

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI LİF ÇEŞİTLERİNDEN ÜRETİLEN HAVLULARIN
FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAİT ÖZBAHAR

DENİZLİ, HAZİRAN- 2021

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**FARKLI LİF ÇEŞİTLERİNDEN ÜRETİLEN HAVLULARIN
FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAİT ÖZBAHAR

DENİZLİ, HAZİRAN- 2021

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Sait Özbahar

ÖZET

FARKLI LİF ÇEŞİTLERİNDEN ÜRETİLEN HAVLULARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAİT ÖZBAHAR

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. SEMA PALAMUTCU)

DENİZLİ, HAZİRAN-2021

Tüketici beklentileri dikkate alındığında havlu kumaşta olması gereken temel ürün özellikleri arasında hızlı su emicilik, yumuşaklık ve hızlı kuruma özellikleri öne çıkmaktadır. Yumuşaklık özelliğinde en önemli etkenin hav ipliği özellikleri ile ilişkili olması beklenmektedir. Geleneksel olarak havlu üretiminde bu özellikleri sağlamakta olduğu bilinen en yaygın elyaf ve iplik çeşidi olarak %100 pamuk iplikleri kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında ise farklı elyaf çeşitlerinden oluşan hav iplikleri kullanılarak dokunmuş olan havlu kumaşlar incelenmiştir.

Çalışmada hav iplik içeriğinde ipek, kaşmir, Tencel®, EcoVero®, Viloft®, organik pamuk ve Microcotton® elyaf bulunan on bir farklı ticari havlu çeşidi kullanılmıştır. Hav ipliği çeşidi dışında gramaj farklılığı da olan havlu çeşitleri performans özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. Kuruma hızı incelenirken kumaşların ham ve boyalı halleri arasında kıyaslama yapılmıştır. Havlu kumaşların fiziksel özellikleri incelenmiş ve test işlemlerinin ardından iplik özelliklerinin kumaş üzerindeki etkilerinin bulunması amaçlanmıştır. Farklı lif çeşitlerinden üretilen havlulara birim alan kütlesi, su emme özelliğinin tayini, hava geçirgenliği, su buharlaşma hızı, kuruma hızı, dikey kılcal ıslanma, su buharı geçirgenliği ve kumaş rijitlik ölçüm testleri uygulanmıştır.

Ayrıca havlu kumaş konstrüksiyon yapısının geometrik modellemesi yapılmıştır. Elyaf, iplik ve havlu dokuma konstrüksiyon özellikleri ile havlu gözeneklilik özelliği arasındaki ilişki hesaplanmıştır. Havlu gözeneklilik büyüklüğü ile havlu performans özellikleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, kumaş kalınlığı ve kumaş ağırlığının havlu kumaşların fiziksel özelliklerini etkilediği ve ipliklerde kullanılan liflerin arasında Viloft® karışımli iplikle üretilen havlu çeşidinin en iyi sonuçlara sahip olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Dokuma havlu, ipek, Tencel®, organik pamuk, EcoVero®, Viloft®, kaşmir, Microcotton®

ABSTRACT

A RESEARCH ABOUT PHYSICAL PROPERTIES OF TERRY TOWELS PRODUCED USING DIFFERENT FIBER TYPES

MSC THESIS

SAİT ÖZBAHAR

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

TEXTİLE ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF.DR. SEMA PALAMUTCU)

DENİZLİ, JUNE-2021

Considering consumer expectations, fast water absorbency, softness and fast drying are among the basic product features that should be in terry fabric. The most important factor in softness is expected to be related to pile yarn properties. Traditionally, %100 cotton yarns are used as the most common fiber and yarn type known to provide these properties in towel production, whereas other fiber utilised yarn varieties are also used in towel fabric construction as pile yarn.

In this thesis, terry fabrics which are woven using pile yarns consisting of different fiber types were examined. Eleven different types of commercial towels were used in the study, which included silk, cashmere, Tencel®, EcoVero®, Viloft®, organic cotton and Microcotton® fibers in the blend of pile yarns. Towel types, which also differ in weight apart from the type of pile yarn, were compared in terms of their performance characteristics. When examining the drying speed, a comparison was made between the raw and dyed forms of the fabrics. The physical properties of terry fabrics were examined aiming to find the effects of pile yarn qualities. Unit area mass, determination of water absorption, air permeability, water evaporation rate, drying speed, vertical capillary wetting, water vapor permeability and fabric stiffness measurement tests were applied on towel samples.

In addition, geometric modeling of the terry fabric construction structure was made. The relationship between fiber, yarn and terry weave construction properties and terry porosity property was estimated. The relationship between towel porosity values and towel performance properties were statistically investigated. According to the data obtained, it has been determined that fabric thickness and fabric weight affect the physical properties of terry fabrics and Viloft® quality has the best results among the fibers used in yarns.

KEYWORDS: Woven towel, silk, Tencel®, organic cotton, EcoVero®, Viloft®, cashmere, Microcotton®

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Havlunun Tanımı.....	1
1.2 Havlunun Tarihi	3
1.3 Havluların Sınıflandırılması	3
1.4 Havlunun Bölgeleri	5
1.5 Havlu Üretimi.....	6
1.6 Türkiye’de Havlu ve Bornoz İhracatının Durumu	9
1.7 Tezin İçeriği ve Amacı	12
2. HAVLU ÜRETİMİNDE KULLANILAN FARKLI LİF ÇEŞİTLERİ .13	13
2.1 Pamuk.....	13
2.1.1 Organik Pamuk	15
2.1.2 MicroCotton®.....	16
2.2 İpek.....	18
2.3 Tencel®	21
2.4 Viloft ®	23
2.5 EcoVero®.....	25
2.6 Kaşmir	25
3. LİTERATÜR BİLGİSİ.....	28
4. MATERYAL ve METOT	33
4.1 Dokuma İşlemi	37
4.2 Boyama İşlemi.....	37
4.3 Test Yöntemleri ve Standartlar.....	38
4.3.1 Birim Alan Kütlesi Tayini	38
4.3.2 Su Batma Özelliğinin Tayini	39
4.3.3 Hava Geçirgenliği Testi	39
4.3.4 Su Buharlaşma Hızı Tayini.....	40
4.3.5 Kuruma Hızı Tespiti	41
4.3.6 Dikey Kılcal Islanma Testi	42
4.3.7 Su Buharı Geçirgenliği Tayini	42
4.3.8 Rijitlik Tayini.....	44
4.4 Havlu Kumaşların Gözenekliliğinin Teorik Tahmini	44
4.4.1 Teorik Modelleme.....	45
4.4.2 Deneysel Gözeneklilik Ölçümü	50
4.5 İstatiksel İnceleme	51
5. BULGULAR	52
5.1 Su Batma Testi Sonuçları	52
5.2 Su Buharlaşma Hızı Testi Sonuçları	54
5.3 Kuruma Hızı Tespiti	58

5.3.1	Ham ve Boyalı Havlularda Kuruma Hızı	58
5.3.2	Ağır ve Çok Ağır Havlularda Kuruma Hızı.....	62
5.4	Dikey Kılcal Islanma Tespiti.....	64
5.5	Su Buharı Geçirgenliği Tayini	67
5.6	Rijitlik Tayini	68
5.7	Hava Geçirgenliği Testi Bulguları	70
5.8	Gözeneklilik Bulguları	71
5.9	İstatistik Bulguları	73
6.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	83
7.	KAYNAKLAR.....	86
8.	ÖZGEÇMİŐ	92

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Farklı havluların kullanım alanları: a) havlu, b) bornoz, c) paspas, d) peştamal, e) mutfak havlusu, f) paço	2
Şekil 1.2: Havluların sınıflandırılması.....	4
Şekil 1.3: Havlunun bölgeleri; hav, bordür, kenar bezi, baş ve uç bezleri	6
Şekil 1.4: Hav ipliği özelliğine göre a) çift katlı iplik, b) tek katlı iplik ile üretilen havluların kesit görünümü	6
Şekil 1.5: Üç atkılı havlu dokuma sistemi	7
Şekil 1.6: Türk Havlusu'nda kullanılan a) 1:1 ve b) 2:2 örgü raporları	8
Şekil 1.7: 2019 Yılı ev tekstili ihracat raporu	10
Şekil 2.1: Pamuk lifinin enine kesiti	14
Şekil 2.2: Pamuk lifinin a) boyuna, b) enine kesiti	14
Şekil 2.3: Katlı büküm makinesi (wrap spinning).....	17
Şekil 2.4: Katlı iplik (wrap spun yarn)	17
Şekil 2.5: a) Pamuk havlu b) Microcotton ® havlunun yakından görünüşleri arasındaki farklılık.....	18
Şekil 2.6: İpek böceği yaşamındaki aşamalar a) tırtıl, b) koza, c)kelebek	19
Şekil 2.7: İpeğin protein yapısı	20
Şekil 2.8: Tencel® üretim süreci	22
Şekil 2.9: Viloft® kesit görüntüsü	24
Şekil 2.10: Viloft® (viskon) üretim şeması	25
Şekil 2.11: Kaşmir keçisi	26
Şekil 2.12: Kaşmir lifi a) boyuna görüntüsü b) enine görüntüsü yuvarlak ve oval	26
Şekil 4.1: Test uygulanan numunelerin kodlama yöntemi	33
Şekil 4.2: HT jet boyama makinesi.....	37
Şekil 4.3: Hava geçirgenliği ölçüm cihazı	40
Şekil 4.4: Dikey kılcal ıslanma düzeneği	42
Şekil 4.5: Su buharı geçirgenliği test cihazı	43
Şekil 4.6: Kumaş rijitliği test cihazı	44
Şekil 4.7: Bir havlu buklesine ait kuboid görünümü ve uzunlukları	46
Şekil 5.1: Su batma özelliği	53
Şekil 5.2: Gramaj-batma süresi.....	53
Şekil 5.3: Kaşmir su buharlaşma hızı	55
Şekil 5.4: Tencel® su buharlaşma hızı	55
Şekil 5.5: EcoVero® su buharlaşma hızı.....	56
Şekil 5.6: Viloft® su buharlaşma hızı	56
Şekil 5.7: Tüm havlu numunelerine ait su buharlaşma hızları	57
Şekil 5.8: WER değeri ve 120 dakikalık süreçte su kaybı.....	58
Şekil 5.9: K1H-K1B kuruma hızları.....	59
Şekil 5.10: T1H-T2B kuruma hızları.....	59
Şekil 5.11: E1H -E1B kuruma hızları.....	60
Şekil 5.12: V1H-V1B kuruma hızları	60
Şekil 5.13: K1B-K2B kuruma hızı	61
Şekil 5.14: T1B-T2B kuruma hızı	61
Şekil 5.15: V1B-V2B kuruma hızı	61

Şekil 5.16: E1B-E2B kuruma hızı	62
Şekil 5.17: Ağır gramajlı numunelerin kuruma hızları.....	63
Şekil 5.18: Çok ağır gramajlı numunelerin kuruma hızları	63
Şekil 5.19: Ağır gramajlı havlular dikey kılcal ıslanma değerleri.....	64
Şekil 5.20: Çok ağır gramajlı havlular dikey kılcal ıslanma değerleri	65
Şekil 5.21: Numune çeşidine süre aralıkları boyunca kılcal ıslanma değerleri	67
Şekil 5.22: Ağır-çok ağır gramajlı numune karşılaştırmalı kılcal ıslanma değerleri.....	67
Şekil 5.23: Rijitlik ölçüm sonuçları	68
Şekil 5.24: Gramaj-rijitlik değişimleri.....	69
Şekil 5.51: Kumaş ağırlığı hava geçirgenliği değerleri	70

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: 2020 şubat ayı Denizli ili kıyaslamalı ihracat raporu	11
Tablo 1.2: 2020 şubat ayı Denizli ili tekstil ve konfeksiyon ihracatı	11
Tablo 2.1: Pamuk lifinin kimyasal bileşeni.....	15
Tablo 2.2: İpek lifine ait fiziksel ve mekanik özellikler	20
Tablo 2.3: Tencel®, pamuk ve viskon mukavemet, uzama ve nem içeriği kıyaslaması	23
Tablo 4.1: Havlulara verilen numune kodları	34
Tablo 4.2: Numunelerin ağırlık değerlerine göre sınıflandırılması.....	34
Tablo 4.3: Hav iplik özellikleri	35
Tablo 4.4: İplik özellikleri.....	35
Tablo 4.5: Liflere ait özellikler.....	36
Tablo 4.6: Havlu kumaşlara uygulanacak test standartları	38
Tablo 4.7: Liflere ait yoğunluklar	48
Tablo 4.8: Analiz türleri ve analiz parametreleri	51
Tablo 5.1: Su batma özelliği	53
Tablo 5.2: WER değeri ve 120 dakika sonrasında su kaybı.....	54
Tablo 5.3: Aynı kumaşın farklı gramajdaki 120 dakikalık süreçte su kaybı....	55
Tablo 5.4: Numunelere ait WER değerleri ve nem içerikleri	57
Tablo 5.5: Bütün numunelere ait kuruma hızı değerleri	58
Tablo 5.6: Ağır gramajlı numunelerin kuruma hızları	62
Tablo 5.7: Çok ağır gramajlı numunelerin kuruma hızları.....	63
Tablo 5.8: Ağır gramajlı havlular dikey kılcal ıslanma değerleri	65
Tablo 5.9: Çok ağır gramajlı havlular dikey kılcal ıslanma değerleri.....	66
Tablo 5.10: Bütün numunelere ait toplam kılcal ıslanma değerleri	66
Tablo 5.11: Su buharı geçirgenliği test sonuçları.....	67
Tablo 5.12: Rijitlik ölçüm sonuçları	68
Tablo 5.13: Hava geçirgenliği test bulguları.....	70
Tablo 5.14: Gözeneklilik sonuçları I.....	71
Tablo 5.15: Gözeneklilik sonuçları II	72
Tablo 5.16: Gözenekliliğe ait teorik ve deneysel sonuçlar	72
Tablo 5.17: Korelasyon Teorik gözeneklilik- deneysel gözeneklilik ilişkinine yönelik istatistiksel analiz sonuçları	73
Tablo 5.18: Korelasyon statik su emilimi-su tutma kapasitesi ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	74
Tablo 5.19: Korelasyon kumaş kalınlığı- hav oranı ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	74
Tablo 5.20: Korelasyon kumaş kalınlığı- hav uzunluğu (L) ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	75
Tablo 5.21: Regresyon kumaş kalınlığı-120 dakikada su kaybı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	75
Tablo 5.22: Regresyon kumaş kalınlığı-su tutma kapasitesi bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	75
Tablo 5.23: Regresyon kumaş kalınlığı-teorik gözeneklilik bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	76

Tablo 5.24: Regresyon kumaş kalınlığı-deneysel gözeneklilik bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	76
Tablo 5.25: Korelasyon kumaş ağırlığı- hav oranı ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	76
Tablo 5.26: Regresyon su tutma kapasitesi / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları	77
Tablo 5.27: Regresyon statik su emilimi / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları	78
Tablo 5.28: Regresyon deneysel gözeneklilik / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	78
Tablo 5.29: Regresyon teorik gözeneklilik / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları	79
Tablo 5.30: Regresyon hav oranı / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları	79
Tablo 5.31: Regresyon hav uzunluğu (L) / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları	79
Tablo 5.32: Regresyon su buharı geçirgenliği / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	80
Tablo 5.33: Korelasyon su buharı geçirgenliği ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	81
Tablo 5.34: Korelasyon su batma- kılcal ıslanma ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	81
Tablo 5.35: Korelasyon rijitlik- kumaş kalınlığı ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	82
Tablo 5.36: Regresyon rijitlik/kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları.....	82
Tablo 6.1: Sonuçlar tablosu I	84
Tablo 6.2: Sonuçlar tablosu II	84

KISALTMA LİSTESİ

- M:** Kapta meydana gelen ağırlık kaybı, g
- WVP:** Su buharı geçirgenliği, $g/m^2 \times gün$
- Mf:** Kumaştaki lif ağırlığı (g)
- MF:** Kumaşın ağırlığı (g)
- H:** Hav yüksekliği (cm)
- L:** Hav bukle uzunluğu (cm)
- Vc:** Kumaş numunesine ait küboid hacmi (cm^3)
- Vp:** Küboiddeki çözgü ipliği hacmi (cm^3)
- Vg:** Küboiddeki zemin ipliği hacmi (cm^3)
- Vw:** Küboiddeki atkı ipliği hacmi (cm^3)
- Mp:** Küboiddeki çözgü ipliği ağırlığı (g)
- Nmp:** Çözgü ipliği metrik numarası (Nm)
- Nmg:** Zemin ipliği metrik numarası (Nm)
- Nmf:** Atkı ipliği metrik numarası (Nm)
- ρ_{yg} :** Zemin iplik yoğunluğu (g/cm^3)
- ρ_{yf} :** Atkı iplik yoğunluğu (g/cm^3)
- C1:** Zemin ipliği kıvrım değeri (%)
- C2:** Atkı ipliği kıvrım değeri (%)
- Sw:** Statik su emilimi (%)
- Mw:** Numunelerin ıslak ağırlığı (g)
- Md:** Numunelerin kuru ağırlığı (g)
- M:** Kumaşın yüzey yoğunluğu (g/cm^2)
- Dak:** Dakika

ÖNSÖZ

Havlu ve bornoz üretimi ve ihracatı yaşadığım şehir Denizli'ye çok büyük bir miktarda katma değer sağlamaktadır. Dünya geneline bakıldığında fiyat olarak daha üst grupta yer alan Türkiye ve şehrimiz için farklı iplikler ve desenlerle ürün çeşitliliği sunmak havlu bornoz imalatının sürdürülebilmesi için zorunluluk haline gelmiştir. Şu anda çalışmakta olduğum Erteks Kadife Tekstil Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'ne gerek ürün tedariki gerekse deneysel çalışma ortamı sağlaması nedeni ile teşekkür ederim. Tez süreci boyunca tezin geliştirilmesi ve detaylandırılmasında sürekli olarak yardımını gördüğüm danışman hocam sayın Prof.Dr.Sema PALAMUTCU'ya özellikle teşekkürü borç bilirim.

1. GİRİŞ

1.1 Havlunun Tanımı

Havlü, buklesi belirli çözüğü iplikleri ile elde edilen, yüzeyde havlar oluşturan çözüğü yapılı bir kumaş çeşididir. Dokuma, örme ve tafting teknikleri kullanılarak hav/bukle yapılı kumaşlar üretilebilmektedir. En yaygın havlu kumaş üretim yöntemi dokuma yöntemi ile elde edilen kumaşlar olup, bu tür kumaşlar bir adet atkı sistemi, zemin ve hav olmak üzere iki adet çözüğü serisine sahip kumaşlardır. Hav ve zemin ayrı olarak, iplikler farklı gerilimli leventlere sarılır, zemin çözüğü atkı ile beraber zemini oluştururken, hav iplikleri zemin yapısının arasından atılarak bukleleri oluşturur. Bukle yapısı tek yüzde veya iki yüzde olabilir. Hav ipliği çoğunlukla pamuk ipliği olmakla beraber nadiren keten gibi başka lif çeşitlerinden eğrilen iplikler de olabilmektedir. Havlu ürünler, geleneksel kullanım alanı olan kurulama amacı dışında paspas, yatak örtüsü, elbise, eldiven, otomotiv tekstili, vb. birçok alanda kullanım alanı bulmaktadır.

Havlü gibi insan vücudu ile doğrudan temas halinde olan kumaşlar yüksek sıkıştırılabilirlik ve yumuşaklık özelliklerine sahip olmalıdır. Bu özellikler, daha iyi mekanik konfor için gereklidir. Havlu kumaşlar da kurulama kabiliyeti mekanik konforun önemli bir parametresidir.

Günümüzde dünya piyasasında bir ürünün rağbet görmesi için tekstil için de geçerli olmak üzere, kalite en önemli kabul edilme şartıdır. Bu nedenle tekstil materyalleri son dönemde çok büyük dönüşümlere uğramıştır. Kumaş performansı iki farklı yönden değerlendirilebilir: Mukavemet, renk haslığı, çekmezlik gibi amaca uygun özellikler, ya da son tüketicinin görünüm ve konfor gibi üstün kalite özellikleridir. Amaca uygun çoğu özellik standart araçlar ve prosedürlerle test edilebilmektedir; ancak konfor ve fonksiyonel özelliklerin değerlendirilmesi çok daha zordur.



Şekil 1.1: Farklı havluların kullanım alanları: a) havlu, b) bornoz, c) paspas, d) peştamal, e) mutfak havlusu, f) panço (URL_1)

Havlu kumaşlar Şekil 1.1’de görülebileceği gibi başta ev tekstili olmak üzere çok farklı kullanım alanına sahiptir. Ev tekstili dışında, havlu kumaşların denizcilik, plaj malzemesi, spor aktiviteleri ve endüstriyel filtreleme vb. birçok uygulama alanı mevcuttur. Yüzeyine bukile adı verilen özel bir hav yapısının dâhil edilmesiyle oluşan bu çeşit kumaş, hav yapısıyla diğer tüm kumaşlardan ayrılır. Hem örme hem de dokuma makineleriyle üretilir, ancak tarihteki ilk yöntemi olan dokuma ile elde edilen ürünler daha yaygındır. Üretimde kullanılan iplikler, ipliğin nitelikleri, dokuma karakteri, hav yoğunluğu ve geometrisi, dokuma sonrası terbiye ve boya işlemleri diğer tekstil malzemeleri gibi havlu kumaşların da performansına etki eder.

Havlu bir kumaş, bukileli katman ve zemin katmanı olmak üzere iki bileşene ayrılabilir. İki yüzeyli bukileli olan havlu kumaş hem zemin hem de havlı yapıya sahip olduğundan dolayı kumaş karakteri hav ve zemin yüzeylerinin ilişkisi ile belirlenebilir. İnsan tenine temas etmesi nedeniyle bukileli yüzey performansı açısından daha yüksek öneme sahiptir. Hav sıklığı, hav boyu, hav oranı fonksiyonel ve estetik yönlerinden belirleyicidir. (Singh ve Verma 2016). Bir havlu için en önemli özellik yüksek su

emme kapasitesine sahip olmasıdır. Liflerin, ipliklerin ve dokuma yöntemlerinin hepsi havlu dokumada iyi bir su emme özelliği elde etmek için bir araya getirilir. Havlu üretiminde, özellikle hav/ buklet ipliklerinde kullanılan lifler hidrofil olmalıdır.

Dokuma havlular boyutsal kararlılık, sıkıştırılabilirlik, yumuşaklık ve su emiciliği gibi üstün mekanik ve performans özelliklerinden dolayı örme ve tafting havlu çeşitlerine göre piyasada daha egemen durumdadır.

1.2 Havlunun Tarihi

Havlu (terry) kelimesi, el ile yüzeyden çıkarılan Türk havlusundaki buklet yüzeyine işaret eden ve çıkarmak anlamındaki Fransızca “tirer” kelimesinden türemiştir. Kadife (velour) ise kesilmiş bukletli yapıya verilen isimdir; Latince “vellus” yani “tüy” kelimesinden türemiştir (Singh ve Verma 2016).

Manchester Tekstil Enstitüsü’ne göre havlu kumaş, dokuma makinesindeki yanlış mekanizma çalışması ile kazara ortaya çıkmıştır. İlk üretim yeri Türkiye ve çok büyük ihtimalle eski tekstil şehirlerinden Bursa’dır. Havlu, dokuma kumaşlar arasında diğer türlere göre çok sonradan evrimleşmiştir. Havlu kumaş hala “Türk Kumaşı”, “Türk Havlusu” olarak bilinmektedir (Aşkın 2015).

1.3 Havluların Sınıflandırılması

Havlular ağırlıklarına, üretim yöntemlerine, son işlemlerine, her hav sırası için gerekli atkı sayısına, yüzeydeki hav durumuna ve kullanım yeri ve boyutuna göre sınıflandırılabilir.

- Ağırlıklarına göre hafif, orta, ağır ve çok ağır olarak ayrılır.
- Havlular dokuma, atkılı örme, çözgülü örme ve tafting sistemleriyle üretilebilir. Günümüzde dokuma havlu üretimi en yaygın olan havlu üretim çeşididir.



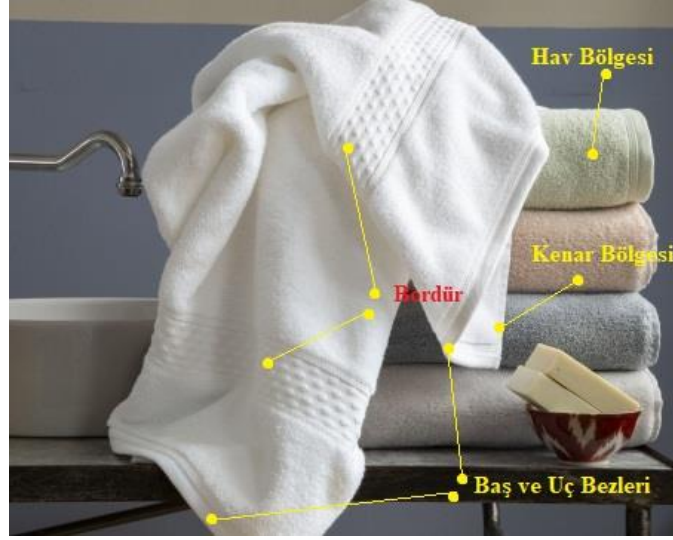
Şekil 1.2: Havluların sınıflandırılması (Aşkın 2015)

- Farklı efektler elde etmek için havlulara çeşitli bitim işlemleri uygulanmaktadır. Diğer konfeksiyon ürünlerinde olduğu gibi baskı, nakış, applike gibi görsel estetik kazandırmaya yönelik işlemler havlulara uygulanabilmektedir. Bir yüzdeki bukleleri tıraşlayarak kadife havlular üretilmektedir. Kadife işlemleri görmüş havlular çok parlak yüzey görünümünü sergilemekte, ancak su emme kabiliyeti bukleli havlulara göre daha düşük seviyede kalmaktadır.
- Havlular bir hav sırası oluşturmak için gerekli atkı sayısına göre 2 atkılı sistemden başlayarak daha fazla atkı sayısı ile üretilmektedir. 2 atkılı sistem buklelerin dayanıksızlığı nedeniyle önemini yitirmiştir. Beş ve daha yüksek atkılı sistemler ise her havın iki defa dövülmesi gerektiği için çok nadir kullanılmaktadır. 3 ve 4 atkılı sistem en yaygın olarak kullanılan sistemdir. Üretim kapasitesi yüksek olduğu için 3 atkılı sistem daha yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Tek yüzlü havlular daha kısıtlı bir alanda kullanılmaktadır. Buklelerin tek bir yüzde olması kumaştaki hataların daha fazla ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.
- Havlular banyoda, el ve yüz temizlemede, mutfakta kullanılır. Sporda, plaj ve deniz aktivitelerinde, otellerde geniş çapta kullanım alanı bulur (Yılmaz ve diğ. 2005). Havluların detaylı sınıflandırılması Şekil 1.2’de yer almaktadır.

1.4 Havlunun Bölgeleri

Havlu terimi dokuma kumaş üretim tekniklerinden bir tanesi olarak kullanılabilirdiği gibi ürün adı olarak da kullanılmaktadır. Hav yapılı kumaş üretim tekniği olarak dokuma tezgâhında tam en genişliğinde düz kumaş olarak üretilen kumaşlar, havlu kumaşlar olarak adlandırılmaktadır. Bu kumaşlar bornoz, önlük, battaniye gibi konfeksiyon ürünleri için üretilmektedir. Kumaş halindeki havlu kumaşlarda bölge ayrımı kumaş kenar düz dokuması ve havlı bölge olarak iki bölgeye ayrılabilir.

Havlu teriminin ürün adı olarak kullanıldığı tekstil ürünleri düz dokunmuş havlu kumaşlara göre farklı bölgeler içermektedir. Şekil 1.3'te işaretlenen hav bölgesi, kenar bezleri, baş ve uç bezleri (bazı özel tasarımlarda saçaklar) ve bordür terimleri havluların belli başlı bölgelerini tanımlamak için kullanılan terimlerdir. Bir havluda bu alanların hepsi bulunmayabilir, ancak hav bölgesi havlunun en temel yapısıdır ve tüm havlularda bulunur. Hav bölgesi, su emiciliğinin yüksek olması için bir ya da iki yüzeyi bukleli olan bölgedir. Baş veya uç bezleri, havlu dokunurken havlı kısmın dağılmasını engellemek için bukleli olarak dokunan kısımdır. Saçak, baş ve uç bezleri kenar dokusu oluşturmadan sadece zemin ve hav ipliklerinin uzun bırakılmasıyla elde edilen ve farklı düğümlenme yöntemleriyle ya da düğüm olmadan bırakılan kısımdır. Kenar bezi, havlunun boyu yönünde iki kenarı sağlamlaştırmak için bez yapısında dokunan bölgedir. Bordür, havlunun bir veya iki ucuna yakın, farklı örgülerle desenlendirilmiş kısımdır (Zervent 2002). Desene ilave olarak farklı renkli ve kalınlıkta polyester, şenil, indantren boyalı, merserize vb. iplikler kullanılarak bordür yapısı oluşturulabilir.

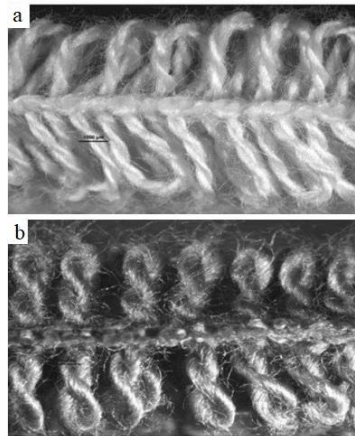


Şekil 1.3: Havlunun bölgeleri; hav, bordür, kenar bezi, baş ve uç bezleri

1.5 Havlu Üretimi

Bukle yapısına göre iki farklı havlu yapısı vardır:

- İki veya çok katlı iplikle yapılan ve dik pozisyonda duran buklelere sahip çoğunlukla boyalı iplikle desen verilen klasik havlu
- Tek kat iplikle yapılan çoğunlukla parça boya ya da baskı ile desenlendirilen moda havlu (Şekil 1.4),.

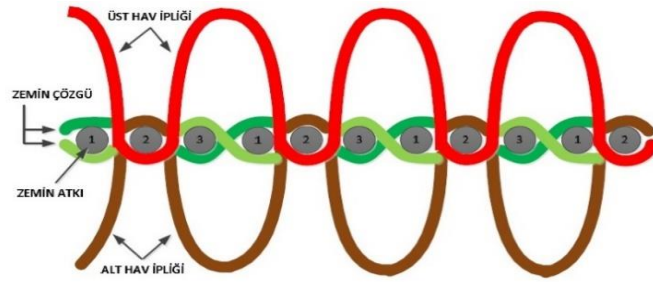


Şekil 1.4: Hav ipliği özelliğine göre a) çift katlı iplik, b) tek katlı iplik ile üretilen havluların kesit görünümü (Singh ve Behera 2015)

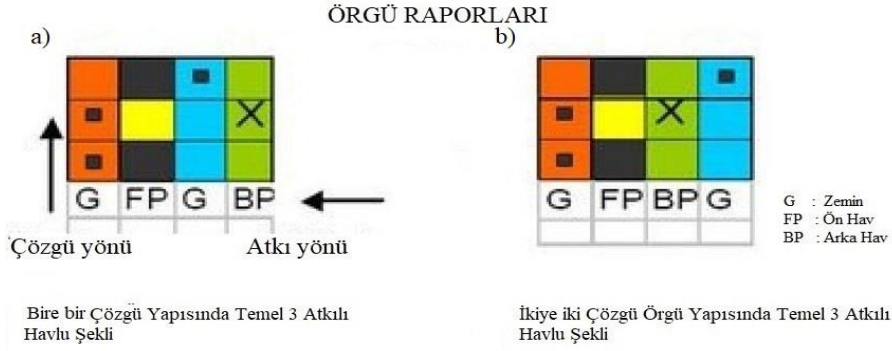
Ek olarak tek katlı ve çok katlı ipliklerin karışımı ile farklı tasarımlar elde edilebilir.

3 atkılı havlu dokuma sisteminde, geleneksel havlu dokumasında, tezgâh üzerindeki özel bir sistem ile kumaş çizgisinden belirli bir mesafede –gevşek atkı mesafesi- iki atkı atılır. Bu iki atkı mesafesi istenilen hav boyuna göre değişir. Üçüncü atkı atıldığında, tarak bu atkı grubunu gergin zemin çözgüsü içinde kumaş çizgisine doğru iter, arada gevşek olarak kalan hav çözgüleri dikey bukleleri oluşturur (Şekil 1.5). Dokuma konstrüksiyonuna göre havlar, kumaş tek yüzünde veya iki yüzünde olabilir. Zemin örgü raporu genellikle 1/1, 2/1, 2/2 ve 3/1'dir. Basit desenler için armür tahrikli ağızlık açma sistemli tezgâhlar kullanılırken, karmaşık desenler için jakar ağızlık açma sistemli tezgâhlar kullanılmaktadır. Her geçen gün artan farklı müşteri talepleri, yeni teknoloji ile üretilen renkli iplikler, havlu dokuma tezgâhlarındaki gelişmeler, farklı hav boyları ve desenler havlu tasarımcılarının hareket alanlarını genişletmiştir (Adanur 2001).

Temel Türk Havlusu'nda çoğunlukla ön ve arka hav çözgüleri ve birinci ve ikinci zemin iplikleri birbirleri arasında 2/1 rib örgüsü oluşturur. Hav yapısına ait rib örgü zemine göre bir sıra öndedir. Çözgü iplikleri kumaş eninde 1:1 veya 2:2 zemin hav sırasındadır. Birebir yapıda bir zemin bir hav olarak ilerleyen çözgü sırası 2:2 sıralamada iki zemin iki hav şeklindedir (Şekil 1.6).



Şekil 1.5: Üç atkılı havlu dokuma sistemi (Şirin 2013)



Şekil 1.6: Türk Havlusu'nda kullanılan a) 1:1 ve b) 2:2 örgü raporları (Yılmaz ve diğ. 2005)

Sektörde üretilen havluların atkı sıklığı 12-25 atkı/cm, çözgü sıklığı 18-30 çözgü/cm aralığındadır. Bordürlerdeki atkı sayısı daha fazladır ve sıklığı havlı bölgeye göre 3-6 kat fazla olabilmektedir. Birim uzunlukta ölçülen hav ipliği miktarı hav/zemin oranını belirtir ve değer 2-10 arası değişir; havlunun birçok parametresi bu değerle bağlantılıdır. Havlu dokuma kumaşlar, 300-1200 g/m² ağırlığında üretilebilmektedir (Zervent 2007).

Zemin ve hav çözgü ipliği, atkı ipliği havlu üretiminde kullanılan üç iplikli sistemdir. Zemin iplikleri dokuma sırasında fazla gerilime sahip olduklarından dolayı mukavemetli olmak durumundadır. Bu nedenle katlı veya bükümlü olmaları gerekmektedir. Zemin iplikleri çoğunlukla %100 pamuktur. Atkı ve zemin ipliklerinin son üründe görsel ve fiziksel olarak ürün özelliği üzerinde çok büyük etkileri yoktur. Havluda istenilen tuşe, görünüm ve su emme özellikleri, hav ipliğine bağlıdır. Hav ipliği olarak ring, open-end rotor iplik eğirme yöntemleriyle eğrilmiş çok farklı elyaf ve elyaf harmanından üretilmiş iplikler kullanılmaktadır (Aşkın 2015).

Bir havluda kullanılan ipliklerin

- Yüksek oranda su emiciliği,
- Yüksek yaş mukavemet,
- İyi boya alma,
- Boyama sonrası iyi renk haslığı,
- Yıkanabilirlik ve kolay temizlenme,
- Yumuşak tutum,
- Anti-alerjik,
- Düşük maliyet,

- Kolay elde edilebilme,

Özelliklerine sahip olması gereklidir.

Hav ipliği olarak Ne 16/1, Ne 20/1 iplik numaralarında, 240-255 tur/m bükümde %100 pamuk penye, karde ve ring iplikleri tercih edilir. Özel standartlarla yapılan open-end rotor ipliklerde hav ipliği olarak kullanılmaktadır. Müşteri talepleri doğrultusunda çift katlı iplikler de kullanılır, bu iplikler daha emici ve eğilmeye karşı daha dirençlidir. Paspas gibi ağır havlularda Ne 12/1 ve Ne 10/1 benzeri kalın ipliklerle de üretim yapılır (Acar 2004). Pamuğun havludaki üstün özellikleri karşılamasından dolayı, farklı lif içeren hav iplikleri ile üretim yapılmak istendiğinde, çoğunlukla yüksek pamuk oranlı iplikler tercih edilir. Bu seçimde maliyet de önemli bir parametredir.

Zemin iplikleri gergin olarak dokuma tezgâhında çalıştığı ve sürekli gerilim altında olduğu için yüksek mukavemetli olmalıdır. Zemin ipliği olarak Ne 20/2, Ne 24/2 gibi kalın ve katlı iplikler tercih edilir (Acar 2004). İplik çeşidi open-end rotor veya ring ipliği olabilir. Havlu gramajının çok yüksek olmadığı durumlarda 10/1 Ne gibi tek katlı iplikler kullanılabilir. Maliyet ve sağlamlık özellikleri göz önüne alındığında polyester ipliklerin kullanılması söz konusudur.

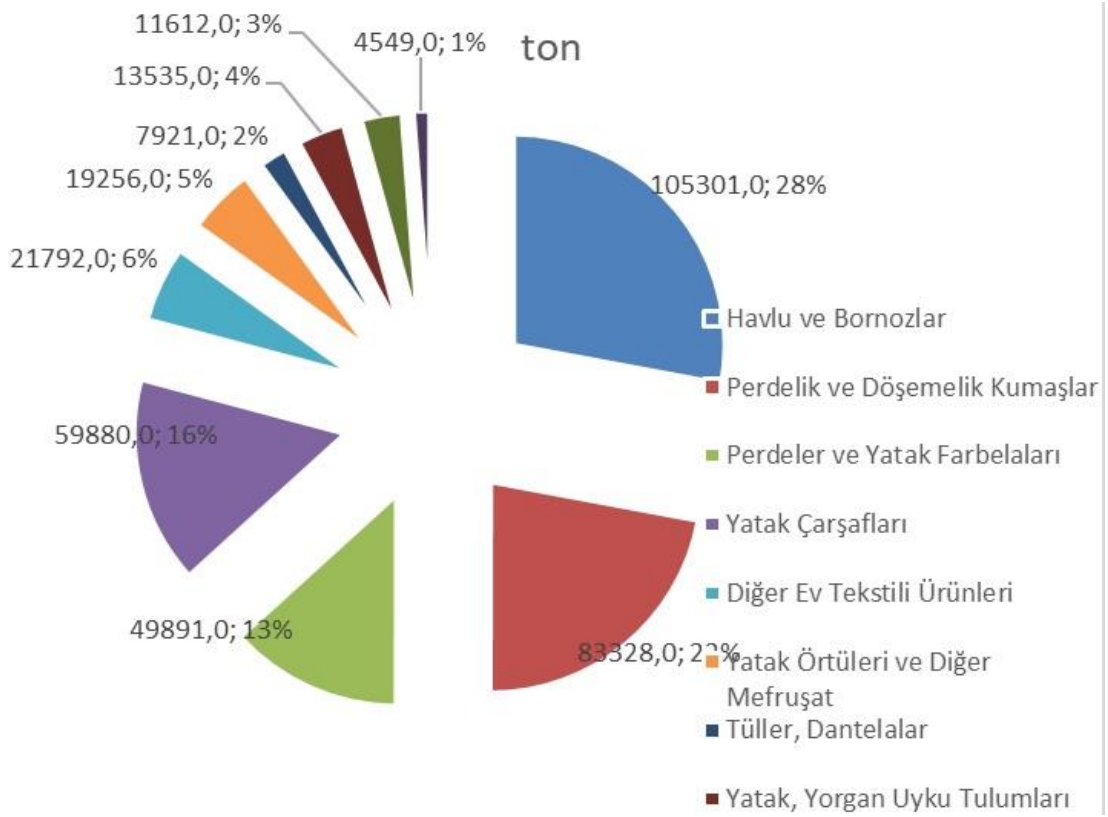
Atkı ipliği olarak çoğunlukla Ne 16/1, Ne 20/1 kalınlığında iplikler kullanılmaktadır. İstenilen ağırlığı elde etmek için farklı kalınlıktaki iplikler seçilebilmektedir.

Havlu bordüründe müşterinin istediği son ürüne göre farklı inceliklerde, merserizasyon gibi farklı bitim işlemleri görmüş, renkli, şenil, sentetik iplikler gibi çok çeşitli iplikler kullanılabilir.

1.6 Türkiye’de Havlu ve Bornoz İhracatının Durumu

TETSİAD (Türkiye Ev Tekstili Sanayicileri ve İş adamları Derneği)’a ait 2019 yılı ev tekstili ihracat raporlarına göre, gerçekleşen toplam 377.065 ton, 3.171.264 USD’lik ihracat miktarında, 105.301 ton ve 868.717 USD meblağlarıyla havlu ve

bornoz en fazla ihracı yapılan ürün olup, toplam ev tekstili ihracatının %28'ini oluşturmaktadır. Ev tekstili ihracat dağılımı Şekil 1.7'de açıklanmıştır.



Şekil 1.7: 2019 Yılı ev tekstili ihracat raporu (URL_2)

İTKİB (İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri) 2020 Mart raporuna göre, ürün grupları itibarıyla ev tekstili ihracatı incelendiğinde, havlu ve temizlik bezleri ihracatı Ocak-Şubat 2020 döneminde Ocak-Şubat 2019 yılına göre %0,9 artmış ve 94.718.000 USD'lık değeriyle en yüksek dilim olan %32,5'luk pay almıştır. Dokuma bornoz ürünleri bir önceki yıla göre %2,9 yükselme kaydetmiş Ocak-Şubat 2020 döneminde 22.422.000 USD olarak gerçekleşerek %7,7 pay almıştır. Bu oran ile dokuma bornoz ürünleri ev tekstili ihracatında 3. sırada yer almıştır (URL_3).

Türkiye'de Denizli, ev tekstili denilince ilk akla gelen şehir olmayı sürekli gerçekleştirdiği yatırım ve tanıtımlarla başarabilmiştir. Türkiye ev tekstili ihracatının yaklaşık yarısı, havlu ve bornoz ihracatının %70'i Denizli'den gerçekleştirilmektedir (URL_4).

Tablo 1.1: 2020 şubat ayı Denizli ili kıyaslamalı ihracat raporu (URL_5)

DENİZLİ İHRACATÇILAR BİRLİĞİ İHRACAT RAKAMLARI DEĞERLENDİRME RAPORU								
SEKTÖR	ŞUBAT				OCAK-ŞUBAT			
(FOB/1000 \$)	2019	2020	Değişim %	Pay % (2020)	2019	2020	Değişim %	Pay % (2020)
TEKSTİL VE KONFEKSİYON	96.828	99.045	2,29	51,53	199.856	207.321	3,74	53,12
GENEL TOPLAM	189.307	192.212	1,53	100	385.391	397.767	3,21	100

Tablo 1.1'deki kıyaslamalı ihracat raporuna göre tekstil ve konfeksiyon ihracatı 2020 yılı şubat ayında bir önceki yıla göre %2,29 artmıştır ve 99.045.000 USD olmuştur. 2020 yılının ilk iki ayında ihracat %3,4 artmış ve 207.321.000 USD olmuştur. Rakamlara göre tekstil ve konfeksiyon sektörünün Denizli ili toplam ihracatındaki payı %53,12 olarak en yüksek paya sahiptir.

Tablo 1.2: 2020 şubat ayı Denizli ili tekstil ve konfeksiyon ihracatı (URL_5)

MAL GRUPLARI	ŞUBAT				OCAK-ŞUBAT			
(FOB/1000 \$)	2019	2020	Değişim %	Pay% (2020)	2019	2020	Değişim %	Pay% (2020)
BORNOZ-SABAHLIK	8.488	7.413	-12,26	3,86	16.899	17.596	4,12	4,42
ÖRME-DOKUMA-PAMUKLU BUKLE HAVLU	28.515	28.919	1,42	15,05	60.611	61.096	0,80	15,36
ÇARŞAF-NEVRESİM	13.103	17.016	29,87	8,85	29.098	31.261	7,44	7,86
TOPLAM	50.066	53.348	6,56	27,75	106.608	109.953	3,14	27,64

DENİB ocak- şubat 2020 Dönemi İhracat kayıtlarına göre bornoz-sabahlık, örme-dokuma pamuklu buklev havlu ve çarşaf-nevresim ihracatı Denizli ihracatının %27,64'ünü oluşturmaktadır. En yüksek pay %15,36 ile örme-dokuma pamuklu buklev havlu grubuna aittir (Tablo 1.2).

Denizli tekstil sektöründeki en önemli ürün gruplarından olan havlu çeşitleri büyük oranda %100 pamuk iplikleri kullanılarak üretilmektedir. Pamuk ipliği ile üretilen çok çeşitli tasarımlarda üretilen havluların yanı sıra sektörde ihtiyaç duyulan ürün çeşitliliğine hizmet edecek şekilde lüks, sürdürülebilirlik özelliği güçlü, tutum özellikleri farklılaştırılmış ve maliyeti azaltılmış ürünler gibi yenilikçi havlu çeşitlerinin üretimleri de yapılmaktadır.

1.7 Tezin İçeriği ve Amacı

Ev tekstili grubunda yüksek oranda havlu kumaşlar kullanılmaktadır. Havlu retimi için en başta tercih edilen lif pamuktur. Pazarın büyümesi ile birlikte hem üreticiler hem de tüketiciler farklı tip ürün arayışına girmişlerdir. Bu durum üreticileri pamuk dışında lifler üzerinde ürün çalışmalarına yönlendirmiş, tekstil içinde yer alan çeşitli lifler havlu kumaşlar içinde kullanılmaya başlamıştır.

Bu çalışmada organik pamuk, ipek, Tencel®, EcoVero®, Viloft®, kaşmir ve Microcotton® elyaflarından elde edilen ipliklerle üretilen havluların fiziksel özelliklerinin incelenmesi ve kendi aralarında kıyaslanması amaçlanmaktadır. Kumaşlara ait birim alan kütlesi (gramaj), su batma, dikey kılcal ıslanma, su buharlaşma hızı, kuruma hızı, hava ve su buharı geçirgenliği ve sertlik özellikleri ölçülecek; aralarındaki ilişki istatistiksel olarak incelenecektir. İlave olarak havlulara ait teorik ve deneysel gözeneklilik değerleri detaylı olarak araştırılacaktır.

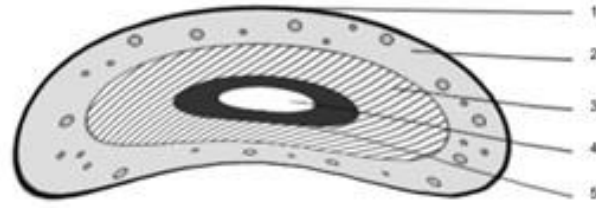
2. HAVLU ÜRETİMİNDE KULLANILAN FARKLI LİF ÇEŞİTLERİ

İnsanlar örtünme, yağmur, soğuk gibi dış etkenlerden korunma ihtiyacı ile yaklaşık 8500 yıl önce iplik ve kumaş üretmeye başlamıştır. Tekstil malzemelerinin ilk kullanım amacı ihtiyaçların karşılanması iken zaman içinde farklı yönler kazanmış, günümüzde moda ve farklı görünmenin aracı olarak karşılık bulmuştur (Alpay 1985). Teknolojinin gelişmesi tekstil makinelerine de etki etmiş üretim hızları ve ürün miktarları çok yüksek seviyelere ulaşmış; tekstil materyali elde etmenin kolaylığı insanı bu malzemelerden farklı ürünler elde etme arzusuna itmiştir.

Havlü üretiminde en çok tercih edilen elyaf çeşidi pamuk lifidir. Pamuk elyafı hem maliyet açısından uygunluk hem de tekstil hammaddesi olarak beklenen performans özelliklerine sahip olması nedeniyle çok çeşitli tekstil ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak günümüzde pamuk lif üretiminin artamayacak olması, farklılık yaratmak isteyen üreticiler ve farklı ürün tercihi olan tüketici beklentilerinin karşılanabilmesi gibi nedenlerle pamuk dışında liflerle üretim hızla çeşitlenmekte ve artmaktadır.

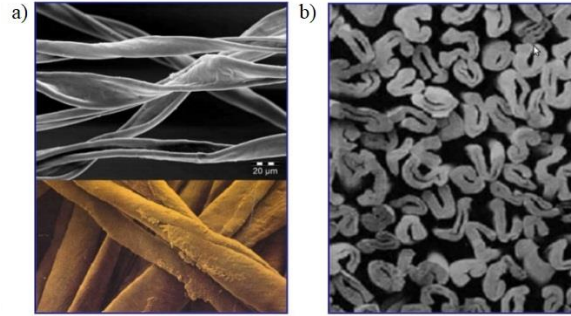
2.1 Pamuk

Keten ve yünden sonra bilinen en eski tekstil lifi, pamuktur. Pamuk lifinin anavatanının Hindistan ve Güney Amerika olduğu yönünde bulgular mevcuttur. Dünyanın çok soğuk olan bölgeleri dışında her yerde yetişebilir, ancak nemli ve sıcak iklim şartları yetişmesi için daha elverişlidir. Pamuk ebegümecigiller familyasından *Gossypium* cinsi bir bitkidir. Pamuk lifi içi protoplazma sıvısı ile dolu ince duvarlı bir bitki hücresidir. Hücrelerin üst tarafı kapalı; çekirdekten koparılan tarafı ise açıktır. Hücrenin dışında çoğunluğu vaks ve yağlardan oluşan kütikül adı verilen ince bir tabaka vardır. İç tarafında ise selülozdan oluşan primer, sekonder ve üçüncü hücre duvarı yer alır. En içte protein, şeker ve minerallerin yer aldığı lümen yer alır (Başer 2002). Şekil 2.1 ve 2.2’de pamuk lifinin kesit görüntüleri yer almaktadır.



Pamuk lifinin enine kesiti
1. Kutikül 2. Primer Duvar 3. Sekonder Duvar
4. Üçüncü duvar 5. Lümen

Şekil 2.1: Pamuk lifinin enine kesiti (Kırca 2012)



Şekil 2.2: Pamuk lifinin a) boyuna, b) enine kesiti (URL_6)

Pamuk lifi $1,52-1,54 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğa, %8,5 nem oranına, 120° C seviyesinde sararma ve 150° C seviyesinde bozunma ısısına, 25-40 g/tex mukavemete sahiptir (Kırca 2012). Lifi uzama miktarı ortalama %7-8 olup elastik özellikleri çok düşüktür. Tüm selülozik liflerde olduğu gibi pamuğun mukavemeti de ısılandığında artar. Bozunmadığı durumda mukavemet artışı %30 civarındadır. Islanma esnasında pamuk %70 su çeker. Pamuk liflerinin uzunluğu 1-6,5 cm, çapları 10-22 μm arasında değişir (Başer 2002). Lifi ait kimyasal bileşenler Tablo 2.1’de yer almaktadır.

Pamuk lifi %100’e yakın selüloz içerdiğinden kimyasal olarak selülozla aynı niteliklere sahiptir. Derişik ve kuvvetli asitlerde bozunur. Derişik sülfürik asitte tamamen çözünür. Seyreltik bazlardan etkilenmeyen pamuk, derişik bazlarda meriserizasyon gibi özel tepkiler gösterir. Yandığında elle ile ezilebilen, kül ve kâğıt kokusu bırakır. UV ışınları, hava oksijeni, nem ve kirli hava koşullarına maruz kaldığında pamuk bozulur (Başer 2002).

Tablo 2.1: Pamuk lifinin kimyasal bileşeni (Başer 2002)

Selüloz	%88-96
Hemiselüloz ve Pektin	%4-6
Protein ve Renkli Madde	% 1,5-5
Anorganik Maddeler	%1,0-1,2
Vaks ve Yağlar	%0,5-0,6

2.1.1 Organik Pamuk

Organik pamuk çevreyle ilgili bakış açısını göz önüne alarak üretilmektedir. Pamuk, dünya çapındaki talebi karşılamak için, yetiştiği her bölgede maksimum kapasite oranında ürün elde edilmesi için her türlü metotla yetiştirilmektedir. Pamuk bitkisi dışarıdan böcekler ve farklı hastalıklara açık konumdadır ve önemli düzeydeki üretim kayıplarını engellemek amacıyla bu tür zararları yok etmek için zirai ilaçlar kullanılmaktadır. Bir tahmine göre dünya zirai ilaç tüketiminin %16'sı pamuğa uygulanmaktadır. Utrecht Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmaya göre pamuğun üretimi sırasında çevreye verilen zarar viskoz ve lyocell gibi rejenere liflerin üretim sürecinde çevreye verilen zarara göre daha yüksektir. Toprak kullanımı açısından bir ton pamuk için 1,1 ha gerekli iken, bu değer viskozda 0,7 ha'a düşer, lyocellde ise sadece 0,25 ha'dır (Singh ve Verma 2016). Pamuk bitkisini yetiştirmek için sulama da bir başka dezavantajdır, çünkü insan yapımı liflerde su sadece proses için kullanılmaktadır. Naylon ve polyester gibi hidrofob insan yapımı liflere göre çok daha fazla su emmesi ve geç kuruması nedeni ile ev içi kullanımda enerji tüketimi ve su kullanımı açısından olumsuz bir yapıdadır. Pamuk lifinin bu tür olumsuz yönlerine reaksiyon olarak organik pamuk üretimi ön plana sürülmüştür. Organik pamuk üretilirken çok katı bir biçimde zirai ilaç tüketimi engellenmektedir. Avrupa Ekonomik Topluluğu (EEC) ve A.B.D. Ulusal Organik Programı (NOP)'a göre belirlenen kısıtlara göre üretilmelidir. Bu kısıtlar:

- Genetiği oynanmış organizma tohumları,
- Mantar ve böcek ilaçları,
- Sentetik gübre,
- Ot öldürücüleri,

- Zirai ilaçlar,
- Yaprak dökücü kimyasallar kullanılmaz.

Yukarıdaki şartları sağlayan üretim yapıldığında pamuk üretimi daha düşük olduğundan organik pamuk fiyatı yüksektir. Çevreye duyarlı ekonomik piyasalarda “organik pamuk” etiketli ürün talebi arttığından dolayı, çeşitli organizasyonlar standartlar belirlemişlerdir. En çok bilinen standart Global Organic Textile Standart (GOTS)’tır ve 2002 yılında sertifika vermeye başlamıştır. Bu sertifika pamuğun üretiminin organik olmasından ziyade sonraki üretim proseslerindeki çevre dostu basamakları katı bir şekilde incelemektedir:

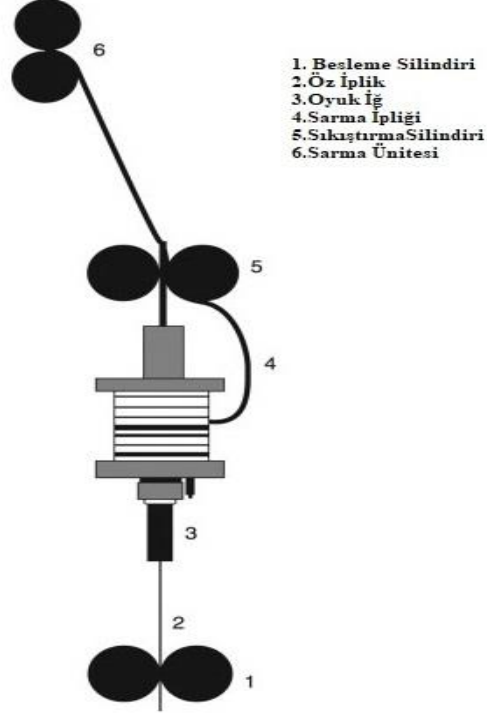
- Organik lifli ürünlerin üretimi için ayrı bir hat olmalı ve özellikle belirlenmiş bir alanda yapılmalıdır.
- Kullanılan tüm kimyasallar zehirsiz ve geri dönüşümlü olmalıdır. Bu kimyasallar için bir liste oluşturulmuştur.
- Ağır metaller, formaldehit ve genetiği oynanmış organizmalar kesinlikle ortamdaki uzaklaştırılmalıdır.
- Üretim esnasında, sıvı ile gerçekleşen tüm işlemlerdeki atık suyu temizlemek için etkin bir sistem kurulmalıdır.
- Bütün üretimde minimum sosyal kıstaslar sağlanmalıdır.

Hasattan başlayarak, etiketleme ve paketleme aşamalarında kadar tüm üretim sertifikaya sahip olmalıdır. Bu şartların sağlanmasının maliyetli olması, GOTS talebinde artışa engel olmamıştır (Singh ve Verma 2016).

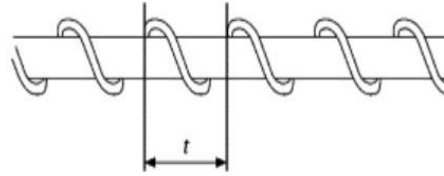
2.1.2 MicroCotton®

Microcotton® iplikler pazarda zero-twist (sıfır büküm) ve low-twist (düşük büküm) olarak bulunmaktadır. Zero-twist (sıfır büküm), low-twist (düşük büküm) ipliklerle diğer pamuk ipliklerinin en büyük farkı üretimde kullanılan liflerdir. Ring iplik eğirmede uzun ve kısa şapelli pamuk lifleri beraber kullanılırken, zero-twist ipliklerde sadece uzun şapelli lifler kullanılmaktadır. Zero-twist iplikler üretilirken, polivinil alkol (PVA) ipliğin dış yüzeyine sarılmaktadır. PVA ipliği oluşturan liflerin bükülm olmadan bir arada kalmasını sağlamaktadır. Boya ve terbiye işlemleri

sırasında eriyerek PVA kaybolur; sonucunda, neredeyse hiç bükümü olmayan iplikle kumaş üretimi gerçekleşmiş olmaktadır. Microcotton® Hindistan'daki Sharadha Tery Products Ltd'in tescilli markasıdır (Yılmaz ve diğ. 2005).



Şekil 2.3: Katlı büküm makinesi (wrap spinning) (URL_7)

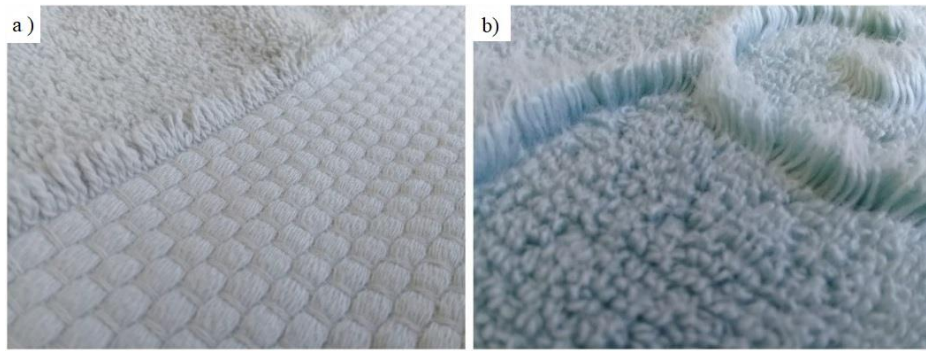


Şekil 2.4: Katlı iplik (wrap spun yarn) (URL_7)

Zero-twist iplik üretilirken ring iplik makinesinde uzun lifli pamukla standart iplik yapılır. Ardından katlı büküm makinesinde dokuma şartlarını sağlayacak şekilde PVA iplik ring iplik üretimindeki bükümün ters yönünde bu ipliğin üzerine sarılır. Katlı büküm makinesinin çalışma prensibi Şekil 2.3 ve iplik yapısı Şekil 2.4'te yer almaktadır. Ters büküm, içerideki pamuk ipliğinin bükümünü çözerek zero-twist ipliği oluşturur. Low-twist iplikler ise Ne 80 veya Ne 90 gibi çok ince ipliklerle sarılabilmektedir. Zero-twist ipliklerde liflerin birbirini tutmasının zayıf olmasından dolayı, elyaf tüylenme ve yolunma gibi dezavantajlar ortaya çıkar. Daha yumuşak ve

hacimli havlular elde edilirken, mukavemette ve kullanım ömründe azalma görülmektedir (Uyanık ve diğ. 2013).

PVA iplikler haşılama gerektirmez, ancak iplik sürtünmesini azaltmak ve kuvvetlendirme amacıyla haşıl kullanılır. PVA terbiye sonrası yok olduğu ve sadece bükümsüz iplik buklerde kaldığı için kabarık bir görünüm elde edilir. Emicilik olarak %100 bükümlü iplik havlularına göre daha iyi özelliklere sahip oldukları kabul edilmektedir. Şekil 2,5'teki havlulara ait yakın çekim fotoğraflarına göre Microcotton® ipliklerin bükümlerinin terbiye sonrası açıldığı görülmektedir.



Şekil 2.5: a) Pamuk havlu b) Microcotton ® havlunun yakından görünüşleri arasındaki farklılık (URL_8)

2.2 İpek

İpek, insanoğlunun bildiği en eski liflerden biridir. Belirli böceklerin koza ve ağlarından üretilen hayvansal bir lifdir. Birçok böcek ipek üretebilmesine rağmen dut ipeği güvesi, Bombyx Mori ve aynı cinsten diğer birkaç böceğin ürettiği ipek lifi ticari endüstride kullanılmaktadır. İpek ayrıca genel olarak örümcekler olmak üzere farklı böcekler tarafından üretilmektedir. Ancak, sınırlı olarak teleskop ve silah mercekleri gibi araçlarda hedef işaretleri yapımında kullanılmaktadır. 4000 yılı aşkın bir süredir insanoğlunun bildiği en eski liflerden biri olan ipek, çok değerli bir tekstil lifi olmuştur. Dayanıklılığı, esnekliği, yumuşaklığı, emiciliği, çeşitli formlarda büküme uyum sağlaması, mukavemet, parlaklık ve kimyasal boyaları bağlama kabiliyeti özellikleriyle ipek günümüzde hala aranan bir lif çeşididir. Sentetik liflerle girdiği güçlü rekabete rağmen ipek, lüks giyim ve kaliteli özel ürünler üretiminde üstünlüğünü korumuştur. Parlaklık, yumuşak his ve büyüyle liflerin kraliçesi olarak adlandırılır (Ryszard ve Kozłowski 2012).

İpekçilik M.Ö. 2640'lı yıllarda Çin İmparatoriçesi Xi Ling Si tarafından keşfedilmiş ve üretim tekniği yaklaşık 2500 yıl boyunca bir sır olarak kalmıştır. Uzun yıllar boyunca İran-Çin arasındaki önemli ticari malzeme olarak ön plana çıkmıştır. Dut ipekböceği dışında farklı ipek böceği türleri de vardır; bu cinsler dut-harici ipek böcekleri olarak sınıflandırılır. Bombyx Mori, dut ipeği böceğidir ve tamamen evcilleştirilmiş ve içeride yetiştirilmektedir. İpek böceği tırtıl halinden kelebek haline geçerken ipeğin elde edildiği kozayı üretir, ipek döngüsündeki aşamalar Şekil 2.6'da gösterilmiştir (Ryszard ve Kozłowski 2012).



Şekil 2.6: İpek böceği yaşamındaki aşamalar a) tırtıl, b) koza, c) kelebek (Ryszard ve Kozłowski 2012)

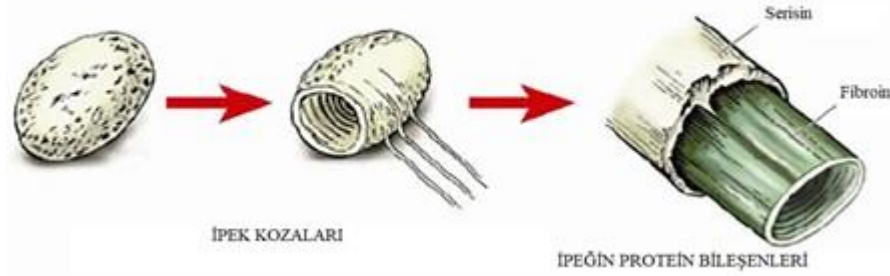
Tasar cinsi bakır rengi bir böcek çeşididir. Belirli ağaçlar üzerinde yetişir ve doğadan toplanır. Daha kalın bir lif üretir ve lifi daha çok mobilya sanayinde kullanılır. Bu gruptaki Meşe Tasar cinsi daha ince lifler üretebilmektedir. Bu türler dışında Eri ve Muga böcek türlerinden ipek üretilebilir (Kebeli 2019).

İpek lifi, ipek böceğinin iki farklı salgı bezinden gelen salgıyı alt dudağının ucunda bulunan bir delikte birleştirip tek tel haline getirmesiyle oluşmaktadır. Bir kozada 1000-2700 m kadar lif bulunmakta olup, elde edilebilen filament miktarı 500-1200 m arasındadır (Duran ve diğ. 2007). İpek böceğinin başının içinde simetrik olarak iki yanında dört adet salgı bezi vardır. Bu bezlerin biri küçük diğeri ise büyüktür. Arka taraftaki büyük bezden çıkan sıvı, öndeki küçük bezden sıvı ile kaplanır. Hava ile temas eden bu yapı pıhtılaşır. Filamentler böceğin ayakları tarafından düzeltilir (Başer 2002).

Tablo 2.2: İpek lifine ait fiziksel ve mekanik özellikler (Mengüç ve Özdil 2014)

Fiziksel Özellikler	Mekanik Özellikler
Nem İçeriği: % 11	Özgül Mukavemet: 5 g/denye
Çekme (ıslak): % 0,9	Uzama: Kuru: % 17-25 Yaş: % 30
Özgül Ağırlık: 1,3 g/cm ³	Modül: 2,5

İpek iki çekirdekli bir yapıya sahiptir. İçerik olarak serisin, fibroin ve makro moleküler proteinlerden meydana gelir. Serisin yapışkan bir maddedir ve su ile temizlenebilir; fibroin ise protein yapıdadır ve lifin temelini oluşturur. Serisin maddesinin yapışkan özelliği lifleri bir arada tutmaya yarar (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: İpeğin protein yapısı (URL_9)

Pamuk liflerinin lineer yoğunlukları 1-2 dtex arasında değişmekte iken, ipek liflerinin lineer yoğunluğu 0,95-1,60 dtex arasındadır. İpek ıslaklık hissi vermeden kendi ağırlığının %30'u kadar nem çekebilir. Özgül ağırlığı 1,25-1,30 g/cm³ arası, ticari nem oranı %11'dir. Suyu kolayca emer ve yağ mukavemeti kuru mukavemetinden %20 düşüktür. İpeğin fiziksel ve mekanik özellikleri, Tablo 2.2'de yer almaktadır. İpek lifinin enine kesit varyasyonu %20 lere kadar çıkabilmektedir. İpek lifleri ısıyı iyi iletir; 150° C'ye kadar ısıdan etkilenmez, ancak sıcaklık 175° C'ye çıktığında kolaylıkla bozulmaktadır. Diğer protein liflerinde olduğu gibi statik elektriklenmeye yatkınlığı görülür. İpek higroskopik özelliğe sahiptir. Suyla kolaylıkla şişer ve bu durumda enine kesit alanı yaklaşık %64 büyür. Asitlere karşı dayanıklıdır; ancak derişik asitlerde hidroliz olup çözülebilir. Alkalilere karşı dayanıksız olan ipek, klor ve hipoklorit seyrek çözeltilerinde sararır (Üzümçü 2011).

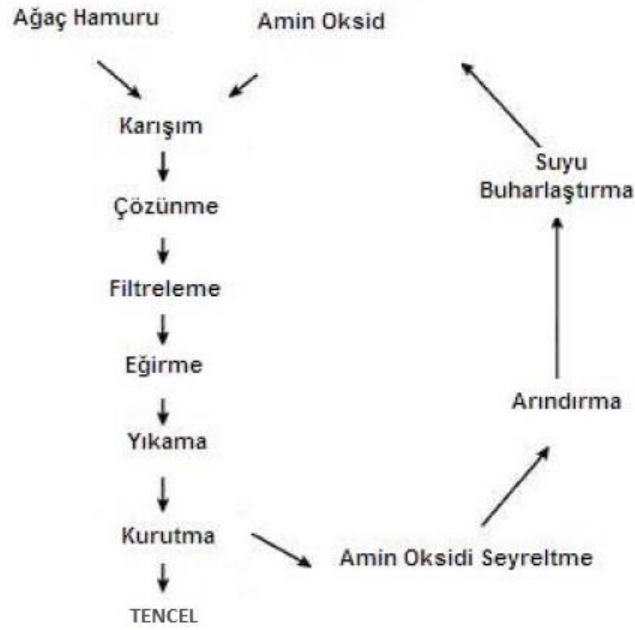
2.3 Tencel®

Dünya nüfusu her geçen gün artmakta ve bu nedenle tekstil hammaddesi ihtiyacı da her geçen gün artış göstermektedir. Doğal tekstil liflerinin hali hazırdaki ekim dikim alanları bu talebi karşılayamadığı için araştırmacılar çeşitli yeni yöntem arayışlarına gitmiştir. Bu arayışlar sonucunda, rejenere lif çeşitleri olarak 1. nesil viskoz, 2. nesil modal ve 3. nesil lyocell lifleri bulunmuştur (Bilir ve Şardağ 2017). Bu tür lifleri geliştirirken asıl amaç, çevre ve insan sağlığını olumsuz olarak etkilemeden doğal liflere çok benzeyen ve üretimin çokça olduğu ürünler elde etmektir. Lifler doğal kaynaklı polimerler ya da sentetik polimerlerden elde edilebilir. Rejenere lifler protein ve selülozik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır, yenilenebilir kaynaklardan elde edilmeleri nedeniyle sağlık ve çevre açısından ekolojik kabul edilmektedir. Lifler kullanılmayacak hale geldiğinde doğada yok olabilmektedir. Pamuk gibi saf selülozdan oluşan liflerin yanı sıra ağaçlar en yaygın selüloz kaynaklarıdır. Ağaçlar %40-50 arası selüloz içermelerine rağmen, lif boyları eğrilme işlemi için çok kısadır. Bu nedenle odun lifleri öncelikle uygun bir çözücü içinde çözülmekte ve rejenere selüloz lifi elde edilmektedir (Alp 2010). Lyocell bu sisteme göre üretilen bir lif ailesi olup, Tencel ® bu grupta yer alan tescilli, rejenere selüloz esaslı bir lif markasıdır.

Klasik yapay liflerin üretimi selülozun karbon sülfür ile reaksiyonun ardından selüloz ksantata bunun da sodyum hidroksitte çözünmesi ile viskoz çözeltisi oluşturması temeline dayanır. Chardonnet firması 1885 yılında ilk ticari selülozik lifini üretmiştir. 1901 yılında ticari olarak üretilen diğer bir lif, Cuprodur. Günümüzde hala önemini koruyan viskoz da bir rejenere selüloz lif türüdür. Viskoz hem kuru hem de ıslak halde pamuktan daha düşük mukavemete sahiptir. Bu özellikleri iyileştirmek için modal ve polizonik lifler geliştirilmiştir (Alp 2010).

Rejenere selüloz üretimindeki en önemli gelişme, organik bir çözelti ile lif çekiminin başarılı olmasıdır. N-Metil-Morfolin-N-oksidi (NMMO) çözücüsü kullanılarak Courtaulds firması Tencel® üretim teknolojisini geliştirmiştir. İçinde bulunduğu rejenere lif grubu lyocell olarak bilinmektedir. “Lyo” hecesi Yunanca çözülmek anlamına gelen “leyin”, “cell” ise İngilizce selüloz anlamındaki “cellulose” kelimesinin birleşimi ile Lyocell kelimesi türemiştir. Lyocell ismi BISFA (Uluslararası Viskoz ve Sentetik Lifleri Standardizasyon Bürosu) Brüksel ve Federal Marka Komisyonu (ABD) tarafından bir elyaf türü olarak resmi olarak tanınmıştır.

Tencel üretim süreci Şekil 2.8’de gösterilmiştir. Lifin sembolü CLY olarak belirlenmiştir (Alp 2010).



Şekil 2.8: Tencel® üretim süreci

Lyocell lifinin üretimi 4 basamakta özetlenebilir.

- Ağaç hamurundan çözelti hazırlanır.
- Çözeltiden lif çekilir.
- Çözeltinin uzaklaştırılması amacıyla lifler yıkanır.
- Liflerin kuruması sağlanır.

Çözelti oluşturmak için ağaç hamuru parçalanır ve selüloz zincirleri olmayan amino oksit çözeltisinde kırılır. Amino oksit çözeltisi doğaya zararsızdır ve yaklaşık %99 oranında geri dönüştürülebilir. Hazırlanmış çözelti istenilen lif şekli ve kalınlığına göre delikli düselerden geçirilir. Çözücünün uzaklaştırılması amacıyla lifler yıkanır. Üretim sırasında çok az miktarda atık meydana çıkar, bu atık çevreye zararsızdır. Üretimin enerji kullanımı çok düşüktür. Son işlem olarak lifler kurutulur (Dündar 2008).

%100 selülozdan meydana gelen lyocell lifinin polimer zinciri pamuk lifinin polimer zincirinden kısa, rayondan daha uzundur. Moleküler yapı olarak pamukla aynıdır. Üretimi eriyikten çekim yöntemiyle olmaktadır. Lyocell lifi düzgün yapıdadır;

pamuktaki düzgün olmayan yüzey veya yündeki pullu yüzey lyocellde görülmez. Tencel®, pamuk ve viskon liflerinin mukavemet, uzama ve nem İçeriği Tablo 2.3'te kıyaslamalı olarak verilmiştir.

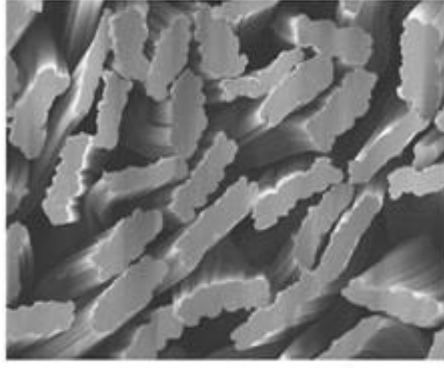
NMMO ile üretim süresi konvansiyonel viskoz üretim süresine göre çok kısadır, üretim süresini 40 saatten 8 saate düşürmektedir. Amin oksit döngüsel olarak kullanılabilir. Eski tip viskoz üretiminde H₂S ve CS₂ zehirli maddelerinin kontrol altında tutulmaları gerekmektedir (Lewin 2007).

Tablo 2.3: Tencel®, pamuk ve viskon mukavemet, uzama ve nem içeriği kıyaslaması (Dündar 2008)

	Tencel	Pamuk	Viskon
Kuru Mukavemet (cN/tex)	38-42	20-24	22-26
Kuru Uzama (%)	14-16	7-9	20-25
Yaş Mukavemet (cN/tex)	34-38	26-30	10-15
Yaş Uzama (%)	16-18	12-14	25-30
Nem İçeriği (%)	11,5	8	13

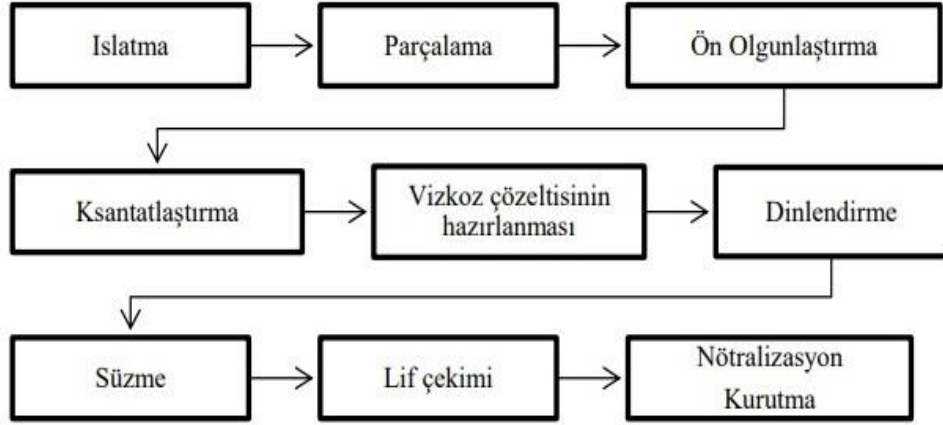
2.4 Viloft ®

Viloft® yakın zamanda geliştirilen, yassı enine kesitli ve tırtıklı yüzeyli rejenere selülozik bir elyaf olup bir tür modifiye viskondur. Lifin enine kesiti yassı olduğundan dolayı iplik yapısında lifler arası boşluk fazladır, bu nedenle hava alması kolay olduğu için, bu tür ipliklerle üretilen kumaşların ısıl ve termal özellikleri iyidir. Diğer tekstil lifleriyle karışım olarak kullanılabilir (Uysaltürk 2013). Bu tür kumaşların %70 hava içerdiği ve yüksek nefes alma özelliğine sahip olduğu bilinmektedir. Kolaylıkla nemi emer ve bu sayede doğal bir şekilde bakteri oluşumunu geciktirir, hijyeniktir. Nemi kolayca emmesi kuru bir his verir. %100 biyolojik olarak parçalanabilen bir liftir ve bütün olarak çevreye zarar vermeden çözünebilir. Üretimi sırasında su tüketimi ve arazi kullanımı diğer liflere göre azdır. Viloft®'un tırtıklı yüzey yapısı kılcallık etkisinin oluşmasına ve sıvının vücuttan uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır. Rejenere selülozik bazlı bir lif olan Viloft®'un Şekil 2.9'daki kesit yapısının sağladığı yumuşaklık, kolay kuruma, hafiflik, sıcaklık özellikleri iyi bir konfor sağlar



Şekil 2.9: Viloft® kesit görüntüsü (URL_10)

Viloft®, Almanya menşeli Kelheim Fibres GmbH tarafından üretilen viskon elyaf türüdür. Kimyasal olarak ve üretim açısından viskon ile aynı prosese sahiptir, ancak kullanılan düse farklıdır. Üretiminde okalıptüs ağacı kullanılır. Kabukları temizlenen okalıptüs ağacı kerestesi küçük boyutlarda dilimlenir ve preslenerek yaprak haline getirilir. Ağaç selülozu Viloft® üretimi için bir çözelti içinde çözülmelidir. Selüloz kostik soda ve sodyum bisülfid içinde işlem görerek yabancı maddelerden arındırılır. Hamur haline gelen selüloz NaOH kostik soda çözeltisi içinde alkali selüloz haline gelir. Ön olgunlaştırma işleminden sonra alkali selüloza (CS_2) karbon sülfür eklenerek selüloz ksantat elde edilir. Daha sonra seyreltik sodyum hidroksit ilavesi ile koyu kıvamlı viskoz çözeltisi elde edilir. Çözelti filtreleme ve temizleme işlemlerinden sonra yağ çekim adı verilen çekim ünitesine sevk edilir. Yağ çekim ünitesinde viskoz çözeltisi koagülasyon (katılaştırma) banyosu içinde bulunan filtre ve düse elemanlarına pompa yardımıyla sabit basınçla sevk edilir. Buradan, içerisinde birden çok küçük delik bulunan düse adı verilen ve özel bir profile sahip olan üretim kafasına basınçla basılan çözelti, koagülasyon banyosu içerisinde geçerken katılaştır ve germe, yıkama ve kurutma işlemlerinden sonra filament üretimi için bobine sarılır. Üretim aşamaları Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Filamentler tow şeklinde bir araya getirilir. Kesme işlemi ile de şapnel (kesikli) hale dönüşür. Yıkama ve kurutma işlemlerinden sonra balyalanır ve viloft elyafı elde edilir (Uysaltürk 2013).



Şekil 2.10: Viloft® (viskon) üretim şeması (Dayıoğlu ve Karakaş 2007)

2.5 EcoVero®

EcoVero® Lenzing firması tarafından piyasaya sürülen sürdürülebilir bir viskon çeşidi olup, çevreye duyarlı ve çevresel etkisi düşük bir elyafır. Elyafın hammadde eldesi, üretimi, dağıtımı ve imhasını kapsayan döngü Avrupa Birliği Eko- Etiket (EU Ecolabel) taşımaktadır. EcoVero®, standart üretilen rejenere viskona göre yaklaşık %50 daha az emisyon ve su kirliliği yaratma etkisine sahiptir. Üretimindeki ağaçlar sürdürülebilir belgeli ormanlardan tedarik edilmektedir (URL_11).

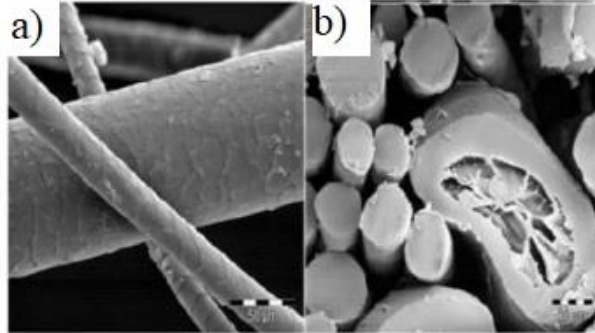
2.6 Kaşmir

Kaşmir keçisinin (*Capra hircus laniger*) (Şekil 2.11) ince-alt kılları kaşmir elyafı olarak adlandırılır. Orta ve güney batı Asya'nın Himalaya Bölgesi'nden çıkan kaşmir keçisi, daha sonra Çin ve Moğolistan'da yaygınlaşmıştır. En fazla kaşmir üretimi yapan ülkeler, %70 oranı ile Çin, %20 ile Moğolistan, İran, Afganistan ve Hindistan olarak sıralanır. Örme ve dokuma giysilerde kullanılan en ince kalite kaşmiri (<17 µm) Çin üretir, İran ve Afgan kaşmiri daha düşük kalitedir, Hint kaşmiri 14-19 µm inceliğinde olup yaygın bir şekilde şal, kazak, eşarp ve atkı yapımında kullanılır. Bilinen en ince ve yumuşak liflerden biridir. Görsel görünüm, yumuşaklık, nadirlik ve mistik karakteri kaşmiri en lüks liflerden biri olarak kabul edilmesine neden olmaktadır.



Şekil 2.11: Kaşmir keçisi (URL_12)

Kimyasal olarak yün ve tiftik ile aynı özelliklere sahiptir. İkili yapıya sahiptir; orto ve para korteks oranı sırasıyla %50,4 ve %49,6'dır. 100 μm 'da 6,5-7 pullu yapıya sahiptir (Şekil 2.12). Kaşmir lifi en ince yünden %10, tiftikten %40 daha düşük mukavemettir (Muthu ve Gardetti 2016). Kaşmire ait nem oranı %17'dir (McGregor 2004).



Şekil 2.12: Kaşmir lifi a) boyuna görüntüsü b) enine görüntüsü yuvarlak ve oval (Yüce 2015)

Kaşmir keçileri çoğunlukla 5000 metrenin üzerindeki yüksekliklerde yaşar, sert ve soğuk iklimi seven türlerdir. Vücutları, üst kısmında sert iklime karşı dayanıklılık sağlayan dış kıllarla ve bu kılların altına tekstilde kullanılan daha iyi özellikteki ince kıllarla kaplıdır. Bir kaşmir keçisi yıllık ortalama 100-160 g tekstil lifi üretmektedir. Lifler kaşmirin tüy dökmeye başlamasıyla birlikte farklı taraklarla taranarak alınmaktadır. Lif uzunlukları 35-50 mm arasındadır (Mengüç ve Özdil 2014).

Yün ile fiziksel ve kimyasal özellikleri kıyaslandığında; düşük iç gerilim, az kıvrıma sahip olması ve düşük sürtünme özelliği nedeniyle kohezyon ve çekme özelliği daha düşüktür. Daha düşük yoğunluk ve sıcaklıktaki alkali, asit ve beyazlatıcı

maddelerin çözeltilerinde zarar görür. Daha hafif, ince, parlak ve yumuşaktır. Lifin kalitesini, iklim koşulları, keçinin yetiştiği bölge, genetiği ve beslenmesi belirler. Bu şartlar lifin incelik, uzunluk ve rengine etki etmektedir (Doğan 2014).

3. LİTERATÜR BİLGİSİ

Havlular kumaş ve parça havlu dokuma alanında çok uzun yıllardır teknik özellikleri fazlasıyla karşılayabildiğinden dolayı pamuk ipliği tercih edilmektedir. Değişen dünya talepleri nedeniyle farklı liflerle elde edilen ürünler piyasaya sürülmektedir. Farklı lifler ile üretilen ipliklerin havlu üzerindeki etkileri birçok araştırma konusu haline gelmiştir.

Çetin (2017) yaptığı çalışmada 420g/m², 450 g/m² ve 480 g/m² ağırlığındaki Ne 16/1 Ring Pamuk İpliği, Ne 16/1 Open-End Pamuk İpliği, Ne 16/1 Bambu ve Ne 16/1 Microcotton® ipliklerle üretilen havluların açık, koyu ve orta renklere boyayarak yıkama haslığı, sürtme haslığı, hidrofilite ve hav çektirme özellikleri açısından test etmiştir. Testler için, Gyrowash yıkama haslığı test cihazı, Crockmeter sürtme haslığı test cihazı, hidrofilite test aparatları, havluda hav çektirme test cihazı kullanılmıştır. Sonuç olarak iplik özellikleri, gramaj, sıklık, boyarmadde yapısı (rengi) ve bitim işlemlerinin havlunun özelliklerini etkilediği belirtilmiştir.

Behera ve Singh (2014) uygun ham maddeler kullanarak ve kumaşın yapısal parametrelerini değiştirerek yüksek oranda emici havlu üretmek için havlu kumaşın emicilik özelliklerine katkıda bulunan önemli faktörleri araştırmıştır. İki çeşit pamuktan üretilen iplikler (%100 J-34 ve MCU-5), farklı büküm ile eğrilmiş bambu ve poli vinil alkol (PVA) ile karışımları, farklı bukle yoğunluklarına sahip havlu kumaş çeşitlerini hazırlamak için kullanılmıştır. Su emme oranı ve emilen toplam su miktarı bir gravimetrik emme test sistemi (GATS) ile ölçülmüştür. Bukle yoğunluğunun, su emme oranı için en önemli parametre olduğu ve bunu bukle uzunluğu ve iplik bükümünün izlediği rapor edilmiştir. Emilen toplam su miktarı için, bukle yoğunluğu yine en önemli parametre olduğu ve bunu iplik bükümü, bukle şekli faktörü ve hav ipliğindeki kat sayısının izlediği ifade edilmiştir. Ayrıca havlu havluların istenen emicilik özelliklerini elde etmek ve çeşitli faktörlerin etkileşim büyüklüğünü görmek ve optimum yapı parametrelerini belirlemek üzere 3 faktörlü ve 3 seviyeli bir Box-Behnken istatistik tasarımı kullanılmıştır.

Frontczak-Wasiak ve Syncerski (2004) “Terry Dokuma Kumaşların Kullanım Özellikleri” adlı makalelerinde havlu yüzeyleri su emilim kabiliyeti ve tutum özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılan malzeme, dokuma yapısı ve terbiye işlemleri yönünden incelemiştir. Metot olarak 10 farklı, üç atkılı sistemde üretilen havlu (8 pamuk, 1 kenevir-pamuk, 1 keten-pamuk) çeşidinde kumaş kalınlığı, kumaş baskı yatkınlığı, sürtünme katsayıları ve katlanma direnci özellikleri yıkama öncesi ve sonrası için test edilmiştir. Sonuç olarak çoğunlukla yıkama sonrası kumaş kalınlığı artmaktadır. Yüzeyde kalan haşıl temizlendiğinden dolayı daha yumuşak ve kabarık bir tutum elde edilmiştir. Sürtünme katsayısı belirgin şekilde düşmüştür. Su emilim kabiliyeti %10 artmıştır. Katlanma direnci ile ilgili farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Eğer bir kumaş kalınlığı yüksek ise baskıya yatkınlık yüksektir, daha yumuşak ve kabarıktır. Son kullanıcının yumuşak tutumu tercih ettiği varsayılırsa sürtünme katsayısı ve rijitliği yüksek olan havlular daha az değerlidir. Elde edilen sonuçlara göre iki yüzü bukleli, en düşük metrekaare ağırlığa sahip pamuk havlu, en iyi tuşeye sahip havlu olarak belirlenmiştir. Seçilen havlular tüm havluları temsil etmediğinden bu testler tek başına yeterli değildir, ancak yeni yöntemler için yol gösterici veriler ortaya konmuştur.

Baltakyte ve Petruyte (2008) ‘in çalışmalarında, farklı hav yüksekliği, iplik tipleri ve farklı apre reçeteleri kullanılarak havlu kumaşlar üretilmiş ve bu havlu çeşitlerinin hava geçirgenlik değerlerini araştırma ile ilgilidir. Havlu kumaşlar, kenevir ve keten çözgü iplikleri kullanılarak üretilmiştir. Endüstriyel yıkama, kurutma gibi kumaşların hava geçirgenliğini etkileyen su / ısı / mekanik etmenler incelenmiştir. Kenevir havlu ham havlu kumaşın hava geçirgenliği en yüksek değerinde, $478 \text{ dm}^3 / (\text{m}^2\text{s})$ bulunmuştur. Elyafın şişmesi ve gözenek boyutlarının azalması nedeniyle, kumaşlar ıslandıktan sonra daha az geçirgen hale gelmiştir. Test edilen tüm kumaşların ıslatılmasından sonra hava geçirgenliğindeki düşüş, ham kumaşlarla kıyaslandığında 1,1- 2,0 kat arasında çıkmıştır. Deterjanla veya deterjansız yıkamanın kumaş yapısını değiştirdiği; deterjanla yıkanan kumaşların hava geçirgenliği değerinin düştüğü belirlenmiştir. Örneğin incelenen kenevir / pamuklu kumaşlar için 3,1 kat ve 106- 242 $\text{dm}^3/\text{m}^2\text{s}$ 'ye kadar, keten / pamuklu kumaşlar için 1,4- 2,3 kat düşüş olduğu görülmüştür. Tamburlu kurutma işlem süresinin hava geçirgenliği üzerindeki etkisi olduğu belirlenmiştir.

Uyanık ve diğ. (2013) çalışmalarında, farklı büküm tiplerine sahip, %100 pamuk hav çözgü ipliklerinden bukle tipi havlu dokuma kumaşlar üretilerek hav ipliği büküm tiplerinin, havlu kumaşların su emicilik (hidrofilite), yumuşaklık ve mukavemet özelliklerine etkileri incelenmiş ve aralarındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma bulguları, zero twist (sıfır büküm) hav ipliğinin havluda hidrofiliteyi kısmen, yumuşaklığı ise önemli ölçüde artırdığını, çözgü kopma mukavemetini düşürdüğünü ortaya koymuştur. Zero-twist havlularda su batma süresi daha kısadır. Yaptıkları deneyde zero-twist ve standart twist hav ipliklerinin hammaddesi ve özellikleri aynı, low-twist iplikte ise Sipuma pamuğu kullanıldığından dolayı uzunluk, incelik ve mukavemet değerlerinin daha üstün olduğu iplikler seçilmiştir. Sonuç olarak Sipuma pamuğu ile üretilen low-twist ipliğin mukavemetinin en fazla olduğu görülmüştür. Aynı özellikteki liflerle standart büküm ve zero twist ipliklerle üretilen kumaşlar kıyaslandığında, bükümü az olan zero twist iplik beklendiği gibi daha düşük mukavemet değerlerine sahiptir.

Akaydın ve diğ. (2014) makalelerinde terbiye aşamalarının open-end iplik hav ipliği kullanılmış olan dokuma ve örgü havlu kumaşlara etkisinin araştırılması amacıyla çalışmalar yapmıştır. Dokuma havlu, hav ve atkı open-end Ne 16/1 pamuk, Zemin Ne20/2 Ne pamuk ile çözgü örme havlu arka ve ön yüz hav open-end Ne 16/1 pamuk, zemin ve atkı 100 denye (36 filament) polyester ile üretilmiştir. Numunelerin birim ağırlık, yırtılma direnci, kopma mukavemeti, patlama mukavemeti, su emilim ve yıkama-kurutma boyutsal değişim değerleri ölçülmüştür. Örme ve dokuma kumaşlar test sonunda kıyaslandığında dokuma havlular daha yüksek çekme, yırtılma ve patlama direnci gösterdikleri; örme havluların da daha yüksek kopma uzaması değerine sahip oldukları belirlenmiştir. Sonuç olarak birim ağırlık ve boyutsal sabitlik değerlerinin terbiye çekmeleri nedeni ile; su emilimi değerinin haşıl maddesinin ve diğer hidrofob maddelerin temizlenmesi ile ve uzama oranının da ön terbiyede haşıl filminin temizlenmesi ile artmış olduğu ifade edilmiştir.

Sekerden (2018), “Bambu-Pamuk ve Pamuk Havluların Hava Geçirgenlik Özelliklerinin Karşılaştırılması” adlı makalesinde farklı lif yapılarına ve hav yüksekliklerine sahip havluların hava geçirgenliklerini kıyaslamayı amaçlamıştır. Havlularda %100 pamuk (36,87 tex) atkı, %100 pamuk (29,5/2 tex) çözgü, %100 pamuk (36,87 tex) ve %100 bambu (36,87 tex) hav iplikleri kullanılmıştır. 3 atkılı sistem ile sabit 17 atkı/cm ve 13 çözgü/cm ile 6 farklı hav yüksekliğinde havlular

üretimiştir. Numuneler normal atmosfer şartlarında 24 saat kondisyonlanmış ve Text FX 3300 aleti ile hava geçirgenliği test edilmiştir. Sonuçlar ANOVA'ya göre istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre bambu/pamuk karışım havluların, % 100 pamuk havlulara göre daha yüksek hava geçirgenliğine sahip olduğu, hav boyu arttıkça havlularda hava geçirgenliği değerinin düşmekte olduğu ifade edilmiştir.

Atasağun (2015), "Kumaşların Islanma ve Nem/Sıvı Emme Davranışları ve Giyim Konforu" adlı doktora tezinde, ısı ve su buharı/sıvı transferi özelliklerine farklı kumaş ve giysi özelliklerinin etkisini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Pamuk, pamuk/poliester ve rejenere bambu gömleklilik kumaşlar ve pamuk, poliester ve pamuk/poliester iç giysilik kumaşlar kullanılarak yapılan detaylı çalışma ve değerlendirmeler sonucunda iç giysi olarak poliester ve gömleklilik olarak pamuk-poliester kumaş kombinasyonu ön plana çıkmıştır. Termofizyolojik olarak dimi örgü ve gevşek atkı sıklığı konfor açısından daha ön plandadır. Tezde, yüzey alanı fazla ve lif yapısında olukların oluşturduğu kapiler boşlukların sıvıyı yüzeyden çabuk bir şekilde buharlaştırdığı, iplik özelliklerinden büküm faktöründeki artış ile lifler arasındaki boşlukların azalmasından dolayı kılcal ıslanma yüksekliğinin azalmakta ve emme süresinin arttığı ve lif ve kumaş boşluklarının artmasıyla su buharı difüzyonunun arttığı sonuçları yer almaktadır.

Anış (1989), "Havlu Kumaşlarda Dokuma Strüktürünün Bilgisayarda Modellenerek, Kumaş Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi" isimli yüksek lisans tezinde, havın geometrisi ve dokunabilirliğini incelemiş, havluya ait nem alma özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ideal özellikleri sağlayan havlu kumaş bilgisayarda programlanmıştır. Tez çalışmasında aynı metrekare ağırlıktaki kumaş çeşitleri için kalın hav ipliği ile dokunan kumaşlar ince iplikle üretilenden, gevşek yapılılar, sıkı yapılılardan daha fazla nem alacağı sonucuna varılmıştır. İplik bükümü arttıkça nem alma azalmaktadır. Büküm artması ile lifler arası mesafe azalır ve sıvının girebileceği hacim azalır; ilave olarak lifler yeteri kadar şişecek alan bulamadığı için nem alma azalmaktadır.

Sampath ve diğ. (2013), termal özellikler ile giyim konforu üzerinde çalışmalar yapmış ve tekstil ürünlerinin nem yönetiminin önemini değerlendirmiştir. Kumaş düzgünlüğü, hava geçirgenliği, ısı transferi ve hidrofilitte özelliklerinin yüzey alanı ile

ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Yüzey alanının fazla olması nedeni ile, su buharı iletim özelliğinin, mikro poliester liflerinden üretilen kumaşlarda, normal incelikteki lifler ile yapılan kumaşlardan daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

4. MATERYAL ve METOT

Tekstil malzemelerinin ıslanma ve kılcal emme özellikleri hem son kullanım hem de üretim süreçleri açısından önemli bir yere sahiptir. Üretimde kullanılan hammaddeye bağlı olarak lifin şekli, boyutları, kesit alanındaki farklılıklar su ile malzemenin etkileşimini büyük ölçüde etkiler. Life ait bu özellikler lif yapısındaki gözenek oranını değiştirdiğinden dolayı sıvı hareketi malzeme ile doğrudan ilişkilidir. Liflerin sıvı emme özellikleri lifin kesit şekli ile doğrudan alakalı olduğu için firmalar farklı kesit biçimine sahip yeni lifler üretmektedir. Tencel®, Viloft®, EcoVero® suni olarak geliştirilen lif örnekleridir. Hammaddeye ek olarak ipliğin ve kumaşın yapısı emme yönünden etkilere sahiptir. İnce iplikten üretilmiş kumaşlarda kılcal ıslanma ve suyu emme derecesi yüksektir. Ek olarak tek katlı ipliklerle üretilen kumaşların çift katlı ipliklerle üretilen kumaşlara göre su buharı iletimi daha yüksektir. Tek katlı ipliklerde gözenekli ve açık yapı iletimin sebebidir.

Bu çalışmada kullanılan havlu kumaşlar Erteks Kadife Tekstil Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nde dokunmuştur. Elde edilen numuneler Tablo 10'da kodlanmıştır. Buradaki kodlamalar tüm tez boyunca kullanılmıştır. Hav ipliği cinsine bağlı olarak numune çeşitleri O, M, İ, K, T, V ve E (Organik, Microcotton®, İpek, Kaşmir, Tencel®, Viloft® ve EcoVero®) olarak tanımlanmış ve "1" ağır gramajlı, "2" çok ağır gramajlı havluları belirtmektedir. "B" boyalı, "H" ham numuneleri göstermektedir. Kodlanma yöntemi, Şekil 4.1'de açıklanmıştır ve Tablo 4.1'de kodlar yer almaktadır.



Hav iplik çeşidi (O,M,İ,K,T,V,E)
Gramaj (1:Ağır, 2: Çok ağır)
Terbiye durumu (B.Boyalı, H:Ham)

Şekil 4.1: Test uygulanan numunelerin kodlama yöntemi

Tablo 4.1: Havlulara verilen numune kodları

Numune Kodu	Kumaş Ağırlığı (g/m ²)	Hav İpliği	Atkı Sıklığı/cm	Çözümlü Sıklığı/cm	Hav Oranı (%)
O1B	508,00	ORGANİK PAMUK	19	25	7,40
M1B	508,00	MİKROKOTON®	16	26	7,25
İ1B	486,67	İPEK PAMUK	19	25	5,58
K1B	534,67	KAŞMİR PAMUK	16	25	7,80
K2B	680,00	KAŞMİR PAMUK	17	25	9,48
T1B	593,67	TENCEL® PAMUK	17	24	7,00
T2B	717,33	TENCEL® PAMUK	20	26	9,43
V1B	479,67	VİLOFT® PAMUK	16	26	6,67
V2B	592,67	VİLOFT® PAMUK	16	26	7,42
E1B	483,33	ECOVERO®	16	25	5,27
E2B	744,00	ECOVERO®	17	25	9,24

Tez çalışmasına başlanırken tüm havlu kumaşların ham hallerine ait numuneler de elde edilmiş, ancak ham halinde kumaşın üzerindeki haşıl nedeni ile test işlemleri mümkün olmadığından sadece bir saat su içinde bekletilmesine olanak tanıdığından dolayı kuruma hızı değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Ham kumaşlar K1H, E1H, V1H, T1H olarak tanımlanmıştır.

Tablo 4.2: Numunelerin ağırlık değerlerine göre sınıflandırılması

Numune Kodu	Gramaj (g/m ²)
O1B	508,00
M1B	508,00
İ1B	486,67
K1B	534,67
K2B *	680,00
T1B	593,67
T2B *	717,33
V1B	479,67
V2B	592,67
E1B	483,33
E2B *	744,00
Ağırlık ölçüm sonuçlarına göre İ1B, M1B, O1B, K1B, V1B, E1B bir grup; K2, T2B, E2B (*) bir grup olarak incelenmiştir	

Yapılan deneylerin tamamında kumaşların birim alan kütlelerine göre test grupları tanımlanmıştır. Tablo 4.2'ye göre İ1B, O1B, M1B, K1B, V1B ve E1B aynı

gramaj aralığındaki (465-535 g/m²) ağır 1. grup, K2B, T2B ve E2B aynı gramaj aralığındaki (651-749 g/m²) diğer çok ağır 2.gruptur. Kumaşlar aynı makine şartlarında üretilmiştir, ancak gerek terbiye işlemleri gerekse lif ve iplik özellikleri gramajların \pm %7 aralığında çıkmasına neden olmuştur.

Araştırmada 7 farklı lif çeşidi kullanılarak ağır ve çok ağırlık grubunda, 3 atkılı sistem dokuma tipinde, toplam 11 çeşit havlu üretilmiştir. Havlulara ait iplik numarası, iplik eğirme şekli, büküm yönleri, büküm sayıları, hav, zemin ve atkı ipliklerinin elyaf kompozisyonu Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te yer almaktadır.

Tablo 4.3: Hav iplik özellikleri

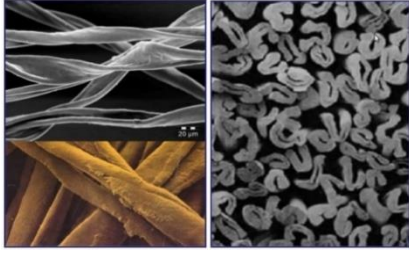
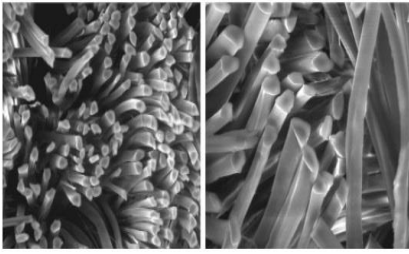
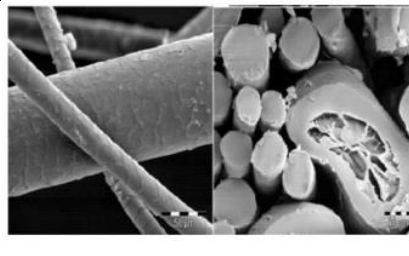
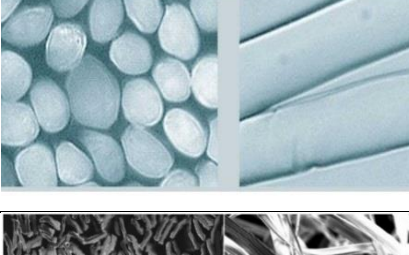
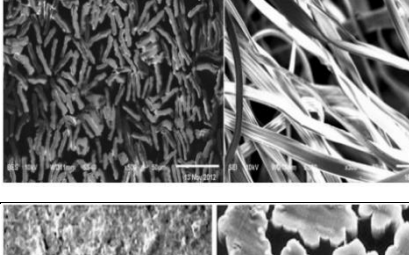
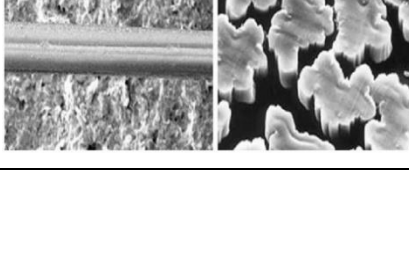
İplik Çeşidi	İplik Numarası	Eğirme Şekli	Büküm Yönü	Büküm Değeri (Tur/m)
Organik Pamuk	Ne 16/1	Penye Ring	Z	520
Microcotton®	Ne 12/1	Penye Ring	Z	---
İpek – Pamuk	Ne 12/1	Penye Ring	Z	435
Kaşmir- Pamuk	Ne 12/1	Penye Ring	Z	435
Tencel®- Pamuk	Ne 12/1	Penye Ring	Z	520
Viloft®- Pamuk	Ne 12/1	Penye Ring	Z	380
EcoVero®	Ne 12/1	Penye Ring	Z	380

Tablo 4.4: İplik özellikleri

Hav İpliği	Zemin İpliği	Atkı İpliği
% 100 Organik Pamuk	Ne 20/2S Ring Organik Pamuk	Ne 16/1 Ring Organik Pamuk
Microcotton® % 100	Ne 20/2S OE Pamuk	Ne 16/1 OE-rotor Pamuk
%95 Pamuk-%5 İpek	Ne 20/2S OE Pamuk	Ne 16/1 OE-rotor Pamuk
%95 Pamuk-%5 Kaşmir	Ne 20/2S OE Pamuk	Ne 16/1 OE-rotor Pamuk
%70 Tencel®-%30	Ne 20/2S OE Pamuk	Ne 16/1 OE-rotor Pamuk
%60 Viloft®-%40 Pamuk	Ne 20/2S OE Pamuk	Ne 16/1 OE-rotor Pamuk
%100 EcoVero®	Ne 20/2S OE Pamuk	Ne 16/1 OE-rotor Pamuk

Tez çalışmasında incelenen havluların üretiminde kullanılan lif çeşitlerine ait lif özellikleri Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Liflere ait özellikler

Life Ait Kesit Fotoğrafları	Lif İsmi	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Nem İçeriği (%)
	Pamuk	1,52-1,54	8
	İpek	1,34-1,38	11
	Kaşmir	1,27	17
	Tencel ®	1,52	11,5
	Viloft ®	1,4	11
	Viscose (Evovero ®)	1,5	13

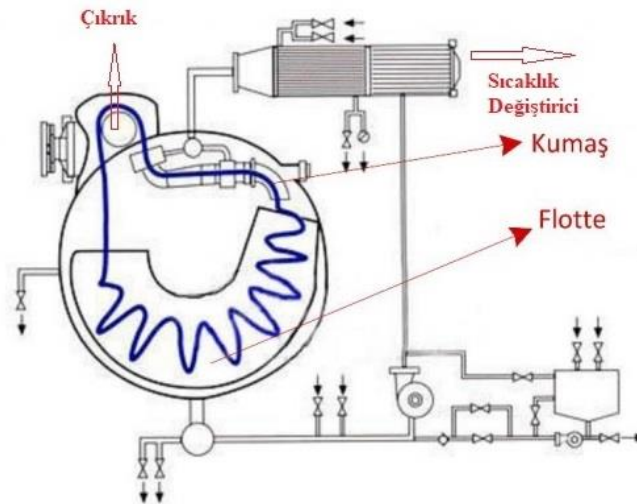
Bulgular bölümünde, elde edilen test sonuçları kullanılarak en düşük test değerini veren numune çeşidine göre diğer havlu çeşitlerinin yüzde olarak farkı hesaplanmıştır.

4.1 Dokuma İşlemi

Dokuma için gerekli olan ipliklerin tedarik edilmesinin ardından, hav ve zemin iplikleri çözülmüştür ve haşillanmıştır. Hav ve zemin olarak ayrı ayrı leventler üzerinde sarılan iplikler ulanarak ihtiyaç duyulan çözümler tezgâhta dokumaya hazır hale getirilmiştir. Numuneler ITEMA R9500, 3,80 m en, rapierli, 350 rpm devir hızlı, 20 çerçeve, 14 kasalı tezgâhta dokunmuştur. Havlu kumaşların hepsi üç atkılı sistem ile dokunmuştur ve iki yüzü de buklelidir.

4.2 Boyama İşlemi

Numune havluların terbiye ve boyama işlemleri HT Jet boyama makinesinde gerçekleştirilmiştir. HT jet boyama makinesi prensip çizimi Şekil 4.2'de yer almaktadır .



Şekil 4.2: HT jet boyama makinesi (URL_13)

Kasar işlemleri Microcotton® iplikle üretilen havlu için 105-110°C, pamuk karışımı ipliklerde 98° C’de gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemleri, boya grubuna göre 80-90 °C sıcaklıkta yapılmıştır. Araştırmada kullanılacak olan örnekler reaktif boya ile boyanmıştır.

4.3 Test Yöntemleri ve Standartlar

Tez çalışmasında üretimi gerçekleştirilmiş olan havlu numunelerinin fiziksel özelliklerini karşılaştırmak için, Tablo 4.12’de verilen standartlara uygun olarak ölçümler yapılmıştır.

Tablo 4.6: Havlu kumaşlara uygulanacak test standartları

Test İsmi	Test Standardı
Kondisyonlama	TS 240 (Tekstil deneyleri için standard atmosfer şartları ve kondisyonlama)
Birim Alan Kütlesi	TS 251 (Dokunmuş kumaşlar- Birim uzunluk ve birim alan kütlesinin tayini)
Su Batma Özelliği	TS 866 (Kasarlı pamuklu tekstil mamullerinin su emme özelliğinin tayini)
Hava Geçirgenliği	TS 391 EN ISO 9237 (Tekstil -kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini)
Su Buharlaşma Hızı	(Fanguiero ve diğ. 2010)
Kuruma Hızı	Fourt ve Coplan (Morgil 2015)
Dikey Kılcal Islanma	DIN 53924 (Tekstil kumaşların ıslatma suyunun hızı; artan yüksekliğin belirlenmesi yöntemi)
Su Buharı Geçirgenliği	BS EN 7209: 1990 (Su buharı geçirgen giysi kumaşlarının özellikleri)
Rijitlik Tayini	ASTM D4032-94 (Dairesel bükme prosedürü ile kumaşın sertliği için standart test yöntemi)

4.3.1 Birim Alan Kütlesi Tayini

Kumaşların kullanım yerleri ve kullanım amaçlarına göre farklı ağırlıkta olması istenir. Kumaşın sıklığı, örgü çeşidi, iplik tipi ve numaraları, terbiye işlemleri kumaş gramajına etki eden parametrelerdir.

Kumaşların bir metrekaredeki ağırlık ölçümü TS 251 “Dokunmuş kumaşlar-birim uzunluk ve birim alan kütlesinin tayini” standardına göre uygulanır. Standart kondisyon ortamında dairesel kumaş kesme şablonu ile her numuneden beşer adet

numune alınır ve ölçümler yapılır. Daire şablon 100 cm² alana sahip kumaşlar kesmektedir. Hassas terazi ile ölçümler elde edilir ve aritmetik ortalama alınarak gramaj değerleri g/m² biriminde hesaplanır.

4.3.2 Su Batma Özelliğinin Tayini

Havlular kumaşlarda istenilen en önemli özellik suyu çekmesi ve yüzeydeki kuruluşu olabilecek en kısa sürede sağlamasıdır. Kumaş ne kadar hidrofob ise kurulum o kadar yüksek olmaktadır. Belirli bir emiciliği sağlayamayan kumaşlar havluların konfor performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Pamuk elyafının havlu kumaş üretiminde kullanılmasının nedeni istenilen kurumayı sağlayan, kolay bulunabilen ve diğer liflerden ucuz bir lif çeşidi olmasıdır.

TS 866 “Kasarlı pamuklu tekstil mamullerinin su emme özelliğinin tayini” standardı yöntemi ile suyu tamamıyla emen tekstil ürününün su batma süresi saniye olarak tespit edilir. Kumaş numuneleri 75 mmx75 mm ebatlarında kesilerek hazırlanır. Numune 20 °C sıcaklık %65 bağıl nemde 12-24 saat kondisyonlanır. Ağız geniş 5 litrelik bir behere 21°C \pm 3 °C’deki damıtık su konulur. Deney numuneleri bir yüzü suya değecek şekilde 10 \pm 3mm yükseklikten beher içindeki damıtık suya bırakılır. Numune suya değer değmez kronometre çalıştırılır, tamamen battığı andaki süre ölçülür. Her malzeme için en az 5 farklı numune için deney yapılarak ortalama batma süresi belirlenir. Batma süresinin havlularda 50 s’den az olması beklenir. (URL_14).

4.3.3 Hava Geçirgenliği Testi

Hava geçirgenliği, kumaşın iki yüzeyi arasında belirli bir basınç farkı olduğunda kumaş yüzeyine dik yönde, birim kumaş yüzeyinden birim zamanda geçen hava akımının hacim olarak miktarı şeklinde ifade edilmektedir. Havanın kumaş yapısından geçebilme seviyesi, lif ve iplik yapısıyla kumaş içinde bulunan boşluklu yapıların miktar ve dağılımına bağlıdır. Mesela, çok sık yapısı olan kumaştan havanın geçiş yapması çok daha zordur. Havlu kumaş yapılarında hava geçirgenlik değeri hav yapısı başta olmak üzere diğer kumaş konstrüksiyonlarına bağlı olarak

değişebilmektedir. Hava geçirgenliği esas olarak kumaşın gramajı, kalınlığı ve gözenek yapısı ile bağlantılıdır.



Şekil 4.3: Hava geçirgenliği ölçüm cihazı

Hava geçirgenliği ölçümü TS 391 EN ISO 9237 “Tekstil -kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini” standardına göre Karl Schröder KG marka test cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3).

4.3.4 Su Buharlaşma Hızı Tayini

Havlu kumaşlarda ıslanma sonrası kuruma özelliği istenilen bir özelliktir. Kuruma öncelikli olarak kumaşın dış yüzeyinde gerçekleşmekte, daha sonra kumaşın orta ve alt yüzeyinde kuruma devam etmektedir. Nemli bir havlu kumaşın üzerindeki fazla suyu çabuk bir şekilde kaybetmesi ve tekrar hızlı bir şekilde kullanıma hazır hale gelmesi, konfor özelliği olarak aranan bir özellik olarak tanımlanmaktadır.

Su buharlaşma hızı ölçümü, Fanguiero ve arkadaşları tarafından uygulanmış çalışma şekline göre tayin edilmiştir. Su buharlaşma hızının belirlenmesi için havlu kumaşlardan 80 mmx80 mm ebatlarında üçer adet kare numune kesilerek hazırlanır ve tartılır. Bu numunelerin kuru ağırlık değerleri wf olarak tanımlanır. Kumaş numunelerinin üzerine kendi ağırlıklarının %30'u kadar su ilave edilir ve kumaşlar ıslanır. Islak numunelerin tekrar ağırlıkları ölçülerek elde edilen değerler w0 olarak

kaydedilir. Kumaşlar ızgara üzerine kurutulması için serilir. Her 5 dakikada bir tartım yapılarak, toplam ölçüme devam edilir. Hassas terazide yapılan ölçümde, ağırlıklar w_i olarak belirlenir. Ölçüm değerleri Denklem 4.1'e göre hesaplanır, bulunan sonuçlar yüzde oranı olarak belirlenir (Morgil 2015). (WER: Water Evaporation Rate: Su Buharlaşma Oranı).

$$WER = [(w_0 - w_i)/(w_0 - w_f)] \times 100 \quad (4.1)$$

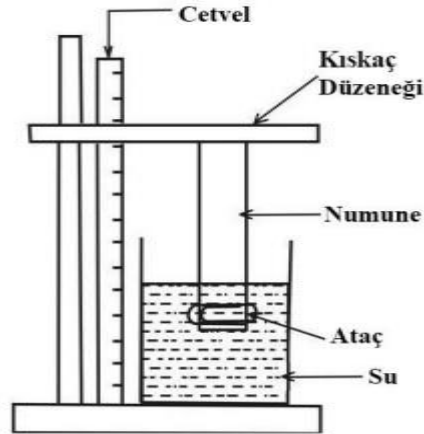
4.3.5 Kuruma Hızı Tespiti

Kuruma hızı tespiti için Fourt ve Coplan'ın uyguladığı testler referans alınmıştır. Ölçümlerde öncelikle 80 mmx160 mm ebatlarında kesilen numunelerin ağırlıkları hassas bir terazi yardımı ile belirlenir. Ardından su içinde 1 saat bekletilen havlu kumaşların tamamen su içine batması ve içerisinde hava kabarcığı kalmaması sağlanmıştır. 1 saat sonra kaplardan çıkarılan numunelerin suları hafifçe sıkılmış ve alt ve üst yüzeyi ikişer dakika kurutma kâğıdında bekletilerek fazla su tamamen uzaklaştırılmıştır. Fazla suyu alınan kumaşların ıslak ağırlığı belirlenmiş ve ardından standart atmosfer şartlarında kurutma ızgarası üzerine serilmiştir. 3 saat boyunca saatte bir alınan ağırlık ölçümlerine göre kumaşta kalan fazla nem miktarı tespit edilmiştir (Morgil 2015). Kumaşın ıslak ağırlığı w_0 , birinci saat sonundaki ağırlığı w_1 , ikinci saat sonundaki ağırlığı w_2 , üçüncü saat sonundaki ağırlığı w_3 olarak belirlenir. w_0 ıslak ağırlık ile belirlenen saatlerdeki ağırlık farkları hesaplanarak w_0 ağırlığına oranlanarak kuruma hızı yüzde olarak (4.2) eşitliğiyle hesaplanır. Kumaşın tamamen suyu emmesi ve testin bu aşama ile başlaması kuruma ile ilgili daha kesin sonuçlar vermektedir. Bu deneyin diğer testlerden en ayırıcı özelliği kumaşın 1 saat gibi uzun bir süre beklemesinden dolayı kumaşların ham halleri ile boyalı halleri arasında bir değerlendirme yapılmasına olanak tanınmasıdır.

$$Kuruma\ Hızı = \frac{w_0 - w_n}{w_0} \times 100 \quad (4.2)$$

w_n : n. saatteki ağırlık

4.3.6 Dikey Kılcal İslanma Testi



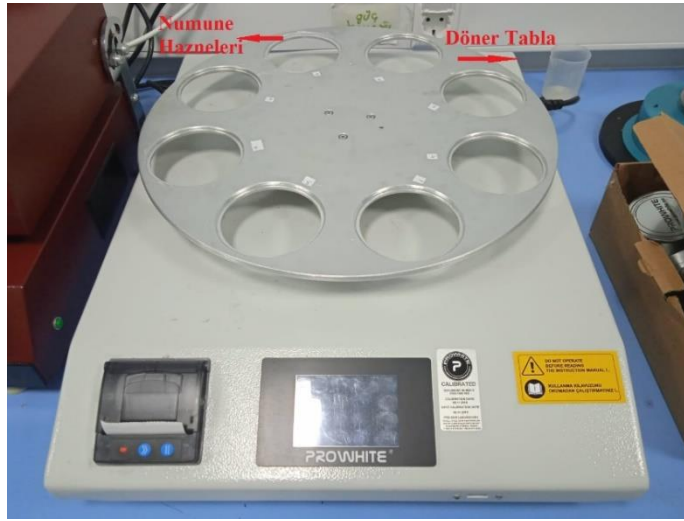
Şekil 4.4: Dikey kılcal ıslanma düzeneği (Fangueiro ve diğ. 2010)

Testler DIN 53924 “Tekstil kumaşların ıslatma suyunun hızı; artan yüksekliğin belirlenmesi yöntemi” standardı baz alınarak uygulanmıştır. Dikey kılcal ıslanma düzeneğine (Şekil 4.4) uygun olacak biçimde numuneler 25 mmx150 mm ebatlarında şeritler halinde kumaşın boyu yönünde 3 er adet kesilmiştir. İçine saf su konmuş bir kaba -suya dikey olacak şekilde- numuneler 30 mm dalacak şekilde tutturulmuştur. 30. saniyede, 1.ve 5. dakikalarda suyun kumaş üzerinde yükseldiği noktalar okunarak 5 dakika sonunda suyun yükselme mesafesi belirlenmiştir (Avcı 2007).

4.3.7 Su Buharı Geçirgenliği Tayini

Tekstil malzemelerinin su buharı geçirgenliği ölçümü için TS 391 EN ISO 9237 “Tekstil -Kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini” standardı kullanılmıştır. Su buharı geçirgenliği, konforun belirlenebilmesi ve performans değerlendirilmesi açısından önemli bir özelliktir. Suyun kaynama noktasının altında bir değerde gaz haline dönüşmesi buharlaşma olarak adlandırılır. Kumaşlarda su buharı iletimi lif ve iplik arasındaki boşluklarla sağlanmaktadır. Tekstil malzemelerinin yüzeylerinde su buharı; lifler arası boşluklardan buhar difüzyonu, lifler arasından su buharının emilim, iletim ve desorbsiyonu, lif boyunca su buharının migrasyonu ve zorlanmış taşınma ile su buharı iletimi özellikleri ile sağlanır. Lif üzerindeki difüzyon kumaşın alt yüzeyinden life, lifin yapısal özelliklerine göre kumaşın üst yüzeyine geçişi ile

sağlanmaktadır. Tekstil malzemelerinin su buharı difüzyonu lif ve kumaşın boşluklarının artmasıyla artmaktadır (Atasağun 2015).



Şekil 4.5: Su buharı geçirgenliği test cihazı

Testte, döner platform metodu uygulamasında, 46 ml ve 21 ± 2 °C sıcaklığındaki su, aynı ebatlardaki kapların içerisine konur. Kapların üst kenarına yapıştırıcı sürülür ve kap büyüklüğünde kesilen numuneler üst kenara yapıştırılır. Kumaşın çıkmaması, test sürecinde yerinden oynamaması ve her numunede su buharı sızmasının engellenmesi için etrafından bantlanır. Her kumaş numunesinden 3'er adet hazırlanarak su buharı geçirgenliği test cihazında (Şekil 4.5) test uygulanır (Kaynak 2013). 1 saat sonrası kapların ağırlıkları ölçülür. 24 saatin tamamlanmasının ardından kapların ağırlıkları tekrar ölçülür. Testler BS EN 7209: 1990 standardına göre yapılmıştır. (4.3) eşitliği ile Su Buharı Geçirgenliği (WVP) hesaplanır.

$$WVP = \frac{24 M}{Ax t} \quad (4.3)$$

M: Kaptan meydana gelen ağırlık kaybı, g

A: Test numunesinin alanı, $5,41 \times 10^{-3}$, m²

t: test süresi, saat (h)

WVP: Su buharı geçirgenliği, g/m².gün

4.3.8 Rijitlik Tayini

Rijitlik tayininde, 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nem ortamında, numuneler 24 saat kondisyonlanmış ve Dijital Pnömatik Sertlik Ölçüm Cihazı kullanılarak ölçümler yapılmıştır (Şekil 4.6). ASTM D 4032-94 “Dairesel Bükme Prosedürü ile Kumaşın Sertliği için Standart Test Yöntemi” standardına göre 100 mmx200 mm şeklinde kesilen örnekler 25 kgf kuvvet altında test edilmiştir.



Şekil 4.6: Kumaş rijitliği test cihazı

4.4 Havlu Kumaşların Gözenekliliğinin Teorik Tahmini

Gözeneklilik bir malzemenin emilim kapasitesini etkileyen en önemli özelliktir ve tekstil materyalinin gözenekli yapısını tanımlamak için kullanılır. Bir tekstil ürünüde toplam hacimdeki gözenekli hacim oranını belirtir. 0 ile 1 arasındaki bir değer alır, herhangi bir ölçüm birimi yoktur; değer ne kadar yüksekse malzemenin su tutma kapasitesi o kadar yüksek olur. Kumaş yapısının gözeneklilik üzerinde etkisinin olduğu aşikârdır. Hem lifler hem de iplikler arasında gözenekler mevcuttur. Lif ve iplik çapı, hav boyu ve birim alandaki bukle sayısı bu özelliği etkiler. Hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve benzeri özellikler gözeneklilikle yakından alakalıdır.

Kumaşlarda su buharı iletimi lifler ve iplikler arasındaki boşluklardan gerçekleşmektedir. Tekstil yüzeylerinde su buharının iletim mekanizmaları şunlardır;

- Lifler arasındaki hava boşlukları boyunca su buharının difüzyonu
- Lifler tarafından su buharının emilim, iletim ve desorbsiyonu
- Lif yüzeyi boyunca su buharının adsorbsiyonu ve migrasyonu
- Zorlanmış taşınım ile su buharının iletimi (Atasağun 2015)

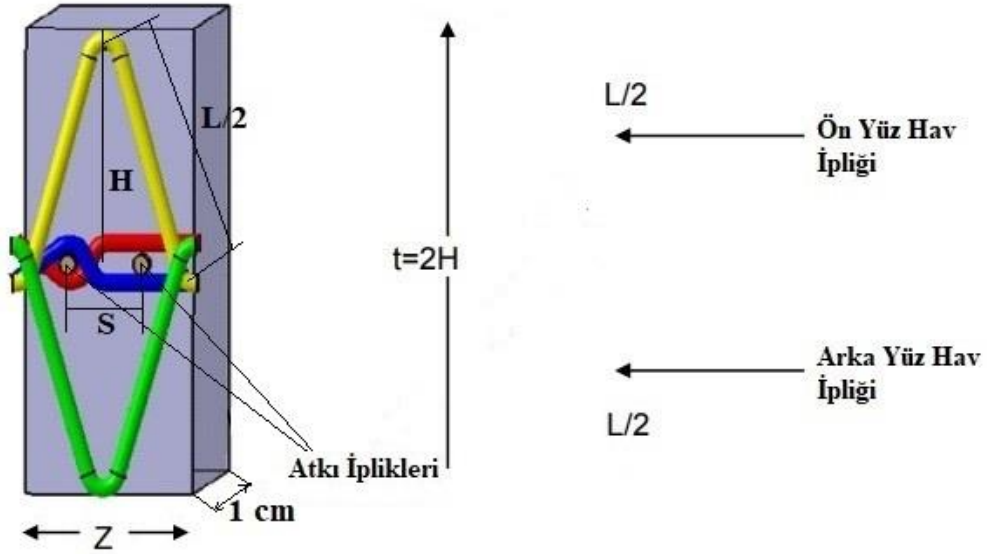
Gözenekliliğin değerlendirilmesi için geometrik metot, sıvı giriş ve çıkış metotları gibi kumaşın üretimi sonrası veriler elde edilebilen yöntemler vardır. Tüm modellemelerde değerlendirmelerin doğru yapılabilmesi için basitleştirici kabuller yapıldığı görülmüştür. Konuyla ilgili yapılan çeşitli çalışmalarda, araştırmacıların bir kısmı teorik yaklaşımlarda bulunurken, bir kısmı da deneysel yöntemleri göz önünde bulundurmıştır. Önceki çalışmalarda gözeneklilik tayininde, kumaş içindeki iplikler arasındaki boşluklar göz önüne alınmış, iplik içindeki lifler arasındaki boşluklar ihmal edilmiştir. Abo-Taleb ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada ise, lifler arası ve iplikler arası boşluklar göz önüne alınarak daha önceki çalışmalardan daha net sonuçlar elde edilmiştir. Dokuma kumaşların gözenekliliği ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, havlu kumaşlar için yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmüştür.

Tezin bu bölümünde, Abo-Taleb ve arkadaşları tarafından geliştirilen “hav ipliği yolunun havlu üzerindeki şekline göre tanımladıkları yeni geometrik yöntem” kullanılarak tüm havlu çeşitleri teorik gözeneklilik değerleri yönünden analiz edilmiştir. Elde edilen teorik veriler, deneysel gözeneklilik verileri ile karşılaştırılmak üzere kullanılmıştır

4.4.1 Teorik Modelleme

Çalışmada, hav ipliklerinin havlu kumaş üzerinde üçgen şeklinde zigzag bir yol izlediği; hav ipliğindeki hava boşluğunun hav ipliğine paralel olacak şekilde ve

dairesel olduğu; liflerin iplik içinde eşit olarak dağıldığı ve dış kuvvetlerin olmadığı varsayılmıştır (Abo-Taleb ve diğ. 2015).



Şekil 4.7: Bir havlu buklesine ait kuboid görünümü ve uzunlukları (Abo-Taleb ve diğ. 2015)

Şekil 4.7'ye göre t kalınlığında, z eninde ve 1 cm boyunda olan kuboid diliminde toplam gözeneklilik ölçümü yapılacaktır. Bu geometrik modele ait her tekrar ön ve arka hav ipliği, iki adet zemin ipliği ve iki adet atkı ipliği içermektedir.

Bütün gözenekliliğin hesaplamasında, hav ipliğinin zigzag bir yol izlediği kabul edilir. Bir havın iki atkı arası (atkı boşluğu s) izlediği yol eşkenar dörtgen bir şekil meydana getirir.

Bu şekile göre (4.4) eşitliği ile küboidin eni Z olarak bulunur:

$$Z = n_s / n_2 \quad (4.4)$$

n_2 : cm'deki atkı sayısı

n_s : İki hav arası atkı boşluğu

Bir havlu üç boyutlu bir yapı olarak varsayıldığında iplikteki lifler arası, çözü ve iplikler arası boşluklara sahiptir.

Paketleme faktörüne (φ) bağlı olarak havluya ait gözeneklilik (ε) aşağıdaki teorik olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir (4.5):

$$\varepsilon = 1 - \varphi \quad (4.5)$$

Paketleme faktörü, lif hacminin (V_f) kumaş hacmine oranını (V_F) ifade eder.

$$\varphi = \frac{\rho_F}{\rho_f} = \frac{m_F}{V_F} \times \frac{V_f}{m_f} \quad (4.6)$$

$$\varphi = \frac{V_f}{V_F} \quad (4.7)$$

Denklem (4.6)'da $V(\text{cm}^3)$ hacim, $m(\text{g})$ ağırlık ve ρ (g/cm^3) özgül yoğunluğu göstermektedir. Kumaş ağırlığı, kullanılan toplam lif ağırlığına eşittir ($m_f = m_F$);

Şekil 4.7'de çizilen havlu geometrisine bakıldığında kuboid hacmi (4.8):

$$Vc = \text{kumaş boyu} \times \text{en} \times \text{kalınlık}$$

$$Vc = 1 \text{ cm} \times \left(\frac{n_s}{n_2}\right) \text{ cm} \times t \text{ cm} = \left(\frac{n_s}{n_2}\right) \times t; \text{ cm}^3 \quad (4.8)$$

Bu durumda, (4.9) eşitliği ile kuboidin eni (Z) boyunca hav uzunluğu (L) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$L = 2 \sqrt{H^2 + \left(\frac{z}{2}\right)^2} = 2 \sqrt{\left(\frac{t}{2}\right)^2 + \left(\frac{z}{2}\right)^2} = 2 \sqrt{\frac{t^2}{4} + \left(\frac{n_s}{2n_2}\right)^2} = 2 \sqrt{\frac{t^2}{4} + \frac{n_s^2}{4n_2^2}} \quad (4.9)$$

Denklemden yer alan H ifadesi, t kumaş kalınlığının yarısı olarak kabul edilmiş ve hav yüksekliği olarak tanımlanmıştır.

V_p değerini küboideki hav çözgü ipliği hacmi, m_p değerini küboideki hav çözgü ipliği ağırlığı olarak düşünersek, Denklem 4.10'a göre,

V_p cm³ cinsinden iplik hacmi:

$$V_p = \frac{\text{Hav iplik ağırlığı } (m_p)}{\text{Lif Yoğunluğu}}$$

$m_p =$ iki yüzdeki toplam hav boyu (m) / hav iplik numarası (N_{mp})

$$V_p = \frac{2L \text{ (metre)}}{N_{mp} \times \rho_f} \times \frac{\text{çözgü tel sayısı cm}}{2} \quad (4.10)$$

Küboiddeki zemin çözgü ipliği hacim hesabı aşağıdaki formülle hesaplanır (Denklem 4.11), atkı çözgü ipliği hacim hesabı (4.12) eşitliği ile yapılır.

$$V_g = \frac{\text{Cm' deki çözgü ipliği sayısı} \times 1 \text{ cm} \times Z \text{ cm} \times \left(1 + \frac{C_1}{100}\right)}{N_{mg} \times \rho_{yg}} \quad (4.11)$$

$$V_w = \frac{\text{Cm' deki atkı ipliği sayısı} \times 1 \text{ cm} \times Z \text{ cm} \times \left(1 + \frac{C_2}{100}\right)}{N_{mf} \times 100 \times \rho_{yf}} \quad (4.12)$$

Pierce iplik yoğunluğunu (ρ_y) değerini aşağıdaki gibi hesaplamayı önermiştir (Denklem 4.13).

$$\rho_y = \rho_f (1 - \varepsilon_y) \quad (4.13)$$

ρ_f değeri pamuk için 1,54 g/cm³ kabul edilmiştir. Diğer liflere ait yoğunluklar Tablo 4.7'de yer almaktadır.

Tablo 4.7: Liflere ait yoğunluklar

Lif Çeşidi	Lif yoğunluğu (g/cm ³) ρ
İpek	1,34-1,38
Tencel®	1,52
Organik Pamuk	1,52-1,54
EcoVero®	1,5
Viloft®	1,4
Kaşmir	1,27
Mikrokoton ®	1,52-154

İplik gözenekliliği ε_y , iplik kesit alanındaki boş alan oranı olarak hesaplanır. Teorik lif çapı aşağıdaki Denklem (4.14) ile hesaplanır:

$$Lif (tex) = \frac{\pi}{4} d_f^2 x 10^5 x \rho_f \quad (4.14)$$

d_f cm olarak lif çapı, ρ_f g/cm³ olarak lif yoğunluğudur.

İplikteki lif gözenekliliğini hesaplamak için iplik kesitindeki lif alanının iplik kesit alanına oranı belirlenir. İpliğin dairesel teorik çapı (d_y) toplam iplik alanının (A_y) hesaplanması için kullanılır. Toplam lif alanı ise, iplik kesit alanındaki lif sayısının (n) ve lif kesit alanının (A_f) kullanılmasıyla hesaplanır (Liflerin her birinin kesit alanı eşit olarak kabul edilir).

Kesitteki lif sayısı (n) aşağıdaki 4.15 eşitliği ile hesaplanır:

$$n = \frac{N_{mf}}{N_{my}} = \frac{yarn\ tex}{fibre\ tex} = \frac{yarn\ tex}{\frac{\pi}{4} d_f^2 x 10^5 x \rho_f} \quad (4.15)$$

(4.15, 4.16 ve 4.17) denklemleri kullanarak iplik paketleme faktörü (φ_y), (n) lif sayısı, (A_f) lif alanı ve (A_y) kullanılarak hesaplanabilir.

$$\varphi_y = \frac{n x A_f}{A_y} = \frac{yarn\ tex \times \frac{\pi}{4} d_f^2}{\frac{\pi}{4} d_f^2 x 10^5 x \rho_f \times \frac{\pi}{4} d_y^2} \quad (4.16)$$

$$\varphi_y = \frac{iplik\ no\ (tex)}{10^5 x \rho_f \times \frac{\pi}{4} d_y^2} \quad (4.17)$$

Denklem 4.17'de iplik çapı d_y , cm biriminde kullanılmıştır.

İpliklerin dairesel olduğu ve lif oranının %60 olduğu kabul edilirse (Bu oran lifin iplikteki büküm değeri değişmesinden etkilense dahi kullanım için uygundur) İplik çapı aşağıdaki formül ile mm biriminde hesaplanır (Denklem 4.18)

$$d_y = 0,01189 \sqrt{\frac{Den}{\rho_f x 0,6}} \quad (4.18)$$

Den : iplik numarası (denye),

ρ_f : lif yoğunluğu (g/cm³)

İplik yoğunluğu ise aşağıdaki formül ile hesaplanır (4.19)

$$\rho_y = \frac{\text{iplik no (tex)}}{10^5 x \frac{\pi}{4} d_y^2} \quad (4.19)$$

V_p , V_g ve V_w hesaplanabildiğinden dolayı V_{toplam} Denklem 4.20 ile kolaylıkla hesaplanabilir:

$$V_{toplam} = V_p + V_g + V_w \quad (4.20)$$

$$\text{Gözeneklilik } (\varepsilon) = 1 - \frac{V_f(V_{toplam})}{\text{Küboid hacmi } (V_c)} = 1 - \frac{(V_p + V_g + V_w)}{\left(\frac{n_s}{n_2}\right) x t x 1} \quad (4.21)$$

(4.21) eşitliği ile teorik gözeneklilik değeri elde edilir

4.4.2 Deneysel Gözeneklilik Ölçümü

$$\text{Gözeneklilik } (\varepsilon) = 1 - \frac{\text{Kumaş Ağırlığı } \left(\frac{g}{cm^2}\right) / \text{Kumaş Kalınlığı (cm)}}{\text{Lif Yoğunluğu } \left(\frac{g}{cm^3}\right)} \quad (4.22)$$

Deneysel gözeneklilik kumaş ağırlığı, kumaş kalınlığı ve lif yoğunluğu parametrelerinin sonuç için hesaplandığı Hiesh formülü (4.22) ile hesaplanır.

Statik su emilimi uygulanması için önce kumaşlar kondisyonlanır ve 100 mm x 100 mm olarak kesilir. İlk olarak kuru ağırlık (M_d) ölçülür. Kesilen numuneler bir dakika suda bekletilir. Sudan çıkarılan numuneler üzerinde kalan fazla suyun atılması için üç dakika asılı olarak bekletilir. Islak olarak tekrar ağırlık (M_w) ölçülür. Statik su emilimi Denklem 4.23 ile hesaplanır.

$$S_w = (M_w - M_d) / M_d x 100 \quad (4.23)$$

(4.24) denklemi ile, su tutma kapasitesi (S_l) teorik olarak belirlenir:

$$S_l = \frac{\rho w}{\rho f} \left(\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \right) \quad (4.24)$$

4.5 İstatiksel İnceleme

Çalışmada gerçekleştirilen deneysel ve teorik çalışma verileri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Pearson ve Spearmen's korelasyon analizleri ve regresyon analizi yapılarak parametreler arası ilişkiler belirlenmiştir. Yapılan Analizler Tablo 4.8'de listelenmiştir. Parametrik veriler için Pearson, nonparametrik veriler için Spearmen korelasyon analizleri yapılmıştır.

Tablo 4.8: Analiz türleri ve analiz parametreleri

Analiz Türü	Analiz edilen Parametreleri
KORELASYON	Teorik Gözeneklilik- Deneysel Gözeneklilik
KORELASYON	Statik Su Emilimi-Su Tutma Kapasitesi
KORELASYON	Kumaş Kalınlığı- Hav oranı
KORELASYON	Kumaş Kalınlığı- Hav Uzunluğu (L)
KORELASYON	Kumaş Ağırlığı- Hav Oranı
KORELASYON	Su Buharı Geçirgenliği (Teorik Gözeneklilik-Deneysel Gözeneklilik-Kumaş Kalınlığı)
KORELASYON	Su Batma- Kılcal Islanma
KORELASYON	Rijitlik -Kumaş Kalınlığı
REGRESYON	Kumaş Kalınlığı-120 Dakikada Su Kaybı
REGRESYON	Kumaş Kalınlığı-Su Tutma Kapasitesi
REGRESYON	Kumaş Kalınlığı-Teorik Gözeneklilik
REGRESYON	Kumaş Kalınlığı-Deneysel Gözeneklilik
REGRESYON	Su Tutma Kapasitesi / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı
REGRESYON	Statik Su Emilimi / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı
REGRESYON	Teorik Gözeneklilik / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı
REGRESYON	Deneysel Gözeneklilik / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı
REGRESYON	Hav Oranı / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı
REGRESYON	Hav Uzunluğu (L) / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı
REGRESYON	Su Buharı Geçirgenliği / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı
REGRESYON	Rijitlik/Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı

5. BULGULAR

5.1 Su Batma Testi Sonuçları

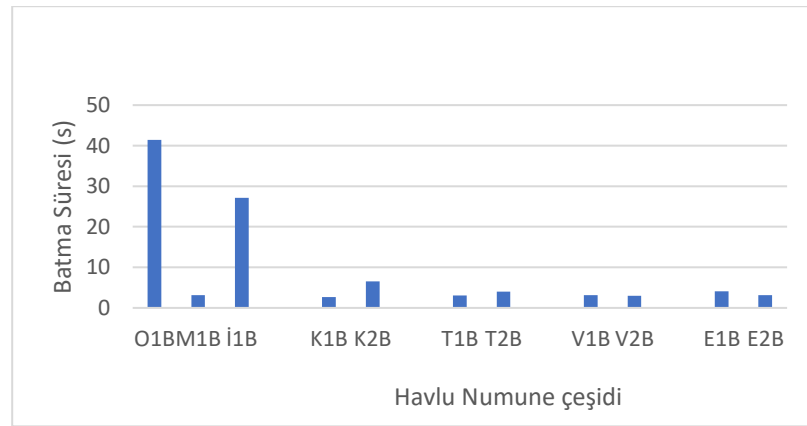
Tüm kumaşların atkı ve zemin çözgü iplikleri pamuk, hav iplikleri pamuk karışımı veya selülozik yapıda olduğundan dolayı su batma süresinin 50 sn'den az olması beklenmektedir. Test sonuçları Tablo 5.16'da ve Şekil 5.26'da verilmiştir. Sonuçlara göre farklı liflerle üretilen havlu kumaşların hepsi hidrofil olarak sınıflandırılmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, 2,67 s ile K1B en hızlı, 41,44 s ile O1B en yavaş suya batma süresine sahiptir. O1B numunesinin diğer havlu numunelerinden daha ince iplik numarası ve daha fazla büküme sahip olması suya batmasına engel olmaktadır (Tablo 4.8). Aniş (1989)'a ait yüksek tez çalışmasında nem alma ve büküm ilişkisi incelenmiştir. Elde edilen bilgi O1B numune çeşidinin çok düşük su batma değerine sahip olması ile ilgili net bir sonuca ulaştırır. İnce iplikle üretilen yüksek bükümlü O1B havlu çeşidi çok uzun sürede batar. Yine Aniş (1989) tarafından elde edilen bulgulara göre gevşek yapılu K1B numunesi beklenildiği gibi çabuk batmıştır. Bu durum Behera ve Singh (2014)'e ait, bukle yoğunluğunun su emme oranına en fazla etki eden parametre şeklindeki bulgusuyla aynı sonucu vermiştir. Ek olarak, O1B numunesinin M1B numunesine göre çok geç batması, Uyanık ve diğerleri (2013) iplik bükümünün hidrofilite üzerindeki etkilerini incelediği çalışma elde edilen sonuç ile uyumludur. K1B numunesinin en yüksek nem alma kapasitesine sahip olmasının suya batmasını kolaylaştırdığı düşünülmektedir. En yüksek batma süresine göre en yavaş batan numunenin (O1B), en hızlı batan K1B içerikli numuneye göre %1452,1 oranda daha uzun sürede battığı görülmektedir (Tablo 5.1).

Aynı hammadde kullanılarak farklı gramajdaki üretilen havlu numuneleri karşılaştırıldığında Kaşmir ve Tencel® ile üretilen kumaşlarda daha ağır olan kumaş K1B ve T1B havlu çeşitleri daha önce batmıştır. K1B ve T1B daha düşük atkı sıklığına sahip olduğundan dolayı batma hızlanmaktadır. EcoVero® ve Viloft® ile üretilen kumaşlarda E2B ve V2B havlu çeşitleri daha önce batmıştır. Tablo 5.1 ve Şekil 5.1 incelendiğinde Tencel®, EcoVero®, Viloft® rejenere selüloz liflerinin su emiciliği yüksektir; ağır ve çok ağır gramajlarda birbirine çok yakın sonuçlar vermektedir. M1B

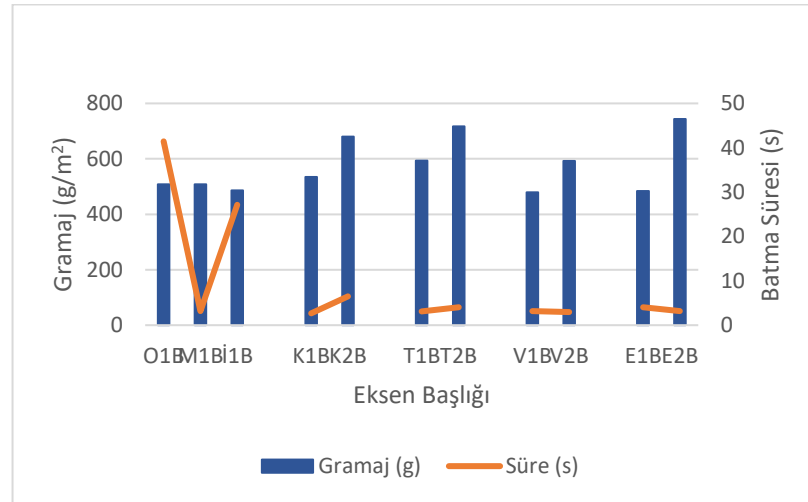
numunesi boyama işlemi sonrası sıfır büküme sahiptir ve su batma özelliğinin iyi olduğu görülmektedir (Şekil 5.2).

Tablo 5.1: Su batma özelliği

Numune	O1B	M1B	İ1B	K1B	K2B	T1B	T2B	V1B	V2B	E1B	E2B
Süre (s)	41,44	3,17	27,17	2,67	6,5	3,07	4,02	3,16	2,98	4,06	3,15
En düşük Değere Göre Fark (%)	1452,10	18,70	917,60	0,00	143,40	15,00	50,60	18,40	11,60	52,10	18,00



Şekil 5.1: Su batma özelliği



Şekil 5.2: Gramaj-batma süresi

5.2 Su Buharlaşma Hızı Testi Sonuçları

Su buharlaşma hesaplanmasında kullanılan WER denklemini hesaplamasına göre değerler Tablo 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2: WER değeri ve 120 dakika sonrasında su kaybı

Numune	O1B	M1B	İ1B	K1B	K2B	T1B	T2B	V1B	V2B	E1B	E2B
120 dakikalık süreçte su kaybı (%)	28	79	29	59	87	70	73	35	68	51	57
En düşük Değere Göre Fark (%)	0,00	182,10	3,60	110,70	210,70	150,00	160,70	25,00	142,90	82,10	103,60

WER Değeri (%)	30,60	96,30	33,80	64,70	60,90	61,70	62,10	67,70	44,40	74,70	49,90
En düşük Değere Göre Fark (%)	0,00	214,90	10,40	111,60	99,20	101,80	103,10	121,50	45,10	144,30	63,10

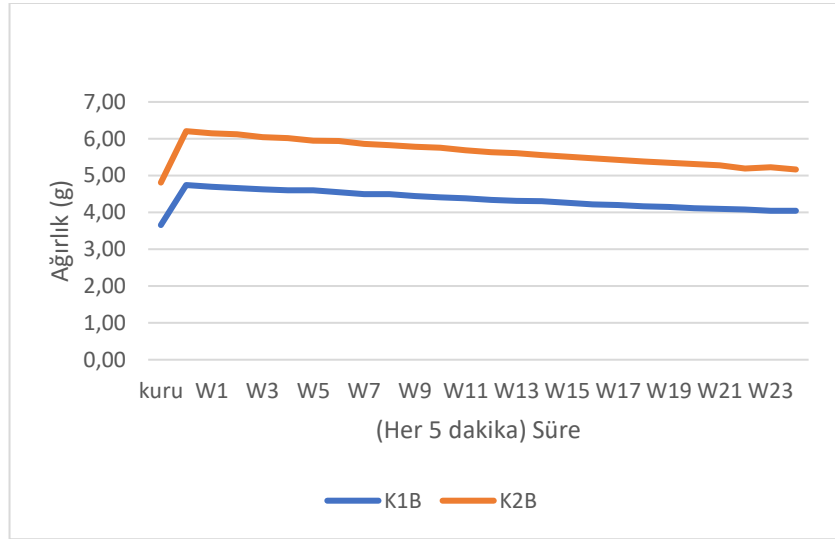
Havluların kendi ağırlıklarının %30’u kadar su ilave edilerek yapılan ölçümlerde, havlunun emme özelliklerinden dolayı elde edilen değerlerin çok küçük farklar meydana getirmesinden dolayı, çok net bir sonuç elde edilemeyeceği öngörülerek, w0 değeri ve 120 dakikalık süreç sonunda w24 arasındaki eğim hesaplanarak 120 dakikalık sürede su buharlaşma kaybı hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 5.2’de gösterilmiştir. 120 dakikada su kaybı en düşük değer O1B referans alınarak fark hesaplandığında K2B; %210,70 daha fazla su kaybına sahiptir.

Kaşmir, Tencel ®, EcoVero® ve Viloft ® ipliklerle üretilen havluların su buharlaşma hızı sonuçları Şekil 5.3-5.6’da gösterilmiştir. 120 dakikalık süre sonunda yüzde olarak elde edilen su buharlaşma miktarı değerlerine göre, her dört havlu çeşidinin daha düşük gramaj ile dokunan varyantları daha düşük su buharlaşma hızına sahiptir. Dört havlu çeşidinde hav boyu fazla olan ağır gramajlı numuneler daha fazla yüzey alanına sahiptir ve bu nedenle su kaybı yüksek olmaktadır. Tablo 5.3’e göre özellikle Viloft ® ve Kaşmir havlularda su kaybı, gramajdan daha fazla etkilenmektedir. Her iki lifin yüzeyi Tablo 4.5’te görüldüğü üzere daha tırtıklı bir yapıya sahiptir ve bu durum su kaybını etkilemiştir ve hav boyu arttıkça su kaybı artmıştır. Sampath ve diğ. (2013), çalışmalarında yüzey alanı arttıkça su buharı iletim

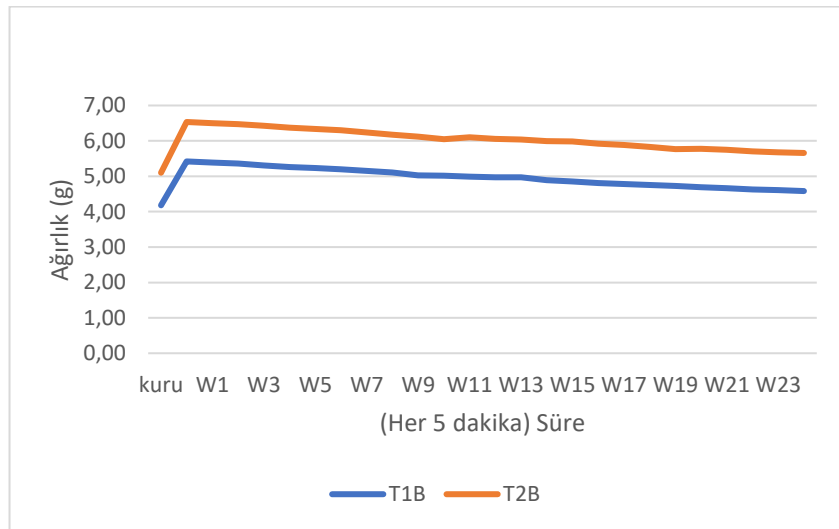
özelliğinin arttığı sonucuna varmıştır ve bu durum Tencel® ve kaşmir lifleri ile üretilen ipliklerin su kaybının daha fazla olmasını açıklar niteliktedir.

Tablo 5.3: Aynı kumaşın farklı gramajdaki 120 dakikalık süreçte su kaybı

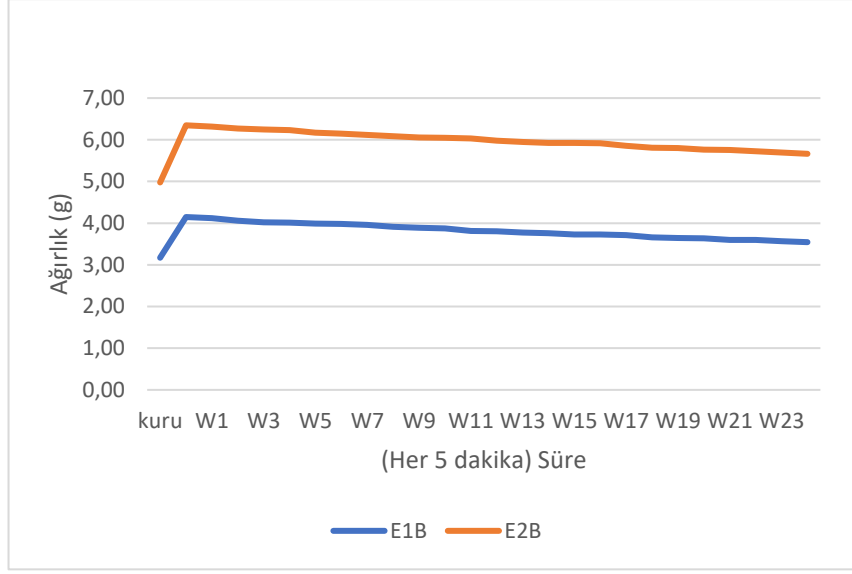
120 Dakikalık Süreçte Su Kaybı (%)	
K1B	59
K2B	87
T1B	70
T2B	73
V1B	35
V2B	68
E1B	51
E2B	57



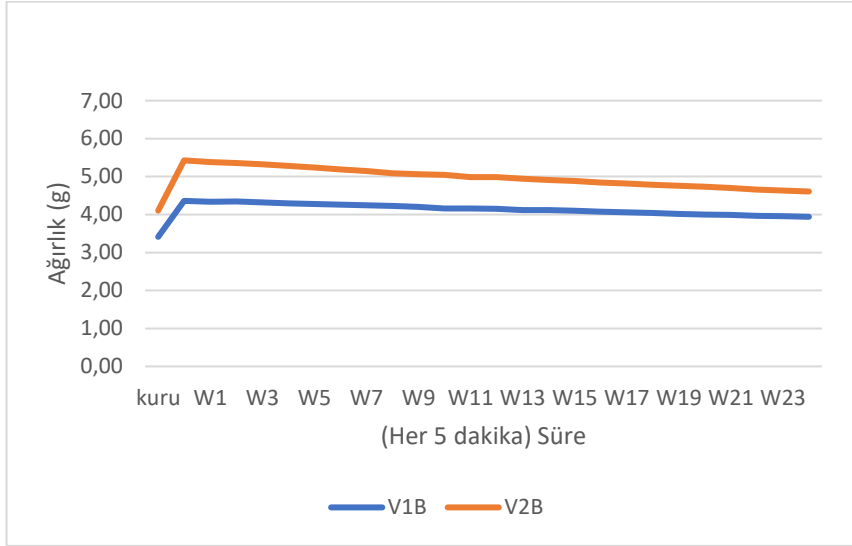
Şekil 5.3: Kaşmir su buharlaşma hızı



Şekil 5.4: Tencel® su buharlaşma hızı

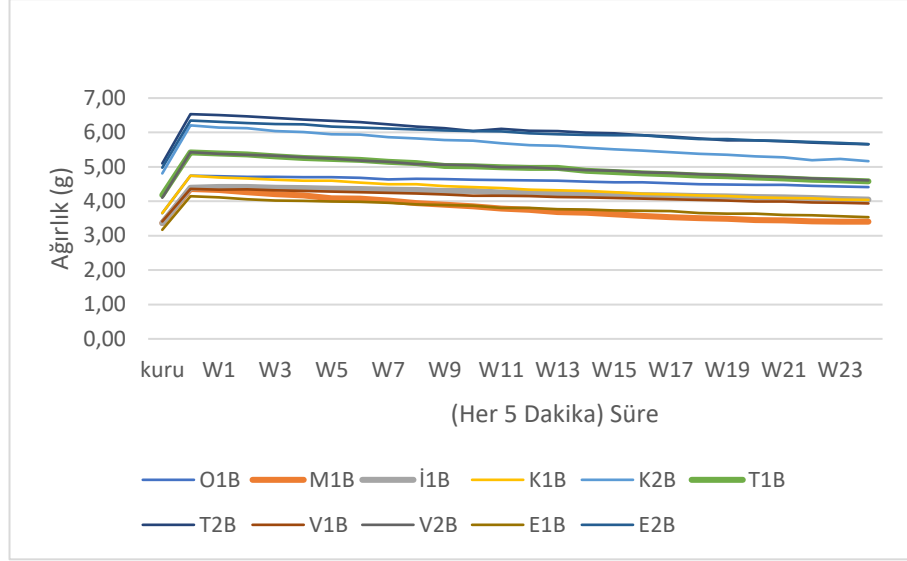


Şekil 5.5: EcoVero® su buharlaşma hızı



Şekil 5.6: Viloft® su buharlaşma hızı

Aynı gramaja sahip olan İ1B, O1B, M1B, K1B, E1B, V1B havlularının su buharlaşma hızları incelendiğinde M1B (Microcotton®) havlunun çok hızlı bir şekilde su kaybına uğradığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.7). Microcotton® iplikte boya sonrası bükümün kaybolması ve liflerin açık durumda olmasından dolayı suyun daha çabuk buharlaşmasına neden olmaktadır. En düşük su buharlaşma hızı O1B numunesine aittir, bu numune diğer havlu numunelerinden farklı olarak büküm değeri 520 tur/m ve daha ince iplik numarası (Ne 16/1) ile dokunmuştur.



Şekil 5.7: Tüm havlu numunelerine ait su buharlaşma hızları

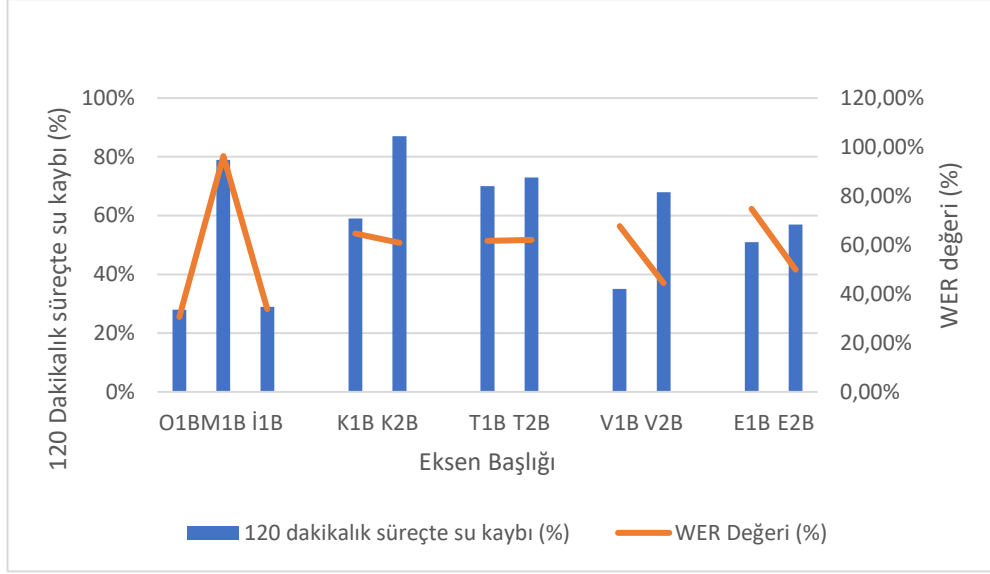
Aynı gramajda dokunan K2B, T2B ve E2B havlularından 120 dakikalık süreçte en fazla su kaybı K2B havlu numunesinde gözlemlenmiştir.

Tablo 5.2'ye göre tüm havlu kumaşların WER değerleri, 120 dakikalık süreçteki su kaybı ile net bir sonuç vermemekte, ancak aynı gramajda farklı kumaş çeşitlerinin su kayıplarının WER değerleri ile aynı sıralamada değerler verdiği görülmektedir (Tablo 5.4, Şekil 5.8). WER değerleri nem içerikleri ile ilişkilendirildiğinde, bükümlü ipliklerde, %17 nem içeriğine sabit K2B numunesi en yüksek, %8 nem içeriğine sabit O1B numunesi en düşük WER değerine sabittir. M1B numunesi terbiye sonrası sıfır büküme sahip olduğundan dolayı diğer numunelerden çok yüksek, %96,30 WER değerine sahiptir ve O1B ile arasında %214,90 fark vardır. M1B'nin yüksek WER değerine sahip olması Atasagun (2015)'a ait, yüzey alanı ve lifler arası boşlukları fazla olan ipliklerin kuruma hızlarının yüksek olacağı bilgisi ile ilişkilendirilebilir.

Tablo 5.4: Numunelere ait WER değerleri ve nem içerikleri

	WER Değeri	Nem İçeriği (%)
O1B	30,58	8
M1B	96,30	8
İ1B	33,77	11
K1B	64,72	17
E1B	62,12	13
V1B	44,37	11

	WER Değeri	Nem İçeriği (%)
K2B	74,70	17
T2B	60,93	11,5
E2B	49,88	13



Şekil 5.8: WER değeri ve 120 dakikalık süreçte su kaybı

5.3 Kuruma Hızı Tespiti

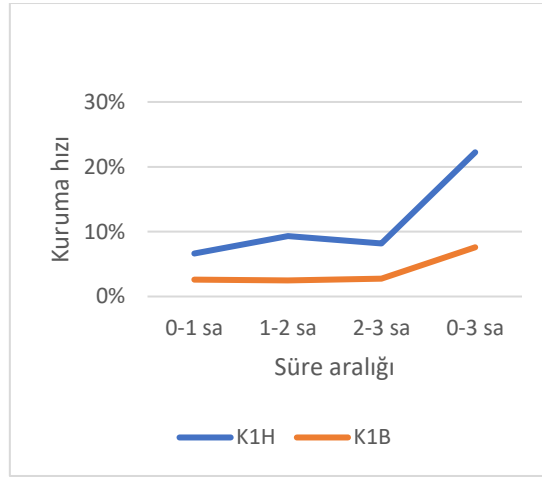
5.3.1 Ham ve Boyalı Havlularda Kuruma Hızı

Kuruma hızı, 1'er saat aralıktaki ilk gramaj ve son gramaj arasındaki farkın ilk gramaja oranı ile yüzde olarak hesaplanmıştır. Son olarak ölçülen ilk gramaj ile 3. saatteki gramaj farkı ilk gramaja oranlanarak kuruma hızı yüzdeleri ölçülmüştür. Tablo 5.5 incelendiğinde V1B, en düşük kuruma hızına sahip K1B numunesine göre %181,73 çabuk kurumuştur. Viloft® lifinin yassı ve gözenekli yapısı bu durumun nedeni olarak açıklanabilir. Atasağın (2015)'a ait doktora tezinde yer alan yüzey alanı fazla ve lif yapısında olukların oluşturduğu kapiler boşlukların sıvıyı yüzeyden çabuk bir şekilde buharlaştırdığı bilgisi elde edilen bulgular ile değerlendirildiğinde V lifi ile üretilen havlu numunesinin aynı doğrultuda sonuç verdiği görülmektedir.

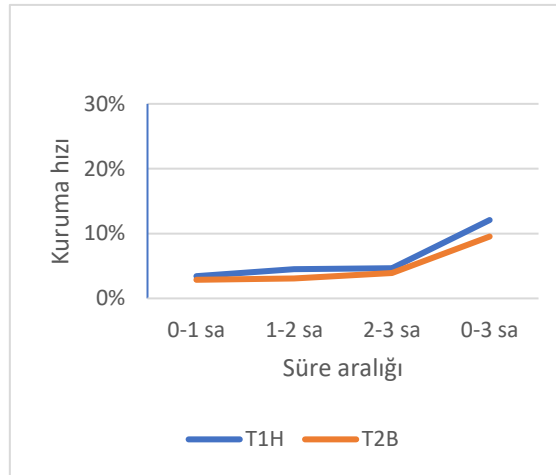
Tablo 5.5: Bütün numunelere ait kuruma hızı değerleri

Numune	O1B	M1B	İ1B	K1B	K2B	T1B	T2B	V1B	V2B	E1B	E2B
Kuruma Hızı (%)	21,19	13,54	16,90	7,59	9,93	9,58	9,54	21,38	21,12	12,36	12,54
En düşük Değere Göre Fark (%)	179,23	78,45	122,74	0,00	30,91	26,18	25,70	181,73	178,30	62,88	65,24

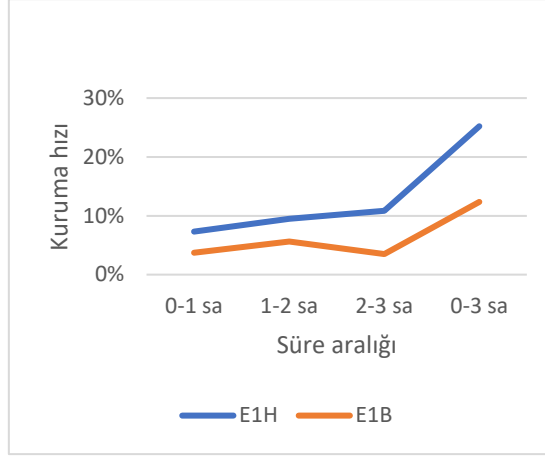
Dokuma hazırlık aşamasında çözgü iplikleri, dokuma sırasındaki sürtünmelerini azaltmak, tüylenmeyi önlemek ve mukavemeti arttırmak amacı ile haşıl lanmaktadır. Haşıl işleminin kumaşlar üzerinde etkilerini incelemek için tüm testler ham havlulara da uygulanmış, ancak haşıl maddesinin su emilimini engellemesi nedeni ile sonuç elde edilememiştir. Yine de kuruma testi öncesi kumaşların 1 saat su içinde ıslatılması, ham kumaşlar ile boyalı kumaşların kuruma hızlarının karşılaştırılması ile ilgili fikir vermektedir.



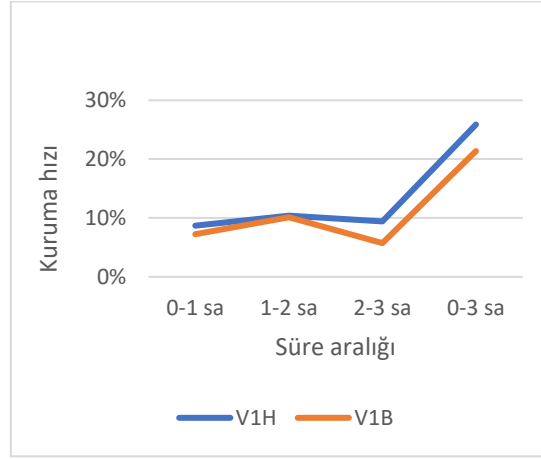
Şekil 5.9: K1H-K1B kuruma hızları



Şekil 5.10: T1H-T2B kuruma hızları

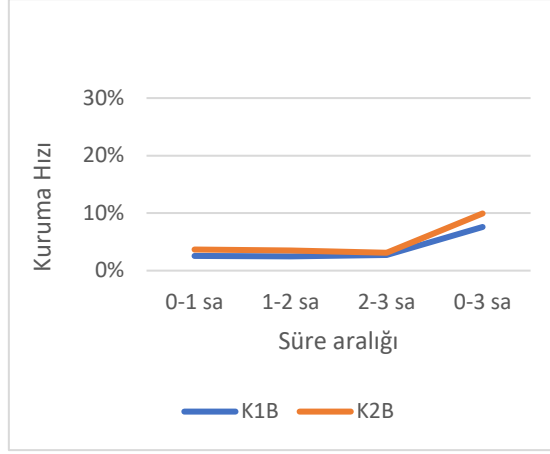


Şekil 5.11: E1H -E1B kuruma hızları

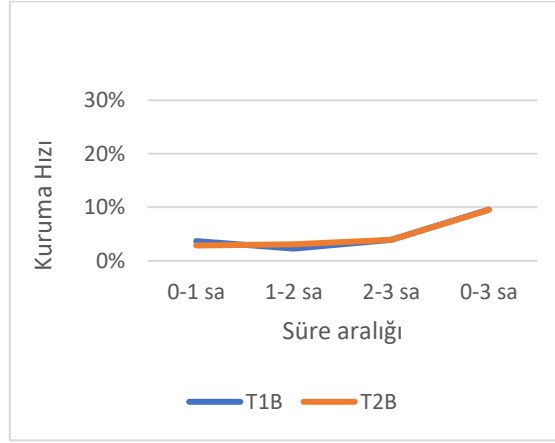


Şekil 5.12: V1H-V1B kuruma hızları

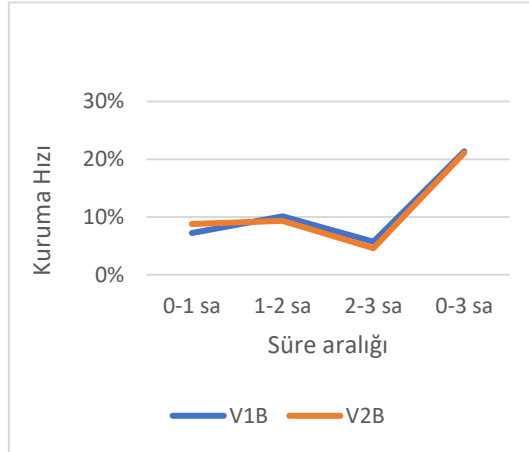
Kaşmir, Tencel ®, EcoVero ®, Viloft ® iplikleriyle dokunan ham ve boyalı numunelerin kuruma hızı testlerinin sonuçlarına göre, dört numunenin de ham olarak daha çabuk kurduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 5.9-5.12). Haşıl kimyasallarının iplik çevresini tabaka halinde kaplaması ve kumaşa su emilimini engellemesi nedeni ile bu durum gerçekleşmiştir.



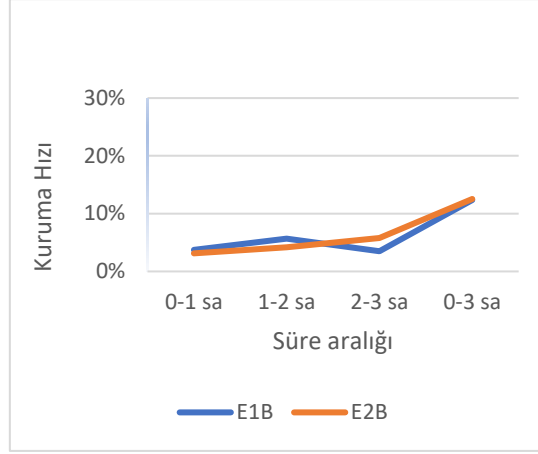
Şekil 5.13: K1B-K2B kuruma hızı



Şekil 5.14: T1B-T2B kuruma hızı



Şekil 5.15: V1B-V2B kuruma hızı



Şekil 5.16: E1B-E2B kuruma hızı

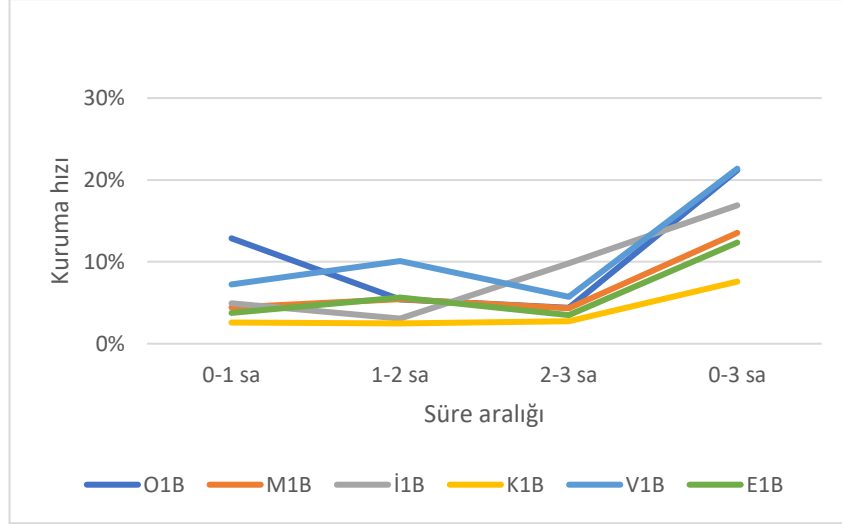
5.3.2 Ağır ve Çok Ağır Havlularda Kuruma Hızı

Aynı havlu çeşidinin farklı gramajlarındaki kuruma hızları incelendiğinde, Tencel®, EcoVero®, Viloft® ipliklerinin 3 saat sonunda, her iki gramajdaki havlu kumaşlarının aynı kuruma yüzdesine sahip olduğu görülmektedir. Kaşmir iplikle üretilen havluda ise farklılık göze çarpmaktadır. Tencel®, EcoVero® ve Viloft® ipliklerin rejenere selülozdan üretilmiş olması ve diğer liflere göre daha düzgün, pürüzsüz yapıda olması nedeni ile kuruma yüzdesinin havlu ağırlığından bağımsız olması sonucuna varılabilir. Aynı iplik çeşidinde farklı ağırlıklara sahip boyalı havluların kuruma sonuçları Şekil 5.13-5.16’da gösterilmiştir.

Aynı gramajdaki İ1B, O1B, M1B, K1B, E1B ve V1B havlularının kuruma hızları Tablo 5.6 ve Şekil 5.17’de verilmiştir. Organik pamuk ve Viloft® ipliklerle üretilen havluların en yüksek kuruma hızına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5.6: Ağır gramajlı numunelerin kuruma hızları

Kuruma Hızı (%)	0-1 sa	1-2 sa	2-3 sa	0-3 sa
O1B	12,86	5,41	4,39	21,19
M1B	4,41	5,45	4,34	13,54
İ1B	4,92	3,07	9,83	16,90
K1B	2,58	2,48	2,73	7,59
V1B	7,23	10,11	5,73	21,38
E1B	3,75	5,65	3,50	12,36

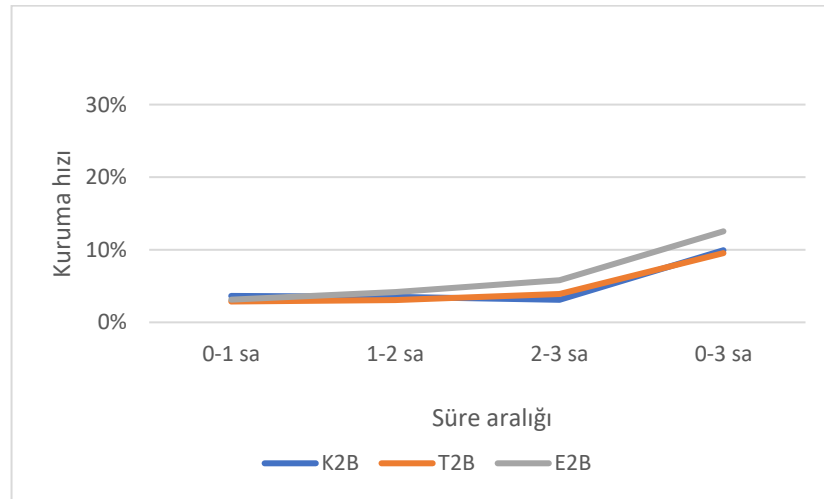


Şekil 5.17: Ağır gramajlı numunelerin kuruma hızları

Aynı gramajdaki K2B, T2B, E2B havluları birbiri ile kıyaslandığında, kuruma hızının en yüksek olarak E2B havlusunda meydana geldiği görülmektedir (Tablo 5.7, Şekil 5.18).

Tablo 5.7: Çok ağır gramajlı numunelerin kuruma hızları

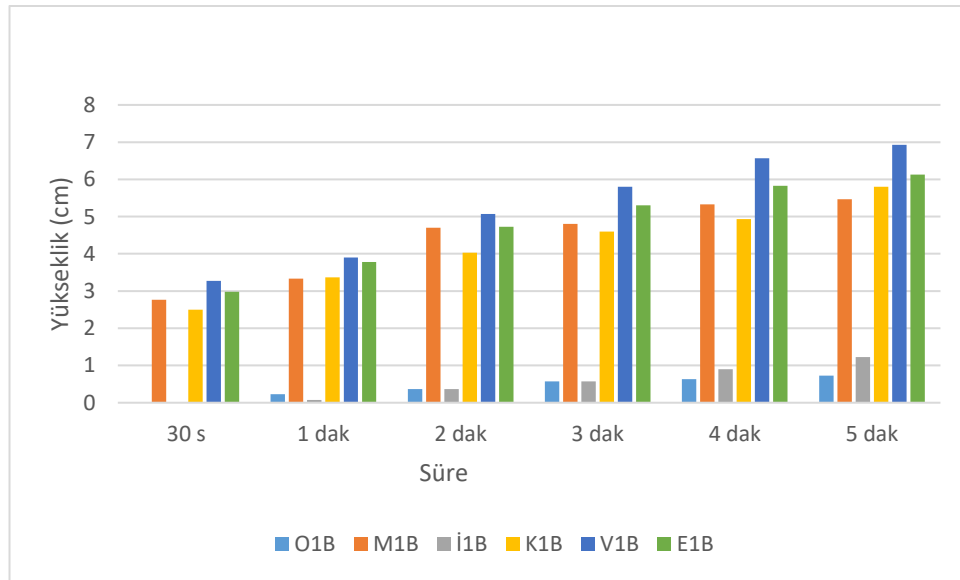
Kuruma Hızı	0-1 sa	1-2 sa	2-3 sa	0-3 sa
K2B	3,66	3,51	3,11	9,93
T2B	2,87	3,07	3,91	9,54
E2B	3,13	4,17	5,78	12,54



Şekil 5.18: Çok ağır gramajlı numunelerin kuruma hızları

5.4 Dikey Kılcal İslanma Tespiti

Ağır gramajlı havlulara ait dikey kılcal ıslanma ölçüm sonuçları, Şekil 5.19 ve Tablo 5.8’de verilmektedir. Veriler incelendiğinde Viloft® iplik ile üretilen havlunun en yüksek, organik pamuk ile elde edilen havlunun en düşük ve kaşmir, EcoVero® ve Microcotton® havluların çok iyi kılcal ıslanma değerlerine sahip olduğu görülmüştür. E1B, V1B numunelerinin rejenere selüloz olmaları, K1B’nin yüksek nem alma kapasitesine (Tablo 4.5) sahip olması kılcal ıslanmaları olumlu yönde etkilemiştir. M1B numunesinin bükümsüz olması suyun daha rahat hareket etmesine olanak tanımaktadır. Bu durum Uyanık ve diğerleri (2013) iplik bükümünün hidrofilité üzerindeki etkilerini incelediği çalışma ile aynı doğrultuda sonuç vermiştir. O1B numunesinin daha ince ve yüksek büküme sahip iplikle üretilmesi, İ1B numunesinin ise pamuğun ıslanma oranını düşürmesinden dolayı kılcal ıslanmaların düşük olduğu değerlendirilmiştir. O1B numunesinin verdiği sonuç, Atasagun (2015)’a ait doktora tezinde yer alan, iplik özelliklerinden büküm faktöründeki artış ile lifler arasındaki boşlukların azalmasından dolayı kılcal ıslanma yüksekliğinin azalmakta ve emme süresinin arttığı yönündeki bilgi ile uyum göstermektedir.

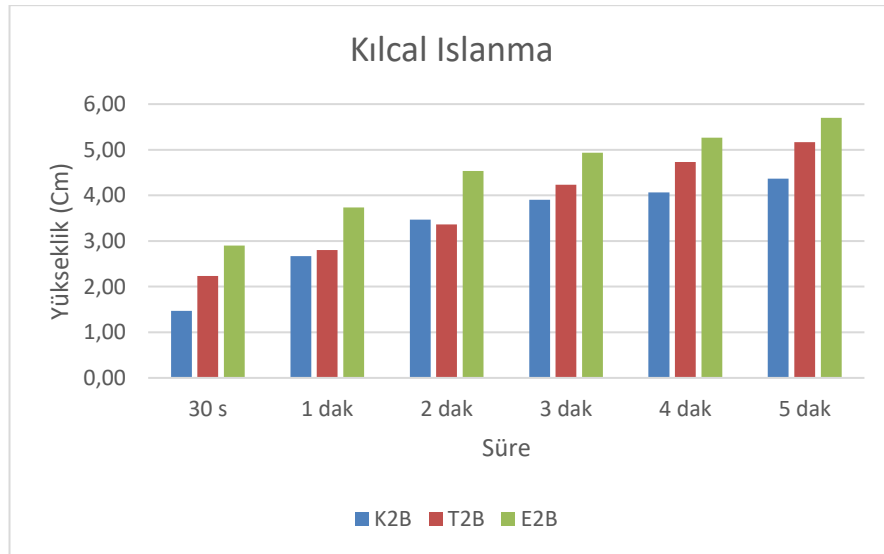


Şekil 5.19: Ağır gramajlı havlular dikey kılcal ıslanma değerleri

Tablo 5.8: Ağır gramajlı havlular dikey kılcal ıslanma değerleri

Kılcal Islanma	O1B	M1B	İ1B	K1B	V1B	E1B
30 s	0	2,77	0	2,5	3,27	2,98
1 dak	0,23	3,33	0,07	3,37	3,9	3,78
2 dak	0,37	4,7	0,37	4,03	5,07	4,73
3 dak	0,57	4,8	0,57	4,6	5,8	5,3
4 dak	0,63	5,33	0,9	4,93	6,57	5,83
5 dak	0,73	5,47	1,23	5,8	6,93	6,13

Çok ağır gramajlı havlulara ait dikey kılcal ıslanma ölçüm sonuçları Şekil 5.20 ve Tablo 5.9’da verilmektedir. Veriler incelendiğinde K2B, T2B ve E2B havlu numuneleri arasında en yüksek kılcal ıslanma değeri EcoVero® ile üretilen kumaşa, en düşük hızlı kılcal ıslanma değerinin kaşmir içeren havlu ile elde edildiği görülmektedir. Kaşmir ve EcoVero® ipliklerin hem ağır hem de çok ağır numuneler için EcoVero® daha yüksek bir kılcal ıslanmaya sahiptir. EcoVero®’ nun düzgün lif kesiti ve hav ipliği olarak %100 kompozisyonda kullanılması bu durumun nedeni olarak gösterilebilir.



Şekil 5.20: Çok ağır gramajlı havlular dikey kılcal ıslanma değerleri

Tablo 5.9: Çok ağır gramajlı havlular dikey kılcal ıslanma değerleri

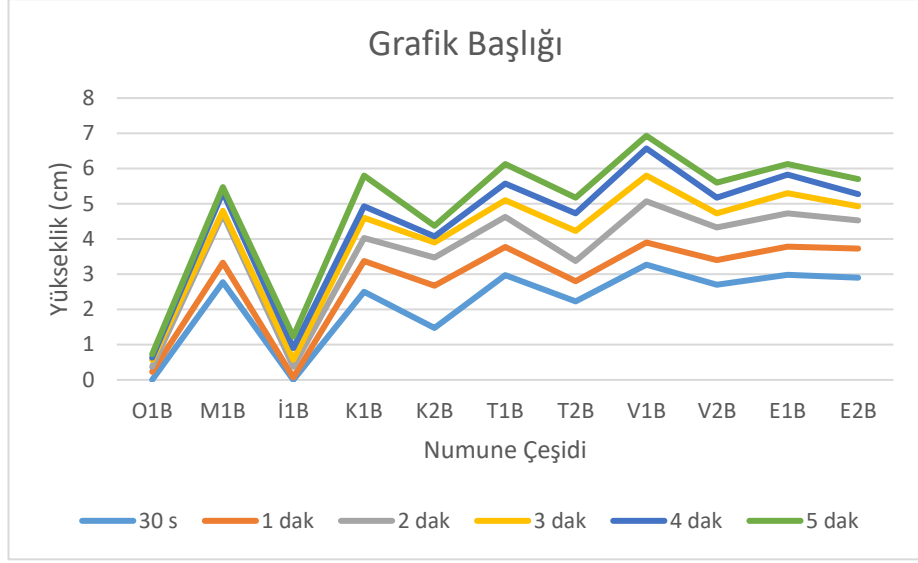
Kılcal Islanma	K2B	T2B	E2B
30 s	1,47	2,23	2,90
1 dak	2,67	2,80	3,73
2 dak	3,47	3,37	4,53
3 dak	3,90	4,23	4,93
4 dak	4,07	4,73	5,27
5 dak	4,37	5,17	5,70

Şekil 5.21'e bakıldığında tüm numunelerin belirli sürelerde sahip olduğu sıvı yükseklik değerleri sıralaması değişiklik göstermemiş, süre arttıkça sıvı yüksekliği artmıştır.

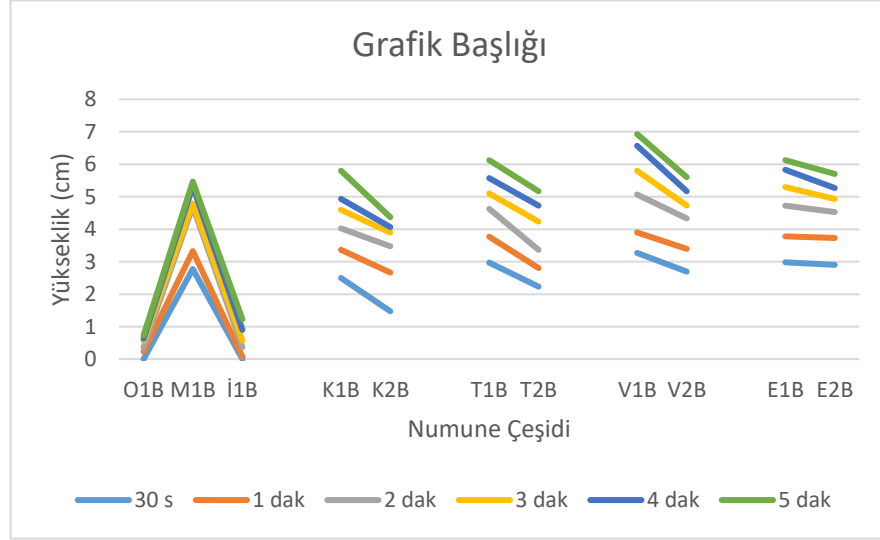
Aynı iplik çeşidi farklı ağırlıklarla üretilen havlular incelendiğinde, kaşmir, Tencel®, EcoVero®, Viloft® iplik çeşitlerinin hepsinde daha düşük gramajlı havluların daha fazla kılcal ıslanma yüksekliğine sahip olduğu görülmüştür. Microcotton® iplikle üretilen havlu beklenildiği gibi ipliklerin terbiye sonrası bükümsüz olmasından dolayı iyi bir kılcal ıslanma değerine sahiptir (Tablo 5.10, Şekil 5.22). Organik numunenin diğer numunelerden farklı olarak Ne 16/1 iplik ile üretilmesi, ipek numunenin suyun ıslanma kabiliyetini düşürmesi daha düşük kılcal ıslanma değerlerine sahip olması sonucunu doğurmuştur. V1B numunesi lif yapısı nedeniyle O1B'ye göre %849,2 daha hızlı batmıştır.

Tablo 5.10: Bütün numunelere ait toplam kılcal ıslanma değerleri

Kılcal Islanma	O1B	M1B	İ1B	K1B	K2B	T1B	T2B	V1B	V2B	E1B	E2B
30 s	0	2,77	0	2,5	1,47	2,97	2,23	3,27	2,7	2,98	2,9
1 dak	0,23	3,33	0,07	3,37	2,67	3,77	2,8	3,9	3,4	3,78	3,73
2 dak	0,37	4,7	0,37	4,03	3,47	4,63	3,37	5,07	4,33	4,73	4,53
3 dak	0,57	4,8	0,57	4,6	3,9	5,1	4,23	5,8	4,73	5,3	4,93
4 dak	0,63	5,33	0,9	4,93	4,07	5,57	4,73	6,57	5,17	5,83	5,27
5 dak	0,73	5,47	1,23	5,8	4,37	6,13	5,17	6,93	5,6	6,13	5,7
En Düşük Değere Göre Fark (%)	0,00	649,32	68,49	694,52	498,63	739,73	608,22	849,32	667,12	739,73	680,82



Şekil 5.21: Numune çeşidine süre aralıkları boyunca kılcal ıslanma değerleri



Şekil 5.22: Ağır-çok ağır gramajlı numune karşılaştırmalı kılcal ıslanma değerleri

5.5 Su Buharı Geçirgenliği Tayini

Tablo 5.11: Su buharı geçirgenliği test sonuçları

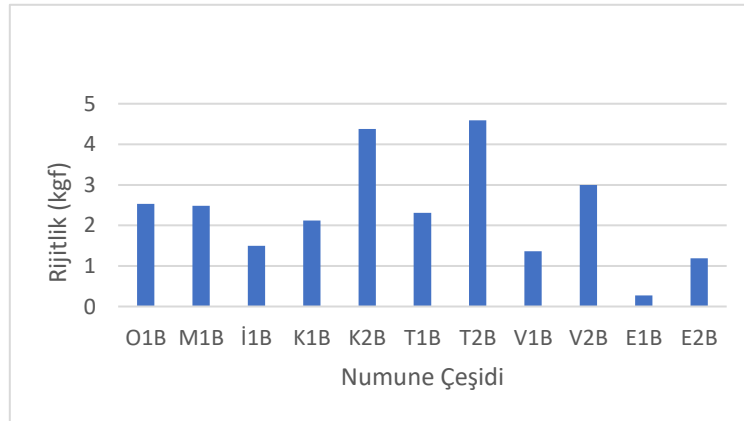
Numune	O1B	M1B	İ1B	K1B	K2B	T1B	T2B	V1B	V2B	E1B	E2B
WVP (g/m ² x gün)	1111,6	1113,5	1053,4	1123,5	1085,8	1066,1	1129	1090,6	1193,7	971,9	1007,1
En Düşük Değere Göre Fark	14,37	14,57	8,39	15,60	11,7	9,69	16,17	12,22	18,58	0,00	3,62
Pamuğa Göre Fark (%)	0,00	0,17	-5,23	1,08	-2,31	-4,09	1,57	-1,88	7,39	-12,56	-9,40

BS EN 7209: 1990 “Su buharı geçirgen giysi kumaşlarının özellikleri” standardına göre uygulanan test sonuçlarına göre su buharı geçirgenliği verileri Tablo 5.11’de verilmektedir. WVP (g/m²xgün) değerleri incelendiğinde en yüksek değer V2B, en düşük değerin ise E1B numunesi ile elde edildiği görülmüştür; Tablo 5.14 incelendiğinde kumaş kalınlığı en az olan olan E1B numunesidir. V2B numunesi iyi bir kumaş kalınlığına sahiptir ve rejenere selülozik liflerde kumaş kalınlığı arttıkça su buharı geçirgenliği artmıştır. Viloft® lifinin yassı ve gözenekli yapısı su buharı geçirgenliğinin diğer liflere göre daha yüksek olmasını sağlamıştır. Havlu üretiminde en çok kullanılan pamuk ipliğinden yapılan havlu verileri ile kıyaslandığında V2B kodlu viloft içeren çok ağır gramajlı havlunun, pamuk havluya göre %7,39 daha fazla su buharı geçirgenliğine sahip olduğu belirlenmiştir. V2B havlu kumaşın su buharı geçirgenlik miktarı, en düşük değerde olan E1B numunesi ile karşılaştırıldığında %18,58 daha fazladır. E havlu numuneleri en düşük teorik ve deneysel gözenekliliğe sahiptir ve Atasağun (2015)’a ait tezde yer alan lif ve kumaşın boşluklarının azalması ile su buharı difüzyonunun azalması değerlendirmesi ile aynı yönde sonuç vermiştir.

5.6 Rijitlik Tayini

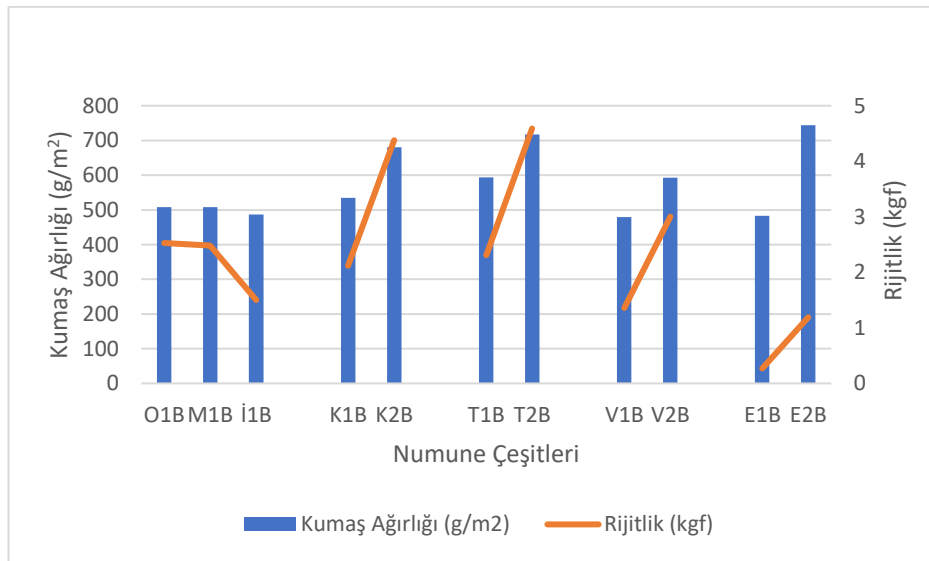
Tablo 5.12: Rijitlik ölçüm sonuçları

Numune Kodu	O1B	M1B	İ1B	K1B	K2B	T1B	T2B	V1B	V2B	E1B	E2B
Rijitlik (kgf)	2,53	2,48	1,5	2,12	4,38	2,31	4,59	1,36	3	0,27	1,19
En düşük Gramaja Göre Fark (%)	837,00	818,50	455,60	685,20	1522,20	755,60	1600,00	403,70	1011,10	0,00	340,70



Şekil 5.23: Rijitlik ölçüm sonuçları

Rijitlik ölçüm verileri Tablo 5.12 ve Şekil 5.23 ve Şekil 5.24'te verilmektedir. Elde edilen ölçüm sonuçları incelendiğinde ağır gramajlı havlular içinde, en düşük değer E1B en yüksek değer O1B havlusuna ait olduğu belirlenmiştir. Bu durumun nedeninin E1B numunesinin en düşük kumaş kalınlığı ve düşük atkı sıklığına, O1B numunesinin yüksek kumaş kalınlığı ve yüksek atkı sıklığına sahip olduğu düşünülmektedir. Ağır gramajlı havlular arasında yapılan karşılaştırmada ise rijitlik değerinin en yüksekten en düşüğe sıralamasının T2B, K2B ve E2B şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bu sıralama, ağır gramajlı havlularda T1B, K1B ve E1B şeklindedir; ağır ve çok ağır gramajlı havlularda sıralama değişmemiştir. Elde edilen sonuçlara göre E1B havlu çeşidi en düşük rijitliğe sahiptir ve kaşmir, Tencel®, EcoVero®, Viloft® iplikleri ile üretilen havluların gramajı düştükçe rijitliğin azaldığı yani daha yumuşak olduğu sonucuna varılmıştır. Bu tezde test edilen numune çeşitlerinin hepsi daha düşük gramajda daha düşük sertlik değerlerine sahiptir ve Frontczak-Wasiak ve Syncerski (2004)'nin sonuçları ile uyumludur. Bu makaleye göre iki yüzü bukleli, en düşük metrekare ağırlığa sahip pamuk havlu, en iyi tuşeye sahip havlu olarak tespit edilmiştir. Rijitliği en yüksek olan T2B numunesidir, kalınlık ve gramaj ile beraber atkı sıklığının da rijitlik üzerinde etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. T2B numunesi en düşük rijitlik oranına sahip E1B numunesine göre %1600 daha serttir ve Frontczak-Wasiak ve Syncerski (2004)'nin değerlendirmelerine göre daha az değerli olduğu kabul edilebilir.



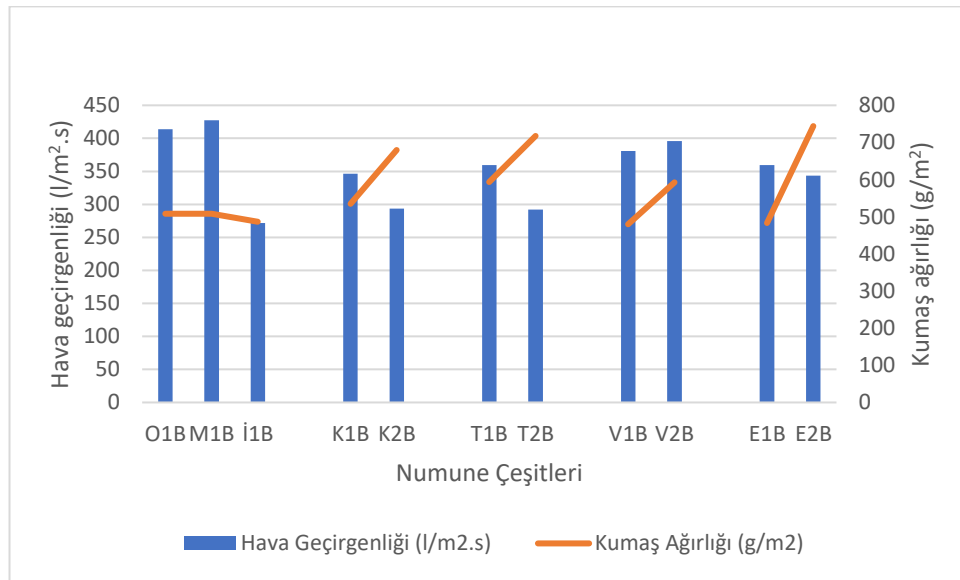
Şekil 5.24: Gramaj-rijitlik değişimleri

5.7 Hava Geçirgenliği Testi Bulguları

Tablo 5.13 ve Şekil 5.25 incelendiğinde en yüksek hava geçirgenliğine M1B numunesi sahiptir. Microcotton® ipliğin bükümsüz olması nedeni ile lifler arası boşluklar fazladır bu nedenle yüksek hava geçirgenliğine sahiptir. Sekerden (2018)'in % 100 pamuk ve bambu-pamuk karışımı havlu kumaşlar üzerine yaptığı çalışmalarda daha boşluklu yapıya sahip bambu karışımı havlular daha yüksek hava geçirgenliğine sahiptir ve Microcotton® havlu çeşidinde aynı boşluklu yapı gözükmektedir. Aynı çalışmada hav boyu arttıkça hava geçirgenliğinin düştüğü sonucuna varılmış ve K, T, E ve V havlu çeşitlerinden, daha hava boşluklu ve tırtıklı yüzeye sahip V havlusunu hariç diğer üç numune bu bulgu ile aynı yönde sonuç vermiştir.

Tablo 5.13: Hava geçirgenliği test bulguları

Numune Kodu	O1B	M1B	İ1B	K1B	K2B	T1B	T2B	V1B	V2B	E1B	E2B
Hava Geçirgenliği (l/m ² .s)	413,6	427,14	271,67	346,43	293,71	359,29	292,00	381,00	396,00	359,40	343,33
En Düşük Değere Göre Fark (%)	52,20	57,20	0,00	27,50	8,10	32,30	7,50	40,20	45,80	32,30	26,40



Şekil 5.25: Kumaş ağırlığı hava geçirgenliği değerleri

5.8 Gözeneklilik Bulguları

Teorik gözeneklilik değerlerinin elde edilmesi için:

$$\text{Gözeneklilik } (\varepsilon) = 1 - \frac{V_f(V_{total})}{\text{Küboid hacmi } (V_c)} = 1 - \frac{(V_p+V_g+V_w)}{\left(\frac{n_s}{n_2}\right) x t x 1} \quad (5.25)$$

denklemindeki hav çözgü ipliği hacmi (V_p), zemin çözgü ipliği hacmi (V_g), atkı ipliği hacmi (V_w) hesaplanarak V_f toplam lif yoğunluğu bulunmuş, V_c teorik küboid hacmi ile ilişkilendirilerek teorik gözeneklilik değerlerine ulaşılmıştır. Ulaşılan değerlere ait detaylı sonuçlar Tablo 5.14-5.16'da gösterilmiştir.

Tablo 5.16 incelendiğinde, en yüksek statik su emilimine M1B numune çeşidi sahiptir. Statik su emilimi değerinin hesaplanmasında, Denklem 4.23'e göre, kumaşa ait kuru ve ıslak haldeki ağırlık değeri farkı ne kadar yüksek olursa statik su emilim değeri değeri yüksek olmaktadır. M1B kuru ve ıslak ağırlık farkının en yüksek olduğu numune çeşididir. EcoVero® numune çeşidi, ıslak ve kuru ağırlık farkının düşük olması nedeniyle en düşük statik su emilimine sahiptir.

Tablo 5.14: Gözeneklilik sonuçları I

Numune Kodu	Kumaş Ağırlığı (g/m ²)	Kumaş Kalınlığı (cm) ***	Atkı Sıklığı (tel/cm)	Atkı İplik Numarası				Hav Oranı, (%) *	Hav Yüksekliği (mm) **	İplik Kıvrımı	
				Ne	Nm	Tex	Den			Çözgü Zemin (C ₁)	Atkı (C ₂)
O1B	508,00	0,45	19	16	27,1	36,9	332,2	7,40	5,84	10,11	15,25
M1B	508,00	0,45	16	16	27,1	36,9	332,2	7,25	6,79	6,76	18,03
İ1B	486,67	0,35	19	16	27,1	36,9	332,2	5,58	4,40	6,83	17,70
K1B	534,67	0,55	16	16	27,1	36,9	332,2	7,80	7,31	12,85	14,71
K2B	680,00	0,70	17	16	27,1	36,9	332,2	9,48	8,37	8,88	18,70
T1B	593,67	0,48	17	16	27,1	36,9	332,2	7,00	6,18	3,61	15,25
T2B	717,33	0,65	20	16	27,1	36,9	332,2	9,43	7,07	13,04	16,84
V1B	479,67	0,45	16	16	27,1	36,9	332,2	6,67	6,25	9,30	16,49
V2B	592,67	0,65	16	16	27,1	36,9	332,2	7,42	6,96	10,11	19,03
E1B	483,33	0,28	16	16	27,1	36,9	332,2	5,27	4,94	7,41	0,150
E2B	744,00	0,42	17	16	27,1	36,9	332,2	9,24	8,15	13,04	16,84

*Hav Oranı: Metredeki hav ipliği uzunluğu

**Hav Yüksekliği = Hav Oranı x 15 / Cm'deki Atkı Sayısı (URL_15)

*** Kumaş kalınlığı Abo-Taleb ve diğ. sonuçlarında uygulanan 10 g/cm² altında ölçülerek değil, normal şartlarda metre ile ölçülerek alınmıştır.

Tablo 5.15: Gözeneklilik sonuçları II

Numune Kodu	Kumaş Ağırlığı (g/m ²)	Cm'deki Atkı Sayısı	Küboid Hacmi (cm ³)	Hav Uzunluğu (L) (cm)	Atkı İpliği Çapı (mm)	Atkı İpliği Hacmi (g/cm ³)	Ölçülen Hacim (cm ³)			
							V _p	V _g	V _w	V _t
O1B	508,00	19	0,047	0,462	0,225	0,9249	0,0014	0,0009	0,0009	0,0032
M1B	508,00	16	0,056	0,467	0,225	0,9249	0,0019	0,0011	0,0009	0,0040
İ1B	486,67	19	0,037	0,365	0,225	0,9249	0,0015	0,0009	0,0008	0,0032
K1B	534,67	16	0,069	0,564	0,225	0,9249	0,0023	0,0011	0,0009	0,0043
K2B	680,00	17	0,082	0,710	0,225	0,9249	0,0029	0,0010	0,0010	0,0048
T1B	593,67	17	0,056	0,494	0,225	0,9249	0,0019	0,0009	0,0009	0,0038
T2B	717,33	20	0,065	0,658	0,225	0,9249	0,0028	0,0009	0,0007	0,0045
V1B	479,67	16	0,056	0,467	0,225	0,9249	0,0021	0,0011	0,0009	0,0041
V2B	592,67	16	0,081	0,662	0,225	0,9249	0,0029	0,0011	0,0010	0,0050
E1B	483,33	16	0,035	0,307	0,225	0,9249	0,0013	0,0011	0,0009	0,0032
E2B	744,00	17	0,049	0,436	0,225	0,9249	0,0018	0,0011	0,0009	0,0038

Tablo 5.16: Gözenekliliğe ait teorik ve deneysel sonuçlar

Numune Kodu	Kumaş Ağırlığı (g/m ²)	Toplam Gözeneklilik		Statik Su Emilimi (%)	Su Tutma Kapasitesi (SI)
		Teorik	Deneysel		
O1B	508,00	0,94743	0,92670	645,07	8,20892
M1B	508,00	0,94269	0,92977	745,59	8,82648
İ1B	486,67	0,93264	0,92427	527,50	7,97654
K1B	534,67	0,94910	0,93632	590,17	9,60966
K2B	680,00	0,95085	0,93636	571,30	9,61697
T1B	593,67	0,94621	0,91863	544,97	7,42745
T2B	717,33	0,94184	0,92740	608,48	8,40344
V1B	479,67	0,94001	0,92333	662,90	8,60248
V2B	592,67	0,94729	0,93487	726,74	10,25309
E1B	483,33	0,92996	0,88492	362,00	5,12644
E2B	744,00	0,93948	0,88190	402,59	4,97849

4.24 denklemine göre, su tutma kapasitesinin düşük olması için deneysel gözeneklilik değerinin düşük olması gerekmektedir. Deneysel gözeneklilik değeri en düşük olan EcoVero® numunesi en düşük su tutma kapasitesine sahiptir. EcoVero® numune çeşidi teorik gözeneklilik, deneysel gözeneklilik, statik su Emilimi ve su tutma kapasitesi yönlerinden çok düşük değerlere sahiptir.

5.9 İstatistik Bulguları

Tez süresince havlu numunelerinin su batma, su buharlaşma, kuruma hızı, dikey kılcal ıslanma, su buharı geçirgenliği, rijitlik, hava geçirgenliği ve gözeneklilik değerleri, lif yapısı, kumaş kalınlığı ve ağırlığı bakımından değerlendirilmiştir. Tüm sonuçların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı araştırılmış ve ilerleyen bölümlerde detaylı olarak tablo halinde verilmiştir. Parametrik veriler için Pearson, nonparametrik veriler için Spearmen korelasyon analizleri yapılmıştır.

Tablo 5.16 değerlerine göre teorik ve deneysel gözeneklilik bulguları ile su tutma kapasitesi ve statik su tutma emiliminin birbirleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Teorik ve deneysel gözeneklilik arasındaki korelasyonu (Tablo 5.17) Spearmen'a göre anlamlıdır. (Sig. 2 tailed 0,004 <0,05)

Tablo 5.17: Korelasyon Teorik gözeneklilik- deneysel gözeneklilik ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları

			Teorik Gözeneklilik	Deneysel Gözeneklilik
Spearman's rho	Teorik Gözeneklilik	Korelasyon Katsayısı	1,000	,782**
		Sig. (2-tailed)	.	,004
		N	11	11
	Deneysel Gözeneklilik	Korelasyon Katsayısı	,782**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,004	.
		N	11	11

** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

$$\text{Deneysel gözeneklilik} = -0,87 + 1,9 \times \text{Teorik gözeneklilik} \quad (5.26)$$

Denklem (5.26) ile teorik ve deneysel gözeneklilik arasındaki ilişki bulunabilir.

Statik su emilimi ve su tutma kapasitesi arasındaki korelasyonu incelendiğinde birbirleri arasında anlamlı ilişkide oldukları görülmektedir. (Sig. 2 tailed 0,01 <0,05) (Tablo 5.18). Denklem (5.27) ile statik su emilimi ve su tutma kapasitesi arasındaki ilişki gösterilmektedir.

Tablo 5.18: Korelasyon statik su emilimi-su tutma kapasitesi ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları

		Statik Su Emilimi (%)	Su Tutma Kapasitesi (SI)
Statik Su Emilimi (%)	Pearson Korelasyonu	1	,843**
	Sig. (2-tailed)		,001
	N	11	11
Su Tutma Kapasitesi (SI)	Pearson Korelasyonu	,843**	1
	Sig. (2-tailed)	,001	
	N	11	11

** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

$$\text{Statik su emilimi} = 1,01 + 59,27x \text{ Su tutma kapasitesi} \quad (5.27)$$

Havlu kumaşlarda gözeneklilik yapısını belirleyen en önemli faktörün kumaş kalınlığı olduğu ön görülerek, test edilen on bir numunede elde edilen analiz değerlerine göre hav oranı, hav uzunluğu (L) kalınlık ile ilişkili, 120 dakikada su kaybı, su tutma kapasitesi, deneysel ve teorik gözeneklilik kumaş kalınlığı ile bağlantılı anlamlı sonuçlar vermiştir. Test sonucu analizlerinin tümü istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 5.19: Korelasyon kumaş kalınlığı- hav oranı ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları

		Kumaş Kalınlığı	Hav Oranı
Kumaş Kalınlığı	Pearson Korelasyonu	1	,745**
	Sig. (2-tailed)		,009
	N	11	11
Hav Oranı	Pearson Korelasyonu	,745**	1
	Sig. (2-tailed)	,009	
	N	11	11

** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

$$\text{Kumaş kalınlığı} = -0,02 + 0,07x \text{ Hav oranı} \quad (5.28)$$

Kumaş kalınlığı ve hav oranı korelasyon analizinde Sig. değeri $0,009 < 0,05$ olarak hesaplanmış ve sonuç olarak kalınlık ve hav oranı arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür (Tablo 5.19). (5.28) denklemi ile birbirleri arasındaki ilişki hesaplanabilir.

Tablo 5.20'ye göre kumaş kalınlığı ve hav uzunluğu(L) istatistik analizinde her iki değerin birbiri ile çok yakından ilişkili olduğu saptanmıştır (Sig. =0,000<0,05). İki parametre ile ilgili denklem (5.29)'da gösterilmiştir.

Tablo 5.20: Korelasyon kumaş kalınlığı- hav uzunluğu (L) ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları

		Kumaş Kalınlığı	Hav Uzunluğu (L)
Kumaş Kalınlığı	Pearson Korelasyonu	1	1,000**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	11	11
Hav Uzunluğu (L)	Pearson Korelasyonu	1,000**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	11	11

** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

$$\text{Kumaş kalınlığı} = -0,03 + \text{Hav uzunluğu(L)} \quad (5.29)$$

Kumaş kalınlığı ile 120 dakikada su kaybı, su tutma kapasitesi, teorik ve deneysel gözeneklilik değerleri arasındaki regresyon analizlerinde (Tablo 5.21-5.24) Önem Sig. değeri sırasıyla 0,029-0,012-0,004 ve 0,027 olarak hesaplanmış; bu dört parametrenin kumaş kalınlığı ile anlamlı bir bağlantıya sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Her değer için Sig.<0,05).

Tablo 5.21: Regresyon kumaş kalınlığı-120 dakikada su kaybı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	,000	1	,000	6,734	,029 ^b
Atık	,000	9	,000		
Total	,000	10			

a. Bağımlı Değişken: 120 Dakikada Su kaybı

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı

Tablo 5.22: Regresyon kumaş kalınlığı-su tutma kapasitesi bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	15,158	1	15,158	9,748	,012 ^b
Atık	13,995	9	1,555		
Total	29,153	10			

a. Bağımlı değişken: Su Tutma Kapasitesi (SI);

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı

Tablo 5.23: Regresyon kumaş kalınlığı-teorik gözeneklilik bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	,000	1	,000	14,715	,004 ^b
Atık	,000	9	,000		
Total	,000	10			

a. Bağımlı değişken: Teorik Gözeneklilik;

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı

Tablo 5.24: Regresyon kumaş kalınlığı-deneysel gözeneklilik bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	,002	1	,002	7,011	,027 ^b
Atık	,002	9	,000		
Total	,004	10			

a. Bağımlı değişken: Deneysel Gözeneklilik

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı

Kumaş ağırlığı ve hav oranı korelasyonu (Tablo 5.25) incelendiğinde, kumaş ağırlığı ile hav oranı birbiri ile anlamlı bir ilişkiye sahiptir (Sig. (2-tailed) =0,000 <0,05). Denklem (5.30) ile birbirleri arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Tablo 5.25: Korelasyon kumaş ağırlığı- hav oranı ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları

		Kumaş Ağırlığı	Hav Oranı
Kumaş Ağırlığı	Pearson Korelasyonu	1	,877**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	11	11
Hav Oranı	Pearson Korelasyonu	,877**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	11	11

** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

$$\text{Kumaş ağırlığı}=1,24+60,2x\text{Hav oranı} \quad (5.30)$$

Havlu kumaşlarda kumaş kalınlığı ve kumaş ağırlığı kumaşın son kullanım özelliğini belirleyen iki parametredir. Tablo 5.28 incelendiğinde hem hav boyu hem de hav oranı arttığında kumaş ağırlığı artmıştır. Aynı lif çeşidi ve iplik numarası ile üretilen aynı lif çeşidine sahip K1B-K2B, T1B-T2B, E1B-E2B, V1B-V2B havlular

kıyaslandığında kumaş ağırlığı ve kumaş kalınlığının yakın ilişkide olduğu görülmüştür

Bu nedenle kumaşların fiziksel özelliklerinin bu iki bağımsız değişken ile bağlantısı araştırılmıştır. Su tutma kapasitesi ile kumaş kalınlığı ve kumaş ağırlığı arasında regresyon analizi yapıldığında (Tablo 5.26) kumaş ağırlığı ve kumaş kalınlığı arttıkça su tutma kapasitesi anlamlı bir şekilde artmaktadır ve çok yakın bağlantılıdır. (Sig. =0,000<0,05)

Tablo 5.26: Regresyon su tutma kapasitesi / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model		Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1	Regresyon	27,005	2	13,503	50,287	,000 ^b
	Atık	2,148	8	,269		
	Total	29,153	10			

a. Bağımlı değişken: Su Tutma Kapasitesi (SI)

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı, Kumaş Ağırlığı

KATSAYILAR Su Tutma Kapasitesi / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı

Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Sig.
		B	Std. Sapma	Beta		
1	(Sabit)	8,381	,976		8,588	,000
	Kumaş Ağırlığı	-,014	,002	-,779	-6,642	,000
	Kumaş Kalınlığı	15,197	1,525	1,168	9,965	,000

a. Bağımlı değişken: Su Tutma Kapasitesi (SI)

Kumaş kalınlığı ve kumaş ağırlığının statik su emilimi üzerine etkisi regresyon analizi ile hesaplanmış ve statik su emiliminin kumaş kalınlığı ve ağırlığı ile anlamlı bağlantıda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5.27) (Sig.0,019<0,05).

DeneySEL ve teorik gözeneklilik, hav oranı, hav uzunluğu (L), su buharı geçirgenliğinin kumaş ağırlığı ve kumaş kalınlığı ile bağlantısı araştırılmış regresyon analizinde önemlilik- Sig. değerleri sırasıyla 0,01; 0,015; 0,00; 0,00; 0,04 < 0,05 olarak hesaplanmış ve bu değerlerin kumaş ağırlığı ve kumaş kalınlığı ile anlamlı bağlantıya sahip olduğu görülmüştür (Tablo 5.28-5.32).

Tablo 5.27: Regresyon statik su emilimi / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	90216,169	2	45108,084	6,706	,019 ^b
Atık	53810,052	8	6726,257		
Total	144026,221	10			

a. Bağımlı değişken: Statik Su Emilimi (%)

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı, Kumaş Ağırlığı

KATSAYILAR Statik Su Emilimi / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı

Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış İş Katsayılar	t	Sig.
		B	Std. Sapma	Beta		
1	(Sabit)	679,704	154,468		4,400	,002
	Kumaş Ağırlığı	-,905	,323	-,740	-2,805	,023
	Kumaş Kalınlığı	854,038	241,361	,934	3,538	,008

a. Bağımlı değişken: Statik Su Emilimi (%)

Tablo 5.28: Regresyon deneysel gözeneklilik / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	,003	2	,002	21,760	,001 ^b
Atık	,001	8	,000		
Total	,004	10			

a. Bağımlı değişken: Deneysel Gözeneklilik

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı, Kumaş Ağırlığı

KATSAYILAR Deneysel Gözeneklilik / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı

Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış İş Katsayılar	t	Sig.
		B	Std. Sapma	Beta		
1	(Sabit)	,928	,016		58,439	,000
	Kumaş Ağırlığı	,000	,000	-,779	-4,578	,002
	Kumaş Kalınlığı	,162	,025	1,109	6,517	,000

a. Bağımlı değişken: Deneysel Gözeneklilik

Tablo 5.29: Regresyon teorik gözeneklilik / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	,000	2	,000	7,358	,015 ^b
Atık	,000	8	,000		
Total	,000	10			

a. Bağımlı değişken: Teorik Gözeneklilik

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı, Kumaş Ağırlığı

Tablo 5.30: Regresyon hav oranı / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	17,479	2	8,740	23,615	,000 ^b
Atık	2,961	8	,370		
Total	20,440	10			

a. Bağımlı değişken: Hav Oranı

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı, Kumaş Ağırlığı

Tablo 5.31: Regresyon hav uzunluğu (L) / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	,162	2	,081	8055,811	,000 ^b
Atık	,000	8	,000		
Total	,162	10			

a. Bağımlı değişken: Hav Uzunluğu (L)

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Kalınlığı, Kumaş Ağırlığı

Tablo 5.32: Regresyon su buharı geçirgenliği / kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1 Regresyon	27819,938	2	13909,969	12,146	,004 ^b
Atık	9161,881	8	1145,235		
Total	36981,819	10			

a. Bağımlı değişken: Su Buharı Geçirgenliği

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Ağırlığı, Kumaş Kalınlığı

KATSAYILAR Su Buharı Geçirgenliği / Kumaş Kalınlığı-Kumaş Ağırlığı

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış İş Katsayılar	t	Sig.
	B	Std. Sapma	Beta		
1 (Sabit)	1047,785	63,738		16,439	,000
Kumaş Kalınlığı	490,447	99,593	1,058	4,925	,001
Kumaş Ağırlığı	-,354	,133	-,572	-2,662	,029

a. Bağımlı değişken: Su Buharı Geçirgenliği

İnsan teninde oluşan su buharının bir an önce uzaklaştırılması konfor açısından önemli bir özelliktir. Havlu kumaşlar su ve insan vücudu arasında temasın en yüksek olduğu alanlarda kullanılmaktadır. Bu nedenle su buharı geçirgenliğinin araştırılması gereği duyulmuştur. Su buharı geçirgenliğinin gözeneklilik ile bağlantılı olduğu ön görülmektedir. Su buharı geçirgenliği ile kumaş kalınlığı, teorik ve deneysel gözeneklilik arasındaki ilişkiyi bulmak amacıyla bu dört parametrenin birbiri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre (Tablo 5.33) su buharı geçirgenliği teorik ve deneysel gözeneklilik ile kumaş kalınlıkları anlamlı ilişkidedir. Su buharı geçirgenliği; teorik gözeneklilik korelasyonu Sig. değeri 0,021, deneysel gözeneklilik korelasyonu Sig. değeri 0,001, kumaş kalınlığı korelasyonu Sig. değeri 0,011 olarak elde edilmiştir. Denklem (5.31), (5.32), (5.33) ile aralarındaki ilişkiler hesaplanabilir.

$$\text{Su buharı geçirgenliği} = -4,79 + 6,23 \times \text{Teorik gözeneklilik} \quad (5.31)$$

$$\text{Su buharı geçirgenliği} = -1,40 + 2,70 \times \text{Deneysel gözeneklilik} \quad (5.32)$$

$$\text{Su buharı geçirgenliği} = 9,19 + 3,38 \times \text{Kumaş kalınlığı} \quad (5.33)$$

Tablo 5.33: Korelasyon su buharı geçirgenliği ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları

		Su Buharı Geçirgenliği	Teorik Gözeneklilik	Deneysel Gözeneklilik	Kumaş Kalınlığı
Su Buharı Geçirgenliği	Pearson Korelasyonu	1	,683*	,849**	,730*
	Sig. (2-tailed)		,021	,001	,011
	N	11	11	11	11
Teorik Gözeneklilik	Pearson Korelasyonu	,683*	1	,662*	,788**
	Sig. (2-tailed)	,021		,026	,004
	N	11	11	11	11
Deneysel Gözeneklilik	Pearson Korelasyonu	,849**	,662*	1	,662*
	Sig. (2-tailed)	,001	,026		,027
	N	11	11	11	11
Kumaş Kalınlığı	Pearson Korelasyonu	,730*	,788**	,662*	1
	Sig. (2-tailed)	,011	,004	,027	
	N	11	11	11	11

* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

Tablo 5.34: Korelasyon su batma- kılcal ıslanma ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları

			Su Batma	Kılcal Islanma
Spearman's rho	Su Batma	Korelasyon Katsayısı	1,000	-,661*
		Sig. (2-tailed)	.	,027
		N	11	11
	Kılcal Islanma	Korelasyon Katsayısı	-,661*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,027	.
		N	11	11

* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

$$\text{Su batma} = 38,44 - 6,04 \times \text{Kılcal ıslanma} \quad (5.34)$$

Havlu kumaşların diğer özelliklerinin incelenmesi ile kılcal ıslanma, su batma özelliklerinin birbiri ile anlamlı ilişkide olduğu sonucuna varılmıştır (5.34). İlişkiye ait denklem (5.34)'te gösterilmiştir

Havlu kumaşların iyi bir su absorpsiyonu ve kuruma sağlamasına ilave olarak konfor ve performansını etkileyen diğer bir faktör kumaşın rijitliğidir. Günümüzde nihai tekstil ürünlerinde dökümlülük ve yumuşaklık özellikleri istenilen özellikler haline gelmiştir ve bu konuda test yöntemleri geliştirilmiş ve uygulanmaktadır. Test

laboratuvarında yapılan ölçümlere göre, rijitliğin kumaş kalınlığı ile anlamlı ilişkide olduğu görülmektedir. Rijitliğin kumaş kalınlığı ve kumaş ağırlığı ile bağlantısı incelendiğinde, kalınlık ve ağırlığın rijitlik üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 5.35-5.36). Korelasyon analizinde (5.35) denklemi kumaş kalınlığı-rijitlik arasındaki ilişki hesaplanabilir.

Tablo 5.35: Korelasyon rijitlik- kumaş kalınlığı ilişkisine yönelik istatistiksel analiz sonuçları

		Kumaş Kalınlığı	Rijitlik
Kumaş Kalınlığı	Pearson Korelasyonu	1	,899**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	11	11
Rijitlik	Pearson Korelasyonu	,899**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	11	11

** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır (2-yönlü).

$$\text{Rijitlik} = -2,07 + 8,94 \times \text{Kumaş kalınlığı} \quad (5.35)$$

Tablo 5.36: Regresyon rijitlik/kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı bağlantısına yönelik istatistiksel analiz sonuçları

Model		Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
1	Regresyon	13,785	2	6,892	16,947	,001 ^b
	Atık	3,253	8	,407		
	Total	17,038	10			

a. Bağımlı değişken: Rijitlik

b. Tahmin Edici Değişken: (Sabit), Kumaş Ağırlığı, Kumaş Kalınlığı

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkiye'nin Denizli ilinde üretilen, farklı elyaf kompozisyonuna sahip on bir havlu kumaş numunesinin fiziksel özellikleri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Havlu kumaşlar için ipek, organik pamuk, Microcotton®, kaşmir, Tencel®, EcoVero® ve Viloft® lifleri ile üretilen iplikleri hav ipliği olarak seçilmiş, zemin ipliği olarak Ne 20/2 %100 pamuk ve atkı ipliği olarak Ne 16/1 %100 pamuk iplikler kullanılmıştır. Organik pamuk hav ipliğine sahip kumaş çeşidinin atkı ve zemin ipliği numarası diğer numuneler ile aynı ancak %100 organik pamuktur. Numune kumaşlara su batma, su buharlaşma, kuruma hızı, dikey kılcal ıslanma, su buharı geçirgenliği ve sertlik testleri uygulanmıştır.

Havlu kumaşta bir bukle oluşması sırasında küboid şekli meydana getirdiği kabul edilerek teorik gözeneklilik hesaplanmış, deneysel gözeneklilik ile ilişkisi hesaplanmış ve iki parametrenin birbiri ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Teorik gözenekliliğin kumaş kalınlığı, kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı ile anlamlı bağlantılı olduğu ve su buharı geçirgenliği ile anlamlı ilişkide olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmaların neticesinde kumaş kalınlığının hav oranı ve hav uzunluğu (L) ile ilişkili, 120 dakikada su kaybı, su tutma kapasitesi, teorik ve deneysel gözeneklilik üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür.

Dokuma işlemi öncelikle kumaş ağırlığı ve kumaş kalınlığı değerlerinin dokuma tezgâhında ayarlanması ile başlar. Nihai ürünlerde yumuşak bir tuşe ve su ile iyi bir etkileşim başlıca istenilen özelliklerdir. Havlu kumaşlara yapılan rijitlik testlerinde kumaş kalınlığı ve kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığının rijitlikle anlamlı bir ilişkide olduğu saptanmıştır. Kumaş kalınlığı-kumaş ağırlığı regresyon analiz sonuçları değerlendirildiğinde hav oranı, hav uzunluğu, su tutma kapasitesi, statik su emilimi, teorik ve deneysel gözeneklilik ve su buharı geçirgenliğinin bu iki parametreyle anlamlı bir bağlantıda olduğu belirlenmiştir.

Tablo 6.1: Sonuçlar tablosu I

	O1B	M1B	İ1B	K3B	K2B	T3B	T2B	V3B	V2B	E3B	E2B
Kılcal İslanma	0,73	5,47	1,23	5,80	4,37	6,13	5,17	6,93	5,60	6,13	5,70
Su Batma	41,44	3,17	27,17	2,67	6,50	3,07	4,02	3,16	2,98	4,06	3,15
120 dakikalık süreçte su kaybı	28,00%	79,00%	29,00%	59,00%	87,00%	70,00%	73,00%	35,00%	68,00%	51,00%	57,00%
WER Değeri	30,58%	96,30%	33,77%	64,72%	60,93%	61,71%	62,12%	67,74%	44,37%	74,70%	49,88%
Kuruma Hızı	21,19%	13,54%	16,90%	7,59%	9,93%	9,58%	9,54%	21,38%	21,12%	12,36%	12,54%
Su Buharı Geçirgenliği	1111,6	1113,5	1053,4	1123,5	1085,8	1066,1	1129,0	1090,6	1193,7	971,9	1007,1
Statik Su Emilimi	645,07	745,59	527,50	590,17	571,30	544,97	608,48	662,90	726,74	362,00	402,59
Su Tutma Kapasitesi	8,21	8,83	7,98	9,61	9,62	7,43	8,40	8,60	10,25	5,13	4,98

Tablo 6.2: Sonuçlar tablosu II

	O1B	M1B	İ1B	K3B	K2B	T3B	T2B	V3B	V2B	E3B	E2B
Kılcal İslanma	0,73	5,47	1,23	5,80	4,37	6,13	5,17	6,93	5,60	6,13	5,70
Su Batma	41,44	3,17	27,17	2,67	6,50	3,07	4,02	3,16	2,98	4,06	3,15
120 dakikalık süreçte su kaybı	-0,28%	-0,79%	-0,29%	-0,59%	-0,87%	-0,70%	-0,73%	-0,35%	-0,68%	-0,51%	-0,57%
Kuruma Hızı	21,19%	13,54%	16,90%	7,59%	9,93%	9,58%	9,54%	21,38%	21,12%	12,36%	12,54%
Su Buharı Geçirgenliği	1111,6	1113,5	1053,4	1123,5	1085,8	1066,1	1129,0	1090,6	1193,7	971,9	1007,1
Statik Su Emilimi	645,07	745,59	527,50	590,17	571,30	544,97	608,48	662,90	726,74	362,00	402,59
Su Tutma Kapasitesi	8,21	8,83	7,98	9,61	9,62	7,43	8,40	8,60	10,25	5,13	4,98

Teste tabi tutulan on bir farklı havlu numunesi yedi farklı lif çeşidi ile üretilmiştir. Numunelerin elyaf kompozisyonları incelendiğinde zemin ve atkı ipliği %100 pamuk ve hav iplikleri pamuk karışımı olduğundan dolayı, yukarıda analiz edilen kalınlık ve ağırlık değerlerinin yüksek oranda ilişkili ve bağlantılı olması beklenebilir. Havlu numunelerinin lif kompozisyonu göz önüne alındığında daha detaylı sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

İki farklı ağırlığa sahip K, T, E, V iplik çeşitleri ile üretilen kumaşlarda düşük ağırlığa sahip K1B, T1B, E1B ve V1B numunelerinde kılcal ıslanma değerleri, çok ağır numunelere göre daha yüksektir. Su batma değerleri incelendiğinde K1B, K2B'den oldukça hızlı batarken, T, E ve V kumaşları her iki ağırlıkta ± 1 s aralığında birbirine yakın değerlerde batmıştır. 120 dakikadaki su kaybı incelendiğinde K2B, T2B, E2B ve V2B, ağır numunelere göre daha hızlı su kaybetmiştir. T, E ve V numune kumaşları kuruma hızı yönünden incelendiğinde hem ağır hem de çok ağır gramajlarında yakın sonuçlar vermişlerdir. Kaşmir K lifi hayvansal lif olduğundan

dolayı, rejenere selülozlara göre daha farklı reaksiyonlar göstermiştir. Su buharı geçirgenliği, statik su emilimi, su tutma kapasitesi değerleri incelendiğinde, T, V ve E numunelerinin aynı yönde sonuç verdiği görülür. Her üç lif çeşidinin rejenere selüloz esaslı olması bu yönde hareketin sebebi olarak açıklanabilir (Tablo 6.1).

Gerçekleşen tüm test değerleri beraber incelendiğinde en iyi su batmaya 2,67 s ile K1B, 120 dakikada su kaybına %87 ile K2B ve statik su emilimine %745,59 ile M1B numunesi sahiptir. K1B'den sonra 2,98 saniyelik su batma süresi, M1B'den sonra %726,74 statik su emilimi, V1B'den sonra %21,12 kuruma hızlarıyla ikinci sırada olan V2B havlu numunesi su buharı geçirgenliği ve su tutma kapasitesi değerleriyle ilk sıradadır ve en iyi performansa sahip havlu olarak kabul edilmiştir. Yedi parametrenin gösterildiği tabloda iki değer- kuruma hızı ve kılcal ıslanma- V1B havlusunu için en yüksek çıkmış, sonuç olarak V, Viloft® lifi en iyi performansı veren lif çeşidi olarak karşımıza çıkmıştır (Tablo 6.2).

İleriki çalışmalarda aynı life ait farklı elyaf kompozisyonları ile üretilen ipliklere yapılan testlerle çalışma ilerletilebilir. Havlu kumaşların 3 atkılı sistem dışındaki dokuma sistemleriyle dokunması ve terbiye işlemlerinin farklılaştırılmasıyla havlu çeşitlerine dair yeni çalışmalara öncü olacaktır.

Teorik modellemede yapılan kabuller konusunda detaylı çalışmaların devam etmesi, üç boyutlu kumaşlarda gözeneklilik konusunda daha güvenilir veriler elde edilmesine yardımcı olabilecektir.

7. KAYNAKLAR

Abo-Taleb, H., El-Fowaty H. and Sakr A., “Theoretical Prediction of Overall Porosity of Terry Woven Fabrics”, *Journal of Textile Science & Engineering*, 5-6, (2015)

Acar, N.D., ‘Bornoz ve Havlu Konfeksiyon Süreci Üzerine Bir Araştırma’ Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, (2004).

Adanur, S., *Handbook of Weaving*, Sulzer, (2001).

Akaydin, M., Yılmaz, K. and Yılmaz, N. D., “Effect of Finishing on Performance Characteristics of Woven and Warp-knitted Terry Fabrics”, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 40, 301-307, (2015).

Alp, E., ‘Tencel Kumaşlarda Farklı Parametrelerde Dikiş Büzgülerinin İncelenmesi’ Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2010).

Alpay, H. R. *Dokuma Makinaları*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayınları, 114, 319, Bursa, (1985).

Aniş, P., ‘Havlu Kumaşlarda Dokuma Strüktürünün Bilgisayarda Modellenerek, Kumaş Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi’ Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (1989)

ASTM D4032 Standard Test Method for Stiffness of Fabric by the Circular Bend Procedure

Aşkın, S., ‘Pamuklu Havlu Kumaşlarda Performans Özelliklerinin İncelenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, *Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Uşak, (2015).

Atasağun, H.G., ‘Kumaşların Islanma ve Nem/Sıvı Emme Davranışları ve Giyim Konforu’ Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2015).

Avcı, H., ‘Yeni Liflerden Mamul Çorapların Konfor Özellikleri’ Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).

Başer, İ., *Elyaf Bilgisi*, Marmara Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa, İstanbul,173, (2002).

Behera B. and Singh J., “Factors Contributing to Absorbency Behaviour of Pile Fabrics”, *Research Journal of Textile and Apparel*, 18(3), 81-93, (2014).

Bilir, T.B. ve Şardağ S., “Tencel ve Pamuk Karışımı İpliklerin Performans Özelliklerinin İncelenmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 22, 1, 13-15, (2017).

Çetin, L., ‘Denizli’de Üretilen Dokuma Havlu ve Bornozluk Kumaşların Haslık ve Su Emicilik Özelliklerinin Araştırılması’ Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilim Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, (2017).

Dayıoğlu H. ve Karakaş H., *Lif bilgisi*, Ajans Plaza Tanıtım ve İletişim Hizmetleri A.Ş., 185, İstanbul, (2007).

Doğan D.S., ‘Kaşmir Örme Kumaşların Isıl Konfor Özellikleri’, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Konya, (2014).

Duran, K., Özdemir,D. and Namlıgöz, E., "The Enzymatic Degumming Of Silk Fibers", *Textile and Apparel*, 17, 182-186 ,(2007).

Dünder, E., ‘Çeşitli Selülozik İpliklerden Üretilen Örme Kumaşların Performanslarının Karşılaştırılması’, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,(2008).

Fangueiro, R. Filgueiras, A., F. Soutinho, F. and Meidi X., “Wicking Behavior and Drying Capability of Functional Knitted Fabrics”, *Textile Research Journal*,80(15):,1522–1530 ,(2010).

Frontczak-Wasiak, I. and Snycerski, M., “Use Properties of Terry Woven Fabrics”, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 12, 40-44. (2004).

Kaynak, H. K., ‘Filament Microliflerden Üretilmiş İplikler Kullanılarak Dokunan Kumaşların Performans Özelliklerinin Araştırılması’ Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana (2013)

Kebeli, D.S., ‘Türkiye’de İpekçiliğin Durumu ve Geliştirilmesine Yönelik Çalışmalar’ Yüksek Lisans Tezi, *Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, (2019).

Kırca, G.Ş., “Pamuk, Rejenere Selüloz ve Karışımlarından Oluşan Örme Mamüllerin Enzimatik Modifikasyonu ve Optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2012).

Lewin, M., Regenerated Cellulose Fibers, *Handbook of Fiber Chemistry Third Edition*, CRC Pres/Taylor & Francis Group, Florida, USA, 1056, (2007).

McGregor, B.A., “Quality Attributes of Commercial Cashmere”, *South African Journal of Animal Science*,34,(2004).

Mengüç S. ve Özdil N., "Özel Hayvansal Lifler", *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* ,8,30-37, (2014).

Morgil, Y., ‘Havlu Örme Kumaşların Isıl Konfor Özellikleri’ Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2015).

Muthu, S.S. and Gardetti M.A., *Sustainable Fibres for Fashion Industry Volume 1*, Springer, Singapore, (2016).

Petrulyte, S. and Baltakyte, R., “An Investigation into Air Permeability of Terry Fabrics Regarding the Processes of Finishing”, *Tekstil –Zagreb*,57, (2008).

Ryszard M. and Kozłowski., *Handbook of Natural Fibres*, Cambridge, Woodhead Publishing Series in Textiles. Cambridge, 146-147 (2012).

Sampath, M. B., Aruputharaj, A., Senthilkumar, M., and Nalankilli, G. “Analysis of thermal comfort characteristics of moisture management finished knitted fabrics made from different yarns”, *Journal of Industrial Textiles*, 42(1), 19-33, (2012).

Sekerden F., “A Study on Comparison of Air Permeability Properties of Bamboo / cotton and Cotton Towels”, *Academic Journals, Scientific Research and Essays*, 13,143-147, (2018).

Singh, J. and Behera, B., “Performance of terry towel”, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 40, 112-121, (2015).

Singh, J. P. and Verma S., *Woven Terry Fabrics: Manufacturing and Quality Management 1st Edition*, United Kingdom: Woodhead Publishing, 1-8,(2016).

Şirin, B., ‘Havlu Kumaşlarda İlmek Yapısının Görüntü Analiz İşleme Teknolojisi ile Analizi’ Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, (2013).

Türk Standartları, TS EN ISO 12945-2 - Kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkınlığının tayini- Bölüm 2: Geliştirilmiş martindale metodu, 2002.

Türk Standartları, TS 251 Dokunmuş kumaşlar - Birim Uzunluk ve Birim Alan Kütlesinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, 1991.

Türk Standartları, TS 391 EN ISO 9237 -Tekstil Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, 1999.

Türk Standartları, TS 866- Kasarlı Pamuklu Tekstil Mamullerinin Su Emme Özelliğinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, 1985.

URL_1, www.erteks.com.tr [online], (Nisan 2020), <https://erteks.com.tr/bath.htm>

URL_2, www.tetsiad.org/tr/default.html [online], (Mart 2020), <http://www.tetsiad.org/files/raporlar/2019Ihracat.pdf>

URL_3, <https://www.itkib.org.tr/> [online], (Nisan 2020), <https://www.itkib.org.tr/tr/elektronik-kutuphane.html?q=rapor&o=PublishDate-Z>

URL_4, www.ekopara.com [online], (Mart 2020), <https://www.ekopara.com/turkiye-nin-havlu-ve-bornoz-ihracatinin-yuzde-70-i-denizli-den.html>

URL_5, <https://www.denib.gov.tr/tr/default.html> [online], (Mart 2020),
http://www.denib.gov.tr/files/downloads/aylik_rapor/subat2020.pdf

URL_6, <https://tekstilsayfasi.blogspot.com/> [online], (Mart 2020),
<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2012/12/bitkisel-lifler-Mikroskop-goruntuleri.html>

URL_7, <https://www.sciencedirect.com/> [online] (Nisan 2021),
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/filament-wrapping>

URL_8, <https://www.oyatextile.com/> [online], (Nisan 2020),
<https://www.oyatextile.com/en/micro-cotton-or-zero-twist-towels-super-soft-high-absorbency/>

URL_9, <http://lopyanko.eu/> [online],(Mart 2020), <http://lopyanko.eu/project/silk-sericin/>

URL_10, <http://www.viloft.com/> [online],(Nisan 2020)

URL_11, <https://www.ecovero.com/tr/> [online],(Nisan 2020)

URL_12, <https://www.bilgiustam.com/> [online], (Şubat 2021),
<https://www.bilgiustam.com/kasmir-kecisi-ve-yunu/>

URL_13, <https://cygm.csb.gov.tr/> [online], (Mayıs 2021),
https://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler/25_tekst-l-uret-m--20200103075115.pdf

URL_14, <http://www.kimyaders.com/> [online],(Haziran 2020),
<http://www.kimyaders.com/hidrofilite-testi.html>

URL_15, <https://www.onlineclothingstudy.com/> [online],(Mart 2021),
<https://www.onlineclothingstudy.com/2012/08/towel-manufacturing-overview.html>

Uyanık, S., Zervent Ünal, B. ve Çelik, N., “Farklı Büküm Tiplerine Sahip Hav İpliklerinin Havlu Performans Özelliklerine Etkisi”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28, 101-110, (2013).

Uysaltürk, D., ‘Viloft/Pamuk ve Viloft/Polyester Karışımı İplik Özelliklerinin ve Örme Kumaş Termofizyolojik Konfor Özelliklerinin İncelenmesi’ Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, (2013).

Üzümcü, M.B., ‘İpek /Pamuk Karışımı Ring ve Sirospun İpliklerinin Özelliklerinin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma’ Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2011).

Yılmaz, N., Powell, N. and Durur, G., “The Technology of Terry Towel Production”, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 4, (2005).

Yüce, İ., “Kıl Kökenli Lüks Liflerin Ayırt Etme Yöntemleri”, *International Journal of Science Culture and Sport*, 3, (2015).

Zervent, B., ‘Dokunmuş Havlu Kumaşların Üretim Parametreleri ve Performans Özelliklerinin Optimizasyonu’ Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, (2007).

Zervent, B., ‘Havlu Üretimi ve Ürün Kalitesine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi’ Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, (2002).