

Çalışmada, optimizasyon problemlerinin çözümünde yaygın kullanılması, modele girebilecek değişken sayısı limitinin yüksek olması nedeniyle LINGO 18.0 tercih edilmiştir. Söz konusu program doğrusal, doğrusal olmayan, kuadratik, zorlanmış kuadratik ve tamsayılı optimizasyon problemlerinin çözümüne kesin, açık ve hızlı bir şekilde, okunaklı bir formda ulaşmayı sağlamaktadır. LINGO ile modeller kolaylıkla oluşturulmakta, anlaşılmakta ve çözülebilmektedir. Ayrıca seçilen uygulamada oluşturulan raporlar, veritabanı veya tablo içindeki çözüm bilgileri çıktı olarak alınabilmektedir. Bunun yanı sıra LINGO, programın bütün

özellik ve komutlarını tanımlayan online yardım yoluyla ulaşılacak bir kullanıcı kılavuzuna sahip olup, serbest deneme versiyonu web sitesinden kolaylıkla indirilebilmekte, örnek modeller incelenebilmekte, sınırlı kapasitede modellerin çözümü gerçekleştirilebilmektedir (<https://www.lindo.com>).





**6. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR**

Çalışma kapsamında öncelikle seçilmiş bir dokuma makinasında farklı fiziksel özelliklere sahip 13 adet denim kumaş üretimi gerçekleştirilmiş, ardından sözkonusu kumaşlar aynı şartlarda ön terbiye işleminden geçirildikten sonra kumaşların bir kısmına rins, taş ve enzim yıkama işlemleri uygulanmıştır. Bu şekilde farklı fiziksel özelliklere ve üretim parametrelerine sahip toplam 27 numune kumaş elde edilmiştir.

Sözkonusu numunelerin fiziksel özellikleri ve yıkama tipleri farklı olduğundan seçilmiş performans ve konfor özelliklerinde birtakım farklılıklar olması beklenmektedir. Bu nedenle tüm numune kumaşların fiziksel özellikleri, seçilmiş performans ve konfor özellikleri “Materyal ve Metot” bölümünde detaylı olarak verilmiş olan test yöntemleriyle tespit edilmiştir.

Çalışmada kumaş numunelerinin tespit edilmek istenilen fiziksel ve performans / konfor özellikleri, atkı ve çözgü iplik numarası, atkı ve çözgü iplik sıklığı, gramaj, dokuma örgüsü, kopma mukavemeti, yumuşaklık, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliğidir.

Fiziksel ve performans / konfor özelliklerinin tespitinden sonra bu verilere, seçilmiş istatistiksel analizler uygulanarak çeşitli regresyon denklemleri oluşturulmuş ve bu denklemlerin kısıt olarak kullanıldığı optimizasyon modelleri oluşturulmuştur.

**6.1. Numunelerin Fiziksel Özellikleri**

Deneyisel çalışmada ilk olarak kullanılan numune kumaşların; çözgü iplik numarası, atkı iplik numarası, çözgü sıklığı, atkı sıklığı, kumaş gramajı ve dokuma örgüsü (rapor) gibi fiziksel özellikleri tespit edilmiştir.

**6.1.1. Çözümlü ve Atkı İplik Numarası Ölçüm Sonuçları**

İplik numaraları TS 255 standardı esas alınarak belirli uzunluğa karşılık gelen ağırlık değeri prensibine göre tespit edilmiştir. Çizelge 6.1 çözgü ipliklerinin ve Çizelge 6.2 ise atkı ipliklerinin Ne numaralandırma sistemine göre numaralarını vermektedir.

Çizelge 6.1. Çözgü iplik numarası ölçüm sonuçları

| Kumaş Kodu | Çözgü İplik No (Ne) | Kumaş Kodu | Çözgü İplik No (Ne) |
|------------|---------------------|------------|---------------------|
| K1         | 8.98                | K15        | 9.26                |
| K2         | 8.93                | K16        | 8.99                |
| K3         | 9.08                | K17        | 9.59                |
| K4         | 8.95                | K18        | 9.64                |
| K5         | 9.68                | K19        | 19.12               |
| K6         | 9.50                | K20        | 20.36               |
| K7         | 8.91                | K21        | 19.92               |
| K8         | 9.46                | K22        | 9.01                |
| K9         | 9.33                | K23        | 9.25                |
| K10        | 9.08                | K24        | 9.47                |
| K11        | 9.01                | K25        | 5.75                |
| K12        | 9.35                | K26        | 13.89               |
| K13        | 9.20                | K27        | 14.45               |
| K14        | 8.97                |            |                     |

Çizelge 6.2. Atkı iplik numarası ölçüm sonuçları

| Kumaş Kodu | Atkı İplik No (Ne) | Kumaş Kodu | Atkı İplik No (Ne) |
|------------|--------------------|------------|--------------------|
| K1         | 7.01               | K15        | 20.25              |
| K2         | 6.93               | K16        | 18.90              |
| K3         | 13.79              | K17        | 19.96              |
| K4         | 13.95              | K18        | 20.16              |
| K5         | 14.50              | K19        | 19.99              |
| K6         | 14.39              | K20        | 20.49              |
| K7         | 16.45              | K21        | 20.15              |
| K8         | 17.00              | K22        | 6.85               |
| K9         | 16.61              | K23        | 7.18               |
| K10        | 16.52              | K24        | 7.58               |
| K11        | 19.98              | K25        | 7.05               |
| K12        | 20.61              | K26        | 26.55              |
| K13        | 20.15              | K27        | 26.60              |
| K14        | 20.05              |            |                    |

#### 6.1.2. Çözgü ve Atkı Sıklığı Ölçüm Sonuçları

Tez kapsamında kullanılan 27 adet numunenin atkı ve çözgü doğrultusundaki sıklıkları TS 250 esas alınarak tespit edilmiştir. Buna göre elde edilen atkı ve çözgü sıklığı değerleri Çizelge 6.3'te toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 6.3. Numunelerin atkı ve çözgü sıklıkları

| Kumaş Kodu | Çözgü Sıklıkları (tel/cm) |    |    |          | Atkı Sıklıkları (tel/cm) |    |    |          |
|------------|---------------------------|----|----|----------|--------------------------|----|----|----------|
|            | Ölçülen değerler          |    |    | Ortalama | Ölçülen değerler         |    |    | Ortalama |
| K1         | 26                        | 26 | 26 | 26.00    | 18                       | 18 | 18 | 18.00    |
| K2         | 26                        | 26 | 26 | 26.00    | 18                       | 18 | 18 | 18.00    |
| K3         | 27                        | 26 | 27 | 26.67    | 21                       | 21 | 21 | 21.00    |
| K4         | 26                        | 27 | 27 | 26.67    | 23                       | 23 | 23 | 23.00    |
| K5         | 27                        | 28 | 28 | 27.67    | 25                       | 24 | 25 | 24.67    |
| K6         | 27                        | 27 | 28 | 27.33    | 24                       | 24 | 24 | 24.00    |
| K7         | 29                        | 29 | 29 | 29.00    | 21                       | 21 | 21 | 21.00    |
| K8         | 30                        | 31 | 31 | 30.67    | 22                       | 22 | 23 | 22.33    |
| K9         | 30                        | 30 | 31 | 30.33    | 22                       | 22 | 22 | 22.00    |
| K10        | 31                        | 30 | 30 | 30.33    | 22                       | 22 | 22 | 22.00    |
| K11        | 27                        | 27 | 27 | 27.00    | 23                       | 23 | 23 | 23.00    |
| K12        | 28                        | 28 | 28 | 28.00    | 24                       | 24 | 24 | 24.00    |
| K13        | 28                        | 27 | 28 | 27.67    | 24                       | 23 | 24 | 23.67    |
| K14        | 27                        | 27 | 27 | 27.00    | 24                       | 24 | 24 | 24.00    |
| K15        | 28                        | 27 | 28 | 27.67    | 25                       | 25 | 24 | 24.67    |
| K16        | 26                        | 27 | 27 | 26.67    | 24                       | 24 | 24 | 24.00    |
| K17        | 28                        | 28 | 28 | 28.00    | 25                       | 24 | 26 | 25.00    |
| K18        | 28                        | 27 | 28 | 27.67    | 26                       | 26 | 26 | 26.00    |
| K19        | 39                        | 39 | 39 | 39.00    | 23                       | 23 | 23 | 23.00    |
| K20        | 41                        | 40 | 41 | 40.67    | 24                       | 24 | 24 | 24.00    |
| K21        | 37                        | 37 | 37 | 37.00    | 24                       | 24 | 24 | 24.00    |
| K22        | 26                        | 26 | 26 | 26.00    | 17                       | 17 | 17 | 17.00    |
| K23        | 27                        | 27 | 28 | 27.33    | 17                       | 18 | 19 | 18.00    |
| K24        | 28                        | 28 | 27 | 27.67    | 18                       | 18 | 19 | 18.33    |
| K25        | 23                        | 23 | 23 | 23.00    | 17                       | 17 | 17 | 17.00    |
| K26        | 44                        | 44 | 43 | 43.67    | 23                       | 23 | 23 | 23.00    |
| K27        | 44                        | 46 | 45 | 45.00    | 24                       | 24 | 24 | 24.00    |

**6.1.3. Gramaj Ölçüm Sonuçları**

Numunelerin gramajı TS 251 esas alınarak tespit edilmiştir. Çizelge 6.4'te tüm kumaşların alt numunelerine ait ağırlık değerleri, bunların ortalaması ve hesaplanan  $m^2$  gramajı değerleri toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 6.4. Numunelerin gramaj ( $g/m^2$ ) değerleri

| Kumaş Kodu | Gramaj ( $g/100cm^2$ ) |       |       |          | Gramaj ( $g/m^2$ ) |
|------------|------------------------|-------|-------|----------|--------------------|
|            | N1                     | N2    | N3    | Ortalama |                    |
| K1         | 3.699                  | 3.699 | 3.698 | 3.699    | 369.87             |
| K2         | 3.706                  | 3.704 | 3.706 | 3.705    | 370.53             |
| K3         | 2.922                  | 2.92  | 2.921 | 2.921    | 292.10             |
| K4         | 3.071                  | 3.07  | 3.071 | 3.071    | 307.07             |
| K5         | 3.064                  | 3.065 | 3.064 | 3.064    | 306.43             |
| K6         | 3.095                  | 3.096 | 3.094 | 3.095    | 309.50             |
| K7         | 3.117                  | 3.115 | 3.118 | 3.117    | 311.67             |
| K8         | 3.599                  | 3.598 | 3.599 | 3.599    | 359.87             |
| K9         | 3.603                  | 3.601 | 3.604 | 3.603    | 360.27             |
| K10        | 3.671                  | 3.671 | 3.671 | 3.671    | 367.10             |
| K11        | 2.756                  | 2.755 | 2.756 | 2.756    | 275.57             |
| K12        | 2.753                  | 2.753 | 2.752 | 2.753    | 275.27             |
| K13        | 2.730                  | 2.730 | 2.732 | 2.731    | 273.07             |
| K14        | 2.875                  | 2.876 | 2.875 | 2.875    | 287.53             |
| K15        | 2.846                  | 2.845 | 2.845 | 2.845    | 284.53             |
| K16        | 2.920                  | 2.920 | 2.920 | 2.920    | 292.00             |
| K17        | 2.871                  | 2.872 | 2.873 | 2.872    | 287.20             |
| K18        | 2.840                  | 2.841 | 2.840 | 2.840    | 284.03             |
| K19        | 2.173                  | 2.173 | 2.172 | 2.173    | 217.27             |
| K20        | 2.122                  | 2.124 | 2.125 | 2.124    | 212.37             |
| K21        | 1.950                  | 1.950 | 1.951 | 1.950    | 195.03             |
| K22        | 3.407                  | 3.406 | 3.407 | 3.407    | 340.67             |
| K23        | 3.529                  | 3.528 | 3.528 | 3.528    | 352.83             |
| K24        | 3.581                  | 3.581 | 3.581 | 3.581    | 358.10             |
| K25        | 4.191                  | 4.190 | 4.190 | 4.190    | 419.03             |
| K26        | 2.983                  | 2.983 | 2.983 | 2.983    | 298.30             |
| K27        | 3.025                  | 3.024 | 3.024 | 3.024    | 302.43             |

#### 6.1.4. Dokuma Örgüsü (Rapor) Test Sonuçları

Çalışma kapsamında, kumaşlara yapılan örgü analizi ile mevcut örgülerinin TS 6349'a göre 2/1 Z dimi, 3/1 S dimi, 3/1 B.T dimi, 3/1 Z dimi, 2/2 Z dimi ve 1/3 Z dimi olmak üzere 6 farklı örgü raporunda olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6.5'te kumaş numuneleri için tespit edilen fiziksel özellik değerlerinin dağılma aralıkları, başka bir ifadeyle maksimum ve minimum değerleri özetlenmiştir. Oluşturulacak regresyon denklemlerinin ve optimizasyon modellerinin daha geniş bir kabul veya geçerlilik alanına sahip olabilmesi için çizelgede görüldüğü gibi kumaş fiziksel özelliklerinin geniş bir aralıkta değişim göstermesine özen gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. Numunelerin fiziksel özelliklerinin dağılma aralıkları

| Fiziksel Özellik            | Dağılma Aralığı |
|-----------------------------|-----------------|
| Gramaj (g/m <sup>2</sup> )  | 195.03 – 419.03 |
| Çözümlü iplik numarası (Ne) | 5.75 – 20.36    |
| Atkı iplik numarası (Ne)    | 6.85 – 26.6     |
| Çözümlü sıklığı (tel/cm)    | 23 - 45         |
| Atkı sıklığı (tel/cm)       | 17 - 26         |

#### 6.2. Numunelerin Performans/Konfor Özellikleri

Çalışmada kullanılan kumaşlara, atkı ve çözgü kopma mukavemeti, yumuşaklık, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği olmak üzere standartlara göre performans ve konfor testleri uygulanmıştır. Kumaşlara uygulanan performans ve konfor testlerinden elde edilen ölçümlerin ortalamaları çizelgeler halinde yorumlarıyla beraber verilmiştir.

**6.2.1. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları**

TS EN ISO 13934-1 (Strip metodu) standardı esas alınarak hazırlanan atkı ve çözgü yönündeki 5'er numuneye uygulanan kopma mukavemeti testi sonucu elde edilen değerlerin ortalaması atkı ve çözgü yönü için ayrı ayrı olmak üzere Çizelge 6.6'da verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi numunelerin çözgü yönündeki ortalama kopma mukavemeti değerleri minimum 599 N, atkı yönündeki ortalama kopma mukavemeti değerleri ise minimum 100 N olarak tespit edilmiştir. TSE 2791'a göre denim kumaşların kopma mukavemetinde gramajına bağlı olarak değişen alt limit değerleri bulunmaktadır (TS 2791). Bu standart değerler göz önüne alındığında tüm numunelerin çözgü kopma mukavemetleri sözkonusu alt limitin üstünde olduğu görülmektedir. Atkı yönünde ise kumaşlar genel olarak iyi bir kopma mukavemeti göstermiştir.

Çizelge 6.6. Numunelerin kopma mukavemeti değerleri

| Kumaş Kodu | Ortalama Kopma Mukavemeti (N) |           |
|------------|-------------------------------|-----------|
|            | Çözgü Yönü                    | Atkı Yönü |
| K1         | 1209.32                       | 578.94    |
| K2         | 1148.48                       | 563.54    |
| K3         | 1200.90                       | 534.60    |
| K4         | 1226.73                       | 475.56    |
| K5         | 1055.08                       | 374.22    |
| K6         | 833.42                        | 337.88    |
| K7         | 1502.96                       | 359.71    |
| K8         | 1703.43                       | 466.44    |
| K9         | 1329.82                       | 343.71    |
| K10        | 1174.87                       | 215.86    |
| K11        | 1338.59                       | 236.58    |
| K12        | 1023.62                       | 215.44    |

Çizelge 6.6'nın devamı

| Kumaş Kodu | Ortalama Kopma Mukavemeti (N) |           |
|------------|-------------------------------|-----------|
|            | Çözümlü Yönü                  | Atkı Yönü |
| K13        | 802.52                        | 100.55    |
| K14        | 1127.15                       | 252.01    |
| K15        | 757.18                        | 149.86    |
| K16        | 1257.48                       | 584.43    |
| K17        | 1102.68                       | 549.01    |
| K18        | 1007.94                       | 351.31    |
| K19        | 1000.26                       | 609.13    |
| K20        | 641.95                        | 220.07    |
| K21        | 643.09                        | 196.11    |
| K22        | 968.49                        | 382.90    |
| K23        | 599.65                        | 301.75    |
| K24        | 888.40                        | 378.16    |
| K25        | 1411.04                       | 461.78    |
| K26        | 1224.57                       | 586.17    |
| K27        | 1132.54                       | 552.14    |

### 6.2.2. Yumuşaklık Test Sonuçları

Temel prensibi “Materyal ve Metot” bölümünde detaylı olarak anlatılan “Dairesel Eğme Test Metodu” kullanılarak yapılan testler sonucu elde edilen yumuşaklık derecesi değerleri “kg” cinsinde Çizelge 6.7’de verilmiştir. Her kumaş için üç ölçüm yapılmış ve bunların aritmetik ortalaması alınarak çizelge haline getirilmiştir. Görüldüğü gibi numune olarak kullanılan kumaşların yumuşaklık dereceleri 0.08 ile 1.58 kg arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 6.7. Numunelerin yumuşaklık değerleri

| Kumaş Kodu | Yumuşaklık Değerleri (Kg) |       |       |          |
|------------|---------------------------|-------|-------|----------|
|            | N1                        | N2    | N3    | Ortalama |
| K1         | 1.114                     | 0.968 | 1.405 | 1.16     |
| K2         | 1.253                     | 1.303 | 1.224 | 1.26     |
| K3         | 0.901                     | 1.240 | 0.963 | 1.03     |
| K4         | 1.082                     | 1.091 | 0.786 | 0.99     |
| K5         | 0.382                     | 0.376 | 0.338 | 0.37     |
| K6         | 0.389                     | 0.352 | 0.342 | 0.36     |
| K7         | 1.212                     | 1.005 | 0.859 | 1.03     |
| K8         | 0.519                     | 0.374 | 0.372 | 0.42     |
| K9         | 0.356                     | 0.494 | 0.357 | 0.40     |
| K10        | 0.432                     | 0.454 | 0.371 | 0.42     |
| K11        | 1.067                     | 1.046 | 0.890 | 1.00     |
| K12        | 0.283                     | 0.286 | 0.274 | 0.28     |
| K13        | 0.314                     | 0.337 | 0.303 | 0.32     |
| K14        | 0.833                     | 0.840 | 0.791 | 0.82     |
| K15        | 0.291                     | 0.299 | 0.347 | 0.31     |
| K16        | 0.860                     | 1.087 | 1.044 | 1.00     |
| K17        | 0.304                     | 0.337 | 0.418 | 0.35     |
| K18        | 0.305                     | 0.310 | 0.355 | 0.32     |
| K19        | 0.279                     | 0.270 | 0.306 | 0.29     |
| K20        | 0.070                     | 0.082 | 0.077 | 0.08     |
| K21        | 0.360                     | 0.357 | 0.331 | 0.35     |
| K22        | 0.914                     | 0.960 | 1.093 | 0.99     |
| K23        | 0.442                     | 0.504 | 0.513 | 0.49     |
| K24        | 0.396                     | 0.421 | 0.464 | 0.43     |
| K25        | 1.543                     | 1.4   | 1.794 | 1.58     |
| K26        | 0.947                     | 0.643 | 0.496 | 0.70     |
| K27        | 0.235                     | 0.224 | 0.304 | 0.25     |

### 6.2.3. Hava Geçirgenliği Test Sonuçları

Hava geçirgenliğini belirlemek amacıyla, çalışma kapsamında numune olarak kullanılan kumaşlardan standartlara uygun olarak hazırlanan 5'er numuneye

uygulanan hava geçirgenliği testi sonuçları aşağıda verilen eşitlik kullanılarak “mm/sn” cinsinden hesaplanmış ve Çizelge 6.8’de verilmiştir. Sözkonusu çizelgede ayrıca her deneyde kumaşın sıklığı ve ağırlığına göre cihaz üzerinde ayarlanan ve kumaştan geçen hava miktarı (dm<sup>3</sup>) olarak verilmiştir.

$$\text{Hava geçirgenliği } R = \frac{q_v}{A} \times 167 \quad (\text{mm/s})$$

Burada;

$q_v$  : hava akışı (dm<sup>3</sup>/dakika)

A : deney alanı (20 cm<sup>2</sup>)

Sonuçlara bakıldığında, en düşük hava geçirgenliği değeri 81.86 mm/s , ve en yüksek değer ise 481.73 mm/s olarak kaydedilmiştir. Sözkonusu değer aralığının geniş olması kumaş konstrüksiyonunun hava geçirgenliği üzerinde etkili olduğunun bir göstergesidir.

Çizelge 6.8. Numunelerin hava geçirgenliği değerleri

| Kod | Hava Miktarı (dm <sup>3</sup> ) | Süre (Saniye) |     |     |     |     |          | $q_v$ (dm <sup>3</sup> /dk) | Hava Geçirgenliği (mm/s) |
|-----|---------------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|----------|-----------------------------|--------------------------|
|     |                                 | N1            | N2  | N3  | N4  | N5  | Ortalama |                             |                          |
| K1  | 20                              | 70            | 68  | 61  | 69  | 71  | 67.8     | 17.70                       | 147.79                   |
| K2  | 20                              | 53            | 51  | 51  | 57  | 48  | 52       | 23.08                       | 192.69                   |
| K3  | 20                              | 64            | 49  | 59  | 43  | 54  | 53.8     | 22.30                       | 186.25                   |
| K4  | 30                              | 176           | 158 | 158 | 142 | 144 | 155.6    | 11.57                       | 96.59                    |
| K5  | 30                              | 162           | 171 | 116 | 107 | 151 | 141.4    | 12.73                       | 106.29                   |
| K6  | 30                              | 150           | 146 | 156 | 120 | 148 | 144      | 12.50                       | 104.38                   |
| K7  | 10                              | 53            | 55  | 47  | 39  | 71  | 53       | 11.32                       | 94.53                    |
| K8  | 10                              | 69            | 63  | 55  | 61  | 58  | 61.2     | 9.80                        | 81.86                    |
| K9  | 10                              | 68            | 55  | 34  | 55  | 47  | 51.8     | 11.58                       | 96.72                    |

Çizelge 6.8'in devamı

| Kod | Hava Miktarı (dm <sup>3</sup> ) | Süre (Saniye) |     |     |     |     |          | q <sub>v</sub> (dm <sup>3</sup> /dk) | Hava Geçirgenliği (mm/s) |
|-----|---------------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|----------|--------------------------------------|--------------------------|
|     |                                 | N1            | N2  | N3  | N4  | N5  | Ortalama |                                      |                          |
| K10 | 10                              | 72            | 1   | 39  | 28  | 24  | 32.8     | 18.29                                | 152.74                   |
| K11 | 10                              | 41            | 32  | 32  | 33  | 32  | 34       | 17.65                                | 147.35                   |
| K12 | 10                              | 46            | 38  | 30  | 43  | 38  | 39       | 15.38                                | 128.46                   |
| K13 | 10                              | 40            | 41  | 37  | 40  | 38  | 39.2     | 15.31                                | 127.81                   |
| K14 | 30                              | 199           | 153 | 135 | 157 | 145 | 157.8    | 11.41                                | 95.25                    |
| K15 | 30                              | 161           | 121 | 119 | 129 | 125 | 131      | 13.74                                | 114.73                   |
| K16 | 10                              | 48            | 30  | 30  | 30  | 35  | 34.6     | 17.34                                | 144.80                   |
| K17 | 10                              | 54            | 43  | 37  | 43  | 40  | 43.4     | 13.82                                | 115.44                   |
| K18 | 10                              | 36            | 29  | 39  | 36  | 30  | 34       | 17.65                                | 147.35                   |
| K19 | 30                              | 33            | 34  | 34  | 33  | 33  | 33.4     | 53.89                                | 450.00                   |
| K20 | 30                              | 33            | 27  | 34  | 30  | 32  | 31.2     | 57.69                                | 481.73                   |
| K21 | 30                              | 41            | 38  | 27  | 37  | 35  | 35.6     | 50.56                                | 422.19                   |
| K22 | 20                              | 43            | 41  | 37  | 43  | 40  | 40.8     | 29.41                                | 245.59                   |
| K23 | 20                              | 76            | 57  | 49  | 54  | 51  | 57.4     | 20.91                                | 174.56                   |
| K24 | 20                              | 64            | 55  | 51  | 55  | 55  | 56       | 21.43                                | 178.93                   |
| K25 | 30                              | 104           | 105 | 106 | 124 | 109 | 109.6    | 16.42                                | 137.14                   |
| K26 | 20                              | 64            | 62  | 53  | 61  | 60  | 60       | 20.00                                | 167.00                   |
| K27 | 20                              | 105           | 90  | 106 | 100 | 105 | 101.2    | 11.86                                | 99.01                    |

#### 6.2.4. Su Buharı Geçirgenliği Test Sonuçları

Su buharı geçirgenliği testi Kap Metodu yöntemine göre laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Her kumaş tipinden 3'er ölçüm alınmıştır. Her kumaşın 24 saat sonra bulunduğu kap ile birlikte gramaj ölçümleri kaydedilmiştir. Ağırlık farkı esas alınarak buhar geçişi "Materyal ve Metod" bölümünde verilen eşitlik kullanılarak ( $\text{g/m}^2/\text{gün}$ ) cinsinden hesaplanmıştır. Çizelge 6.9'da kumaşların su buharı geçirgenliği test sonuçlarının yanı sıra ağırlık kaybının sonuçlarına ve ortalama değerlerine de yer verilmiştir.

Çizelge 6.9. Numunelerin su buharı geçirgenliği değerleri

| Kod | Ağırlık Kaybı (g) |       |       |          | Su Buharı Geçirgenliği<br>(g/m <sup>2</sup> /gün) |
|-----|-------------------|-------|-------|----------|---------------------------------------------------|
|     | N1                | N2    | N3    | Ortalama |                                                   |
| K1  | 5.241             | 5.249 | 5.250 | 5.247    | 740.22                                            |
| K2  | 5.400             | 5.415 | 5.404 | 5.406    | 762.74                                            |
| K3  | 5.719             | 5.700 | 5.722 | 5.714    | 806.10                                            |
| K4  | 3.250             | 3.256 | 3.251 | 3.252    | 680.66                                            |
| K5  | 3.547             | 3.550 | 3.550 | 3.549    | 742.74                                            |
| K6  | 4.120             | 4.125 | 4.119 | 4.121    | 862.52                                            |
| K7  | 5.112             | 5.130 | 5.110 | 5.117    | 721.97                                            |
| K8  | 6.617             | 6.650 | 6.612 | 6.626    | 878.50                                            |
| K9  | 6.508             | 6.510 | 6.510 | 6.509    | 862.99                                            |
| K10 | 6.762             | 6.758 | 6.755 | 6.758    | 896.00                                            |
| K11 | 5.632             | 5.635 | 5.640 | 5.636    | 747.16                                            |
| K12 | 5.089             | 5.100 | 5.092 | 5.094    | 675.31                                            |
| K13 | 6.118             | 6.109 | 6.120 | 6.116    | 810.80                                            |
| K14 | 6.005             | 6.011 | 6.015 | 6.010    | 796.84                                            |
| K15 | 6.254             | 6.250 | 6.245 | 6.250    | 828.57                                            |
| K16 | 5.586             | 5.583 | 5.580 | 5.583    | 740.18                                            |
| K17 | 6.710             | 6.715 | 6.712 | 6.712    | 889.91                                            |
| K18 | 5.250             | 5.255 | 5.259 | 5.255    | 696.65                                            |
| K19 | 5.310             | 5.324 | 5.318 | 5.317    | 704.96                                            |
| K20 | 5.168             | 5.163 | 5.160 | 5.164    | 684.59                                            |
| K21 | 5.290             | 5.300 | 5.294 | 5.295    | 701.96                                            |
| K22 | 5.785             | 5.790 | 5.792 | 5.789    | 767.49                                            |
| K23 | 4.514             | 4.510 | 4.524 | 4.516    | 598.72                                            |
| K24 | 4.750             | 4.747 | 4.739 | 4.745    | 629.13                                            |
| K25 | 4.365             | 4.368 | 4.370 | 4.368    | 579.06                                            |
| K26 | 5.097             | 5.100 | 5.100 | 5.099    | 719.38                                            |
| K27 | 6.150             | 6.156 | 6.165 | 6.157    | 868.65                                            |

**7. İSTATİSTİKSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARI**

Çalışma kapsamında, kumaşların seçilmiş fiziksel özellikleri ve performans/konfor özelliklerini üretime geçmeden önce tahmin edebilmek ve kurulacak optimizasyon modelinde kısıt olarak kullanılmak üzere regresyon denklemleri oluşturulması hedeflenmiştir. Bu amaçla SPSS istatistiksel paket programı kullanılmış ve deneysel olarak tespit edilmiş olan, çözgü iplik numarası (CN), atkı iplik numarası (AN), çözgü sıklığı (CS), atkı sıklığı (AS), gramaj (G), çözgü kopma mukavemeti (Ckop), atkı kopma mukavemeti (Akop), yumuşaklık (Y), hava geçirgenliği (HG) ve su buharı geçirgenliği (SBG) değişkenlerine ait ortalama ölçüm değerleri Çizelge 7.1’de görüldüğü şekliyle SPSS veri sayfasına girilmiştir. Burada ilk sütun (No) deneysel çalışmada kumaşları tanımlamak amacıyla verilen numune numaralarını ifade etmektedir. Söz konusu verilerin elde edilme biçimleri “Materyal ve Metod” bölümünde detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 7.1. SPSS veri sayfasına girilen ölçüm değerleri

| No | CH | AH | CN | AN   | AT | CS | AS | OT | YT | G      | Ckop    | Akop   | Y    | HG     | SBG    |
|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|--------|---------|--------|------|--------|--------|
| 1  | 1  | 1  | 9  | 7    | 2  | 26 | 18 | 1  | 1  | 369.87 | 1209.32 | 578.94 | 1.16 | 147.79 | 740.22 |
| 2  | 1  | 1  | 9  | 7    | 2  | 26 | 18 | 3  | 1  | 370.53 | 1148.48 | 563.54 | 1.26 | 192.69 | 762.74 |
| 3  | 1  | 1  | 9  | 14   | 1  | 27 | 21 | 6  | 1  | 292.10 | 1200.90 | 534.60 | 1.04 | 186.25 | 806.10 |
| 4  | 1  | 1  | 9  | 14   | 1  | 27 | 23 | 4  | 1  | 307.07 | 1226.73 | 475.56 | 0.99 | 96.59  | 680.66 |
| 5  | 1  | 1  | 9  | 14   | 1  | 28 | 25 | 4  | 3  | 306.43 | 1055.08 | 374.22 | 0.37 | 106.29 | 742.75 |
| 6  | 1  | 1  | 9  | 14   | 1  | 27 | 24 | 4  | 2  | 309.50 | 833.42  | 337.88 | 0.36 | 104.38 | 862.53 |
| 7  | 1  | 3  | 9  | 16.5 | 1  | 29 | 21 | 4  | 1  | 311.67 | 1502.96 | 359.71 | 1.03 | 94.53  | 721.97 |
| 8  | 1  | 3  | 9  | 16.5 | 1  | 31 | 22 | 4  | 3  | 359.87 | 1703.43 | 466.44 | 0.42 | 81.86  | 878.51 |
| 9  | 1  | 3  | 9  | 16.5 | 1  | 30 | 22 | 4  | 4  | 360.27 | 1329.82 | 343.71 | 0.40 | 96.72  | 862.99 |
| 10 | 1  | 3  | 9  | 16.5 | 1  | 30 | 22 | 4  | 2  | 367.10 | 1174.87 | 215.86 | 0.42 | 152.74 | 896.01 |
| 11 | 1  | 1  | 9  | 20   | 1  | 27 | 23 | 6  | 1  | 275.57 | 1338.59 | 236.58 | 1.00 | 147.35 | 747.16 |
| 12 | 1  | 1  | 9  | 20   | 1  | 28 | 24 | 6  | 4  | 275.27 | 1023.62 | 215.44 | 0.28 | 128.46 | 675.31 |
| 13 | 1  | 1  | 9  | 20   | 1  | 28 | 24 | 6  | 2  | 273.07 | 802.52  | 100.55 | 0.32 | 127.81 | 810.80 |
| 14 | 1  | 1  | 9  | 20   | 1  | 27 | 24 | 2  | 1  | 287.53 | 1127.15 | 252.01 | 0.82 | 95.25  | 796.84 |

Çizelge 7.1'in devamı

| No | CH | AH | CN  | AN    | AT | CS | AS | OT | YT | G      | Ckop    | Akop   | Y    | HG     | SBG    |
|----|----|----|-----|-------|----|----|----|----|----|--------|---------|--------|------|--------|--------|
| 15 | 1  | 1  | 9   | 20    | 1  | 28 | 25 | 2  | 2  | 284.53 | 757.18  | 149.86 | 0.31 | 114.73 | 828.57 |
| 16 | 1  | 2  | 9   | 20    | 1  | 27 | 24 | 6  | 1  | 292.00 | 1257.48 | 584.43 | 1.00 | 144.80 | 740.18 |
| 17 | 1  | 2  | 9   | 20    | 1  | 28 | 25 | 6  | 3  | 287.20 | 1102.68 | 549.01 | 0.35 | 115.44 | 889.91 |
| 18 | 1  | 2  | 9   | 20    | 1  | 28 | 26 | 6  | 4  | 284.03 | 1007.94 | 351.31 | 0.32 | 147.35 | 696.65 |
| 19 | 2  | 2  | 20  | 20    | 1  | 39 | 23 | 5  | 1  | 217.27 | 1000.26 | 609.13 | 0.29 | 450.00 | 704.96 |
| 20 | 2  | 2  | 20  | 20    | 1  | 41 | 24 | 5  | 4  | 212.37 | 641.95  | 220.07 | 0.08 | 481.73 | 684.59 |
| 21 | 1  | 1  | 20  | 20    | 1  | 37 | 24 | 5  | 1  | 195.03 | 643.09  | 196.11 | 0.35 | 422.19 | 701.96 |
| 22 | 1  | 1  | 9   | 7     | 2  | 26 | 17 | 2  | 1  | 340.67 | 968.49  | 382.90 | 0.99 | 245.59 | 767.49 |
| 23 | 1  | 1  | 9   | 7     | 2  | 27 | 18 | 2  | 2  | 352.83 | 599.65  | 301.75 | 0.49 | 174.56 | 598.72 |
| 24 | 1  | 1  | 9   | 7     | 2  | 28 | 18 | 2  | 4  | 358.10 | 888.40  | 378.16 | 0.43 | 178.93 | 629.13 |
| 25 | 1  | 1  | 5.8 | 7     | 2  | 23 | 17 | 2  | 1  | 419.03 | 1411.04 | 461.78 | 1.58 | 137.14 | 579.06 |
| 26 | 1  | 4  | 14  | 26.55 | 3  | 44 | 23 | 2  | 1  | 298.30 | 1224.57 | 586.17 | 0.70 | 167.00 | 719.38 |
| 27 | 1  | 4  | 14  | 26.55 | 3  | 45 | 24 | 2  | 4  | 302.43 | 1132.54 | 552.14 | 0.25 | 99.01  | 868.65 |

Çizelgede görüldüğü gibi CH, AH, AT, OT, YT değişkenlerine ait veriler SPSS'e girilirken nicel yapıya dönüştürülebilmesi amacıyla kodlanmıştır. Sözkonusu kodlamayla ilgili gerekli açıklamalar Çizelge 7.2'de verilmiştir.

Çizelge 7.2. SPSS veri girişinde kullanılan kodlar

| Kod | CH     | AH                      | AT       | OT      | YT         |
|-----|--------|-------------------------|----------|---------|------------|
| 1   | Pamuk  | Pamuk                   | Karde    | 3/1 S   | Yıkanmamış |
| 2   | Tencel | Tencel                  | Open-End | 3/1 Z   | Taş        |
| 3   | -      | Pamuk/Polyester+Elastan | Sentetik | 3/1 B.T | Rins       |
| 4   | -      | Polyester+ Elastan      | -        | 1/3 Z   | Enzim      |
| 5   | -      | -                       | -        | 2/1 Z   | -          |
| 6   | -      | -                       | -        | 2/2 Z   | -          |

Çalışma kapsamında kullanılan verilerin normal dağılıma uygunluğu ve rastgelelik durumu istatistiksel testler yardımıyla SPSS paket programı kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Buna göre deneysel çalışma sonuçlarının veri sayfasına girilmesinden sonra SPSS paket programı ile sırasıyla Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi (normallik testi), Histogram grafiklerinin oluşturulması, Wald-Wolfowitz diziler (RUNS) testi (rastgelelik testi) ve Regresyon analizi uygulanmıştır.

### 7.1. Kolmogorov-Smirnov Testi Sonuçları

Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi rastgele elde edilmiş verilerin belirli bir dağılıma (uniform, normal veya poisson) uyup uymadığını test etmek amacıyla kullanılmaktadır.

Çözü ve atkı kopma mukavemeti, yumuşaklık, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği değerlerine uygulanan K-S testi sonuçları Çizelge 7.3'te, fiziksel özelliklerin ölçüm değerlerine uygulanan test sonuçları ise Çizelge 7.4'te verilmektedir.

Çizelge 7.3. Performans/konfor özelliklerinin normallik (K-S) testi sonuçları

| One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test |                |                     |                     |                   |                   |                     |
|------------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
|                                    |                | Ckop                | Akop                | Y                 | HG                | SBG                 |
| N                                  |                | 27                  | 27                  | 27                | 27                | 27                  |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup>   | Mean           | 1085.6356           | 384.3652            | .6290             | 171.7474          | 755.3265            |
|                                    | Std. Deviation | 266.75012           | 152.77607           | .38982            | 107.77110         | 88.22341            |
| Most Extreme Differences           | Absolute       | .081                | .134                | .253              | .275              | .110                |
|                                    | Positive       | .076                | .103                | .253              | .275              | .092                |
|                                    | Negative       | -.081               | -.134               | -.153             | -.202             | -.110               |
| Test Statistic                     |                | .081                | .134                | .253              | .275              | .110                |
| Asymp. Sig. (2-tailed)             |                | .200 <sup>c,d</sup> | .200 <sup>c,d</sup> | .000 <sup>c</sup> | .000 <sup>c</sup> | .200 <sup>c,d</sup> |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

Çizelge 7.4. Fiziksel büyüklüklerin normallik (K-S) testi sonuçları

| One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test |                |                   |                   |                   |                   |                   |
|------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                    |                | CN                | AN                | CS                | AS                | G                 |
| N                                  |                | 27                | 27                | 27                | 27                | 27                |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup>   | Mean           | 10,4741           | 16,1888           | 30,0741           | 22,1852           | 307,7642          |
|                                    | Std. Deviation | 3,74460           | 5,88545           | 5,75744           | 2,73210           | 52,13873          |
| Most Extreme Differences           | Absolute       | ,468              | ,223              | ,307              | ,210              | ,142              |
|                                    | Positive       | ,468              | ,185              | ,307              | ,159              | ,137              |
|                                    | Negative       | -,310             | -,223             | -,203             | -,210             | -,142             |
| Test Statistic                     |                | ,468              | ,223              | ,307              | ,210              | ,142              |
| Asymp. Sig. (2-tailed)             |                | ,000 <sup>c</sup> | ,001 <sup>c</sup> | ,000 <sup>c</sup> | ,004 <sup>c</sup> | ,175 <sup>c</sup> |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Şekillerden görüldüğü gibi yumuşaklık (Y), hava geçirgenliği (HG), çözümlü iplik numarası (CN), atkı iplik numarası (AN), çözümlü sıklığı (CS) ve atkı sıklığı (AS) dışındaki tüm veri grupları  $p > 0,05$  olduğundan normal dağılım göstermektedir.

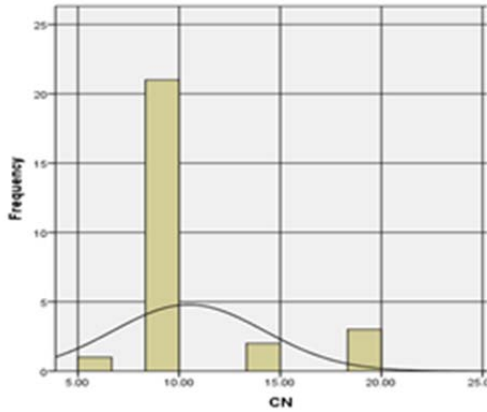
Y, HG, CN, AN, CS ve AS değişkenlerinin ölçüm değerlerinin K-S testi sonucu  $p < 0,05$  değeri elde edilmiştir. Ancak özellikle birim sayısının fazla olması

durumunda, normallik testlerinde  $p < 0,05$  bulunması halinde verilerin normal dağılmadığını söylemek her zaman doğru olmamaktadır. Bu bakımdan, bir dağılımın normal olup olmadığı kararını verirken, hipotez testlerinin yanısıra grafiksel yöntemlere de başvurulması gerekmektedir (Zervent Ünal, 2007).

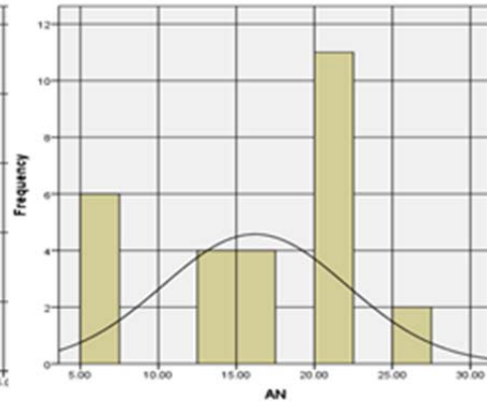
Bu amaçla “histogram” veya “dal-yaprak” grafikleri kullanılabilir. K-S testi sonucu normal dağılıma uymadığı görülen değişkenlerin normallik durumu bir sonraki bölümde grafiksel olarak da test edilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

## 7.2. Histogram Grafiklerinin Sonuçları

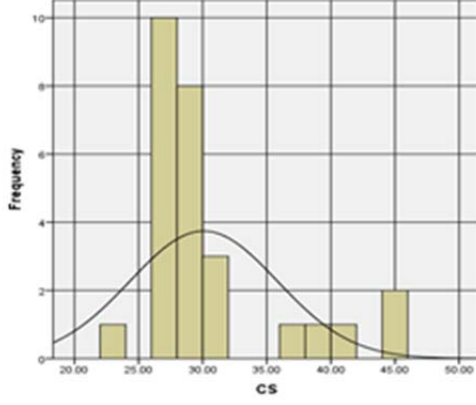
Daha önce belirtildiği gibi bir veri setinin normal dağılıma uymadığını kesin olarak söyleyebilmek için grafiksel olarak da test edilmesi gerekmektedir. Şekil 7.1.....7.10’da sırasıyla tüm değişkenlere ait verilerin histogram grafikleri ayrı ayrı verilmiştir.



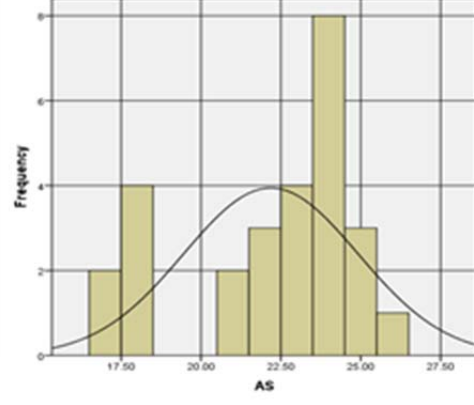
Şekil 7.1. CN (çözgü numarası) verilerinin histogram grafiği



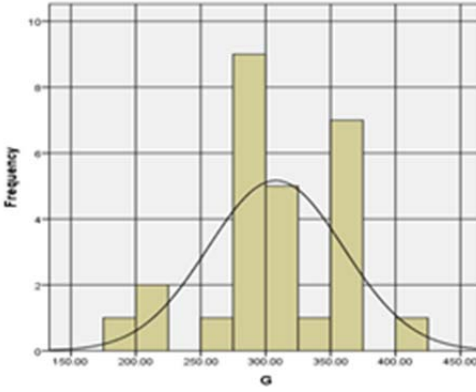
Şekil 7.2. AN (atkı numarası) verilerinin histogram grafiği



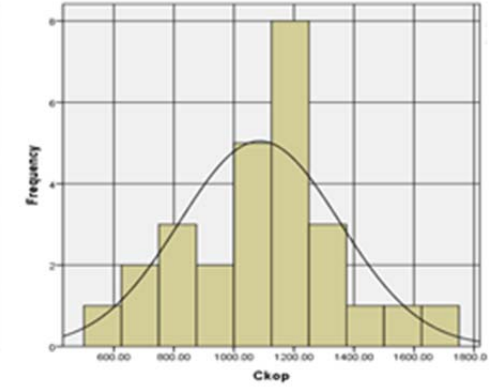
Şekil 7.3. CS (çözgü sıklığı)  
verilerinin histogram grafiği



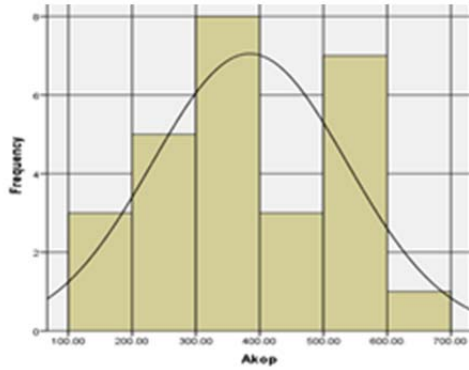
Şekil 7.4. AS (atkı sıklığı)  
verilerinin histogram grafiği



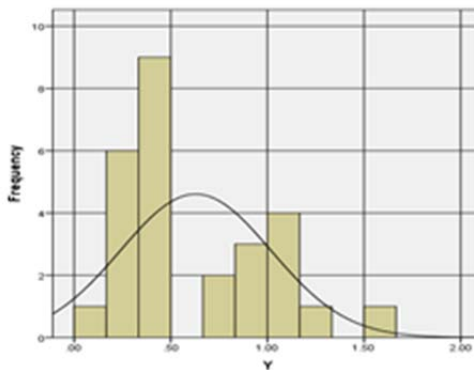
Şekil 7.5. G (Gramaj)  
verilerinin histogram grafiği



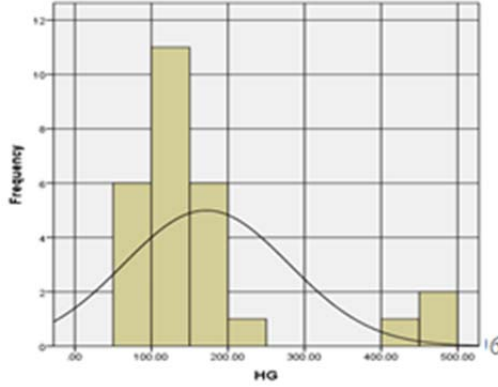
Şekil 7.6. Ckop (çözgü kopma muk.)  
verilerinin histogram grafiği



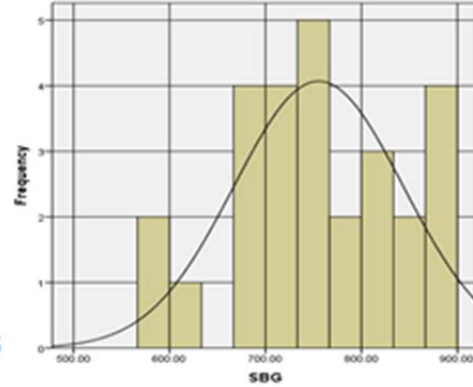
Şekil 7.7. Akop (atkı kopma muk.)  
verilerinin histogram grafiği



Şekil 7.8. Y (yumuşaklık)  
verilerinin histogram grafiği



Şekil 7.9. HG (hava geç.)  
verilerinin histogram grafiği



Şekil 7.10. SBG (su buharı geç.)  
verilerinin histogram grafiği

Elde edilen grafiğin normal dağılımı veya normale yakın dağılımı ifade etmesi için geniş bir değer aralığına sahip olması, eğrinin simetrik veya simetriğe yakın olması (çan şeklinde) gerekmektedir. Grafiklerden görüldüğü gibi K-S testi sonucu normal dağılım gösterdiği belirlenen tüm değişkenlerin histogram grafiklerinde de bu sonuç doğrulanmaktadır.

K-S testi sonucu  $p < 0,05$  değeri elde edilen Y, HG, CN, AN, CS ve AS değişkenlerine ait grafikler incelendiğinde; tüm değişkenlerine ait eğrilerin çan şekline oldukça yakın olduğu (yaklaşık simetrik), tek tepe noktasına ve geniş bir dağılım aralığına sahip oldukları görülmektedir. Bu nedenle “Merkezi Limit Teoremi”, normal olmayan bu dağılımların normale yakın kabul edilmesine olanak sağlamakta olup Y, HG, CN, AN, CS ve AS değişkenlerinin verilerinin de normal dağılım gösterdiği söylenebilmektedir (Zervent Ünal, 2007).

### 7.3. Wald-Wolfowitz Diziler (Runs) Testinin Sonuçları

Parametrik testlerin uygulanabilmesi için başka bir ifadeyle regresyon ve korelasyon analizi yapılabilmesi için değişkenlere ait verilerin rastgele seçilmiş olması gerekmektedir. Bir gözlemin/ölçümün değerinin kendisinden sonra gelen ölçümü etkilememesi halinde verilerin rastgele seçildiği ve birbirinden bağımsız olduğu söylenebilmektedir (Zervent Ünal, 2007).

Çizelge 7.5'te performans özelliklerine ait verilerin rastgelelik testi sonuçları, Çizelge 7.6'da ise fiziksel özelliklerin ölçüm değerlerinin rastgelelik testi sonuçları görülmekte olup, AN, AS ve G dışındaki tüm değişkenlerde  $p>0,05$  değerinin elde edildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 7.5. Performans/konfor özelliklerine ait verilerin RUNS testi sonuçları

| Runs Test               |         |        |       |        |        |
|-------------------------|---------|--------|-------|--------|--------|
|                         | Ckop    | Akop   | Y     | HG     | SBG    |
| Test Value <sup>a</sup> | 1127.15 | 374.22 | .42   | 144.80 | 742.75 |
| Cases < Test Value      | 13      | 13     | 13    | 13     | 13     |
| Cases >= Test Value     | 14      | 14     | 14    | 14     | 14     |
| Total Cases             | 27      | 27     | 27    | 27     | 27     |
| Number of Runs          | 9       | 11     | 12    | 10     | 14     |
| Z                       | -1.958  | -1.172 | -.779 | -1.565 | .000   |
| Asymp. Sig. (2-tailed)  | .050    | .241   | .436  | .118   | 1.000  |

a. Median

Çizelge 7.6. Fiziksel özelliklere ait verilerin RUNS testi sonuçları

| Runs Test               |       |        |       |        |        |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|
|                         | CN    | AN     | CS    | AS     | G      |
| Test Value <sup>a</sup> | 9.00  | 16.50  | 28.00 | 23.00  | 302.43 |
| Cases < Test Value      | 1     | 10     | 11    | 11     | 13     |
| Cases >= Test Value     | 26    | 17     | 16    | 16     | 14     |
| Total Cases             | 27    | 27     | 27    | 27     | 27     |
| Number of Runs          | 3     | 4      | 14    | 6      | 7      |
| Z                       | .000  | -3.837 | .000  | -3.068 | -2.744 |
| Asymp. Sig. (2-tailed)  | 1.000 | .000   | 1.000 | .002   | .006   |

a. Median

#### 7.4. Regresyon Analizi

Y bağımlı ve X bağımsız değişken olmak üzere iki değişken arasındaki sebep-sonuç ilişkisini matematiksel olarak ortaya koyan yönteme “regresyon

**analizi”** adı verilmekte olup, bilinen bulgulardan faydalanılarak, gelecekteki olaylarla ilgili tahminler yapılmasını sağlamaktadır.

Regresyon analizinin uygulanması için değişkenlerin bağımlı ve bağımsız değişken olarak tanımlanması gerekmektedir.

Çoklu doğrusal regresyon analizi ile oluşturulmuş bir eşitliğin genel ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$Y=b_0+b_1X_1+ b_2X_2+ b_3X_3+..... b_nX_n$$

Burada;                      Y : Bağımlı değişken  
                                  X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>,.....X<sub>n</sub> : Bağımsız değişkenler  
                                  b<sub>0</sub> : Sabit değer  
                                  b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>,.....b<sub>n</sub> : Regresyon katsayıları

olarak ifade edilmektedir.

Regresyon analizi sonucunda bulunan eşitlikte belirtilen ilişki fonksiyonel değil istatistiksel bir ilişkidir. İstatistiksel ilişkide her X değerine karşılık gelebilecek olan Y değeri tek olmayıp, regresyon denklemi ile hesaplanan değer etrafında yer alan ve normal dağılıma benzer dağılım gösteren değerleri içerebilmektedir. Bu nedenle regresyon analizi sonucunda bulunan denklemin geçerli olduğu belirli bir güven aralığı bulunmakta olup, en yaygın kullanılan güven aralık değerleri %95 ve %99’dur (Zervent Ünal, 2007).

## 7.5. Regresyon Analizi Sonuçları

### 7.5.1. Fiziksel Özelliklerin Regresyon Analizi Sonuçları

#### a) Bağımlı Değişken: Gramaj (G)

DeneySEL çalışma sonucu elde edilen, 27 farklı kumaşa ait fiziksel özellik değerlerinin tümünün girildiği veri sayfasıyla (Çizelge 7.1), bağımlı değişken olarak G, bağımsız değişken olarak ise gramajı etkileyebileceği düşünüldüğünden tüm fiziksel büyüklükler alınarak regresyon analizi yapılmıştır.

Bu işlemlerin sonucunda t-testi sonuçlarına göre “sig. değeri” 0,05’in üstünde bulunduğundan “CH, AH, AT, OT” analizden çıkarılmış ve tüm bu adımlar sonucu Şekil 7.11’de verilen çıktı görüntüsü elde edilmiştir.

**Model Summary**

| Model | R                 | R Square <sup>b</sup> | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|
| 1     | .997 <sup>a</sup> | .993                  | .992              | 27.93603                   |

a. Predictors: YT, CN, AN, AS, CS

b. For regression through the origin (the no-intercept model), R Square measures the proportion of the variability in the dependent variable about the origin explained by regression. This CANNOT be compared to R Square for models which include an intercept.

**ANOVA<sup>a,b</sup>**

| Model |            | Sum of Squares          | df | Mean Square | F       | Sig.              |
|-------|------------|-------------------------|----|-------------|---------|-------------------|
| 1     | Regression | 2610918.392             | 5  | 522183.678  | 669.104 | .000 <sup>c</sup> |
|       | Residual   | 17169.280               | 22 | 780.422     |         |                   |
|       | Total      | 2628087.67 <sup>d</sup> | 27 |             |         |                   |

a. Dependent Variable: G

b. Linear Regression through the Origin

c. Predictors: YT, CN, AN, AS, CS

d. This total sum of squares is not corrected for the constant because the constant is zero for regression through the origin.

**Coefficients<sup>a,b</sup>**

| Model |    | Unstandardized Coefficients |            | Standardized Coefficients | t       | Sig. |
|-------|----|-----------------------------|------------|---------------------------|---------|------|
|       |    | B                           | Std. Error | Beta                      |         |      |
| 1     | CN | -22.564                     | 2.509      | -.803                     | -8.993  | .000 |
|       | AN | -14.308                     | 1.325      | -.788                     | -10.802 | .000 |
|       | CS | 16.061                      | 1.613      | 1.575                     | 9.955   | .000 |
|       | AS | 14.058                      | 1.547      | 1.007                     | 9.085   | .000 |
|       | YT | -9.672                      | 4.759      | -.075                     | -2.032  | .054 |

a. Dependent Variable: G

b. Linear Regression through the Origin

**Şekil 7.11.** Bağımlı değişkenin G olduğu analiz sonuçları

Şekil 7.11’de gramaj bağımlı değişken, çözgü numarası, atkı numarası, çözgü sıklığı, atkı sıklığı ve yıkama tipinin bağımsız değişken alındığı regresyon modelinin sonuçları görülmektedir.

Şekil 7.11’de  $R^2$  değeri 0.993 olarak tespit edilmiş olup, modele dahil edilen bağımsız değişkenler tarafından (çözgü numarası, atkı numarası, çözgü sıklığı, atkı sıklığı ve yıkama tipi) gramaj değişkenindeki %99.3’lük değişim açıklanmaktadır. ANOVA çizelgesinde, gramaj bağımlı değişkenini çözgü numarası, atkı numarası, çözgü sıklığı, atkı sıklığı ve yıkama tipi ile açıklayacağımız modelimizin  $p<0.01$  olması, regresyon modelinin tümüyle istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. Katsayılar çizelgesinde yer alan **t testi** sonucu elde edilen anlamlılık düzeyi her bağımsız değişken için 0.05’in altında olup, gramaj bağımlı değişkeni ile çözgü numarası, atkı numarası, çözgü sıklığı, atkı sıklığı ve yıkama tipi değişkenlerinin aralarındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlıdır.

Yukarıda çıktı görüntüsü verilmiş olan analiz sonucuna göre gramajın tahmin edilmesi amacıyla kullanılabilecek eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$G = -22.564*CN - 14.308*AN + 16.061*CS + 14.058*AS - 9.672*YT \quad (7.1)$$

$$R = 0.997$$

$$R^2 = 0.993$$

$$R^2_d = 0.992$$

Diğer fiziksel özelliklerin sırasıyla bağımlı değişken olarak girildiği ve kalan fiziksel değişkenlerin açıklayıcı değişken olarak seçildiği analizlerden elde edilen eşitlikler aşağıda verilmiştir.

#### b) Bağımlı Değişken: Çözgü Hammadesi (CH)

$$CH = 0.044*CN + 0.02*CS \quad (7.2)$$

$$R = 0.981$$

$$R^2 = 0.962$$

$$R^2_d = 0.959$$

**c) Bağımlı Değişken: Atkı Hammadesi (AH)**

$$AH = 0.075*AN + 0.400*AT \quad (7.3)$$

$$R = 0.925 \quad R^2 = 0.855 \quad R^2_d = 0.843$$

**d) Bağımlı Değişken: Çözü Numarası (CN)**

$$CN = 4.936*CH + 0.355*CS - 0.018*G \quad (7.4)$$

$$R = 0.993 \quad R^2 = 0.987 \quad R^2_d = 0.985$$

**e) Bağımlı Değişken: Atkı Numarası (AN)**

$$AN = 2.686*AH + 1.061*AS - 0.039*G \quad (7.5)$$

$$R = 0.994 \quad R^2 = 0.988 \quad R^2_d = 0.987$$

**f) Bağımlı Değişken: Atkı Tipi (AT)**

$$AT = 0.087*AN - 0.119*AS + 0.008*G \quad (7.6)$$

$$R = 0.945 \quad R^2 = 0.893 \quad R^2_d = 0.879$$

**g) Bağımlı Değişken: Çözü Sıklığı (CS)**

$$CS = 1.226*CN + 0.444*AN + 0.033*G \quad (7.7)$$

$$R = 0.998 \quad R^2 = 0.996 \quad R^2_d = 0.995$$

**h) Bağımlı Değişken: Atkı Sıklığı (AS)**

$$AS = 0.239*CN + 0.575*AN + 0.033*G \quad (7.8)$$

$$R = 0.995 \quad R^2 = 0.990 \quad R^2_d = 0.989$$

**i) Bağımlı Değişken: Örgü Tipi (OT)**

$$OT = -0.083*CS + 0.377*AS - 0.007*G \quad (7.9)$$

$$R = 0.957 \quad R^2 = 0.916 \quad R^2_d = 0.906$$

**j) Bağımlı Değişken: Yıkama Tipi (YT)**

$$YT=0.326*CS+0.272*AS-0.016*G-0.462*CN-0.240*AN \quad (7.10)$$

$$R= 0.902$$

$$R^2= 0.814$$

$$R^2_d=0.772$$

**7.5.2. Performans/Konfor Özelliklerin Regresyon Analizi Sonuçları**

Performans ve konfor özelliklerin sırasıyla bağımlı değişken seçilmiş ve bu özelliği etkileyeceği düşünülen fiziksel değişkenleri ile analize başlanmış ve daha sonra t-testi sonuçlarına göre doğrusal etkisi zayıf olan değişkenler sırasıyla çıkarılarak regresyon analizi tekrarlanmıştır. Analizlerin sonuçlarına göre özelliklerin tahmin edilmesi amacıyla kullanılabilecek eşitlikler aşağıda görülmektedir.

**a) Bağımlı Değişken: Çözgü Kopma Mukavemeti (Ckop)**

$$Ckop= 34.237*CS - 80.441*YT + 1.942*G + 61.160*OT - 58.217*CN \quad (7.11)$$

$$R= 0.986$$

$$R^2= 0.973$$

$$R^2_d=0.967$$

**b) Bağımlı Değişken: Atkı Kopma Mukavemeti (Akop)**

$$Akop= 85.579*AH - 16.891*AN + 83.859*AT + 22.025*AS - 43.753*YT \quad (7.12)$$

$$R= 0.959$$

$$R^2= 0.919$$

$$R^2_d=0.901$$

**c) Bağımlı Değişken: Yumaşaklık (Y)**

$$Y= - 0.084*CN - 0.052*AN + 0.055*CS + 0.054*AS - 0.244*YT \quad (7.13)$$

$$R= 0.951$$

$$R^2= 0.905$$

$$R^2_d=0.883$$

**d) Bağımlı Değişken: Su Buharı Geçirgenliği (SBG)**

$$SBG= 49.653*OT +1.802*G \quad (7.14)$$

$$R= 0.989$$

$$R^2= 0.979$$

$$R^2_d=0.977$$

**e) Bağımlı Değişken: Hava Geçirgenliği (HG)**

$$HG = -11.059 \cdot CS - 7.195 \cdot AS + 0.496 \cdot G + 44.658 \cdot CN + 11.117 \cdot OT \quad (7.15)$$

$$R = 0.990$$

$$R^2 = 0.980$$

$$R^2_d = 0.975$$

Çizelge 7.7’de regresyon analizlerinden elde edilen ve çalışma kapsamında kurulacak optimizasyon modellerinde kısıt olarak kullanılacak olan eşitlikler sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 7.7. Modellerde kullanılacak eşitlikler

| Değişken         | Eşitlik                                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gramaj           | $G = -22.564 \cdot CN - 14.308 \cdot AN + 16.061 \cdot CS + 14.058 \cdot AS - 9.672 \cdot YT$    |
| Çözüğü ham.      | $CH = 0.044 \cdot CN + 0.02 \cdot CS$                                                            |
| Atkı ham.        | $AH = 0.075 \cdot AN + 0.400 \cdot AT$                                                           |
| Çözüğü numarası  | $CN = 4.936 \cdot CH + 0.355 \cdot CS - 0.018 \cdot G$                                           |
| Atkı numarası    | $AN = 2.686 \cdot AH + 1.061 \cdot AS - 0.039 \cdot G$                                           |
| Çözüğü sıklığı   | $CS = 1.226 \cdot CN + 0.444 \cdot AN + 0.033 \cdot G$                                           |
| Atkı sıklığı     | $AS = 0.239 \cdot CN + 0.575 \cdot AN + 0.033 \cdot G$                                           |
| Atkı tipi        | $AT = 0.087 \cdot AN - 0.119 \cdot AS + 0.008 \cdot G$                                           |
| Örgü tipi        | $OT = -0.083 \cdot CS + 0.377 \cdot AS - 0.007 \cdot G$                                          |
| Yıkama tipi      | $YT = 0.326 \cdot CS + 0.272 \cdot AS - 0.016 \cdot G - 0.462 \cdot CN - 0.240 \cdot AN$         |
| Çözüğü kop. muk. | $Ckop = 34.237 \cdot CS - 80.441 \cdot YT + 1.942 \cdot G + 61.160 \cdot OT - 58.217 \cdot CN$   |
| Atkı kop. muk.   | $Akop = 85.579 \cdot AH - 16.891 \cdot AN + 83.859 \cdot AT + 22.025 \cdot AS - 43.753 \cdot YT$ |
| Yumuşaklık       | $Y = -0.084 \cdot CN - 0.052 \cdot AN + 0.055 \cdot CS + 0.054 \cdot AS - 0.244 \cdot YT$        |
| Hava geç.        | $HG = -11.059 \cdot CS - 7.195 \cdot AS + 0.496 \cdot G + 44.658 \cdot CN + 11.117 \cdot OT$     |
| Su buharı geç.   | $SBG = 49.653 \cdot OT + 1.802 \cdot G$                                                          |



## 8. OPTİMİZASYON MODELLERİ VE ÇÖZÜMLERİ

### 8.1. Tek Amaçlı Modeller

İşletme veya müşteri isteklerine bağlı olarak performans veya konfor özelliklerinin minimum veya maksimum olması amaçlanabilmektedir. Bu doğrultuda çalışma kapsamında sadece yumuşaklığın minimum olmasının amaçlandığı model, atkı kopma mukavemeti (Akop), çözgü kopma mukavemeti (Ckop), hava geçirgenliği veya su buharı geçirgenliğinin maksimum olmasının hedeflendiği modeller oluşturulmuştur. Söz konusu modellerde tek bir amacın gerçekleştirilmesi hedeflendiğinden bu modeller “tek amaçlı modeller” olarak ifade edilmektedir.

Söz konusu modellerin çözümü sonucunda amaç fonksiyonunun (ele alınan performans veya konfor özelliğinin) aldığı değerler bu performans veya konfor özelliğinin mevcut kısıtlar doğrultusunda sahip olabilecekleri en iyi değerlerdir (Zervent Ünal, 2007).

Oluşturulması istenen modelde amaç fonksiyonunun yanı sıra amacı gerçekleştirmede etkin rol oynayan bazı kısıtlar da bulunmaktadır. Amaç gerçekleştirilirken kumaşın bazı özelliklerinin de (fiziksel ve performans veya konfor özellik değerleri) belirli şartları sağlaması gerekmektedir. Bu nedenle bu özellikler için bazı sınır değerler belirlenmiş ve 7. bölümde oluşumu detaylı olarak verilmiş olan matematiksel bağıntılar kullanılarak kısıtlar oluşturulmuştur.

Fiziksel özelliklere ait kısıtların sağ tarafında yer alan sabit değerler endüstride yaygın kullanılan ve literatürde yeralan veriler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Performans ve konfor özelliklerinin sınır değerleri ise ilgili standartlar ve işletme bilgileri esas alınarak tespit edilmiştir. Çizelge 8.1’de her bir özellik için seçilmiş alt ve üst sınır değerleri toplu olarak verilmiştir (Zervent Ünal, 2007).

Çizelge 8.1. Modelde verilen kısıtların sınır değerleri

| Özellikler (birimler)                          | Alt limit | Üst limit |
|------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Çözümlü kopma mukavemeti (N)                   | 450       | -         |
| Atkı kopma mukavemeti (N)                      | 200       | -         |
| Yumuşaklık derecesi (kg)                       | -         | 2         |
| Hava geçirgenliği (mm/s)                       | 100       | -         |
| Su buharı geçirgenliği (g/m <sup>2</sup> /gün) | 550       | -         |
| Gramaj (g/m <sup>2</sup> )                     | 190       | 450       |
| çözümlü iplik numarası (Ne)                    | 5         | 20        |
| Atkı iplik numarası (Ne)                       | 5         | 20        |
| Çözümlü sıklığı (tel/cm)                       | 20        | 45        |
| Atkı sıklığı (tel/cm)                          | 15        | 28        |
| Çözümlü hammaddesi                             | 1         | 2         |
| Atkı hammaddesi                                | 1         | 4         |
| Atkı tipi                                      | 1         | 3         |
| Örgü tipi                                      | 1         | 6         |
| Yıkama tipi                                    | 1         | 4         |

Yumuşaklığın minimizasyonunun amaçlandığı tek amaçlı bir model (1 nolu model) oluşturmak için amaç fonksiyonu olarak yumuşaklık ifadesi kullanılmaktadır. Söz konusu model de verilen kısıt ve amaç fonksiyonu ifadeleri LINGO 18.0 optimizasyon yazılımına girilmiş olup, oluşturulan optimizasyon modelinin yazılıma uygun formatta yazılmış şekli ve çözüm raporu aşağıda verilmiştir.

#### **Kurulan model**

!Yumuşaklık;

$$\min = -0.084 * CN - 0.052 * AN + 0.055 * CS + 0.054 * AS - 0.244 * YT;$$

!Çözümlü kopma mukavemeti kısıtı;

$$34.237*CS - 80.441*YT + 1.942*G + 61.160*OT - 58.217*CN > 450;$$

$$C_{kop} = 34.237*CS - 80.441*YT + 1.942*G + 61.160*OT - 58.217*CN;$$

!Atkı kopma mukavemeti kısıtı;

$$85.579*AH - 16.891*AN + 83.859*AT + 22.025*AS - 43.753*YT > 200;$$

$$A_{kop} = 85.579*AH - 16.891*AN + 83.859*AT + 22.025*AS - 43.753*YT;$$

!Su buharı geçirgenliği kısıtı;

$$49.653*OT + 1.802*G > 550;$$

$$SBG = 49.653*OT + 1.802*G;$$

!Hava geçirgenliği kısıtı;

$$-11.059*CS - 7.195*AS + 0.496*G + 44.658*CN + 11.117*OT > 100;$$

$$HG = -11.059*CS - 7.195*AS + 0.496*G + 44.658*CN + 11.117*OT;$$

!Gramaj kısıtı;

$$-22.564*CN - 14.308*AN + 16.061*CS + 14.058*AS - 9.672*YT > 190;$$

$$-22.564*CN - 14.308*AN + 16.061*CS + 14.058*AS - 9.672*YT < 450;$$

$$G = -22.564*CN - 14.308*AN + 16.061*CS + 14.058*AS - 9.672*YT;$$

!Çözümlü numarası kısıtı;

$$4.936*CH + 0.355*CS - 0.018*G > 5;$$

$$4.936*CH + 0.355*CS - 0.018*G < 20;$$

$$CN = 4.936*CH + 0.355*CS - 0.018*G;$$

!Atkı numarası kısıtı;

$$2.686*AH + 1.061*AS - 0.039*G > 5;$$

$$2.686*AH + 1.061*AS - 0.039*G < 20;$$

$$AN = 2.686*AH + 1.061*AS - 0.039*G;$$

!Çözümlü sıklığı kısıtı;

$$1.226*CN+0.444*AN+0.033*G<45;$$

$$1.226*CN+0.444*AN+0.033*G>20;$$

$$CS=1.226*CN+0.444*AN+0.033*G;$$

!Atkı sıklığı kısıtı;

$$0.239*CN+0.575*AN+0.033*G>15;$$

$$0.239*CN+0.575*AN+0.033*G<28;$$

$$AS=0.239*CN+0.575*AN+0.033*G;$$

!Atkı hammaddesi kısıtı;

$$0.075*AN+0.400*AT\geq 1;$$

$$0.075*AN+0.400*AT\leq 4;$$

$$AH=0.075*AN+0.400*AT;$$

!Atkı tipi;

$$0.087*AN-0.119*AS+0.008*G\geq 1;$$

$$0.087*AN-0.119*AS+0.008*G\leq 3;$$

$$AT=0.087*AN-0.119*AS+0.008*G;$$

!Örgü tipi;

$$-0.083*CS+0.377*AS-0.007*G\geq 1;$$

$$-0.083*CS+0.377*AS-0.007*G\leq 6;$$

$$OT=-0.083*CS+0.377*AS-0.007*G;$$

!Yıkama tipi;

$$0.326*CS+0.272*AS-0.016*G-0.462*CN-0.240*AN\geq 1;$$

$$0.326*CS+0.272*AS-0.016*G-0.462*CN-0.240*AN\leq 4;$$

$$YT=0.326*CS+0.272*AS-0.016*G-0.462*CN-0.240*AN;$$

end

### Çözüm:

Global optimal solution found.

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Objective value:         | 0.4422472 |
| Infeasibilities:         | 0.000000  |
| Total solver iterations: | 14        |
| Elapsed runtime seconds: | 0.10      |

|              |    |
|--------------|----|
| Model Class: | LP |
|--------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| Total variables:     | 14 |
| Nonlinear variables: | 0  |
| Integer variables:   | 0  |

|                        |    |
|------------------------|----|
| Total constraints:     | 36 |
| Nonlinear constraints: | 0  |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Total nonzeros:     | 142 |
| Nonlinear nonzeros: | 0   |

| Variable | Value            | Reduced Cost |
|----------|------------------|--------------|
| CN       | 12.00976         | 0.000000     |
| AN       | 16.48096         | 0.000000     |
| CS       | 30.43075         | 0.000000     |
| AS       | 20.73613         | 0.000000     |
| YT       | 1.989202         | 0.000000     |
| G        | 254.2194         | 0.000000     |
| OT       | 3.512232         | 0.000000     |
| CKOP     | 891.1744         | 0.000000     |
| AH       | 1.636072         | 0.000000     |
| AT       | 1.000000         | 0.000000     |
| AKOP     | 315.1721         | 0.000000     |
| SBG      | 632.4962         | 0.000000     |
| HG       | 215.7400         | 0.000000     |
| CH       | 1.171554         | 0.000000     |
| Row      | Slack or Surplus | Dual Price   |
| 1        | 0.4422472        | -1.000000    |
| 2        | 441.1744         | 0.000000     |
| 3        | 0.000000         | 0.000000     |
| 4        | 115.1721         | 0.000000     |
| 5        | 0.000000         | 0.000000     |
| 6        | 82.49620         | 0.000000     |
| 7        | 0.000000         | 0.000000     |
| 8        | 115.7400         | 0.000000     |

|    |           |                |
|----|-----------|----------------|
| 9  | 0.000000  | 0.000000       |
| 10 | 64.21940  | 0.000000       |
| 11 | 195.7806  | 0.000000       |
| 12 | 0.000000  | -0.2024161E-01 |
| 13 | 7.009759  | 0.000000       |
| 14 | 7.990241  | 0.000000       |
| 15 | 0.000000  | 0.000000       |
| 16 | 11.48096  | 0.000000       |
| 17 | 3.519035  | 0.000000       |
| 18 | 0.000000  | 0.7884483E-01  |
| 19 | 14.56925  | 0.000000       |
| 20 | 10.43075  | 0.000000       |
| 21 | 0.000000  | -0.2367332     |
| 22 | 5.736127  | 0.000000       |
| 23 | 7.263873  | 0.000000       |
| 24 | 0.000000  | -0.1979909     |
| 25 | 0.6360724 | 0.000000       |
| 26 | 2.363928  | 0.000000       |
| 27 | 0.000000  | 0.2117772      |
| 28 | 0.000000  | -0.4422472     |
| 29 | 2.000000  | 0.000000       |
| 30 | 0.000000  | 0.8471088E-01  |
| 31 | 2.512232  | 0.000000       |
| 32 | 2.487768  | 0.000000       |
| 33 | 0.000000  | 0.000000       |
| 34 | 0.9892015 | 0.000000       |
| 35 | 2.010798  | 0.000000       |
| 36 | 0.000000  | 0.4397768      |

Verilen modelin çözüm raporundan kısıtlar doğrultusunda, yumuşaklığın minimum 0.4422472 Kg değerini alabileceği görülmektedir.

## 8.2. Çok Amaçlı Modeller

Bazı durumlarda bir veya daha fazla performans ve/veya konfor özelliğinin minimum veya maksimum değerler alması vb. istenebilmektedir. Bu durumda birden fazla amacın belirli kısıtlar doğrultusunda sağlanması söz konusu olup bu modeller “çok amaçlı modeller” olarak ifade edilmektedir (Zervent Ünal, 2007).

Sözkonusu çok amaçlı modellerden biri aşağıda örnek olarak verilmiştir. Bu model (6 nolu model) yumuşaklık minimizasyonunun yanı sıra çözgü kopma mukavemeti maksimum yapılmasının hedeflendiği çok amaçlı modeldir.

Aşağıdaki modelde kısıtlar doğrultusunda iki ayrı amacın aynı anda gerçekleştirilmesi istenmektedir. Bu durumda tek amaçlı modelle elde edilen en iyi değerlerde bir miktar sapma meydana gelebilmektedir. Yumuşaklığın (Y) en iyi değeri 1 nolu modelde 0.4422472 Kg olarak belirlendiğinden  $Y \leq 0.4422472$  ifadesinin çok amaçlı modele girilmesi gerekmekte olup bu eşitsizliği eşitlik haline getirmek amacıyla “yapay değişken ( $z_i$ )” yumuşaklık ifadesine eklenmelidir. ( $Y + z_i = 0.4422472$ ).  $z_i$  değişkeni modelde ( $z_i^+ - z_i^-$ ) şeklinde ifade edilmektedir (Zervent Ünal, 2007). Buna göre aşağıdaki modelde görüldüğü gibi yumuşaklık ve çözgü kopma mukavemeti için  $Y + z_1^+ - z_1^- = 0.4422472$  ve  $C_{kop} + z_2^+ - z_2^- = 1081.459$  ifadeleri oluşturulmuştur.

Bu durumda modelin amaç fonksiyonu olarak, esas alınan her bir özelliğin optimum değerlerinden sapma miktarlarının ( $z_1$  ve  $z_2$ ) toplamını minimum yapacak bir ifade kullanılmaktadır (minimizasyonun amaçlandığı özellikler için  $z_i^-$ , maksimizasyonun amaçlandığı durumlar için ise  $z_i^+$  değeri alınır). Oluşturulan modelde yumuşaklık minimum olması amaçlandığından  $z_i^-$  ve çözgü kopma mukavemeti maksimum olması amaçlandığından  $z_i^+$  değerlerinin toplamını veren ifade amaç fonksiyonu olarak alınmış ve  $\min = z_1^- + z_2^+$  şeklinde bir eşitlik oluşturulmuştur.

#### **Cok amaçlı model örneği**

$$\min = z_1 + z_2;$$

$$Y + z_1 - z_2 = 0.4422472;$$

$$C_{kop} + z_2 - z_3 = 1081.459;$$

$$! \text{Yumuşaklık};$$

$$- 0.084 * CN - 0.052 * AN + 0.055 * CS + 0.054 * AS - 0.244 * YT < 2;$$

$$- 0.084 * CN - 0.052 * AN + 0.055 * CS + 0.054 * AS - 0.244 * YT > 0.01;$$

$$Y = - 0.084 * CN - 0.052 * AN + 0.055 * CS + 0.054 * AS - 0.244 * YT;$$

!Çözümlü kopma mukavemeti;

$$34.237*CS - 80.441*YT + 1.942*G + 61.160*OT - 58.217*CN > 450;$$

$$C_{kop} = 34.237*CS - 80.441*YT + 1.942*G + 61.160*OT - 58.217*CN;$$

!Atkı kopma mukavemeti;

$$85.579*AH - 16.891*AN + 83.859*AT + 22.025*AS - 43.753*YT > 200;$$

$$A_{kop} = 85.579*AH - 16.891*AN + 83.859*AT + 22.025*AS - 43.753*YT;$$

!Su buharı geçirgenliği;

$$49.653*OT + 1.802*G > 550;$$

$$SBG = 49.653*OT + 1.802*G;$$

!Hava geçirgenliği;

$$-11.059*CS - 7.195*AS + 0.496*G + 44.658*CN + 11.117*OT > 100;$$

$$HG = -11.059*CS - 7.195*AS + 0.496*G + 44.658*CN + 11.117*OT;$$

!Gramaj;

$$-22.564*CN - 14.308*AN + 16.061*CS + 14.058*AS - 9.672*YT > 190;$$

$$-22.564*CN - 14.308*AN + 16.061*CS + 14.058*AS - 9.672*YT < 450;$$

$$G = -22.564*CN - 14.308*AN + 16.061*CS + 14.058*AS - 9.672*YT;$$

!Atkı hammaddesi;

$$0.075*AN + 0.400*AT \geq 1;$$

$$0.075*AN + 0.400*AT \leq 4;$$

$$AH = 0.075*AN + 0.400*AT;$$

!Çözümlü numarası;

$$4.936*CH + 0.355*CS - 0.018*G > 5;$$

$$4.936*CH + 0.355*CS - 0.018*G < 20;$$

$$CN = 4.936*CH + 0.355*CS - 0.018*G;$$

!Atkı numarası;

$$2.686*AH+1.061*AS-0.039*G>5;$$

$$2.686*AH+1.061*AS-0.039*G<20;$$

$$AN=2.686*AH+1.061*AS-0.039*G;$$

!Atkı tipi;

$$0.087*AN-0.119*AS+0.008*G\geq 1;$$

$$0.087*AN-0.119*AS+0.008*G\leq 3;$$

$$AT=0.087*AN-0.119*AS+0.008*G;$$

!Çözümlü sıklığı;

$$1.226*CN+0.444*AN+0.033*G<45;$$

$$1.226*CN+0.444*AN+0.033*G>20;$$

$$CS=1.226*CN+0.444*AN+0.033*G;$$

!Atkı sıklığı;

$$0.239*CN+0.575*AN+0.033*G>15;$$

$$0.239*CN+0.575*AN+0.033*G<28;$$

$$AS=0.239*CN+0.575*AN+0.033*G;$$

!Örgü tipi;

$$-0.083*CS+0.377*AS-0.007*G\geq 1;$$

$$-0.083*CS+0.377*AS-0.007*G\leq 6;$$

$$OT=-0.083*CS+0.377*AS-0.007*G;$$

!Yıkama tipi;

$$0.326*CS+0.272*AS-0.016*G-0.462*CN-0.240*AN\geq 1;$$

$$0.326*CS+0.272*AS-0.016*G-0.462*CN-0.240*AN\leq 4;$$

$$YT=0.326*CS+0.272*AS-0.016*G-0.462*CN-0.240*AN;$$

end

### Çözüm:

Global optimal solution found.

|                          |               |
|--------------------------|---------------|
| Objective value:         | 0.9442917E-01 |
| Infeasibilities:         | 0.1953409E-06 |
| Total solver iterations: | 18            |
| Elapsed runtime seconds: | 0.13          |

|              |    |
|--------------|----|
| Model Class: | LP |
|--------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| Total variables:     | 19 |
| Nonlinear variables: | 0  |
| Integer variables:   | 0  |

|                        |    |
|------------------------|----|
| Total constraints:     | 41 |
| Nonlinear constraints: | 0  |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Total nonzeros:     | 161 |
| Nonlinear nonzeros: | 0   |

| Variable | Value         | Reduced Cost  |
|----------|---------------|---------------|
| Z1E      | 0.9442917E-01 | 0.000000      |
| Z2A      | 0.000000      | 0.9990921     |
| Y        | 0.5366764     | 0.000000      |
| Z1A      | 0.000000      | 1.000000      |
| CKOP     | 1081.459      | 0.000000      |
| Z2E      | 0.000000      | 0.9079020E-03 |
| CN       | 14.57410      | 0.000000      |
| AN       | 20.00000      | 0.000000      |
| CS       | 36.92836      | 0.000000      |
| AS       | 25.16373      | 0.000000      |
| YT       | 2.413938      | 0.000000      |
| G        | 308.5006      | 0.000000      |
| OT       | 4.262168      | 0.000000      |
| AH       | 1.985408      | 0.000000      |
| AT       | 1.213521      | 0.000000      |
| AKOP     | 382.4681      | 0.000000      |
| SBG      | 767.5476      | 0.000000      |
| HG       | 261.8050      | 0.000000      |
| CH       | 1.421706      | 0.000000      |

| Row | Slack or Surplus | Dual Price     |
|-----|------------------|----------------|
| 1   | 0.9442917E-01    | -1.000000      |
| 2   | 0.000000         | 1.000000       |
| 3   | 0.000000         | -0.9079020E-03 |
| 4   | 1.463324         | 0.000000       |



|    |                |               |
|----|----------------|---------------|
| 5  | 0.5266764      | 0.000000      |
| 6  | 0.000000       | -1.000000     |
| 7  | 631.4590       | 0.000000      |
| 8  | 0.000000       | 0.9079020E-03 |
| 9  | 182.4681       | 0.000000      |
| 10 | 0.000000       | 0.000000      |
| 11 | 217.5476       | 0.000000      |
| 12 | 0.000000       | 0.000000      |
| 13 | 161.8050       | 0.000000      |
| 14 | 0.000000       | 0.000000      |
| 15 | 118.5006       | 0.000000      |
| 16 | 141.4994       | 0.000000      |
| 17 | -0.1953409E-06 | 0.000000      |
| 18 | 0.9854085      | 0.000000      |
| 19 | 2.014592       | 0.000000      |
| 20 | 0.000000       | 0.1357421     |
| 21 | 9.574097       | 0.000000      |
| 22 | 5.425903       | 0.000000      |
| 23 | 0.000000       | 0.000000      |
| 24 | 15.00000       | 0.000000      |
| 25 | 0.000000       | 0.2225912E-01 |
| 26 | 0.000000       | 0.7279600E-01 |
| 27 | 0.2135212      | 0.000000      |
| 28 | 1.786479       | 0.000000      |
| 29 | 0.000000       | 0.5429682E-01 |
| 30 | 8.071637       | 0.000000      |
| 31 | 16.92836       | 0.000000      |
| 32 | 0.000000       | 0.2721047E-01 |
| 33 | 10.16373       | 0.000000      |
| 34 | 2.836270       | 0.000000      |
| 35 | 0.000000       | 0.6059524E-01 |
| 36 | 3.262168       | 0.000000      |
| 37 | 1.737832       | 0.000000      |
| 38 | 0.000000       | 0.5552729E-01 |
| 39 | 1.413938       | 0.000000      |
| 40 | 1.586062       | 0.000000      |
| 41 | 0.000000       | 0.1709675     |

Çözüm raporuna göre amaç fonksiyonu  $0.9443 \times 10^{-1}$  değerini almış olup, bu değer minimizasyonu amaçlanan yumuşaklık ve maksimizasyonu amaçlanan çözgü kopma mukavemetinin optimum değerlerden sapma miktarlarının toplamını  $(z_1^- + z_2^+)$  ifade etmektedir. Bu değer sıfıra yakın olması gerekmektedir. Modelin çözümü irdelenecek olursa yumuşaklığın (Y) 0.5366764 kg, çözgü kopma mukavemetinin (Ckop) 1081.459 N değerlerini aldığı görülmektedir.

Bu model ek olarak farklı amaçları içeren 4 ayrı tek amaçlı model (model no: 2, 3, 4, 5) ve 4 ayrı çok amaçlı model (model no: 7,8,9,10) daha olmak üzere toplam 10 model oluşturulmuş çözülmüştür. Oluşturulan modellerin çözümleri sonucu fiziksel ve konfor/ performans özelliklerinin aldığı değerler Çizelge 8.2’de toplu olarak verilmiştir. Sözkonusu çizelgede kategorik değişkenlerin aldığı değerler yuvarlanarak verilmiştir.

Çizelge 8.2. Oluşturulan modellerin çözüm sonuçları

| No | Amaç                             | İlgili<br>modelin<br>optimum<br>değerleri | Parametre değerleri |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|----|----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|---------|--------|--------|--------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
|    |                                  |                                           | Çıktı parametreleri |         |        |        |        | Girdi parametreleri |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|    |                                  |                                           | Y                   | Ckop    | Akop   | HG     | SBG    | G                   | CN    | AN    | CS    | AS    | AT   | OT   | YT   | AH   | CH   |
| 1  | Min (Y)                          | 0.44                                      | 0.44                | 891.17  | 315.17 | 215.74 | 632.50 | 254.21              | 12.00 | 16.48 | 30.43 | 20.74 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |
| 2  | Max (Ckop)                       | 1081.46                                   | 0.54                | 1081.46 | 382.47 | 261.80 | 767.55 | 308.50              | 14.57 | 20.00 | 36.93 | 25.16 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |
| 3  | Max (Akop)                       | 382.47                                    | 0.54                | 1081.46 | 382.47 | 261.80 | 767.55 | 308.50              | 14.57 | 20.00 | 36.93 | 25.16 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |
| 4  | Max (HG)                         | 261.80                                    | 0.54                | 1081.46 | 382.47 | 261.80 | 767.55 | 308.50              | 14.57 | 20.00 | 36.93 | 25.16 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |
| 5  | Max (SBG)                        | 767.55                                    | 0.54                | 1081.46 | 382.47 | 261.80 | 767.55 | 308.50              | 14.57 | 20.00 | 36.93 | 25.16 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |
| 6  | Min (Y)                          | 0.54                                      | 0.54                | 1081.46 | 382.47 | 261.80 | 767.55 | 308.50              | 14.57 | 20.00 | 36.93 | 25.16 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |
|    | Max (Ckop)                       | 1081.46                                   |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 7  | Min (Y)                          | 0.54                                      | 0.54                | 1081.46 | 382.47 | 261.80 | 767.55 | 308.50              | 14.57 | 20.00 | 36.93 | 25.16 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |
|    | Max (Ckop)                       | 1081.46                                   |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|    | Max (Akop)                       | 382.47                                    |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 8  | Min (Y)<br>Max (HG)<br>Max (SBG) | 0.54<br>261.80<br>767.55                  | 0.54                | 1081.46 | 382.47 | 261.80 | 767.55 | 308.50              | 14.57 | 20.00 | 36.93 | 25.16 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |

Çizelge 8.2'nin devamı

| No | Amaç       | İlgili modelin optimum değerleri | Parametre değerleri |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|----|------------|----------------------------------|---------------------|---------|--------|--------|--------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
|    |            |                                  | Çıktı parametreleri |         |        |        |        | Girdi parametreleri |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|    |            |                                  | Y                   | Ckop    | Akop   | HG     | SBG    | G                   | CN    | AN    | CS    | AS    | AT   | OT   | YT   | AH   | CH   |
| 9  | Min (Y)    | 0.54                             |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|    | Max (Ckop) | 1081.46                          | 0.54                | 1081.46 | 382.47 | 261.80 | 767.55 | 308.50              | 14.57 | 20.00 | 36.93 | 25.16 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |
|    | Max (Akop) | 382.47                           |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|    | Max (HG)   | 261.80                           |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 10 | Min (Y)    | 0.54                             |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|    | Max (HG)   | 261.80                           |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|    | Max (SBG)  | 767.55                           | 0.54                | 1081.46 | 382.47 | 261.80 | 767.55 | 308.50              | 14.57 | 20.00 | 36.93 | 25.16 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 |
|    | Max (Ckop) | 1081.46                          |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |
|    | Max (Akop) | 382.47                           |                     |         |        |        |        |                     |       |       |       |       |      |      |      |      |      |

## 9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 9.1. Sonuçlar

Çalışma kapsamında konfor ve/veya performans özelliklerinin maksimizasyonunun veya minimizasyonunun amaçlandığı optimizasyon modelleri oluşturulması hedeflenmiştir. Sözkonusu modellerin oluşturulabilmesi için öncelikle istatistiksel analizler yardımıyla, denim kumaşların seçilmiş fiziksel ve konfor/performans özelliklerini deneme üretimlerine gerek kalmadan tahmin etmeyi sağlayacak çeşitli eşitlikler elde edilmiştir. Bu doğrultuda, farklı hammadde, farklı numaralarda, farklı iplik üretim sistemiyle eğrilmiş iplikler kullanılarak, farklı sıklıklarda, farklı örgülerde dokunmuş, üzerine çeşitli yıkama işlemleri uygulanmış denim kumaşların bazı fiziksel ve seçilmiş konfor/performans özellikleri standartlara göre tespit edilmiş, numunelerin belirli fiziksel özelliklerinin hem kendi aralarında hem de seçilmiş konfor/performans özellikleriyle ilişkileri deneysel olarak belirlenerek, istatistiksel yöntemlerle tahminlemeye yönelik eşitlikler oluşturulmuştur. Tez çalışmasının son aşamasında ise oluşturulan eşitliklerin kısıt olarak kullanıldığı, konfor ve/veya performans özelliklerinin optimizasyonunun amaçlandığı toplam 10 adet tek amaçlı ve çok amaçlı doğrusal optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında uygulanan testler, yapılan istatistiksel çalışmalar ve oluşturulan modellerin çözümleri, irdelenmesi ve önemli sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Kopma mukavemeti sonuçları değerlendirildiğinde çözgü kopma mukavemetinin atkı kopma mukavemetinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Denim kumaşlar çözgü doğrultusunda, bu doğrultuda daha çok iplik olmasından dolayı atkı doğrultusundan daha sağlamdırlar ve genellikle dokuma sırasında ihtiyaç duydukları daha fazla mukavemeti sağlamak için, çözgü iplikleri atkı ipliklerinden daha fazla büküme

sahiptirler. Bu nedenle çözgü kopma mukavemeti değerleri atkı kopma mukavemeti değerlerinden daha yüksek çıkmıştır.

- DeneySEL çalışma sonuçlarından faydalanılarak bazı fiziksel özelliklerin hem kendi aralarında hem de seçilmiş konfor/performans özellikleriyle istatistiksel analizi neticesinde bir takım eşitlikler elde edilmiş olup, bu eşitliklerin tümünün açıklayıcılık katsayısının %90'nın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu değerin yüksek olması, oluşturulan eşitliğin geçerliğinin ve tahmin gücünün yüksek olması anlamına gelmektedir.
- Her değişken grubuna ayrı ayrı uygulanan regresyon analizleri sonucu fiziksel özellikler ve konfor/performans özelliklerinin tümü için birer eşitlik oluşturulmuştur. Söz konusu eşitliklere aşağıda örnek olarak birisi verilmiştir.

$$C_{kop} = 34.237 \cdot CS - 80.441 \cdot YT + 1.942 \cdot G + 61.160 \cdot OT - 58.217 \cdot CN \quad (9.1)$$

$$R = 0.986$$

$$R^2 = 0.973$$

$$R_d^2 = 0.967$$

Burada (9.1) eşitliği denim kumaşların çözgü kopma mukavemeti ( $C_{kop}$ ) değerinin deneme üretimlerine gerek kalmadan çözgü sıklığı (CS), çözgü numarası (CN), gramaj (G), örgü tipi (OT) ve yıkama türü (YT) yardımıyla kolaylıkla tahmin edilebileceğini ifade etmektedir. Söz konusu eşitlik oluşturulurken öncelikle tüm fiziksel özellikler ele alınmış ve daha sonra bağımlı değişken ( $C_{kop}$ ) ile arasındaki ilişki çok düşük düzeyde anlamlı olan veya doğrusal olmayan büyüklükler adım adım analizden çıkarılarak eşitlik son haline getirilmiştir.

Eşitliğe ait  $R^2=0.973$  değeri, çözgü kopma mukavemetindeki değişimin %97.3'ünün doğruluk payıyla CS, CN, G, OT ve YT değişkenleri ile açıklanabileceğini ifade etmektedir.

$R_d^2$ 'nin değeri ise %96.7 olduğundan, oluşturulan eşitliğin oldukça yüksek bir geçerliliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır.

- Çalışma kapsamında konfor/performans özelliklerinin ayrı ayrı eniyilenmesinin amaçlandığı tek amaçlı 5 modelde de, aynı anda birden fazla özelliğin optimizasyonunun amaçlandığı 5 modelde de geçerliği en yüksek olan “global optimum” çözümler elde edilmiştir.
- Çalışmada yumuşaklığın kısıtlar doğrultusunda en iyi değeri almasını sağlamak amacıyla oluşturulan, yani minimizasyonunun amaçlandığı 1 nolu modelin çözümü sonucu  $Y=0.44$  Kg. Gramajı  $254.21 \text{ g/m}^2$ , çözgü numarası Ne 12, atkı numarası Ne 16.48, çözgü sıklığı 30.43 tel/cm, atkı sıklığı 20.74 tel/cm olan bir denim kumaş üretildiğinde kısıtlar doğrultusunda eniyi yumuşaklık değerinin ( $Y=0.44$  Kg) sağlandığı görülmektedir. Ayrıca bu şartlarda gerçekleştirilen üretim ile elde edilen denim kumaşın Ckop ve Akop değerlerinin sırasıyla 891.17 N – 315.17 N, hava ve su buharı geçirgenliğinin değerleri ise sırasıyla  $215.74 \text{ mm/s}$  –  $632.50 \text{ g/m}^2/\text{gün}$  olacağı çözüm raporundan görülmektedir.
- Benzer şekilde, atkı kopma mukavemeti, çözgü kopma mukavemeti, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği özelliklerinin eniyilenmesi amacıyla oluşturulan tek amaçlı modellerin tümünde aynı konstrüksiyon parametreleri optimum çözüm olarak elde edilmiştir. Buna göre, gramajı  $308.50 \text{ g/m}^2$ , çözgü sıklığı 36.93 tel/cm, atkı sıklığı 25.16 tel/cm, çözgü numarası Ne 14.57, atkı numarası Ne 20, çözgü hammaddesi pamuk, atkı hammaddesi Tencel, atkı tipi karde, örgü tipi D1/3 Z, yıkama tipi taş yıkama özelliklerinde üretilen kumaş sözkonusu dört büyüklüğünde kısıtlar doğrultusunda eniyi değerlere sahip olmasını sağlamaktadır.
- Kısıtlar ve sınır değerleri değiştirilmeden önceliklerin başka bir ifadeyle maksimizasyonu veya minimizasyonu amaçlanan büyüklük/büyüklüklerin değiştirilmesi ile elde edilen modellerin çözüm raporları irdelenerek işletmenin veya yöneticinin uygun bir tercih yapması ve üretimi bu doğrultuda gerçekleştirmesi mümkün olabilmektedir.

**9.2.Öneriler**

Gerçekleştirilen çalışmanın çıktıları ve sonuçları temel alınarak, bundan sonra yapılabilecek diğer araştırmalara öneriler aşağıda verilmiştir.

- Çalışmada sadece konfor/performans özelliklerinin optimizasyonuna yönelik modeller oluşturulmuş olup buna maliyet parametresi ilave edilebilir. Başka bir ifadeyle maliyet ve/veya seçilmiş özelliklerin eniyilenmesinin amaçlandığı modeller oluşturulabilir.
- Çalışmada ring, open end ve sentetik atkı ipliklerden dokunan denim kumaşların eşitlikler yardımıyla seçilmiş konfor ve/veya performans özelliklerinin optimizasyonu amaçlanmıştır. Denim üretiminde yaygın kullanılan özlü iplikler kullanılarak ilgili eşitlikler yeniden oluşturulabilir.
- Çalışma kapsamında kullanılan denim kumaşların tümü karde çözgü iplikler ile dokunmuştur, farklı üretim teknikleriyle eğrilmiş çözgü iplikleri kullanarak ilgili eşitlikler yeniden oluşturulabilir.
- Çalışmada denim kumaşların konfor özelliklerinin tahminlemesi amacıyla yumuşaklık, hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliği özellikleri seçilmiş olup eşitlikler yardımıyla optimizasyon modelleri oluşturulmuştur. Isıl geçiş özellikleri veya nem iletimi üzerine benzer çalışmalar yürütülebilir.
- Yıkama tipi, hammadde tipi, örgü tipi gibi nitel değişkenlerin modelin çözümü sonucu doğrudan tamsayı değerler alabilmesi için “tamsayılı programlama” yöntemi uygulanabilir.

## KAYNAKLAR

- Acar, A., 2005. Denim Kumaş Hatalarının Optimizasyonuna Yönelik Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 102s.
- Avcı, H., 2007. Yeni Liflerden Mamul Çorapların Konfor Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 81s.
- Aytaç, İ., 2016. İçi Boşluklu İpliklerin Mekanik Özellikleri ve Bu İpliklerden Üretilen Kumaşların Konfor Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 79s.
- Bajzik, V., Hes, L., 2012. The Effect of Finishing Treatment on Thermal Insulation and Thermal Contact Properties of Wet Fabrics. Tekstil ve Konfeksiyon, Vol (1)., S.26-31.
- Bedez Üte, T., Çelik, P., Kadoğlu, H., Üzümcü, M.B., Ertekin, G., Marmaralı, A., 2018. Farklı Doğal Liflerin İç Giysilerde Kullanımının Konfor Özellikleri Açısından Araştırılması. Tekstil ve Mühendis, 25: 112, 335-343.
- Bozdoğan, S., 2008. Poliester Lif Özelliklerinin Örmeye Kumaşların Isıl Konfor ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 122s.
- Cakmak, A., 2013. Denim Kumaşlarda Fiziksel Performans ve Konfor Özelliklerinin Kıyaslanması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 68s.
- Celep, G., 2015. İçi Boş İpliklerden Elde Edilmiş Tekstil Mamullerinin Konfor Özelliklerinin Modellenmesi Üzerine Yeni Bir Çalışma. Doktora Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak, 155s.

- Cubric I. S., Skenderi Z., Mihelic Bogdanic A., Andrassy M., 2012. Experimental Study of Thermal Resistance of Knitted Fabrics. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 38, 223-228.
- Çakir, N., 2010. Kot Pantolon Üretiminde Bitim İşlemlerinin ve Farklı Denim Kumaşların Fit Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 99s.
- Çataloğlu, A., 2007. Elastan Karışımlı Denim Kumaşların Elastikiyet ve Kalıcı Deformasyon Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir, 63s.
- Çavdaroglu, P., 2013. Dikişsiz Yuvarlak Örmek Makinelerinde Üretilen İçlik Kumaşların Konfor Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 129s.
- Çeker, S., 2010. Uşak'ta Üretilen Battaniyelerin Termal ve Konfor Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak, 57s.
- Çelik, M., 2016. Krep (Crep) Yapılı Filament İplikler ve Denim Kumaş Üretiminde Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 137s.
- Çerçi, E., 2016. Denim Kumaşların Kaplama Sonrası Konfor Özelliklerinin İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Gaziantep, 210s.
- Çil, M.G., 2007. Comfort Properties of Cotton-Acrylic Knitted Fabrics. Master Thesis, İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology, Department of Textile Engineering, İstanbul, 80s.
- Demiröz Gün, A., Bodur, A., 2014. Kumaşların Su Buharı Geçirgenliği. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 8, No: 3, (20-34).

- Doba Kadem, F., 2007. İpliği Boyalı Pamuklu Kumaşlarda Bazı Fiziksel Özelliklerin Seçilmiş Performans Özellikleriyle İlişkisinin Araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 219s.
- Doba Kadem, F., Ergen, A., 2011. Investigation of Some Comfort Properties of Fabrics Laminated with Different Types of Membranes. Tekstil ve Konfeksiyon, Vol (4), S323-327.
- Doğan, K., 2009. Kot (Denim) Pantolon Üretiminde Kalite Problemlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Giyim Endüstrisi ve Moda Tasarımı Anabilim Dalı, Ankara, 117s.
- Erenler, A., 2013. Giysi Amaçlı Dokunmuş Kumaşlarda Konfor Özelliklerinin İncelenmesi ve Tahminlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 275s.
- Fidan, B., 2013. Denim Kumaşlar İçin Ring ve Open-End Rotor İplik Makinelerinde Üretilen Şantuk İpliklerin Özelliklerinin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 256s.
- Frydrych I., Dziworska G., Bilska J., 2002. Fibres & Textiles in Eastern Europe. October- P. 40.
- Gül, R., 2012. Yeni Nesil Liflerden Örülen Çorapların Konfor ve Dayanım Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 75s.
- Güneşoğlu, S., 2005. Sportif Amaçlı Giysilerin Konfor Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 208s.

- Gürkan Ünal, P., Üreyen, M.E., Aslan, Ç., 2015. Farklı Özelliklere Sahip Pes ve Selülozik İpliklerden Üretilmiş Sporcu Kumaşlarının Mekanik ve Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, Bilimsel Araştırma Projesi Raporu, Nkubap.00.17.Ar.13.02 Nolu Proje, Tekirdağ, 74s.
- Harrison, P.W., 1993. The Thermal-Insulation Properties of Fabrics: A Critical Appreciation of Recent Developments. The Textile Institute, Textile Progress V. 24, No. 4.
- Havenith, G., 2002. Interaction of Clothing and Thermoregulation. Exogenous Dermatology. 1 (5), Pp.221-230.
- Holme, I., 2003. Coping with Thermal Stress, Knitting International, 12(10): 70-71.
- Işıktaş, H., 2009. Geri Kazanılan Yünlerden Elde Edilen Kumaşların Islak Haldeki Konfor Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 91s.
- Kanat, Z.E., 2007. Farklı İpliklerden Dokunan Kumaşların Konfor Özelliklerinin Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 92s.
- Kaplan, S., 2009. Kumaşların Mekanik Özelliklerinden ve Geçirgenlik Özelliklerinden Yararlanılarak Giysi Konforunun Tahminlenmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 236s.
- Karalomlu, E., 2010. Askeri Amaçlı Kullanılan Fonksiyonel Kumaşların Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 78s.
- Karazincir, E., Duru Baykal, P., 2014. Seçilmiş Denim Kumaşta Yıkama Türünün Kumaş Mukavemeti ve Uzaması Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Tekstil ve Mühendis, 21: 94,18-30.

- Kiraz, M.T., 2012. Süt Lifinden Yapılan Kumaşların Performans ve Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 76s.
- Mahbub. R.F., Wang, L., Arnold L., Kaneslingam, S., Padhye R., 2014. Thermal Comfort Properties of Kevlar and Kevlar/Wool Fabrics. Textile Research Journal, Vol. 84: Pp. 2094-2102.
- Marmaralı, A., Oğlacioğlu, N., 2013. Giysilerde Isıl Konfor, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiri Kitabı, İzmir, S1957-1963.
- Marmaralı, A., Özdil, N., Dönmez Kretzschmar, S., Gülsevin Oğlacioğlu, N., 2006. Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler. Tekstil ve Konfeksiyon, Sayı (4), S.241-246.
- Matusiak, M., 2006. Investigation of The Thermal Insulation Properties of Multilayer Textiles. Fibres&Textiles in Eastern Europe Januray, December, Vol 14, No.5(59), Pp. 98-102.
- Mavruz, S., Oğulata, R., 2009. Investigation and Statistical Prediction of Air Permeability of Cotton Knitted Fabrics. Textile and Apparel, 19 (1), 29-38.
- Namlıgöz, E.S., 2010. Farklı İpliklerden Dokunan Kumaşlara Çeşitli Bitim İşlem Yöntemleri ve Kimyasal Maddeleri Uygulamanın Kumaşların Fizyolojik Özelliklerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 135s.
- Nergis, A., Oğulata, R.T., 2016. Rins Yıkamanın Denim Kumaş Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(2), Ss. 421-435.
- Nergis, A., Oğulata, R.T., 2017. Taş Yıkamanın Denim Kumaş Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, Tekstil ve Mühendis, 24: 107, 160-171.

- Nergiz, A., 2016. Denim Kumaşlarda Farklı Yıkama Proseslerinin Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 155s.
- Öner, E., 2008. Dokuma Kumaşların Konfor Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 94s.
- Özçelik Kayseri, G., Bozdoğan, F., Hes L., 2010. Performance Properties of Regenerated Cellulose Fibers. Tekstil ve Konfeksiyon, Vol (3)., S.208-212.
- Özdil, N., 2008. Çoraplarda Isıl Konfor Özellikleri Üzerine Bir Çalışma. Tekstil ve Konfeksiyon, Sayı (2), S.154-158.
- Parer, O., 2011. Denizli’de Tekstil Sektörüne Yön Veren Ev Tekstillerinde Konfor Çalışmaları. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 138s.
- Paul, R., 2015. Denim Manufacture, Finishing and Applications. Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 164.P.625.
- Radhakrishnaiah, P., Tejatanalet S., Sawhney A.P.S., 1993. Handle and Comfort Properties of Woven Fabrics Made from Random Blend and Cotton Covered Cotton / Polyester Yarns. Textile Research Journal, 63(10): 573-579.
- Rego, J. M., Verdu, P., Nieto, J., Blanes, M., 2010. Comfort Analysis of Woven Cotton / Polyester Fabrics Modified with a New Elastic Fiber, Part 2: Detailed Study of Mechanical, Thermo-Physiological and Skin Sensorial Properties. Textile Research Journal, 80(3), 206–215.
- Sabır, E.C., 2000. Ring ve Open-End İplik Üretim Sistemlerinde Üretim Planlaması için Doğrusal Programlama Yaklaşımı ve Endüstriyel Uygulaması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 209s.

- Saraç, E.G., 2015. Denim Giyside Isıl Düzenleme Özelliğinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 81s.
- Sztandera, L. M., Cardello, A. V., Winterhalter, C., Schutz, H., 2013. Identification of The Most Significant Comfort Factors for Textiles from Processing Mechanical, Handfeel, Fabric Construction, and Perceived Tactile Comfort Data. Textile Research Journal, 83(1), 34-43.
- Tarhan, M., 2005. Eskitme Yöntemlerinin Denim Mamullerinin Performans Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 120s.
- Toksöz, M., Mezarcıöz, S., 2013. Denim Kumaşlara Uygulanan Özel Yıkama Uygulamaları. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(2), 141-147 ss.
- Tyagi, G. K., Goyal, A., Jain, V., 2004. Fiber Cross-Section and Comfort of Polyester-Viscose Fabrics. Textile Asia, July, S.35-37.
- Uğur, Ş., Sivri, Ç., 2008. Tekstil Materyallerinde Su Buharı Geçirgenliği Ölçüm Metotlarının Karşılaştırılması. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Vol.(3), S.13-20.
- Uysaltürk, D., 2013. Viloft/Pamuk ve Viloft/Polyester Karışım İplik Özelliklerinin ve Örme Kumaş Termofizyolojik Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 185s.
- Uzun, M., 2012. Ultrasonik ve Klasik Yıkama Yöntemlerinin Dokuma Kumaş Termal Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi. Tekstil ve Mühendis, 19: 86, 1-6.
- Ünsal, C., 2005. Örme Kumaşların Isılanma ve Kuruma Davranışlarının Giysi Konforu Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 163s.

- Üren, N., 2018. Denim Kumaşların Dokunsal Konforunu Analizi ve Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 293s.
- Vigneswaran, C., Chandrasekaran, K., Senthilkumar, P., 2009. Effect of Thermal Conductivity Behavior of Jute/Cotton Blended Knitted Fabrics, Journal of Industrial Textiles, Vol 38(4), s.289-307.
- Yıldırım, N., 2013. Yıkama İşleminin Farklı Tipte Denim Kumaşların Fiziksel ve Termofizyolojik Konfor Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 125s.
- Yoon, H.N., Buckley, A., 1984. Improved Comfort Polyester Part I: Transport Properties and Thermal Comfort of Polyester/Cotton Blend Fabrics. Textile Research Journal, 289-298.
- Yüksel, H.G., 2010. Subjektif Konfor Değerlendirmeleri ile Laboratuvar Testleri Arasındaki İlişkiler. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 139s.
- Zervent Ünal, B., 2007. Dokunmuş Havlu Kumaşların Üretim Parametreleri ve Performans Özelliklerinin Optimizasyonu. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 232s.
- <https://www.ibm.com>, Erişim tarihi: Haziran 2019
- <https://www.ithib.org.tr>, Erişim tarihi: Mayıs 2019
- <https://www.lindo.com>, Erişim tarihi: Haziran 2019
- <https://www.uib.org.tr>, Erişim tarihi: Mayıs 2019

## ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Humus’ ta doğdu. İlköğrenimini Semalil köyünde Şehit Rıdvan Kahya ilköğretim okulunda tamamladıktan sonra orta öğrenimini Teldev ilçesinde Ortaokulunda ve lise öğrenimini Humus Merkez İbn-I Haldun Lisesinde tamamladı. 2002 yılında Albaas Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümünde lisans eğitime başladı ve 2007 yılında lisans eğitimini tamamlayıp 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitime başladı.