



**FARKLI YAPISAL PARAMETRELERİN DENİM KUMAŞ
PERFORMANSINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mahfujur RAHMAN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI YAPISAL PARAMETRELERİN DENİM KUMAŞ PERFORMANSINA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mahfujur RAHMAN
0009-0003-1489-7154

Prof.Dr.Mine AKGÜN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2024
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI YAPISAL PARAMETRELERİN DENİM KUMAŞ PERFORMANSINA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mahfujur RAHMAN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr.Mine AKGÜN

Denim kumaşlar özellikle dayanıklılığı, kullanım konforu ve moda değişimlerine uygunluğu vb. özellikleri bakımından günlük yaşamda ve her yaştan kullanıcı tarafından tercih edilen tekstil yapılarıdır.

Bu tez çalışmasında denim kumaşlarda, özellikle sürdürülebilir hammaddelerin kullanımı göz önünde bulundurularak, farklı hammadde içeriklerine sahip atkı iplikleriyle dokunan denim kumaşlar üzerinde çalışılmıştır. Aynı zamanda hem desenlendirme etkisi hem de farklı kullanım alanlarında kullanımı bakımından konvansiyonel denim kumaşlarda kullanılan Dimi 3/1 örgünün yanı sıra Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapılarının kumaşların çeşitli fiziksel performans özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Atkı ipliğinde farklı hammadde ve hammadde karışımlarına sahip elastansız (*Tencel, Keten, Pamuk/Kenevir, Soya, Modal/Selüloz Asetat*) ve elastanlı (*Poliester/Viskon/Elastan, Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan*) iplikler kullanılmıştır.

Denim kumaşların dayanıklılık (kopma mukavemeti ve uzaması), tutum (eğilme rijitliği, dökümlülük ve kat düzelme açısı) ve çeşitli geçirgenlik (hava geçirgenliği, ısı direnç ve nem yönetim performansı) özellikleri ve kumaşların hem görünüm hem de kullanım performansını etkileyebilecek parametreler olan yüzey özellikleri (yüzey pürüzlülüğü ve sürtünme katsayıları) incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlardan, kumaşı oluşturan örgü yapısının kumaşların incelenen tüm fiziksel performans özellikleri üzerinde en belirleyici yapısal parametre olduğu görülmüştür. Hammadde özelliklerinin kumaşın farklı fiziksel özellikleri üzerinde hammadde özelliği bakımından farklı şekillerde etkiler gösterdiği görülmüştür.

Denim kumaşlarda farklı hammaddelerin ve örgü yapılarının denim kumaşların çeşitli fiziksel performans özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçların farklı kullanım alanlarında ve mevsime bağlı olarak üretilecek denim kumaş tasarımlarında kullanılacak kumaş yapısal parametrelerinin seçimine katkı sağlayabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Denim, dokuma kumaş, yapısal parametreler
2024, xiv + 62 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT STRUCTURAL PARAMETERS ON DENIM FABRIC PERFORMANCE

Mahfujur RAHMAN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof.Dr.Mine AKGÜN

Denim fabrics are textile structures preferred in daily life and by users of all ages, especially due to their features such as durability, usage comfort and suitability for fashion changes.

In this thesis, denim fabrics woven with weft yarns with different raw material contents were studied, especially considering the use of sustainable raw materials. At the same time, the effects of 3/1 Twill weave used in conventional denim fabrics, as well as Zik-Zak Twill and Bedford Cord weave structures, on various physical performance properties of the fabrics were investigated, both in terms of their patterning effect and their usage of different areas of use. Non-elastane (Tencel, Linen, Cotton/Hemp, Soybean, Modal/Cellulose Acetate) and containing elastane (Polyester/Viscose/Elastane, Modal/Cellulose Acetate/Cashmere/Elastane) weft yarns with different raw materials and raw material compositions were used.

Durability (breaking strength and elongation), handle (bending rigidity, drape ability and crease recovery angle) and various permeability properties (air permeability, thermal resistance and moisture management performance) of denim fabrics and surface properties (surface roughness and friction coefficients), which are parameters that can affect both the appearance and usage performance of the fabrics, were examined.

From the results obtained, it was seen that the weave structure of the fabric was the most determining structural parameter on all physical performance properties of the fabrics examined. It was observed that raw material properties have different effects on the different physical properties of the fabric in terms of raw material properties.

It was predicted that the results obtained from this study, in which the effects of different raw materials and weave pattern structures in denim fabrics were investigated on various physical performance properties of denim fabrics, might contribute to the selection of fabric structural parameters to be used in denim fabric designs to be produced in different usage areas and depending on the season.

Key words: Denim, woven fabric, structural parameters
2024, xiv + 62 pages.

ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum tez çalışmamın seçiminde beni yönlendiren, tezimin yazılmasında bana yol gösteren ve karşılaştığım sıkıntılı durumların aşılmasında bana liderlik eden danışman Hocam Sayın Prof.Dr. Mine AKGÜN' e öncelikli teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve destek olan değerli Hocam Sayın Prof.Dr. Recep EREN'e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam sırasında ilgi ve desteklerini esirgemeyen Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümün laboratuvar sorumlu Hocam Sayın Dr. Mehmet TİRİTOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Denim dokuma kumaşların üretimindeki desteklerinden dolayı İskur Denim İşletmeleri San. Tic. A.Ş.'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında ilgi, zaman ve desteklerini esirgemeyen çalıştığım firma Şantuk Tekstil San.Ve TIC. A.Ş.' e özel olarak teşekkürlerimi sunarım

Benim için her şeyden önemli olan, tüm eğitim hayatım ve hazırladığım tez sürecinde sevgi ve sabırlarını hiç esirgemeyen, maddi manevi hiçbir destekten kaçınmayan babam Md Mujibur Rahman ve annem Mahfuja Begum' a, desteğini her zaman hissettiğim eşim Mst Happy' a ve tek moral kaynağım kızım Hafsa My Muna ve oğlum Hakan Süleyman' a sonsuz teşekkür ederim.

Mahfujur RAHMAN

.../.../.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	viii.
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR.....	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii.
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	2
2.1. Denim Kumaşların Genel Özellikleri.....	2
2.2. Denim Kumaş Yapılarında Kullanılan Hammaddeler.....	3
2.3. Denim Kumaşların Fiziksel ve Konfor Özellikleri.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal.....	11
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Mukavemet ve uzama.....	14
3.2.2. Eğilme Rijitliği.....	15
3.2.3. Kat Düzelmeye Açısı.....	16
3.2.4. Dökümlülük.....	17
3.2.5. Hava Geçirgenliği.....	18
3.2.6. Isıl Direnç (r).....	18
3.2.7. Nem Yönetim Özellikleri (MMT).....	19
3.2.8. Yüzey Pürüzlülüğü.....	20
3.2.9. Yüzey Sürtünme Katsayısı.....	21
3.2.10. Kumaş kalınlığı ve gramajı.....	22
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	23
4.1. Kumaşların Gramaj ve Kalınlık Değişimlerinin Değerlendirilmesi.....	23
4.2. Kumaşların Kopma Mukavemetleri ve Uzunlarının Değerlendirilmesi.....	25
4.3. Kumaşların Eğilme Rijitliği, Kat Düzelmeye Açısı ve Dökümlülüklerinin Değerlendirilmesi.....	33
4.4. Kumaşların Hava Geçirgenliği, Isıl Direnç ve Nem Yönetim Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	37
4.5. Kumaşların Yüzey Pürüzlülüğü ve Sürtünme Katsayısı Değerlerinin Değerlendirilmesi.....	43
5. SONUÇ.....	50
KAYNAKLAR.....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	62

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
μ_s	Statik sürtünme katsayısı
μ_d	Dinamik (Kinetik) sürtünme katsayısı
Nm	Numara metrik iplik numarası (1 g ipliğin metre olarak uzunluğu)
r	Isıl direnç
Ra	Aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü

Kısaltmalar	Açıklama
oz	Ounce
yd	Yarda
MMT	Moisture Management Tester
OWTC	Kümülatif tek yönlü taşıma indeksi
OMMC	Genel nem yönetim özelliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 3.1.	Kumaşların örgü raporları.....	12
Şekil 3.2.	Denim kumaşların mikroskop görüntüleri.....	13
Şekil 3.3.	Shimadzu AG-X plus mukavemet test cihazı.....	14
Şekil 3.4.	Eğilme rijitliği test cihazı.....	15
Şekil 3.5.	Katlanma Geri Dönüşüm Test Cihazı (SDL Atlas).....	16
Şekil 3.6.	Dökümlülük katsayısı test cihazı.....	17
Şekil 3.7.	Hava geçirgenlik test cihazı.....	18
Şekil 3.8.	Alambeta cihazı.....	19
Şekil 3.9.	MMT cihazı.....	19
Şekil 3.10.	Yüzey Pürüzlülük Test Cihazı (Surfcom 130 A)....	21
Şekil 3.11.	Sürtünme katsayısı test cihazı (Labthink Param MXD-02)....	22
Şekil 4.1.	Kumaşların gramaj değerlerindeki değişimler.....	23
Şekil 4.2.	Kumaşların kalınlık değerlerindeki değişimler.....	24
Şekil 4.3.	Kumaşları oluşturan ipliklerin kopma mukavemetleri.....	26
Şekil 4.4.	Kumaşların çözgü yönlü kopma mukavemetleri.....	27
Şekil 4.5.	Kumaşların atkı yönlü kopma mukavemetleri.....	28
Şekil 4.6.	Kumaşları oluşturan ipliklerin kopma % uzama değerleri.....	30
Şekil 4.7.	Kumaşların çözgü yönlü kopma % uzama değerleri.....	31
Şekil 4.8.	Kumaşların atkı yönlü kopma % uzama değerleri.....	32
Şekil 4.9.	Kumaşların eğilme rijitliği.....	34
Şekil 4.10.	Kumaşların dökümlülük katsayısı.....	35
Şekil 4.11.	Kumaşların kat düzelme açısı.....	36
Şekil 4.12.	Kumaşların hava geçirgenlikleri.....	37
Şekil 4.13.	Kumaşların ısı direnç (r) değerleri.....	40
Şekil 4.14.	Kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerleri.....	42
Şekil 4.15.	Kumaşların aritmetik ortalama pürüzlülük (Ra) değerleri.....	44
Şekil 4.16.	Kumaşların çözgü yönlü sürtünme katsayıları.....	45
Şekil 4.17.	Kumaşların atkı yönlü sürtünme katsayıları.....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Denim kumaşların yapısal özellikleri	...11



1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında, farklı kumaş yapısal parametrelerinin denim kumaşların çeşitli fiziksel performans özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Özellikle sürdürülebilirlik ve ekolojik üretimlerin amaçlanması dolayısıyla doğal ve sürdürülebilir elyaflardan üretilen ipliklerin denim kumaş performansına etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Farklı hammadde özelliklerinin yanında, farklı örgü yapılarının da denim kumaşların fiziksel performans özelliklerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Araştırma Soruları ve Hipotezler

- Denim kumaşlarda hammadde (*Tencel, Keten, Soya, Pamuk/Kenevir, Modal/Selüloz Asetat, Polyester/Viskon/Elastan ve Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan*) özelliklerinin denim kumaş konstrüksiyonu ve performansı üzerindeki etkileri nelerdir?
- Denim kumaşlarda genel olarak kullanılan Dimi 3/1 yapısından farklı olarak kullanılan örgü yapılarının (Zik-Zak dimi ve Beford kord) denim kumaş konstrüksiyonu ve performansı üzerindeki etkileri nelerdir?
- Denim kumaşlarda kullanılan yapısal parametrelerin denim kumaş konstrüksiyonu ve performansı üzerindeki etkileri nelerdir?

sorularının yanıtlarının araştırılması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Denim Kumaşların Genel Özellikleri

Denim kumaşlar, mekanik ve aşınma etkilerine karşı yüksek dayanıklılık ve moda akımlarına kolay uyum sağlama gibi özelliklerinden dolayı tercih edilen kumaş yapılarıdır. Geleneksel bir denim kumaş, indigo mavisini boyalı çözgü iplikleri ve boyasız atkı ipliklerinden oluşan, dimi 3/1 dokuma yapısına sahip, %100 pamuk ipliklerinden dokunan bir kumaş yapısıdır. Ayrıca dimi 2/1, dimi 2/2 ve bezayağı örgülerle dokunan denim kumaş yapıları da bulunmaktadır (Korkmaz, 2009; Tahran, 2005; Çakır, 2010). Ancak tüketici tercihleri ve istenilen konfor/ergonomik yapı gibi özelliklere bağlı olarak denim kumaş üretiminde farklı hammadde içerikleri ve dokuma desenleri kullanılabilmektedir.

Denim kumaşlarda kullanılan dokuma örgü yapısının özelliğinden dolayı çözgü ipliklerinin hakim olması ve aynı zamanda kumaşın çözgü iplik sıklıklarının daha yüksek olmasından dolayı, kumaş görünümüne çözgü ipliğinin rengi baskındır. Bu nedenle kumaşın ön ve arka yüz görünümü farklıdır. Denim kumaş yapılarında kullanılan ipliklerin genellikle Z yönlü büküme sahiptir. Kumaşın daha az esneme yapması için sağ (Z) yönlü dimi örgü tercih edilmektedir. Sol (S) yönlü dimi kullanılması durumunda ise iplik üzerindeki büküm yönü (Z) ile örgüdeki diyagonal yollar (S) ters yönlü olacağından iplikteki büküm kaynaklı gerilim azalmakta, büküm açılmakta ve bu durum kumaşın yumuşak olmasına sebep olmaktadır (Acar, 2005).

Denim kumaşlarda ağırlık birimi olarak oz/yd² (1 oz/yd² = 33.91 g/m²) kullanılmaktadır (Nergis, 2016).

Denim çeşitleri yapısal özelliklerine göre piyasada farklı isimlerle adlandırılmaktadır (Korkmaz, 2009);

- Mavi Denim: dimi dokuma yapısına sahip, çözgü ipliği indigo mavi boyalı, atkısı boyasız (beyaz) pamuklu kumaştır.

- Stretch Denim: yapısında elastanlı atkı ipliklerinin kullanıldığı kumaşlardır, bu nedenle yalnızca kumaşın enine yönünde esneme gösterir.
- Bistrech Denim: streç denimden farklı olarak, kumaşın hem enine hem de boyuna yönde esneyen kumaşlardır.
- Atkı ve Çözümlü Boyalı Denim: çözgü ve atkı ipliklerinin boyalı olduğu kumaşlardır.

Denim kumaş boyanmasında kullanılan indigo, “*Indigofera tinctoria*” bitkisinden elde edilen, küp boya tipinde, bitkisel bir boyarmaddedir. İndigo boyarmaddenin diğer boyarmaddelerden farkı, selüloz liflerine nüfuz etmesinin düşük olmasıdır. Bu nedenle indigo boyarmadde ile boyanacak halatlar haline getirilmiş ipliklerin boyama işlemi birden fazla boyama teknelerinden geçirilerek tekrarlanmaktadır. İndigo boyama oksitlenme olayı ile gerçekleştirilen bir boyamadır. İndigo boyadan geçen halat boyanmakta, boyama teknesinden çıkarıldıktan sonra belirli bir yüksekliğe çıkarılıp oksitlenip sonra tekrar boyanmaktadır (Dölen, 1992).

İndigo boyar maddesi günümüzde sentetik olarak üretilmektedir. Doğal ya da sentetik olsun, indigo boyarmadde elyafa tümüyle nüfuz etmez. İndigo boya ile boyanmış bir ipliğin bükümü açılırsa, iç tarafta boyanmamış elyaflar görünür. Bu nedenle, indigo boyarmadde ile boyanan mamulün rengi yıkama işlemiyle sürekli olarak solma gösterir. Kademeli olarak renginin solması nedeniyle “yaşayan renk” olarak da tanımlanır (Acar, 2005; Birinci,1997).

2.2. Denim Kumaş Yapılarında Kullanılan Hammaddeler

Denim kumaş üretiminde genellikle doğal, terletmeyen, yumuşak ve boyanabilir bir hammadde olan pamuk kullanılmaktadır (Birinci, 2009). Denim kumaş üretiminde ürünün dayanıklılığını artırmak, konfor ve estetik açıdan geliştirmek, üretimde verimlilik ve ekonomi sağlamak amacıyla pamuk elyafının yanı sıra farklı özelliklere sahip elyaflar ve elyaf karışımları da kullanılabilir. Bu amaçla denim kumaş yapılarında poliester, viskon, Tencel, keten, yün, elastan ve yeni nesil elyaflar kullanılabilir (Dikbaş, 2019; Tolek, 2016; Üren, 2018).

Denim kumaşlarda pamuk karışımlarında genellikle poliester ve elastan kullanılmaktadır. Poliester, düşük maliyet ve yüksek mukavemet özelliklerinden dolayı denim kumaş üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. (Üren, 2018). Ayrıca yumuşak ve hacimli bir tutum veren Modal ve Lyocell karışımı iplikler de denim kumaş üretiminde kullanılabilmektedir (Birinci, 2009; Acar, 2005).

Denim kumaş üretiminde konfor özelliklerinin geliştirilmesi ve aynı zamanda çevreci özelliklerinden dolayı Tencel, Modal ve viskon gibi rejenere selüloz elyaflar kullanılmaktadır (Kayseri, Bozdogan, ve Hes, 2010). Tencel, Modal ve viskon elyaflarının mikroyapısı ve termal özelliklerinin analiz edildiği bir çalışmada, FTIR'ın spektral analizinde, Tencel'in diğer elyaflara göre oldukça kristalli bir yapı gösterildiği belirtilmiştir. Bu nedenle, Tencel'in modal ve viskondan daha fazla termal stabiliteye sahip olduğu belirtilmiştir (Carrillo, Colom, Sunol ve Saurina, 2004).

Tencel™ elyafların, denim üretiminde geleneksel elyaf olan pamuk ile karıştırıldığında ürüne nefes alabilirlik, nem kontrol, yumuşaklık, pürüzsüzlük ve sürdürülebilirlik özellikleriyle denim giysilerin özelliklerini iyileştirebildiği belirtilmiştir (www.tencel.com, 2024). Denim kumaş üretiminde rejenere selülozik elyafların (rejenere selüloz, modal, Tencel ve bambu) kullanıldığı bir çalışmada, selülozik içeriğin lif içindeki nem içeriğini belirlediği ve bunun sonucunda serinlik hissinin oluştuğu belirtilmiştir (Kumari ve Khurana, 2016).

Lenzing tarafından geliştirilen selülozik esaslı Modal elyaf, ipeksi görünümü ve yumuşak tuşe özelliği nedeniyle denim kumaşlarda kullanılmaktadır. Modal elyafların kayın ağacından üretilen, yumuşak tuşeli, ıslak ve kuru mukavemeti yüksek, terlemeyi önleyici etkisi olan, nem transfer özelliği geliştirilmiş bir doğal elyaf türü olduğu belirtilmektedir (Taştan Özkan, 2023; Öner ve Okur, 2010).

Denim kumaş üretiminde hammadde karışımlarında kısa elyaf olarak selüloz asetatın kullanıldığı ürünler bulunmaktadır. Rayon olarak da bilinen selüloz asetat, ağaç ve pamuk elyaflarından elde edilen selüloz hammaddesinin asitlendirilmesiyle elde edilmektedir. Selüloz asetat elyaflarının ipeksi bir tutum, yumuşak tuşe, tüylenme önleyici

özellik, hızlı kuruma ve sürdürülebilirlik gibi özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir (karacasutekstil.com.tr, Erişim Tarihi: Şubat 2024).

Soya elyafı, bitkisel protein esaslı bir lifdir. Geri dönüştürebilir olması, doğaya zarar vermemesi (bitkinin üretiminde havayı ve suyu kirletmemesi) vb. özelliklerinden (Dönmez Uzun, 2021), dolayı tekstilde kullanımı değerlendirilmektedir. Denim kumaş yapılarında soya elyafının kullanıldığı bir çalışmada (Dönmez Uzun, 2021), soya protein lifinin kumaş performans özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir.

Denim kumaş üretiminde kaşmir elyafının iplik karışımlarında kullanıldığı görülmektedir. Keçi kılından üretilen kaşmir lifi, yumuşak, hafif yapısı ve mat görünümünün yanı sıra sıcak tutma özelliğine de sahip olan hayvansal liflerden biridir. Kaşmir elyafının termal özelliklerinden dolayı denim yapılarda belirli oranlarda kullanıldığı belirtilmektedir (Taştan Özkan, 2023; Süpüren Mengüç ve Özdil, 2014; Liu, Xie ve Liu, 2018).

Giysi konforunu arttırmak ve estetik görünümünü iyileştirmek amacıyla kumaşlarda esnek iplikler kullanılmaktadır. Esnek denim üretiminde elastan önemli ölçüde kullanılmaktadır. Elastan, özlü iplik üretim yöntemi kullanılarak birçok kesikli elyaf ile birlikte kullanılabilir. Özlü eğrilmiş iplik, bir çekirdek kısmı ve bir kılıftan oluşur. Elastan ipliğin merkezinde kalır ve kullanılan elyaf veya elyaf karışımları ile kaplanır (Mezarcıöz, Oğulata ve Nergis, 2020; Şengöz, 2004; Çataloğlu, 2007; Ruppenicker, Harper, Sawhney ve Robert, 1989).

2.3. Denim Kumaşların Fiziksel ve Konfor Özellikleri

Denim dokuma kumaşların, denim-yünlü ve denim-denim kumaş arasındaki sürtünme davranışlarının incelendiği bir çalışmada (Kara ve diğerleri, 2017), kumaş sürtünme katsayılarının kumaşların yapısal parametrelerine, sürtünme yönüne (çözü ve atkı) ve sürtünen iki yüzeyin yapısına bağlı olduğu belirtilmiştir. Genel olarak, kalın ipliklerle dokunan denim kumaşların sürtünme katsayılarının yüksek olduğu belirtilmiştir. Denim

yapılarda sıklık artışı ile birlikte ince iplik kullanılması durumunda kumaş yapılarının daha düzgün bir yüzey oluşturması sonucunda kumaş yüzeyinin sürtünme katsayılarını azalttığı belirtilmiştir. Atkı ipliğinde poliester kullanılan denim kumaşların sürtünme katsayılarının daha düşük elde edildiği, ayrıca kumaşı oluşturan dimi diyagonellerinin eğim açılarının kumaşın yüzey sürtünme davranışına etkisi olduğu belirtilmiştir.

Kumaş yapısal parametrelerinin denim kumaşların sürtünme katsayısı ve pürüzlülük değerleri üzerindeki etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada (Kara ve Akgun, 2023), iplik numarası (Nm), iplik sıklığı ve kumaş örtme faktörü ile kumaşların sürtünme katsayısı ve pürüzlülük değerleri arasında negatif korelasyon katsayılarının görüldüğü, buna karşılık kumaş kalınlığı, birim ağırlığı ve kumaş yoğunluğu (fabric bulk density) ile pozitif korelasyon katsayılarının elde edildiği belirtilmiştir. En yüksek sürtünme katsayısı ve pürüzlülük değerlerinin kalın iplik ve düşük iplik sıklığına sahip denim kumaşlarda gözlendiği belirtilmiştir.

Dokuma denim kumaşların (dimi 3/1 Z) ısı konfor ve yüzey özelliklerinin incelendiği bir çalışmada (Taştan Özkan ve Büyük Mazari, 2022), en düşük kalınlığına sahip kumaş yapısının en düşük sürtünme katsayısı (MIU) değeri verdiği, en yüksek ısı direnç değerlerinin, en yüksek kalınlığa sahip kumaşlarda görüldüğü belirtilmiştir.

Denim dokuma kumaşların yapısal özelliklerinin nem yönetim performansına etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Kara, Akgün ve Gürarda, 2017), kumaş kalınlığı ve ağırlığının kumaşların toplam nem yönetim kapasitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, kumaş kalınlığı, hacim yoğunluğu ve ağırlığı ile genel nem yönetim özellikleri (OMMC) değerleri arasında negatif bir korelasyon olduğu, bu nedenle kumaşların kalınlığı, hacim yoğunluğu ve ağırlığı arttıkça kumaşların OMMC değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Denim kumaşlarda atkı ipliği olarak pamuk/elastan veya poliester/elastan kullanıldığında her ikisinde de benzer nem yönetimi özelliklerinin elde edildiği ve %100 pamuk içeren denim kumaşların en yüksek ıslanma oranını gösterdiği belirtilmiştir.

Denim kumaşları oluşturan atkı ipliği hammadde içeriklerinin (pamuk, coolmax, cordura, thermocool ve elastan) ve kumaş yapısasal parametrelerinin kumaşların nem yönetim performansı üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Kara ve Akgun, 2018), denim kumaşların nem yönetimi özelliklerinin atkı ipliklerinin lif içeriği ve içerik oranlarından etkilendiği belirtilmiştir. Çalışmada incelenen denim kumaş yapılarında OMMC değerlerinin 'iyi' seviyede elde edildiği, ayrıca atkı ipliği içeriğinde pamuk oranının artmasıyla kumaşların OMMC değerlerinin de arttığı belirtilmiştir.

Denim kumaşların termofizyolojik konfor özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, elastan içeren kumaşların daha düşük hava ve su buharı geçirgenliği gösterdiği belirtilmektedir. Atkı ipliğinde elastan yerine kaşmir kullanımının denim kumaşın hava geçirgenliğini ve su buharı geçirgenliğini arttırdığı belirtilmiştir (Taştan zkan, 2023).

Pamuklu denim kumaşların termofizyolojik konfor ve nem yönetim davranışının analiz edildiği bir çalışmada (Eryuruk, 2021), kumaşların termal konfor özelliklerinin kumaş ağırlığı ve kalınlığından önemli ölçüde etkilendiği, kumaşın ağırlığı arttıķa kumaşın su buharı ve hava geçirgenliğinin azaldığı belirtilmiştir.

Pamuk, polyester ve corespun Lycra'dan oluşan atkı ipliklerine sahip denim kumaşların konfor özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada (Vinay Midha, Suresh Kumar ve Nivas Kumar, 2017), pamuk atkı ipliğine sahip yıkanmamış denim kumaşların hava geçirgenliği ve su buharı geçirgenliğinin, polyester ve Lycra pamuk atkı ipliğine sahip kumaşlara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Hidrofilik (su seven) yapısından dolayı pamuklu ve Lycra pamuklu atkı iplikli kumaşlarda ıslanma sresinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Tek yönlü taşıma indeksi (st ve alt yüzeyin nem içeriği arasındaki fark) Lycra pamuklu atkı iplikli kumaşlar için en yüksek, poliester atkı iplikli kumaşlar için en düşüktür. Poliester atkı ipliklerine sahip kumaşlar, poliester elyafların kılcal etki (capilarite) yolu ile sıvıyı çekme özelliği ve hidrofobik (su sevmeyen) yapısı nedeniyle en yüksek yayılma hızı, yayılma yarıçapı ve kuruma hızı gösterdiği belirtilmiştir. Pamuk atkı iplikli kumaşların geçirgenlik özellikleri açısından daha iyiymken, Lycra pamuklu atkı kumaşların nem yönetim kapasitesi açısından daha iyi olduğu ifade edilmiştir.

Streç denim kumaşların elastikiyet ve geri toplama özelliklerine dokuma kumaş parametrelerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada (Konal, 2020), kumaş içeriğindeki polyester oranındaki artışın kumaşın elastikiyet, kalıcı uzama, boyutsal değişim, kopma ve yırtılma mukavemet değerleri üzerinde iyileştirici etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Farklı oranlarda elastan içeren denim kumaşların streç ve torbalanma özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada (Özdil, 2008), elastan içeren özlü ipliklerin kopma mukavemetinin, elastan içermeyen ipliklerin kopma mukavemetinden daha düşük olduğu, dolayısıyla denim kumaşlarda elastan miktarı arttıkça çekme ve yırtılma mukavemeti değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Çalışma sonuçlarından, artan elastan miktarının denim kumaşları daha sert hale getirebileceği belirtilmiştir. Elastan içeriği arttıkça, elastanın yüksek elastikiyeti nedeniyle esneme ve maksimum esneme yüzdelerinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca kumaştaki elastan miktarının artmasıyla kumaşın torbalanma ve kalıcı torbalanma değerlerinin azaldığı, elastik toparlanma değerlerinin ise arttığı kaydedilmiştir. Sonuç olarak, elastan miktarı arttıkça torbalanma deformasyonu nedeniyle oluşan rahatsız edici görünümün azaldığı ifade edilmiştir.

Elastan içerikli denim kumaşlar üzerine yapılan bir diğer çalışmada (Choudhary AK ve Sheena, 2018), denim kumaşın elastan yüzdesinin artmasıyla çekme mukavemetinin azaldığı, kopma uzamasının ise arttığı belirtilmiştir. Elastan içerik yüzdesinin denim kumaşların hava geçirgenliği üzerinde önemli bir etki gösterdiği, elastan oranının artmasıyla kumaşların daha kalın ve kompakt hale gelmesi sonucunda hava geçirgenliğinin önemli ölçüde azaldığı ifade edilmiştir. Elastan içeriğinin artmasıyla birlikte, maksimum esneme ve kumaş elastikiyetinin geri kazanımının arttığı, eğilme sertliğinin ve dökümlülük katsayısının azaldığı belirtilmiştir.

Spor giyimde kullanıma yönelik farklı elastan yüzdelerinde üretilen denim dokuma kumaşların mekanik ve konfor özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada (Mesfin Shiferaw, ve Sampath VR, 2021), düşük elastan yüzdesine sahip kumaşın çekme mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve hava geçirgenliği daha yüksek iken, yüksek elastan yüzdesine sahip kumaşın kopma uzaması, dökümlülük, kumaşın esneme özellikleri, aşınma ve boncuklanma özelliklerinin iyi olduğu belirtilmiştir. Elastan

yüzdesi arttıkça kumaşın daha fazla daralması sebebiyle kumaş daha kompakt, hacimli ve kalın hale geldiğinden hava akışına karşı daha yüksek direnç gösterdiği belirtilmiştir. Denim kumaşın esneme yeteneği ve kumaşın elastikiyet geri kazanımı ve dökümlülük özelliğinin elastan yüzdesi arttıkça arttığı ifade edilmiştir. Ayrıca, denim kumaşın aşınma ve boncuklanma direncinin, elastan yüzdesi arttıkça daha iyi hale geldiği, bunun nedeninin elastanın aşınmaya karşı pamuk elyafına göre daha dirençli olmasından ve elastan yüzdesi arttıkça kumaşın daha sıkı olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Farklı konstrüksiyonlarda dokunan denim kumaşların performans özelliklerinin incelendiği bir çalışmada (Kılıç, 2021), kumaşların atkı sıklığı arttıkça, birim uzunluktaki iplik sayısının artmasından dolayı atkı yönünde kopma kuvveti değerlerinin arttığı belirtilmiştir. Denim kumaşların çözgü yönündeki kopma kuvveti değerlerinin, çözgü sıklığının atkı sıklığından daha yüksek olmasından dolayı atkı yönüne göre daha yüksek elde edildiği belirtilmiştir. Atkı sıklığı arttıkça, birim uzunluktaki iplik sayısının artmasından dolayı çözgü-atkı bağlantı noktalarındaki gözeneklilik küçüldüğünden, kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Atkı sıklığı arttığında, aynı zamanda kumaş gramajı da artmakta ve kumaşların sertlik değerlerinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca iplik kalınlaştıkça kumaşın sertliğinin arttığı ifade edilmiştir.

Denim dokuma kumaşlarda geri dönüşüm pamuk oranlarının kumaş konfor ve performans özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Karagöl, 2023), iplikte kullanılan geri dönüşüm oranı arttıkça iplik mukavemet değerlerinde azalma, iplik düzgünsüzlüğünde ve iplik tüylülüğünde artış olduğu belirtilmiştir. Kumaşlarda kullanılan geri dönüşümlü pamuk oranı arttıkça denim kumaşların ısı direnç değerlerinin arttığı belirtilmiş, bu durumun iplik tüylülüğünün artmasıyla kumaş yapısı içindeki durgun hava oranının artmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Referans kumaş ile geri dönüştürülmüş pamuk kullanılan kumaşların dökümlülük değerlerinin birbirine yakın olduğu belirtilmiştir. Geri dönüşüm pamuk oranı arttıkça kumaşın elastikiyetinin önemli ölçüde azaldığı, dolayısıyla geri toplama yeteneğinin de düştüğü belirtilmiştir. Ancak, çalışmada yaşam döngü analizi (LCA) değerlendirmelerinde, geri dönüşüm katkılı pamuk kullanımının çevresel etkiler, insan, karasal ve su yaşamı

üzerindeki toksik etkiler, kaynak ve su kullanımı vb. bakımından önemli bir iyileşme sağladığı ifade edilmiştir.

Denim kumaşlarda desen etkisinin incelendiği bir çalışmada (Demir, 2007), kilim desenli denim kumaşlar üretilmiş ve aynı konstrüksiyondaki standart denim ürünlerle karşılaştırılarak, estetik ve teknik özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarından, desenlerde yapılan değişikliklerin kumaşların fiziksel özelliklerinde belirgin farklılıklar yaratmadığı belirtilmiştir. Kullanım alanı bakımından, küçük motiflerin tekrarından oluşan kilim desenli denim kumaşların, standart denim kumaşlar gibi giyim amaçlı kullanım alanı bulabileceği, büyük motifli kilim desenli denim kumaşların daha çok ev tekstili alanında kullanılabileceği belirtilmiştir.

Farklı dokuma desen yapısında üretilen % 100 pamuklu denim kumaşların görünüm ve çeşitli fiziksel özellikleri değerlendirildiği bir çalışmada (Mohammad ve diğerleri, 2018), dekoratif dokuma yapısına sahip olarak geliştirilen denimın görsel görünümünün sadece normal yıkama yapıldıktan sonra dahi oldukça çekici olduğu ifade edilmiştir. Dekoratif desenli ve geleneksel denimın çekme mukavemetinin aşağı yukarı aynı olduğu, ancak dokumanın gevşek yapısı ve uzun iplik yüzmesi nedeniyle dekoratif desenli denim yapıların daha yüksek çekme yüzdesi ve yüzde sarmallık gösterdiği belirtilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, farklı yapısal parametrelerin denim kumaş performansına etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, farklı hammadde ve yapısal parametrelere sahip denim yapılı kumaşların üretimleri İskur Denim İşletmeleri San. Tic. A.Ş’ de gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan denim kumaşların yapısal parametreleri Çizelge 3.1’ de sunulmuştur.

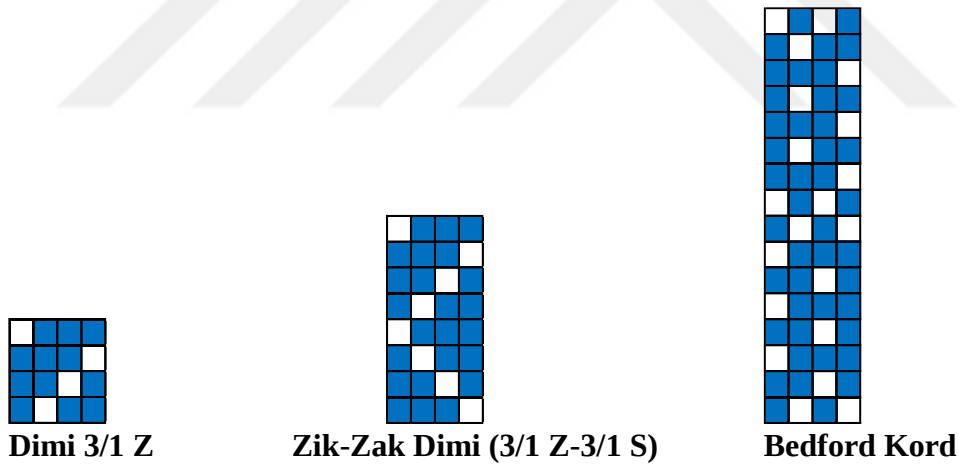
Çizelge 3.1. Denim kumaşların yapısal özellikleri

Kumaş Grubu		Kumaş Kodu	Örgü	İplik Özellikleri		İplik Numarası [Nm]		İplik Sıklığı [tel/cm]		İplik Bükümü [T/m]		Kumaş Gramajı [g/m ²]	Kumaş Kalınlığı [mm] (10g/cm ³)
				Çözüğü	Atkı	Çözüğü	Atkı	Çözüğü	Atkı	Çözüğü	Atkı		
Elastansız Atkı İpliği	A	A-1	Dimi 3/1 Z	Pamuk	%100 Tencel	14	34	23	20	344 Z	640,71 Z	258,2	0,65
		A-2	Zik-Zak Dimi (3/1 Z-3/1 S)									255,3	0,79
		A-3	Bedford Kord									259,1	0,80
	B	B-1	Dimi 3/1 Z	Pamuk	% 100 Keten	14	27	23	20	344 Z	—	279,8	0,68
		B-2	Zik-Zak Dimi (3/1 Z-3/1 S)									277,5	0,88
		B-3	Bedford Kord									286,5	0,97
	C	C-1	Dimi 3/1 Z	Pamuk	%70 Pamuk – %30 Kenevir	14	20	23	18	344 Z	581,5 Z	289,4	0,75
		C-2	Zik-Zak Dimi (3/1 Z-3/1 S)									291,9	0,92
		C-3	Bedford Kord									292,6	0,95
	D	D-1	Dimi 3/1 Z	Pamuk	% 100 Soya	14	17	23	18	344 Z	400 Z	304,5	0,73
		D-2	Zik-Zak Dimi (3/1 Z-3/1 S)									310,8	0,87
		D-3	Bedford Kord									318,2	0,98
	E	E-1	Dimi 3/1 Z	Pamuk	%50 Modal – %50 Selüloz Asetat	14	11	23	18	344 Z	429 Z	371,1	0,91
		E-2	Zik-Zak Dimi (3/1 Z-3/1 S)									382,7	0,94
		E-3	Bedford Kord									389,6	1,30
Elastanlı Atkı İpliği	F	F-1	Dimi 3/1 Z	Pamuk	%65 Poliester – %35 Viskon – Elastan (44 dtex)	14	34	25	20	344 Z	Core spun	279,3	0,67
		F-2	Zik-Zak Dimi (3/1 Z-3/1 S)									295,2	0,90
		F-3	Bedford Kord									282,4	0,94
	G	G-1	Dimi 3/1 Z	Pamuk	%65 Modal – %12 Selüloz Asetat – %13 Kaşmir – %10 Elastan (78 dtex)	14	27	25	20	344 Z	Core spun	297,0	0,70
		G-2	Zik-Zak Dimi (3/1 Z-3/1 S)									319,3	0,93
		G-3	Bedford Kord									315,2	0,96

Kumaşlar, çözgü iplik özellikleri sabit olacak şekilde, atkı ipliğinde farklı hammadde ve farklı dokuma örgü yapılarında (Şekil 3.1) dokunmuştur. Çözgü ipliklerinde, orta ton blue black, sülfür black % 3'lük indigo boyalı pamuk iplikleri kullanılmıştır.

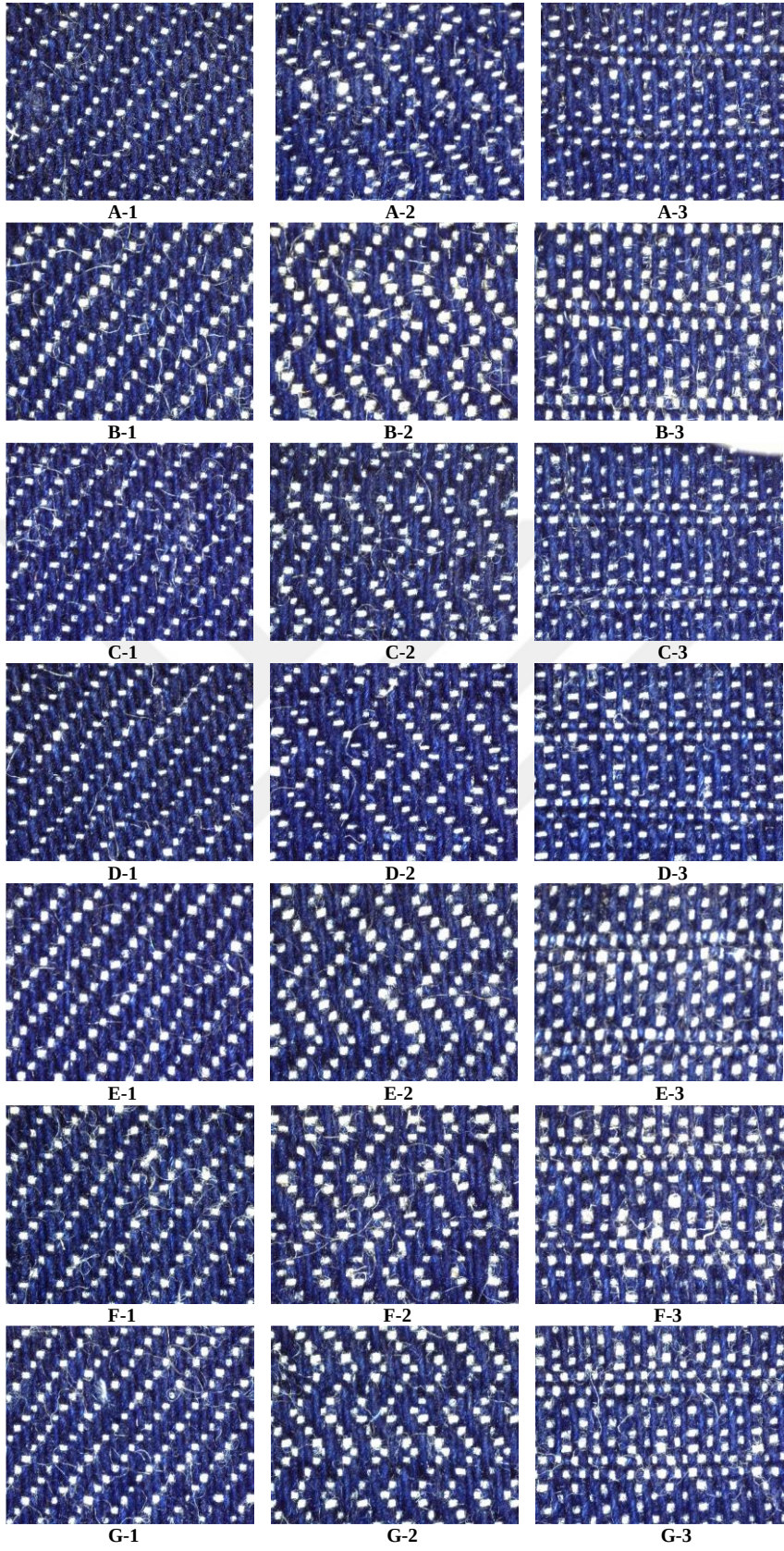
Denim kumaşların üretiminde, konvansiyonel denim kumaşlarda kullanılan Dimi 3/1 örgünün yanı sıra, Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgüler kullanılmıştır. Çalışmada, Bedford Kord örgü yükseltilmiş kordlarla dokulu bir yüzey oluşturduğundan, üzerinde kord fitillerinin bulunduğu ve kumaş yüzeyinde kabarik şerit formu oluşturan bir kumaşın denim konstrüksiyonunda kullanılması ve kullanım alanına bağlı olarak, örneğin hacimli bir yapı istenilen kullanım alanı vb., bir denim oluşumunda kullanılabilirliğinin araştırması amacıyla, fiziksel performans testlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Denim kumaşların üretiminde kullanılan örgü raporları Şekil 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Kumaşların örgü raporları

Denim kumaşların dijital mikroskop (Dino-Lite) altındaki (30 kat büyütme oranında) görüntüleri Şekil 3.2'de sunulmuştur.



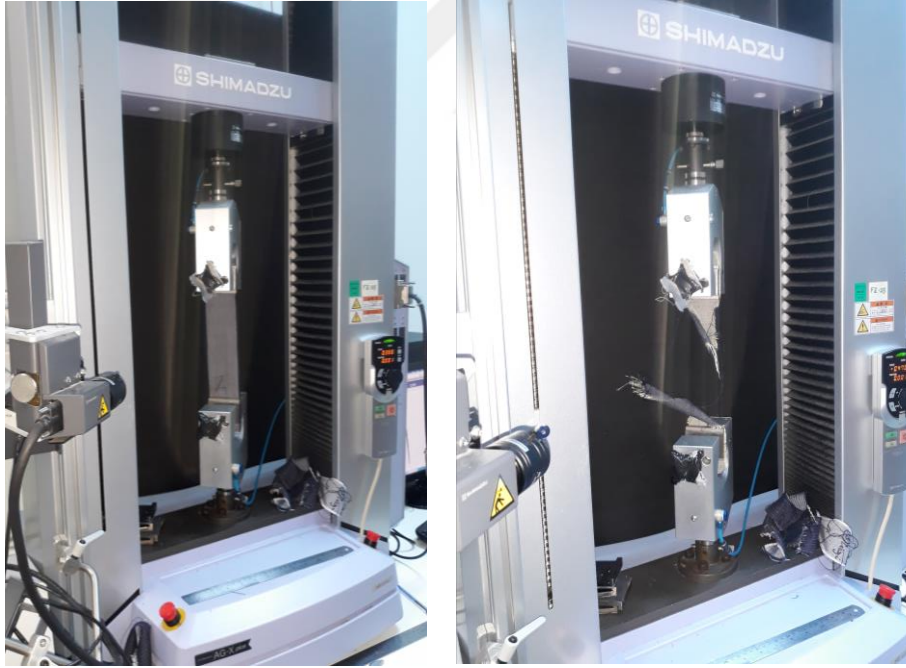
Şekil 3.2. Denim kumaşların mikroskop görüntüleri

3.2. Yöntem

Denim yapılı kumaşların performans özelliklerinin değerlendirilmesi açısından kopma mukavemet ve kopma uzama testleri, kumaşların kullanım konforu açısından geçirgenlik özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla hava geçirgenliği, termal direnç (r) ve nem yönetim (MMT) özellikleri, tutum ve buruşma davranışlarının değerlendirilmesi amacıyla eğilme rijitliği, kat düzelme açısı ve dökümlülük testleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Mukavemet ve uzama

Kumaşların çözgü ve atkı yönlü kopma mukavemet ve kopma uzama testleri Shimadzu AG-X plus mukavemet test cihazında (Şekil 3.3), ISO 13934-1 (2013) standart test metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Kumaşların çekme testleri 50 x 200 mm (en x boy), numune boyutlarında ve 1000 mm/dak çekme hızında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Shimadzu AG-X plus mukavemet test cihazı

Ayrıca kumaşları oluşturan çözgü ve atkı ipliklerinin kopma mukavemeti ve kopma uzaması ASTM D2256 standardına göre test edilmiştir. İpliklerin çekme testleri 200 mm çeneler arası mesafe ve 200 mm/dak çekme hızında gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Eğilme Rijitliği

Kumaşların eğilme rijitliği testleri SDL Atlas kumaş sertlik test cihazı kullanılarak (Şekil 3.4), ASTM 1388-96 (2002) standardına göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Eğilme rijitliği test cihazı

Kumaşların çözgü ve atkı yönündeki eğilme rijitlikleri Eşitlik (3.1), genel kumaş eğilme rijitliği Eşitlik (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$G = Wc^3 \quad (3.1)$$

$$G_o = (G_w G_f)^{1/2} \quad (3.2)$$

G: kumaş eğilme rijitliği (mgcm),

W: birim alan başına kütle (mg/cm²)

c: eğilme uzunluğu (sarkma uzunluğunun yarısına (cm) eşittir.)

G_o: tüm kumaşın eğilme rijitliği (mgcm),

G_w: çözgü yönlü kumaş eğilme rijitliği (mgcm)

G_f: atkı yönlü kumaş eğilme rijitliği (mgcm).

Kumaşların eğilme rijitliklerinin değerlendirilmesinde, çözgü yönlü (G_w) ve atkı yönlü (G_f) eğilme rijitliklerinden hesaplanan genel kumaş eğilme rijitliği (G_o) (Eşitlik (3.2)) değerleri kullanılmıştır.

3.2.3. Kat Düzeltme Açısı

Kumaşların kat düzeltme açısı “TS 390 EN 22313 - Tekstil Kumaşlar – Yatay Olarak Katlanmış Kumaşta Katın Açılmasının Kat Düzeltme Açısının Ölçülmesi Yolu ile Tayini” standardına göre “Katlanma Geri Dönüşüm Test Cihazı” (SDL Atlas) test cihazında (Şekil 3.5) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Katlanma Geri Dönüşüm Test Cihazı (SDL Atlas)

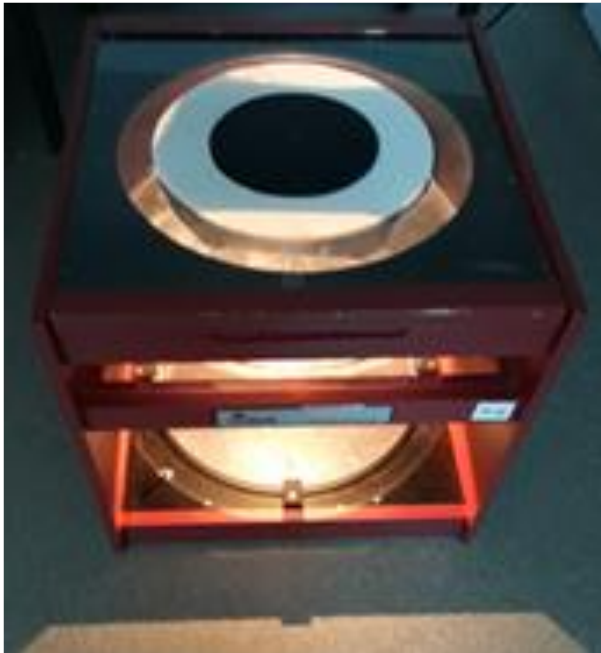
Kumaşlar 10 N’ luk yük altında 5 dak $\pm$ 5s sürede bekletilmiş ve kat düzeltme açısı katlanmış deney numunesinden basıncın kaldırılmasından 5 dakika sonra ölçülmüştür.

Kumaşların kat düzeltme açılarının değerlendirilmesinde, kumaşın çözgü ve atkı yönü doğrultusunda alınan numunelerin kat düzeltme açıları test edilmiş ve çözgü ve atkı yönlü numunelerin ortalama değerleri alınarak kumaşın kat düzeltme açısı değerlendirilmiştir.

3.2.4. Dökümlülük

Dökümlülük katsayısı (DC; Drape Coefficient), bir kumaşın dökümlülük kabiliyetini belirlemek için kullanılan bir değerdir. Düşük dökümlülük katsayısı daha yumuşak ve dökümlülük yeteneği daha iyi bir kumaşı, yüksek dökümlülük katsayısı ise daha sert ve dökümlülüğü düşük bir kumaşı göstermektedir (Hu ve Chan, 1998). Bu nedenle DC değeri düşük olan kumaş bulunduğu yüzeyin şeklini daha kolay alabilir ve eğri yüzey ile daha iyi uyum sağlayabilir.

Kumaş numunelerinin dökümlülük katsayıları SDL Atlas M213 dökümlülük test cihazında (Şekil 3.6) ISO 9073-9 (2008) standardına göre ölçülmüştür. Kumaş numuneleri 30 cm çapında dairesel bir şablon kullanılarak kesilmiştir. Kumaşın halka şeklindeki yarı saydam kâğıt (iç çap: 18 cm, dış çap: 30 cm) üzerindeki gölgesinin görüntüsü, dökümlülük test cihazı üzerinden fotoğraflanmıştır. Görüntüler 256 gri seviyeli bir gri skalaya dönüştürülmüş ve Suvari (2021) tarafından geliştirilen dairesel Hough dönüşümü tabanlı görüntü işleme yöntemiyle işlenmiştir. MATLAB' da yazılmış bir bilgisayar programı, kumaş numunelerinin gölge alanını tespit etmiş ve kumaşların dökümlülük katsayıları hesaplamıştır.



Şekil 3.6. Dökümlülük katsayısı test cihazı

3.2.5. Hava Geçirgenliği

Kumaşların hava geçirgenliği, SDL Atlas M 021A dijital hava geçirgenlik test cihazı (Şekil 3.7) kullanılarak EN ISO 9237 (1995) standardına göre ölçülmüştür. Ölçümler, 100 cm² kumaş yüzeyine 100 Pa hava basıncı altında uygulama yapılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Hava geçirgenlik test cihazı

3.2.6. Isıl Direnç (r)

Isıl direnç, malzemenin ısı akışına karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Termal direnç Alambeta cihazı (Şekil 3.8) kullanılarak ölçülmüştür. Kumaş kalınlığı ve ısı iletkenlik katsayısı ile bağlantılı olan ısıl direnç, Eşitlik (3.3) kullanılarak hesaplanmıştır (Frydrych vd., 2002).

$$r = h / \lambda \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad (3.3)$$

burada, r : ısıl direnç, h : kumaş kalınlığı (m), λ : ısı iletkenlik katsayısı (W/mK)' dır.



Şekil 3.8. Alambeta cihazı

3.2.7. Nem Yönetim Özellikleri (MMT)

Kumaşların nem iletimi ölçümleri SDL ATLAS M290, MMT Nem kontrol test cihazında (Şekil 3.9) (Moisture Management Tester (MMT)) AATCC Test Method 195 (2012) standardına göre yapılmıştır.



Şekil 3.9. MMT cihazı

Nem yönetimi test cihazı (MMT), tekstil ürünlerinin sıvı nem yönetimi özelliklerini dinamik olarak üç boyutta ölçecek şekilde, deriden giysinin dış yüzeyine çoklu yönde nem iletim özelliklerini ölçmek için tasarlanmıştır. Cihazda üst yüzey, giysi giyildiğinde insan derisine yakın olan kısmı; alt yüzey ise dış çevreye yakın kısmı simüle etmektedir.

Bu çalışmada, denim kumaşların nem iletim özelliklerinin değerlendirilmesinde MMT cihazı ile test edilen parametreler (AATCC Test Method 195, 2012; Öner, 2008; Taştan ve Kaplangiray, 2015) aşağıda sunulmuştur:

- Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksi (Cumulative One-Way Transport Capability) (OWTC): Kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine tek yönlü sıvı transferidir.
- Genel Nem Yönetimi Özelliği (Overall Moisture Management Capability) (OMMC): Sıvı nemin kumaştaki toplam aktarım yeteneğidir.

3.2.8. Yüzey Pürüzlülüğü

Aritmetik ortalama yükseklik (R_a), merkez çizgi ortalaması (CLA: Centre Line Average) olarak da bilinen aritmetik ortalama yükseklik parametresi en çok kullanılan pürüzlülük parametresidir. R_a , değerlendirme uzunluğundaki ortalama çizgiden profil sapmalarının (yüzeydeki tepeler ve çukurlar) mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Bu parametre yüzeyin yükseklik değişimlerinin genel tanımını vermektedir. Ancak profildeki küçük değişikliklere duyarlı değildir (Gadelmawla ve diğerleri, 2002).

Kumaşların çözgü ve atkı yönlü aritmetik ortalama pürüzlülük (R_a) [μm] değerleri Surfcom 130A yüzey pürüzlülük test cihazı (Şekil 3.10) ile ISO 4287-1997 standardına göre ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm parametreleri 1.5 mm/s ölçüm hızında, 50 mm değerlendirme uzunluğunda, 0.8 mm cut off değerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.10. Yüzey Pürüzlülük Test Cihazı (Surfcom 130 A)

3.2.9. Yüzey Sürtünme Katsayısı

Sürtünme kuvveti, iki malzeme yüzeyleri arasında birbirine göre zıt olarak hareket etmeye direnen kuvvettir. İki yüzey arasındaki sürtünme kuvvetinin (F) normal kuvvete (N) oranı sürtünme katsayısı ($\mu = F/N$) olarak tanımlanır ve boyutsuz bir değerdir. Statik sürtünme katsayısı (μ_s), sürtünme kuvvetinin maksimum değeri ile normal kuvvet arasındaki oran, kinetik (dinamik) sürtünme katsayısı (μ_k) ise sürtünme kuvveti ile hareket halindeki normal kuvvet arasındaki orandır. Genel olarak aynı malzeme için $\mu_s > \mu_k$ dır (Balcı ve Sülar, 2009).

Kumaşların statik ve kinetik sürtünme katsayıları ASTM D 1894 standardına göre Labthink Param MXD-02 sürtünme test cihazında (Şekil 3.11) gerçekleştirilmiştir. Denim numunelerinin statik ve kinetik sürtünme katsayıları, kumaşların sürtündüğü malzemenin sabit tutulması amacıyla, standart aşındırıcı yün kumaş (ASTM D 4966) kullanılarak denim kumaş - yün kumaş arasındaki sürtünme katsayısı ölçülmüştür. Test edilen denim kumaş sürtünme katsayısı test cihazının alt hareketli plakasına (test hızı: 150 mm/dak; ölçüm uzunluğu: 150 mm) ve standart aşındırıcı yün kumaş üst kızağa (kızağın kütlesi: 200 g) takılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kumaş numunelerinin sürtünme katsayısı ölçümleri çözgü ve atkı yönünde yapılmıştır.



Şekil 3.11. Sürtünme katsayısı test cihazı (Labthink Param MXD-02)

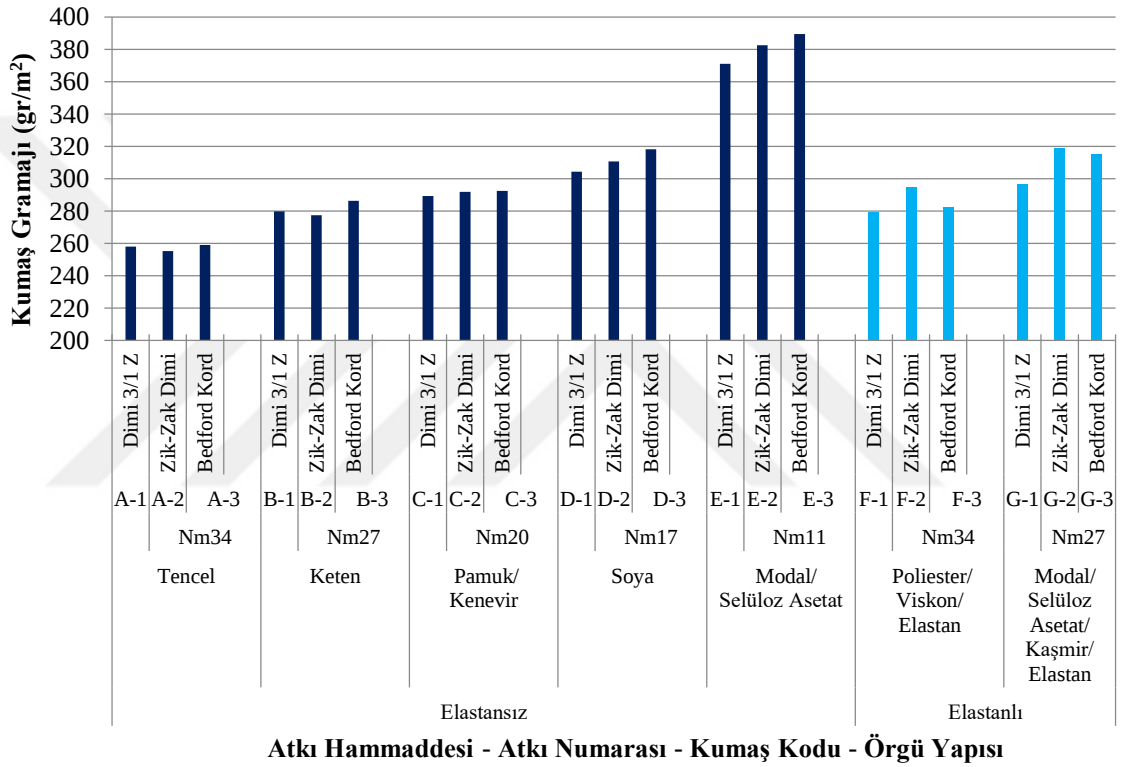
3.2.10. Kumaş kalınlığı ve gramajı

Kumaşların gramajı ASTM D3776 (2011) ve kalınlığı (James Heal'in R&B kumaş kalınlık test cihazında) ASTM D1777-96 (2007) standardına göre ölçülmüştür. Kumaş numuneleri deney öncesinde ASTM D 1776-08 (2009) standardına göre 65 ± 2 bağıl nem ve 20 ± 2 °C'de 24 saat kondüsyonlanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Kumaşların Gramaj ve Kalınlık Değişimlerinin Değerlendirilmesi

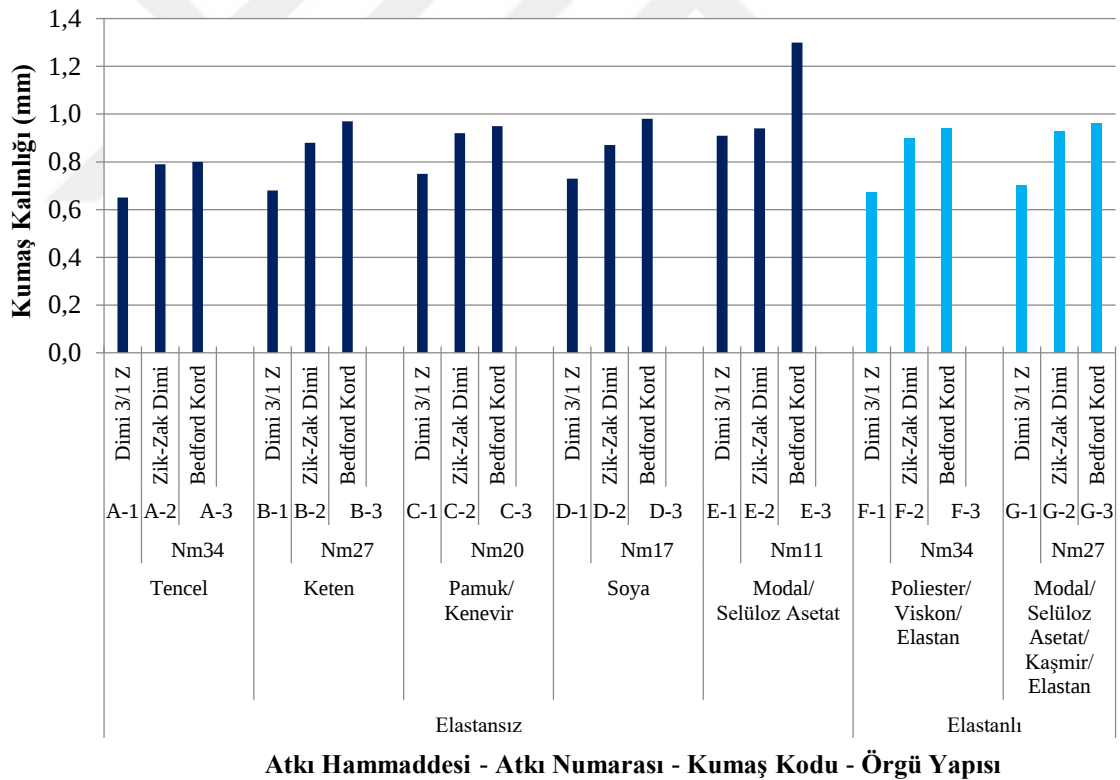
Kumaşların farklı yapısal parametrelere bağlı olarak değişen gramaj ve kalınlık değerlerinin değişimleri, sonraki bölümlerde yapılacak değerlendirmelerde kullanılması açısından, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’ de grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.1. Kumaşların gramaj değerlerindeki değişimler

Şekil 4.1’ den farklı atkı hammadde içeriklerinde dokunan elastansız kumaşların (A, B, C, D ve E), kullanılan atkı iplik kalınlıkları ve atkı sıklığına bağlı olarak, gramajlarının tüm örgü yapılarında *Tencel (Nm34) < Keten (Nm27) < Pamuk/Kenevir (Nm20) < Soya (Nm17) < Modal/Selüloz Asetat (Nm11)* olarak, elastan içerikli kumaşlarda (F ve G) *Poliester/Viskon/Elastan (Nm34) < Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan (Nm27)* olarak değiştiği görülmektedir. Aynı örgü yapısı için, atkı ipliği kalınlıkları arttıkça, beklenildiği üzere, kumaşların gramajlarının arttığı görülmektedir.

Aynı hammadde ile dokunan kumaş gruplarında, farklı örgü yapılarının kumaş gramaj değerleri üzerinde etkisi incelendiğinde, elastansız grupta (A, B, C, D ve E) Tencel (Nm34), Keten (Nm27), Pamuk/Kenevir (Nm20) gibi ince atkı iplikli kumaşların gramaj değerlerinin örgü yapılarına bağlı olarak önemli bir değişim göstermediği görülmektedir. Ancak, kumaşlarda kullanılan atkı ipliklerinin kalınlıkları arttığında, özellikle Soya (Nm17) ve Modal/Selüloz Asetat (Nm11) gibi daha kalın atkı ipliği kullanıldığında kumaş gramajlarının *Dimi 3/1 < Zik-Zak Dimi < Bedford Kord* şeklinde değişim gösterdiği görülmektedir. Atkı ipliğinde kalın atkı ipliği kullanılması durumunda kumaş gramaj değerlerinin örgü yapısına bağlı olarak *Dimi 3/1 < Zik-Zak Dimi < Bedford Kord* şeklinde bir değişim gösterdiği görülmüştür. Elastanlı kumaş grubunda (F ve G) ise özellikle Zik-Zak Dimi örgü yapısının kumaşın gramaj değerini yükselttiği görülmektedir.



Şekil 4.2. Kumaşların kalınlık değerlerindeki değişimler

Şekil 4.2' den kumaşların kalınlık değerlerindeki değişimler incelendiğinde, kumaş kalınlıklarının özellikle örgü yapısından belirgin bir şekilde etkilendiği görülmektedir. Elastanlı ve elastansız gruplarda, aynı hammaddeye sahip kumaşlarda, kumaş kalınlıklarının örgü yapısına bağlı olarak *Dimi 3/1* < *Zik-Zak Dimi* < *Bedford Kord* şeklinde artış gösterdiği görülmektedir. Özellikle atkıda en kalın iplikli ve aynı zamanda Bedford Kord örgü ile dokunmuş olan E-3 kodlu kumaşın kalınlığının diğer tüm kumaşlardan oldukça yüksek çıktığı görülmektedir.

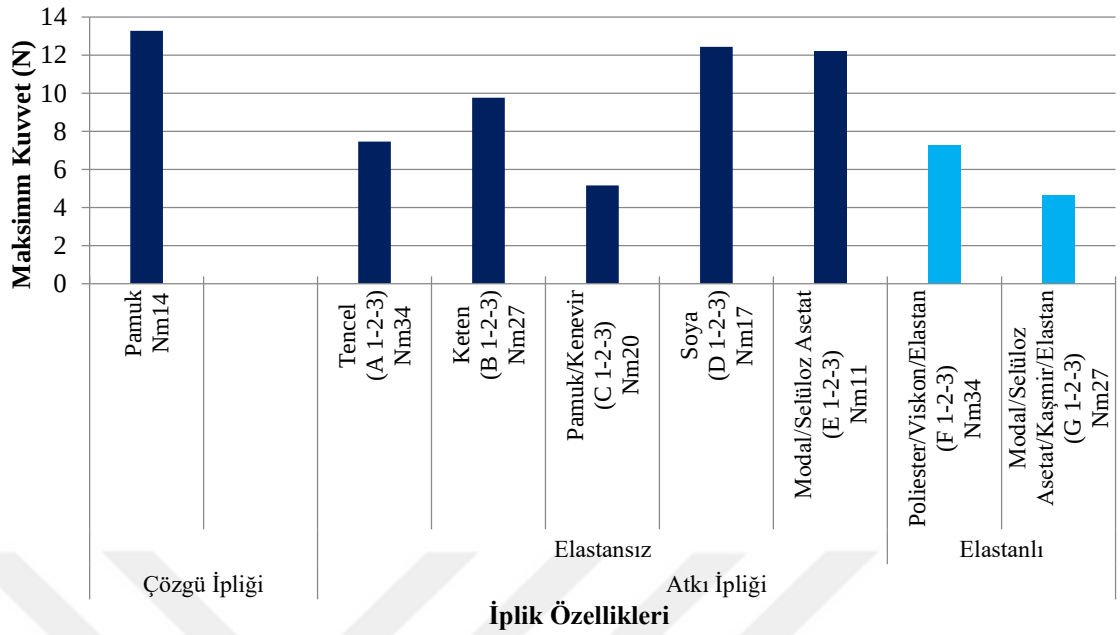
Şekil 4.2' den, elastansız kumaş kalınlıklarının tüm örgü yapılarında, Pamuk/Kenevir ve Soya arasındaki değerlerde ufak miktarda değişimler olmasına rağmen, genel olarak; *Tencel (Nm34)* < *Keten (Nm27)* < *Pamuk/Kenevir (Nm20)* < *Soya (Nm17)* < *Modal/Selüloz Asetat (Nm11)* şeklinde değiştiği görülmektedir.

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' den elastansız kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerindeki değişimler incelendiğinde, genel olarak tüm örgü yapılarında (örgü yapısı sabit tutularak), kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerindeki değişimlerin benzer bir eğilim sergilediği ve *Tencel (Nm34)* < *Keten (Nm27)* < *Pamuk/Kenevir (Nm20)* < *Soya (Nm17)* < *Modal/Selüloz Asetat (Nm11)* şeklinde olduğu görülmektedir.

Aynı örgü yapısı için (örgü yapısı sabit tutularak), elastanlı kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerindeki değişimler incelendiğinde, *Poliester/Viskon/Elastan (Nm34)* < *Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan (Nm27)* şeklinde olduğu görülmektedir.

4.2. Kumaşların Kopma Mukavemetleri ve Uzunlarının Değerlendirilmesi

Farklı yapısal özelliklere sahip denim kumaşların kopma dayanımını değerlendirmek amacıyla kumaşların ve kumaşları oluşturan ipliklerin kopma mukavemet ve % uzama değerleri incelenmiştir. Kumaşları oluşturan ipliklerin (Şekil 4.3) ve kumaşların çözgü (Şekil 4.4) ve atkı (Şekil 4.5) yönlü kopma mukavemetleri sunulmuştur.



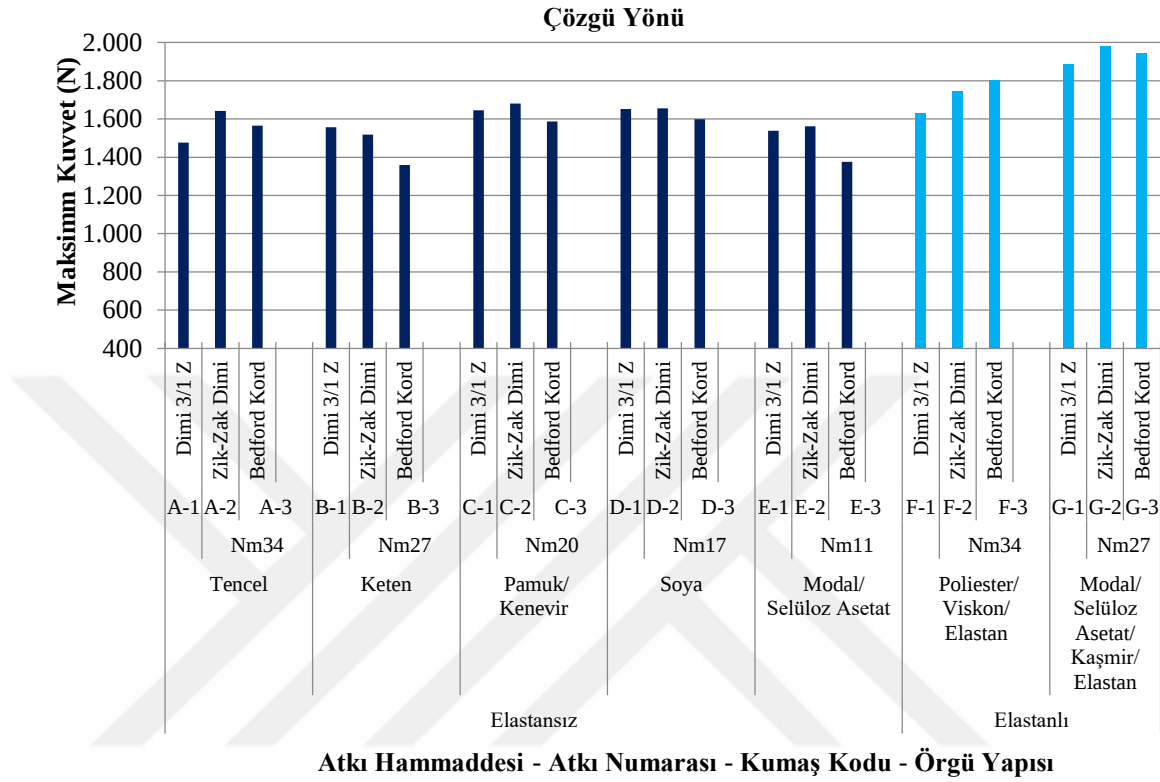
Şekil 4.3. Kumaşları oluşturan ipliklerin kopma mukavemetleri

Şekil 4.3' den kumaşlarda kullanılan ipliklerin kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde, çözgü (Nm14) ipliklerinin mukavemet değerlerinin ve atkı ipliğinde kullanılan Soya (Nm17) ve Modal/Selüloz Asetat (Nm11) ipliklerinin kopma mukavemetlerinin, bu ipliklerin diğer ipliklere göre kalın olması dolayısıyla, yüksek çıktığı görülmektedir.

Elastansız atkı ipliği mukavemet değerleri, iplik numaralarının da etkisi olacak şekilde, $Soya (Nm17) \geq Modal/Selüloz Asetat (Nm11) > Keten (Nm27) > Tencel (Nm34) > Pamuk/Kenevir (Nm20)$ şeklinde değişim göstermektedir. Pamuk/Kenevir karışımli atkı ipliği Tencel ve Keten atkı ipliklerinden daha kalın olmasına rağmen, mukavemetinin daha düşük çıktığı görülmektedir. Bu sonucun, Tencel ipliğin daha yüksek büküm (Çizelge 3.1) değerine sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Elastanlı atkı ipliği mukavemet değerlerinin $Poliester/Viskon/Elastan (Nm34) > Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan (Nm27)$ şeklinde olduğu görülmektedir. Elastanlı atkı ipliklerinde daha ince olmasına rağmen, Poliester/Viskon/Elastan (Nm34) karışımli ipliğin kopma mukavemetinin Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan (Nm27) karışımli

iplikten belirgin bir oranda daha yüksek çıktığı görülmüş olup, bu sonuca karışimdaki poliesterin etkisi olduğu düşünölmüştür.



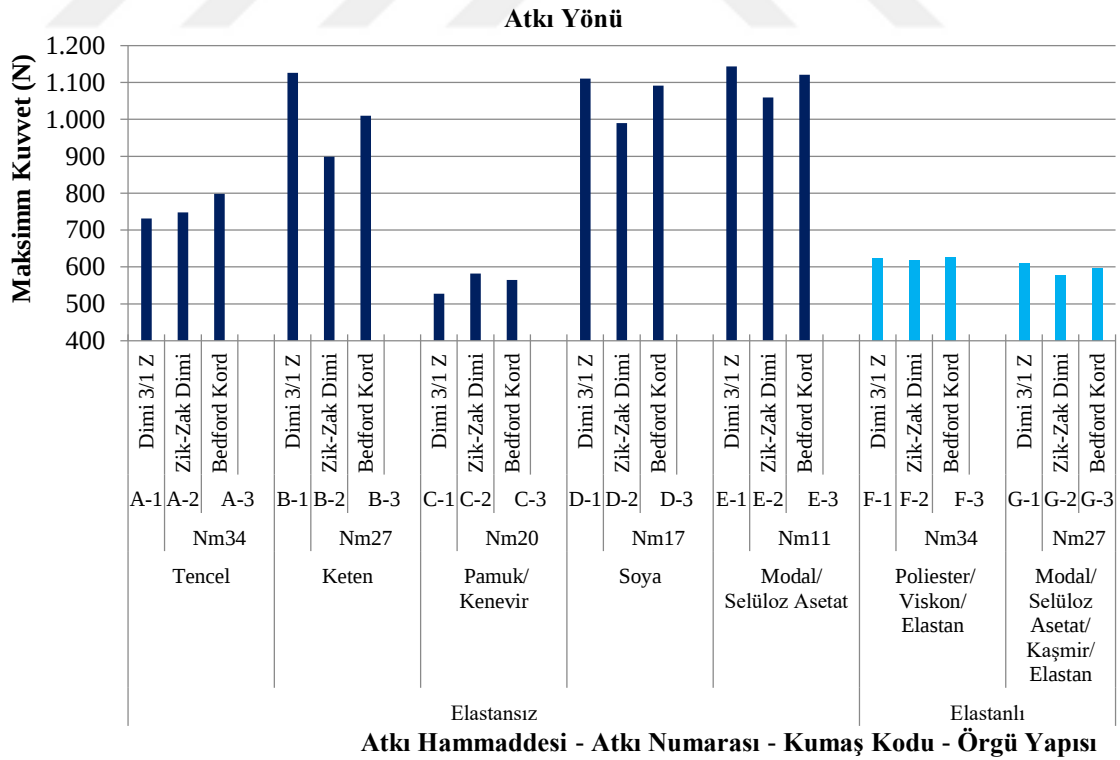
Şekil 4.4. Kumaşların çözgü yönlü kopma mukavemetleri

Şekil 4.4' den elastansız kumaşların (A, B, C, D ve E) çözgü yönlü kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde, tüm kumaşları oluşturan çözgü ipliklerinin sabit olmasının da etkisiyle, çözgü yönlü kopma mukavemeti değerlerinin, atkı yönlü kopma mukavemeti (Şekil 4.5) değerlerine göre, birbirlerine yakın sonuçlar verdiği görölmektedir.

Elastansız grupta, örgü yapısının kumaşların çözgü yönlü kopma mukavemeti üzerindeki etkisi incelendiğinde genel olarak (A grubu hariç), Beford Kord örgü yapısındaki kumaşların çözgü yönlü kopma mukavemeti değerlerinde düşme eğilimi olduğu görölmektedir. Bu durumun, Beford Kord örgü yapısında (Şekil 3.1) ipliklerin, diğer örgü yapılarına göre, daha uzun atlama (yüzme) uzunluklarından kaynaklanıyor olabileceği düşünölmektedir.

Örgü yapısında ipliklerin birbirleriyle yaptığı kesişim (bağlantı) miktarı, kumaşların kopma mukavemetini yükseltecektir. Bedford Kord örgü yapısında iplikler uzun atlamalar yaptığından, iplik kesişimleri diğer örgülere göre daha az olduğundan, bu durumun Bedford Kord örgü yapılı kumaşlarda kopma mukavemeti değerlerini düşürdüğü görülmüştür.

Elastanlı kumaş grubunda (F ve G), çözgü yönlü kopma mukavemeti değerlerinin, elastansız kumaş grubuna göre bir miktar daha yüksek elde edildiği görülmektedir. Bu durumun, kumaş yapısında elastan kullanımı durumunda kumaşın daha fazla daralma göstererek sıkılaşması ve daha kompakt hale gelmesinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Elastanlı grupta ise örgü yapısının kumaşların çözgü yönlü kopma mukavemeti değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, kumaşların kopma mukavemet değerlerinin, genel olarak Dimi 3/1 <Zik-Zak Dimi> Bedford Kord şeklinde artış gösterdiği görülmektedir. Elastansız gruptaki Bedford Kord yapılı kumaşta gözlemlenen kumaş mukavemetindeki düşüşün, elastanlı grupta gözlemlenmediği görülmüştür.



Şekil 4.5. Kumaşların atkı yönlü kopma mukavemetleri

Şekil 4.5’ den elastansız kumaşların (A, B, C, D ve E) atkı yönlü kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde, kumaşların atkı yönlü kopma mukavemeti değerlerinin genel olarak, *Modal/Selüloz Asetat > Soya > Keten > Tencel > Pamuk/Kenevir* şeklinde değişim gösterdiği görülmektedir. Kumaşların atkı yönlü kopma mukavemeti değerleri üzerinde, kumaşları oluşturan atkı ipliklerinin kopma mukavemeti değerlerinin (Şekil 4.3) belirleyici olduğu görülmektedir.

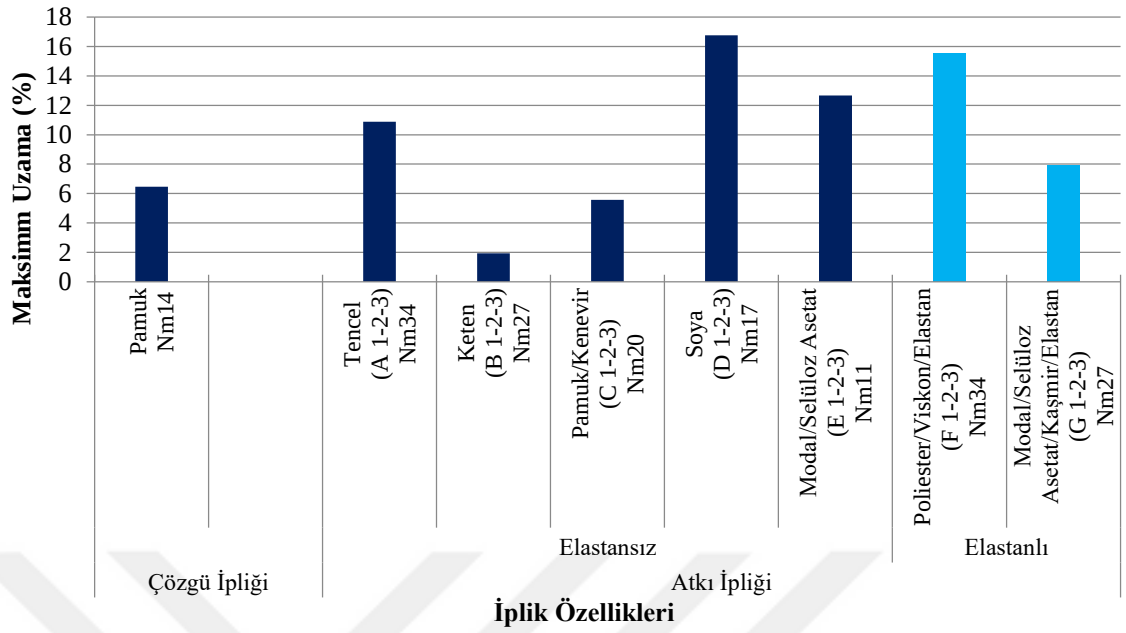
Elastansız kumaşlarda, atkı yönlü kopma mukavemeti üzerinde örgü yapısının etkisi incelendiğinde, genel olarak, Zik-Zak Dimi örgü yapılı kumaşların atkı yönlü kopma mukavemeti değerlerinde belirgin bir düşme görülmüştür.

Elastanlı kumaşların (F ve G) iplik mukavemetlerinin (Şekil 4.3) *Poliester/Viskon/Elastan (Nm34) > Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan (Nm27)* şeklinde olmasına rağmen, atkı yönlü kopma mukavemeti değerlerinin ise yaklaşık birbirine yakın çıktığı görülmektedir.

Denim kumaşların çözgü yönlü (Şekil 4.4) ve atkı yönlü (Şekil 4.5) kopma mukavemet değerleri karşılaştırıldığında, kumaşların çözgü yönlü mukavemetlerinin atkı yönlü mukavemetlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, kumaşı oluşturan çözgü ipliklerinin mukavemet değerlerinin atkı ipliklerinden daha yüksek olması ve aynı zamanda kumaşı oluşturan çözgü sıklığı değerinin atkı sıklığı değerlerinden daha yüksek olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Dokuma ve atkı ipliği özelliklerinin kumaşların çekme davranışı etkisi üzerine yapılan bir çalışmada (Helena, Emil ve Krste, 2008), bir kumaşın kopma mukavemeti ve kopma uzamasının öncelikle kullanılan ipliğin test yönündeki kopma mukavemeti ve kopma uzamasına bağlı olmakla birlikte, sadece hammaddenin değil, aynı zamanda dikey iplik sisteminin mekanik özelliklerinin de kumaşların analiz edilen yöndeki gerilme özelliklerini etkilediği belirtilmiştir.

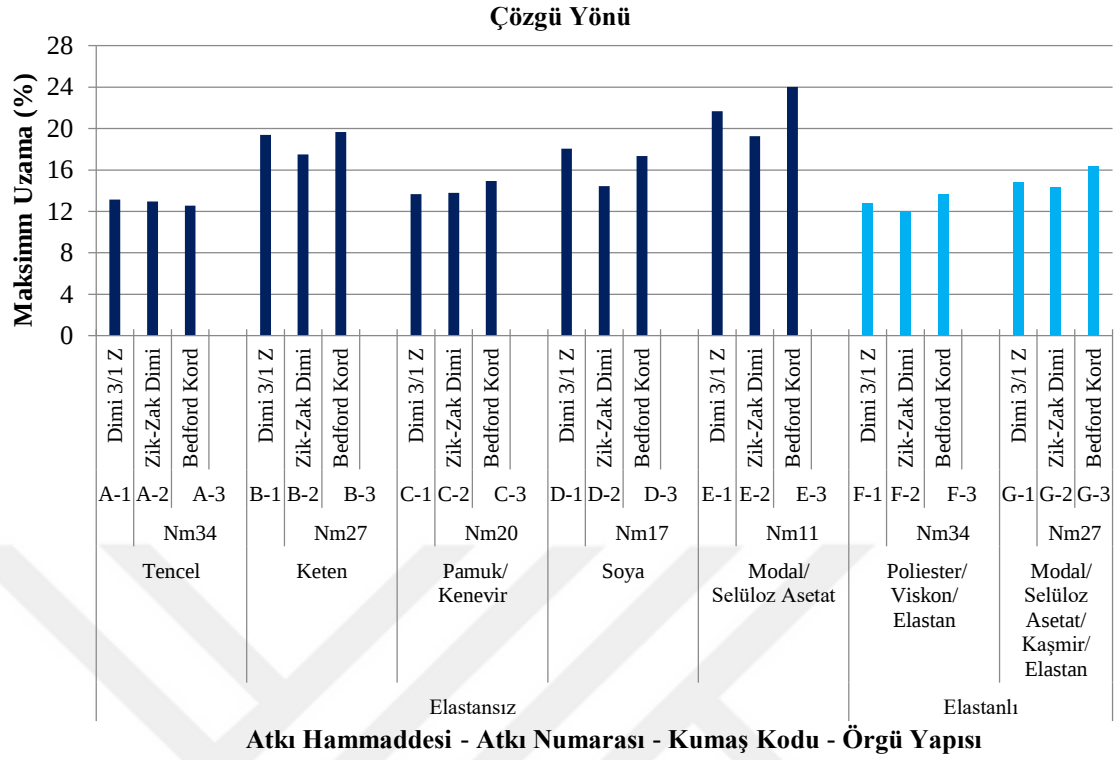
Kumaşları oluşturan ipliklerin (Şekil 4.6) ve kumaşların çözgü (Şekil 4.7) ve atkı (Şekil 4.8) yönlü kopma uzama değerleri sunulmuştur.



Şekil 4.6. Kumaşları oluşturan ipliklerin kopma % uzama değerleri

Şekil 4.6' dan kumaşları oluşturan elastansız atkı ipliklerinin kopma % uzama değerleri incelendiğinde, **Soya** > **Modal/Selüloz Asetat** > **Tencel** > **Pamuk/Kenevir** > **Keten** şeklinde değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek % uzama değerini Soya atkı ipliği, en düşük % uzama değerini Keten atkı ipliği verdiği görülmektedir.

Elastanlı atkı ipliği % uzama değerlerinin **Poliester/Viskon/Elastan** > **Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan** şeklinde olduğu görülmektedir.



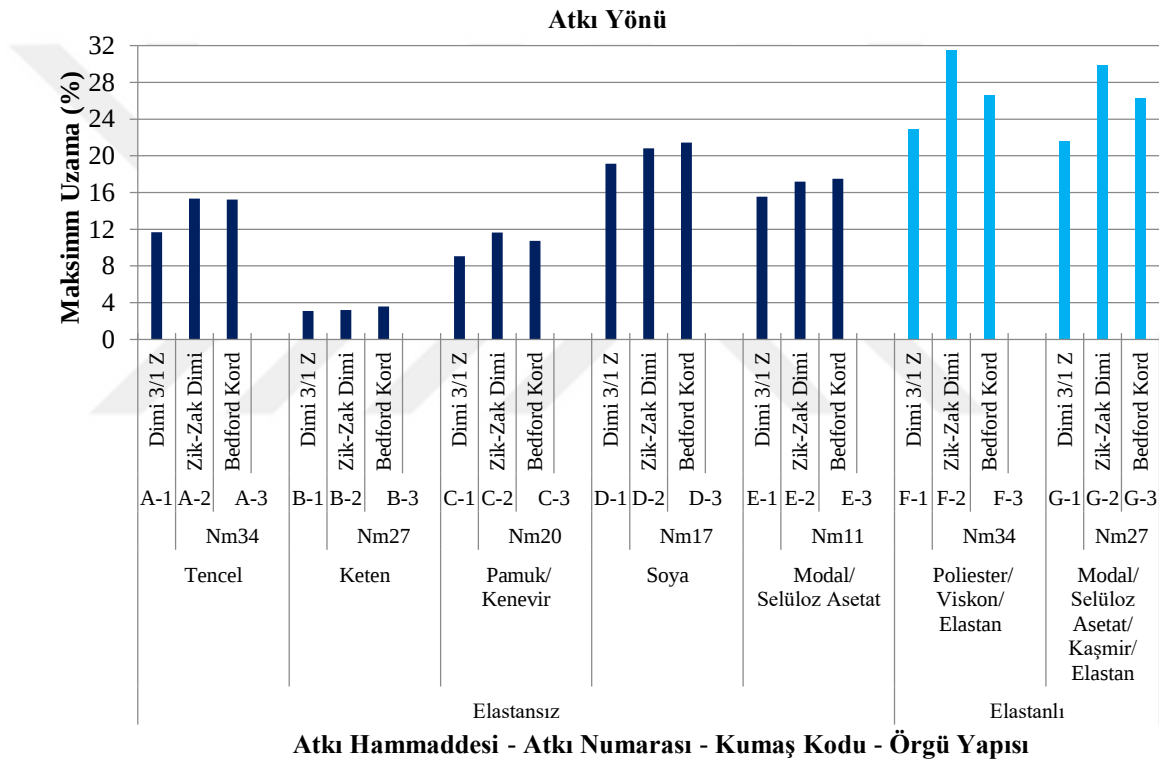
Şekil 4.7. Kumaşların çözgü yönlü kopma % uzama değerleri

Şekil 4.7' den elastansız kumaşların (A, B, C, D ve E) çözgü yönlü kopma % uzama değerleri incelendiğinde, *Modal/Selüloz Asetat* > *Keten* > *Soya* > *Pamuk/Kenevir* > *Tencel* şeklinde değişim gösterdiği görülmektedir. Elastanlı kumaşların (F ve G) çözgü yönlü kopma % uzama değerlerinin *Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan* > *Poliester/Viskon/Elastan* şeklinde değişim gösterdiği görülmektedir. Kumaşların çözgü yönlü kopma uzama değerleri üzerinde kumaşları oluşturan iplik kalınlık-sıklık-örgü bileşiminin etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Dokuma kumaşların tek eksenli çekme özelliklerine yerleşim ve yapının etkisi üzerine yapılan bir çalışmada (Banerjee, Mishra ve Ramkumar, 2010), yük taşıyan ve bağlantı yapan ipliklerin sayısının, aralarındaki mesafenin ve bunların örgü deseninin, bileşen ipliklerin kıvrımları ve bunların çekme deformasyon işlemi sırasındaki değişimleri ile birlikte kumaşın çekme özelliklerini etkilediğini ortaya koymaktadır.

Şekil 4.7’ de gözlemlenen sonuçlardan, literatürdeki çalışmada da belirtildiği üzere (Banerjee, Mishra ve Ramkumar, 2010), yapı bileşenlerinin özelliklerinin ve bu bileşenlerin kumaşın çekme deformasyonu sırasındaki değişimlerinin kumaşın çözgü yönlü kopma uzama değerlerini etkilediği görülmüştür.

Şekil 4.7’ den, örgü yapısının etkisi incelendiğinde, genel olarak (incelenen kumaşların çoğunluğunda) Zik-Zak Dimi örgü yapısının kumaşların çözgü yönlü % uzama değerlerini azalttığı görülmüştür.



Şekil 4.8. Kumaşların atkı yönlü kopma % uzama değerleri

Şekil 4.8’ den elastansız kumaşların (A, B, C, D ve E) atkı yönlü kopma % uzama değerleri incelendiğinde, kumaşları oluşturan atkı ipliklerinin kopma % uzama değerlerinin (Şekil 4.6) belirleyici olduğu görülmektedir. Elastansız kumaşların (A, B, C, D ve E) atkı yönlü kopma % uzama değerlerinin, atkı ipliklerindeki % uzama değişimine benzer şekilde, **Soya** > **Modal/Selüloz Asetat** > **Tencel** > **Pamuk/Kenevir** > **Keten** şeklinde değişim gösterdiği görülmektedir.

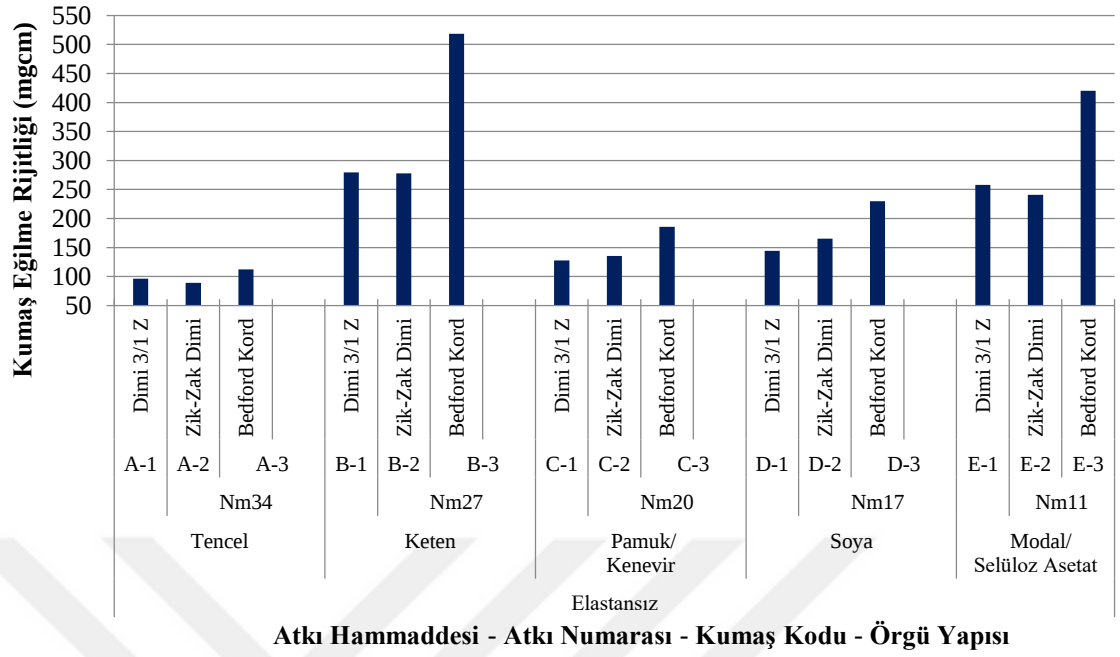
Kumaşların atkı yönlü % uzama değerlerinde de en yüksek % uzama değerini Soya atkı ipliği içerikli kumaşta, en düşük % uzama değerini Keten atkı ipliği içerikli kumaştan elde edildiği görülmektedir.

Elastanlı kumaşların (F ve G) atkı yönlü kopma % uzama değerlerinin de, atkı ipliklerindeki % uzama değişimine benzer şekilde, *Poliester/Viskon/Elastan* > *Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan* şeklinde olduğu görülmektedir.

Şekil 4.8’ den, örgü yapısının etkisi incelendiğinde, özellikle elastanlı kumaşlarda, çözümlü yönünde görülen eğilim tersi yönde bir değişim gözlenmiş olup, Zik-Zak Dimi örgü yapısının kumaşların atkı yönlü % uzama değerlerini arttırdığı görülmüştür.

4.3. Kumaşların Eğilme Rijitliği, Kat Düzeltme Açısı ve Dökümlülüklerinin Değerlendirilmesi

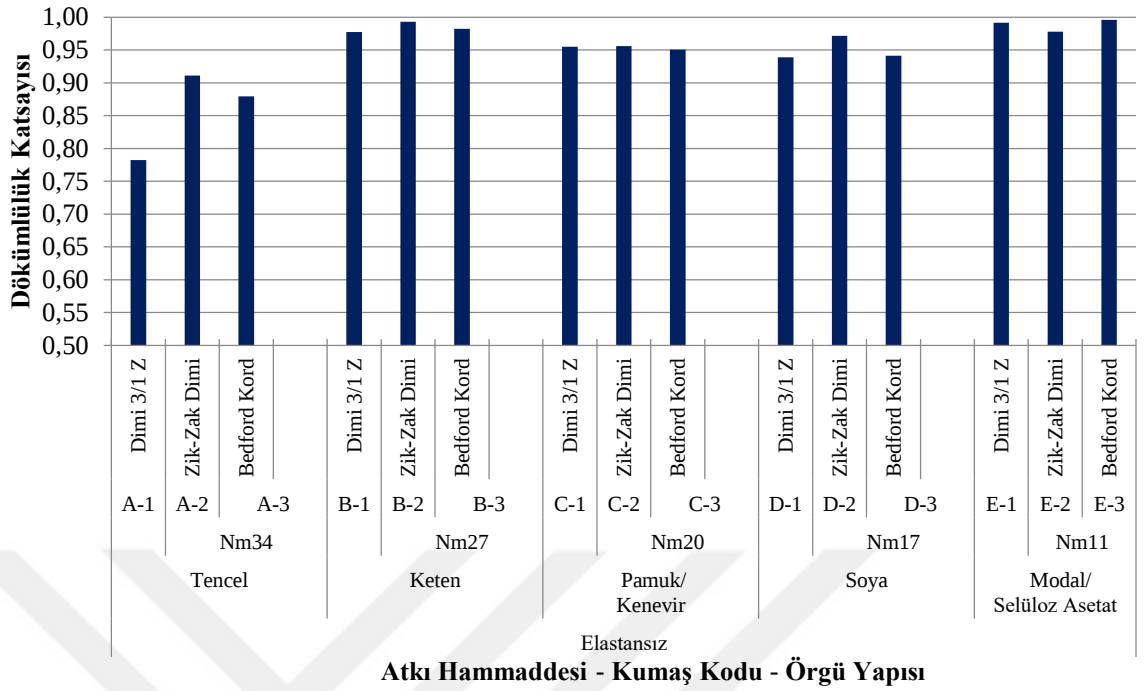
Farklı yapısal özelliklere sahip denim kumaşların tutum, sertlik vb. fiziksel performans özelliklerini değerlendirmek amacıyla kumaşların eğilme rijitliği (Şekil 4.9), dökümlülük katsayıları (Şekil 4.10) ve kat düzeltme açısı (Şekil 4.11) incelenmiştir. Elastanlı kumaşların testlerinde, kumaş yapısının elastanlı olması etkisiyle eğilme rijitliği, kat düzeltme açısı ve dökümlülük katsayıları testlerinin verimli bir şekilde yapılamamasından dolayı, aşağıda elastansız denim yapılarının değerlendirilmeleri sunulmuştur.



Şekil 4.9. Kumaşların eğilme rijitliği

Şekil 4.9’ da kumaşların, çözgü yönlü ve atkı yönlü eğilme rijitliklerinden hesaplanan genel kumaş eğilme rijitliği (Eşitlik (3.2)) değerleri sunulmuştur. Şekil 4.9’ dan en yüksek eğilme rijitliği değerlerinin Keten içerikli kumaşlardan, en düşük eğilme rijitliği değerlerinin Tencel içerikli kumaşlardan elde edildiği görülmektedir. Kumaşların eğilme rijitliklerinin, **Keten** > **Modal/Selüloz Asetat** > **Soya** > **Pamuk/Kenevir** > **Tencel** şeklinde olduğu görülmektedir.

Örgü yapısının kumaşların eğilme rijitliği üzerindeki etkisi incelendiğinde, Bedford Kord örgü yapısının kumaşların eğilme rijitliğini, diğer bir ifadeyle eğilmeye karşı gösterdiği direnci, önemli ölçüde arttırdığı görülmektedir.

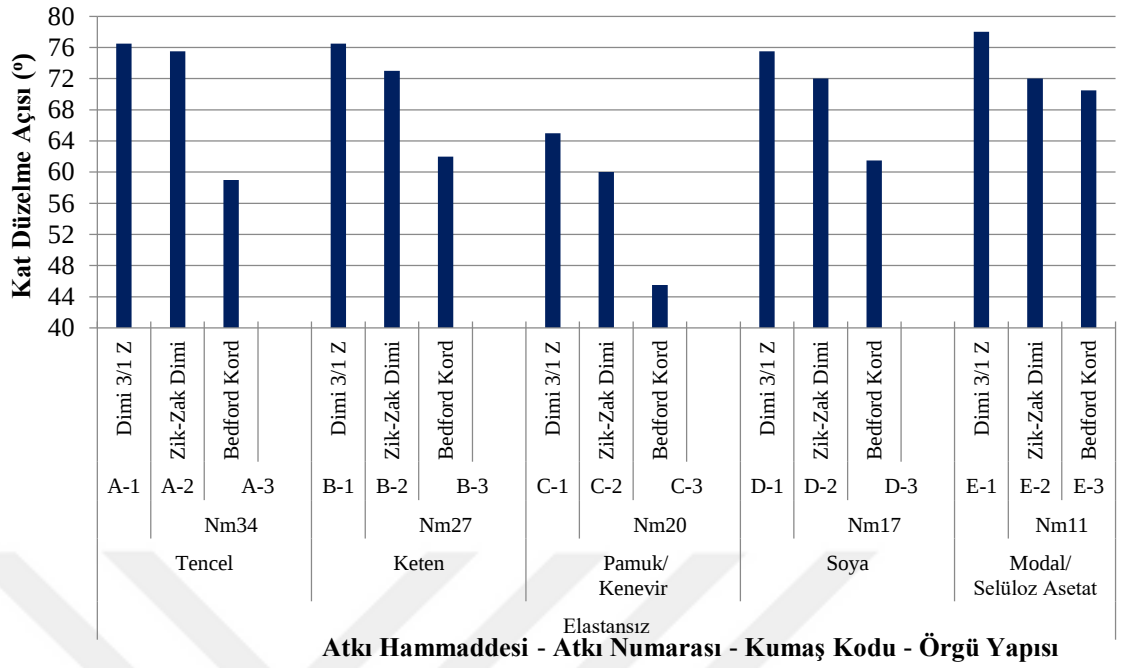


Şekil 4.10. Kumaşların dökümlülük katsayısı

Kumaşların dökümlülük katsayıları “1” değerine yaklaştıkça kumaşların dökümlülüğü azalır. Şekil 4.10’ den kumaşların dökümlülük katsayılarındaki genel eğilimin, yaklaşık olarak, *Modal/Selüloz Asetat* $\geq$ **Keten** > *Pamuk/Kenevir* $\geq$ *Soya* > **Tencel** şeklinde olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, en az dökümlülüğün Keten ve Modal/Selüloz Asetat içerikli kumaşlardan, en fazla dökümlülüğün Tencel içerikli kumaşlardan elde edildiği görülmektedir.

Kumaşların dökümlülük katsayılarındaki eğilimin (*Modal/Selüloz Asetat* $\geq$ **Keten** > *Pamuk/Kenevir* $\geq$ *Soya* > **Tencel**) ile Şekil 4.9’ daki kumaş eğilme rijitliği değerlerindeki eğilim (**Keten** > *Modal/Selüloz Asetat* > *Soya* > *Pamuk/Kenevir* > **Tencel**) ile yaklaşık olarak benzer sonuçlar verdiği görülmektedir.

Bu sonuç, beklenildiği üzere, eğilme rijitliği yüksek olan kumaşların dökümlülük katsayılarının yüksek, diğer bir ifade ile dökümlülüklerinin düşük olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.11. Kumaşların kat düzelme açısı

Şekil 4.11’ de kumaşların, çözgü yönlü ve atkı yönlü kat düzelme açılarının ortalaması alınarak hesaplanan kumaş kat düzelme açıları sunulmuştur. Kat düzelme açısı, kumaşın katlanmadan sonra geri gelme durumunu ifade etmektedir. Katlanmadan sonra geri gelme açı değeri ne kadar büyükse (180° ’ ye yaklaştıkça), kumaş katlandıktan sonra eski haline daha çabuk dönebilme özelliği göstermektedir.

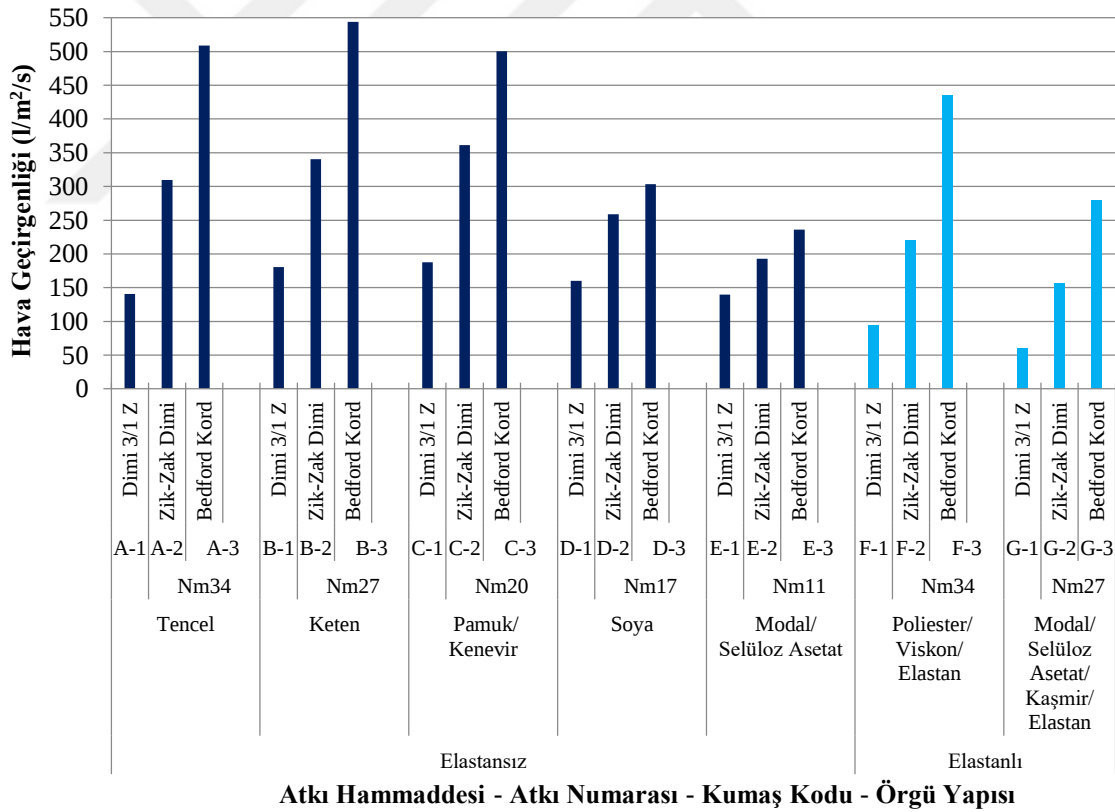
Şekil 4.11’den, kumaşların kat düzelme açlarına kumaş örgü yapısının önemli bir etkisi olduğu görülmektedir. Örgü yapısına bağlı olarak kumaşların kat düzelme açıları *Dimi 3/1* > *Zik-Zak Dimi* > *Bedford Kord* şeklinde olduğu görülmektedir. Konvansiyonel denim örgü yapısı olan *Dimi 3/1* örgüye sahip denim kumaşların kat düzelme açılarının, diğer bir ifade ile katlanmadan sonra geri gelebilme yeteneklerinin en fazla olduğu, *Bedford Kord* örgü yapısının ise katlanmadan sonra geri gelebilme kabiliyetinin oldukça az olduğu görülmüştür.

Hammaddenin kumaşların kat düzelme açısı üzerindeki etkisi incelendiğinde, Pamuk/Kenvir içerikli kumaşların katlanmadan sonra geri dönme kabiliyetlerinin diğer kumaşlara göre en düşük olduğu görülmüştür.

Kumaşların eğilme rijitliği (Şekil 4.9), dökümlülük katsayıları (Şekil 4.10) ve kat düzelme açıları (Şekil 4.11) incelendiğinde, incelenen denim yapıların eğilme rijitliği ile dökümlülük katsayıları arasında yaklaşık benzer bir ilişki olduğu görülmüştür. Eğilme rijitliği yüksek olan kumaşların dökümlülüklerinin az olduğu gözlenmiştir. Kumaşların kat düzelme açıları ise eğilme rijitliği ve dökümlülük katsayılarıyla belirgin bir değişim ilişkisi elde edilememiştir.

4.4. Kumaşların Hava Geçirgenliği, Isıl Direnç ve Nem Yönetim Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Farklı yapısal özelliklere sahip denim kumaşların konfor özelliklerini değerlendirmek amacıyla kumaşların hava geçirgenliği (Şekil 4.12), ısı direnç (Şekil 4.13) ve nem yönetim (Şekil 4.14) özellikleri incelenmiştir.



Şekil 4.12. Kumaşların hava geçirgenlikleri

Elastansız kumaş grubunun (A, B, C, D ve E) hava geçirgenlikleri incelendiğinde (Şekil 4.12), hammadde bakımından aynı atkı ipliği özelliğiyle dokunan kumaşlarda en az hava geçirgenlik değerinin Dimi 3/1 örgü yapısına sahip kumaşlardan elde edildiği ve hava geçirgenlik değerlerinin *Dimi 3/1 <Zik-Zag Dimi <Bedford Kord* şeklinde artış gösterdiği görülmektedir.

Elastansız kumaş grubunda (A, B, C, D ve E), Çizelge 3.1 ve Şekil 4.1- Şekil 4.2' den, kumaşların gramaj ve kalınlık değerleri dikkate alındığında; Dimi 3/1 örgü yapısına sahip kumaşların, arada ufak değişimler olmakla birlikte, genel olarak gramaj değerlerinin ve özellikle belirgin bir biçimde kalınlık değerlerinin Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapısına sahip kumaşlara göre daha düşük olmasına rağmen, en düşük hava geçirgenliğinin (Şekil 4.12), diğer bir ifadeyle hava geçirgenliğine karşı en yüksek direncin, Dimi 3/1 örgü yapısına sahip kumaşlardan elde edildiği görülmektedir.

Bu sonuç, aynı atkı ipliği özelliğiyle dokunan kumaşlarda kumaşın hava geçirgenliğinin kumaşın gramajından ve kalınlığından ziyade dokuma deseninden önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlardan denim kumaş yapılarında kullanılan konvansiyonel Dimi 3/1 örgü yapısının hava geçirgenlik değerlerinin, Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapılarına göre oldukça düşük olduğunu göstermiştir. Bu sonucun, dimi yapısının desenlendirmede Zik-Zak şekilde düzenlenmesinin, kumaş yapısında arka arkaya gelen uzun iplik atlamalarına (yüzmelerine) sebep olmasından (Şekil 3.1) ve benzer durumun Bedford Kord örgü yapısında bulunan uzun iplik atlamalarından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmüştür. Kumaş yapısındaki uzun iplik atlamalarının kumaşların hava geçirgenlik değerlerini önemli oranda arttırdığı görülmüştür.

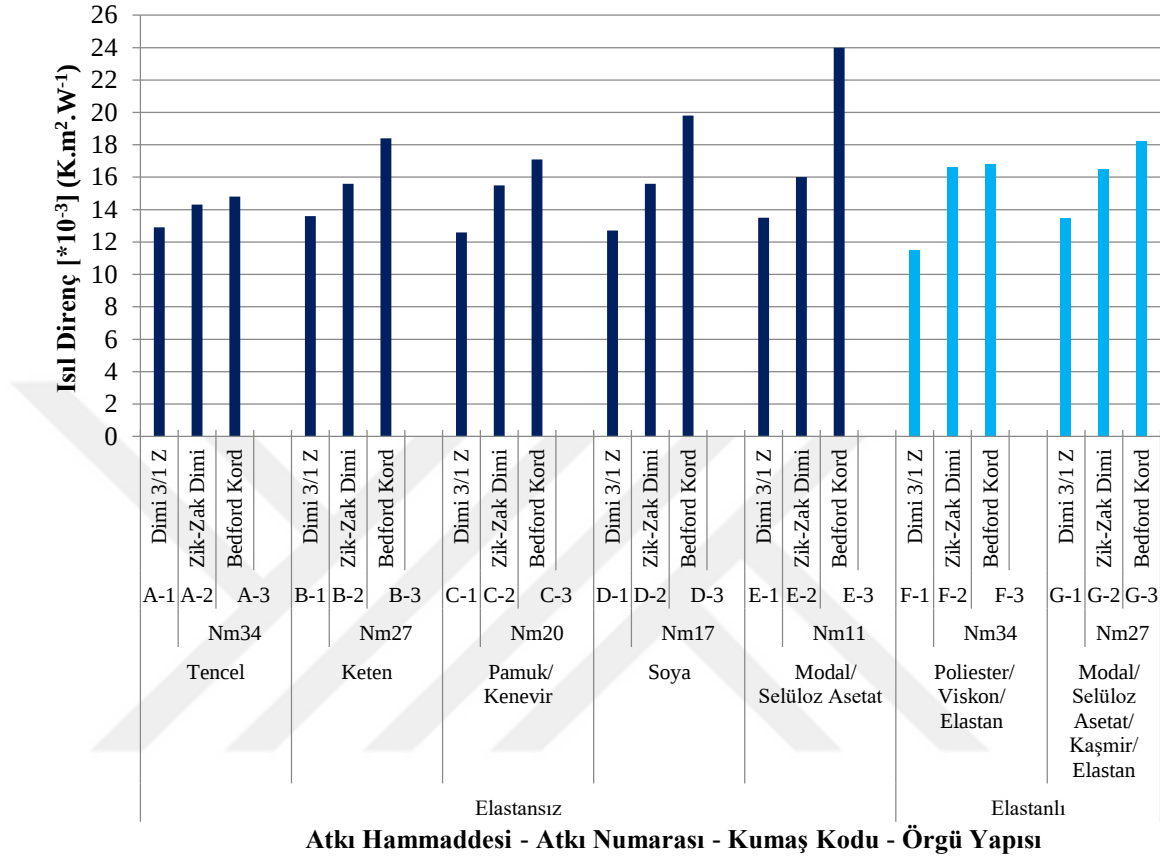
İplik özelliği ve sıklıkları aynı olacak şekilde, dokuma kumaşların konfor özelliklerinin incelendiği bir çalışmada (Kanat, 2007), dimi kumaşların bezayağı kumaşlara göre daha yüksek hava geçirgenliği değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir. Dokuma örgüsünde ipliklerin atlamalar yaptığı dimi örgü yapısına sahip kumaşların, ipliklerin birebir kesişim yaptığı bezayağı örgü yapısına sahip kumaşlara göre daha yüksek hava geçirgenliğine sahip olduğu belirtilmiştir (Kanat, 2007).

Elastanlı kumaş grubunun (F ve G) hava geçirgenlikleri incelendiğinde (Şekil 4.12), hammadde bakımından aynı atkı ipliği özelliğiyle dokunan kumaşlarda en az hava geçirgenlik değerinin Dimi 3/1 örgü yapısına sahip kumaşlardan elde edildiği, hava geçirgenlik değerlerinin *Dimi 3/1 <Zik-Zag Dimi <Bedford Kord* şeklinde artış gösterdiği görülmektedir (Rahman ve Akgun, 2024). Elastanlı kumaş grubunda (F ve G), Çizelge 3.1 ve Şekil 4.1- Şekil 4.2’ den, kumaşların gramaj ve kalınlık değerleri dikkate alındığında Dimi 3/1 örgü yapısına sahip kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerinin Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapısına sahip kumaşlara göre daha düşük olmasına rağmen, en düşük hava geçirgenliğinin, diğer bir ifadeyle hava geçirgenliğine karşı en yüksek direncin, Dimi 3/1 örgü yapısına sahip kumaşlardan elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.12). Bu sonuç, aynı atkı ipliği özelliğiyle dokunan elastanlı kumaşlarda kumaşın hava geçirgenliğinin kumaşın gramajından ve kalınlığından ziyade dokuma deseninden önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir (Rahman ve Akgun, 2024).

Elastanlı kumaş grubunda (F ve G), aynı dokuma örgü yapısı ile dokunan kumaşlarda atkı ipliği özelliklerinin hava geçirgenliği üzerindeki etkileri incelendiğinde, daha ince atkı ipliğiyle (Nm34) dokunan ve dolayısıyla kumaş gramajı ve kalınlık değerleri (Çizelge 3.1) daha düşük olan kumaşların (Polyester/Viskon/Elastan içeren), kalın atkı ipliğiyle (Nm27) dokunan kumaşlara (Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan içeren) göre daha yüksek hava geçirgenlik değerleri verdiği görülmüştür. Bu sonuç, aynı dokuma örgü yapısına sahip elastan içerikli kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin, kullanılan atkı ipliği inceliğine ve buna bağlı olarak kumaşın gramajına ve kalınlığına bağlı olarak değiştiğini göstermiştir (Rahman ve Akgun, 2024).

Elastanlı kumaş grubunda (F ve G), kullanılan farklı hammadde içerikli atkı ipliklerinin kalınlıkları birbirinden farklı olduğundan kumaşların hava geçirgenliğine etkisi açısından iplik kalınlıklarının etkisinin daha belirleyici olduğu görülmüştür. Bu nedenle hammadde kompozisyonlarının kumaşların hava geçirgenliği üzerindeki etkisi açısından net bir değerlendirme yapılamamıştır (Rahman ve Akgun, 2024).

Kumaşların ısıl direnç (r), diğer bir ifadeyle ısı iletimine karşı gösterdiği direnç değerleri Şekil 4.13’ de sunulmuştur.



Şekil 4.13. Kumaşların ısıl direnç (r) değerleri

Şekil 4.13’ den elastansız (A, B, C, D ve E) ve elastanlı (F ve G) kumaş grubunun ısı iletimine karşı gösterdiği direnç değerleri incelendiğinde, hammadde bakımından aynı atkı ipliği özelliğiyle dokunan kumaşlarda ısıl direnç değerleri *Dimi 3/1* < *Zik-Zak Dimi* < *Bedford Kord* şeklinde artış göstermektedir. Dokuma örgü yapısında uzun iplik atlamalarına sahip kumaşlarda ısıl direnç değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Özellikle Bedford Kord örgü yapılı ve kalın atkı ipliği ile dokunana D-3 ve E-3 kodlu kumaşların oldukça yüksek ısıl direnç değerleri verdiği görülmüştür. Bu sonuca aynı zamanda kumaş kalınlıklarının da etkisi olduğu belirtilmelidir. Şekil 4.2’ den kumaş kalınlıklarının örgü yapısına bağlı olarak *Dimi 3/1* < *Zik-Zak Dimi* < *Bedford Kord* şeklinde artış gösterdiği görülmektedir.

Şekil 4.13' den elde edilen sonuçlar aynı zamanda, kumaş kalınlıklarındaki artış ile kumaşların ısı dirençlerindeki artışın orantılı olduğunu göstermektedir.

Durgun hava ideal bir yalıtım malzemesidir. Çünkü durgun havanın ısı iletkenliği tüm liflerden daha düşüktür. Bu nedenle, yüksek ısı yalıtımı istenilen bir tekstil malzemesinin iç yapısında yüksek miktarda hava bulunmalıdır. Hacimli malzemeler yapıları gereği daha fazla miktarda havayı yapısında tutabilirler. Kumaş yapısının ısı direnci, kumaştaki hava boşluklarının miktarına bağlıdır. Malzemenin kalınlığı ve dolayısıyla içerdiği hava miktarı arttıkça malzemenin ısı direnci artar (Havenith, 2002; Özdil ve diğerleri, 2007).

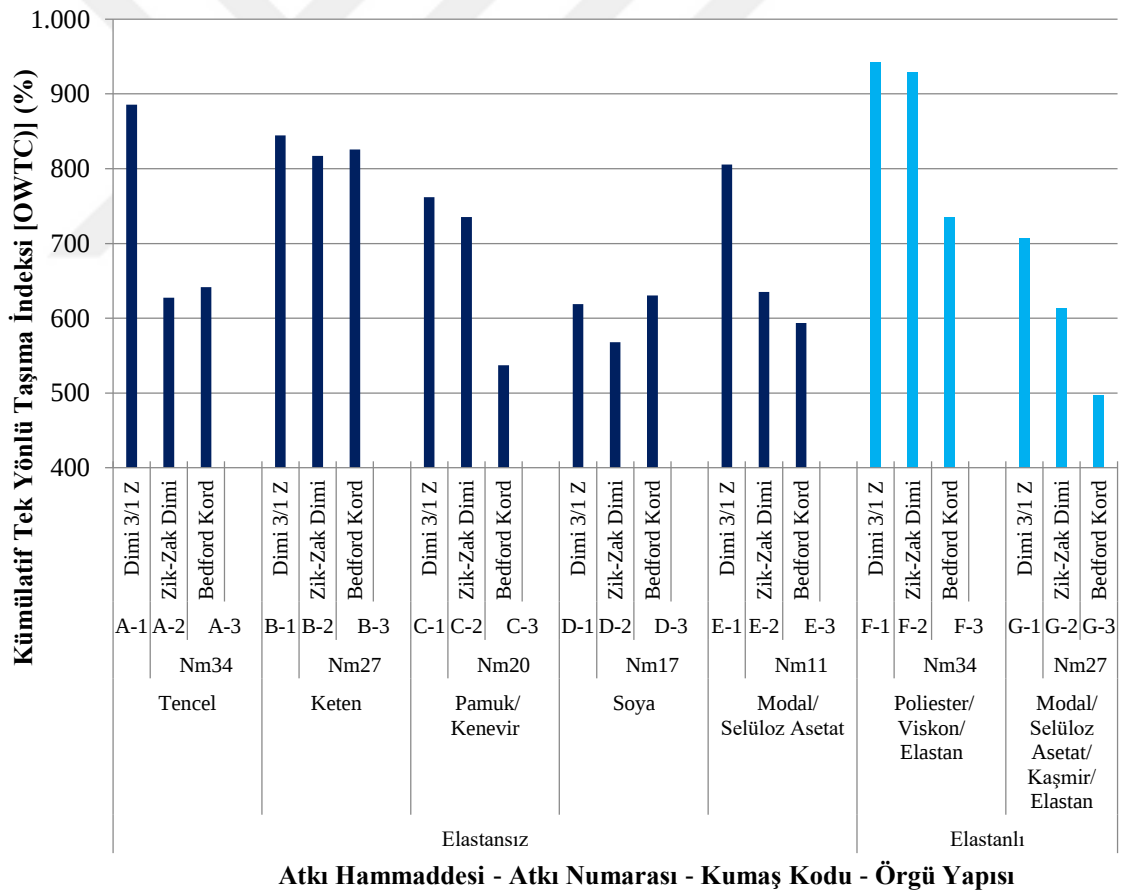
Dokuma kumaşların konfor özelliklerinin incelendiği bir çalışmada (Kanat, 2007), dimi kumaşların bezayağı kumaşlara göre daha yüksek ısı direnci değerlerine sahip olduğu, diğer bir ifadeyle, ipliklerin uzun atlamalar yaptığı dimi örgünün bezayağı örgüye göre daha yüksek ısı direnç gösterdiği belirtilmiştir.

Dokuma kumaş yapısının ısı yalıtım özelliklerine etkisi üzerine yapılan bir çalışmada (Matusiak ve Sikorski, 2011), atkı ipliğinin doğrusal yoğunluğunun ve kumaş örgü yapısının, kumaşların ısı özelliklerini önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Bezayağı kumaşların, dimi 3/1 S, dimi 2/2 S ve hopsack 2/2 kumaşlardan daha yüksek ısı iletkenliğe, ısı emiciliğe ve daha düşük ısı dirence sahip olduğu belirtilmiştir. Kumaş kalınlığı ile ısı dirençleri arasında ve ayrıca kumaşın metrekaşe başına kütlesi ile ısı iletkenlikleri arasında güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Dokuma deseninin ve ayrıca çözgü yüzme uzunluğunun pamuklu dokuma kumaşların ısı özelliklerine etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada (Asayesh, Talaei ve Maroufi, 2018), bezayağı kumaşın en düşük ısı direnci ve en yüksek ısı iletkenlik gösterdiği ve hopsack 2/2(4) dokuma kumaşın en yüksek ısı direnci ve en düşük ısı iletkenliği gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, hopsack 2/2(4) dokuma kumaş yapısı hariç, çalışmada incelenen tüm dokuma örgülerinde, çözgü yüzme (atlama) uzunluğunun kumaşların termal özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu, çözgü yüzmelerinin artmasının kumaşların ısı direncinin artmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Şekil 4.13’ den elde edilen sonuçlardan, kumaşların ısı direnç değerleri üzerinde kumaşın bünyesinde daha fazla hava tutabilme kapasitesini etkileyen kumaş yapısal parametrelerinin belirgin olarak etkili olduğu görülmektedir. Kumaş yapısı içinde durgun havanın bulunabileceği boşlukları arttırıcı faktörlerin, kumaşların ısı direncini arttırdığı görülmüştür. Kumaş kalınlığı arttıkça ve örgü yapısındaki ipliklerin atlama (yüzme) uzunlukları arttıkça, yapı içinde durgun havanın tutunabileceği boşlukların artmasından dolayı kumaşların ısı direncinin arttığı görülmüştür.

Tez çalışması kapsamında, denim kumaş yapılarının nem yönetim özelliklerinin incelenmesinde, Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksi (OWTC) (Şekil 4.14) ve Genel Nem Yönetimi Özelliği (OMMC) değerleri değerlendirilmiştir.



Şekil 4.14. Kumaşların kümülatif tek yönlü taşıma indeksi değerleri

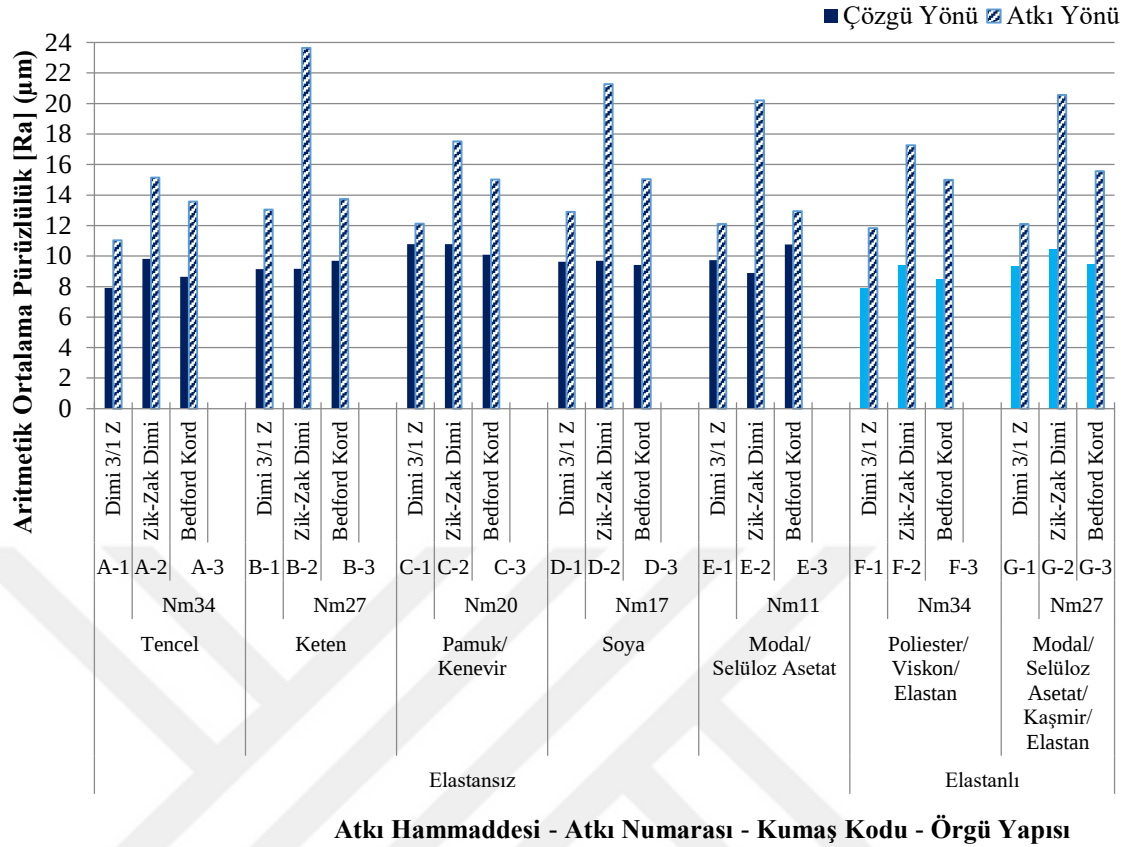
Şekil 4.14' den kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine tek yönlü sıvı transferi olan kümülatif tek yönlü taşıma indeksi (OWTC) değerleri incelendiğinde, MMT değerlendirme ölçeğine göre, tüm kumaşların “mükemmel (>400))” seviyede OWTC değerleri verdiği görülmektedir.

Örgü yapılarının elastansız ve elastanlı tüm kumaşların OWTC değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, elde edilen sonuçların genelinde, Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapısının kumaşların OWTC değerini düşürdüğü görülmektedir. Bu sonuç, denim kumaşlarda kullanılan örgülerdeki ipliklerin atlama uzunlukları arttırıldığında, kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine tek yönlü sıvı transferi değerinin (OWTC) düştüğünü göstermiştir. Çalışmada incelenen kumaşlarda denim kumaşlarda geleneksel olarak kullanılan Dimi 3/1 örgü yapısının en yüksek OWTC değerleri verdiği gözlenmiştir. Dimi 3/1 örgü yapısına sahip tüm kumaşlar içinde Poliester/Viskon/Elastan içeriğine sahip F-1 kodlu kumaşın en yüksek OWTC değeri olduğu görülmektedir. Bu sonucun, beklenildiği üzere, hammadde karışımındaki polyester içeriğinden kaynaklanıyor olabileceği sonucuna varılmıştır. Hidrofobik (su sevmeyen) özellikteki polyester lifleri, sıvı tutmadığından dolayı, kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine tek yönlü sıvı transferi değerini (OWTC) arttırdığı görülmüştür.

Deneyisel çalışmada incelenen tüm kumaşların OMMC (Genel Nem Yönetimi Özelliği) değerleri "0.5" olarak elde edilmiştir. MMT değerlendirme ölçeğine göre, tüm kumaşların “iyi (0.4 - 0.59)” seviyede sıvı yönetim performansı verdiği görülmüştür.

4.5. Kumaşların Yüzey Pürüzlülüğü ve Sürtünme Katsayısı Değerlerinin Değerlendirilmesi

Farklı yapısal özelliklere sahip denim kumaşların yüzey özelliklerini değerlendirmek amacıyla kumaşların çözgü ve atkı yönlü yüzey pürüzlülük değerleri (Şekil 4.15) ve sürtünme katsayıları (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17) incelenmiştir. Şekil 4.15' de denim kumaşların çözgü ve atkı yönlü aritmetik ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri sunulmuştur.



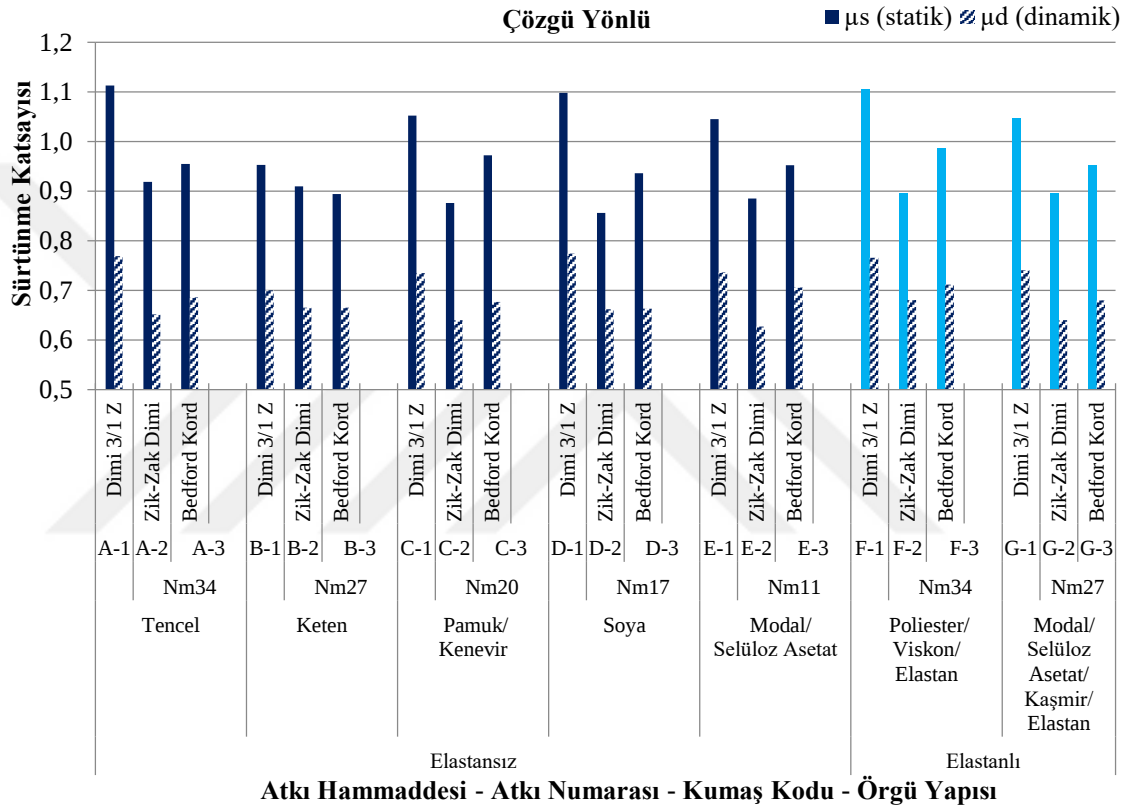
Şekil 4.15. Kumaşların aritmetik ortalama pürüzlülük (R_a) değerleri

Şekil 4.15' den aynı hammadde grubu için, elastansız ve elastanlı kumaş gruplarında örgü yapısının kumaş yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi incelendiğinde, atkı yönü doğrultusunda Zik-Zak Dimi örgü yapısının önemli miktarda kumaş yüzey pürüzlülüğü değerlerini yükselttiği görülmektedir. Atkı yönlü yüzey pürüzlülük değerlerinin *Dimi 3/1* < *Bedford Kord* < *Zik-Zak Dimi* şeklinde değişim gösterdiği görülmektedir. Geleneksel denim kumaş örgü yapısı olan *Dimi 3/1* örgünün, bu çalışmada incelenen diğer örgü yapılarına göre, en düşük yüzey pürüzlülük değerleri verdiği görülmüştür.

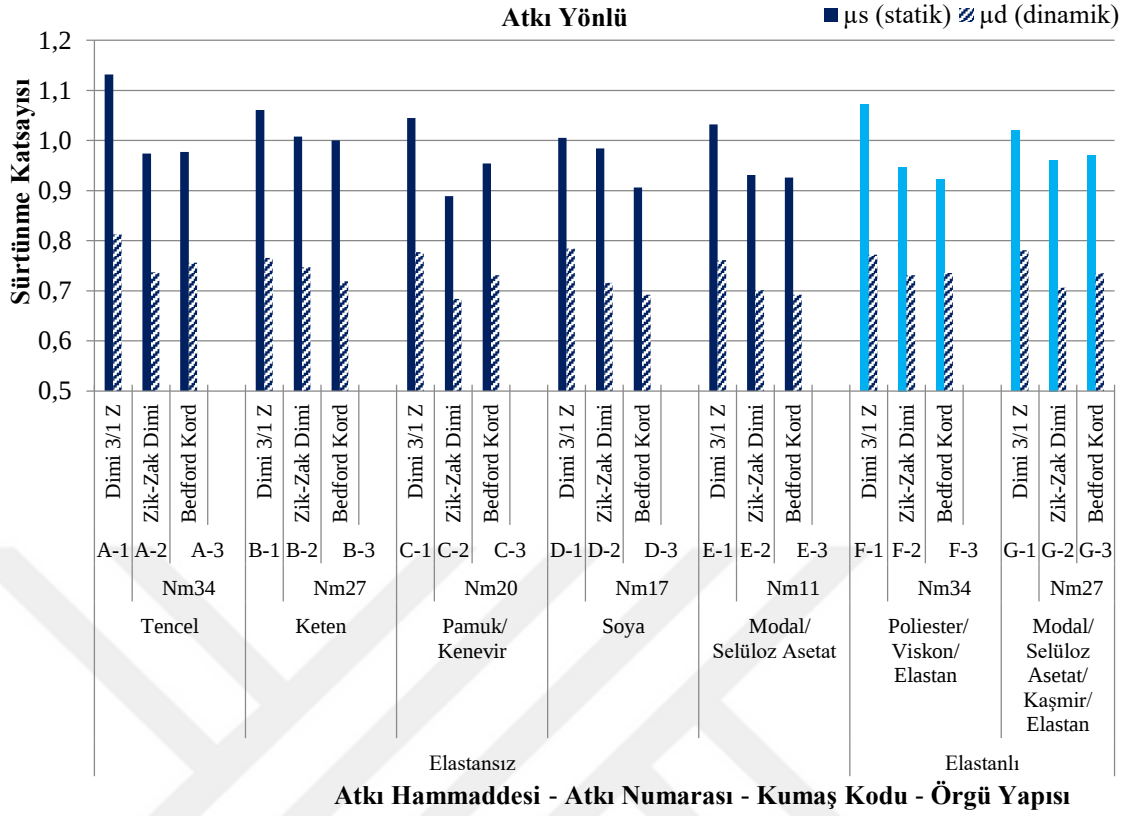
Literatürde, kumaş yapısında tekrarlanan büyük birimlerin kaba dokular oluşturduğu, küçük birimlerin ince dokular oluşturduğu belirtilmektedir (Vassiliadis ve Provatidis, 2004; Xin ve Lam, 2005).

Bu çalışmada da daha küçük birim örgü raporuna (Dimi 3/1) sahip kumaşların, daha büyük tekrar boyutlarına sahip diğer örgü raporlarına (Bedford Kord ve Zik-Zak Dimi) göre daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri verdiği görülmüştür.

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’ de kumaşların çözgü ve atkı yönlü sürtünme katsayıları değerlerindeki değişimler sunulmuştur.



Şekil 4.16. Kumaşların çözgü yönlü sürtünme katsayıları



Şekil 4.17. Kumaşların atkı yönlü sürtünme katsayıları

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’ den kumaşların çözgü ve atkı yönlü sürtünme katsayıları değerlerindeki değişimler incelendiğinde, tüm hammadde gruplarında, Dimi 3/1 dokuma örgüsüne sahip kumaşların statik ve dinamik sürtünme katsayılarının en yüksek olduğu görülmektedir.

Yüksek sürtünme katsayısı değerleri veren Dimi 3/1 örgü yapısındaki kumaşların genelinde statik sürtünme katsayısı değerlerinin (μ_s) ≈ 1 ve üzerinde olduğu görülmektedir.

Kumaşların çözgü yönlü sürtünme katsayıları değerleri incelendiğinde, çözgü yönünde genelde Zik-Zak Dimi örgü yapıları kumaşların en düşük sürtünme katsayısı değerleri verdiği görülmektedir. Kumaşların atkı yönlü sürtünme katsayıları değerleri incelendiğinde, atkı yönünde genelde Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapıları kumaşların birbirine yakın sürtünme katsayısı değerleri verdiği görülmektedir.

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’ den, kumaşların statik sürtünme katsayısı (μ_s) değerlerinin dinamik sürtünme katsayısı (μ_d) değerlerinden daha yüksek çıktığı görülmektedir.

Bilindiği üzere, genel olarak aynı malzeme için statik sürtünme katsayısı kinetik sürtünme katsayısından daha yüksektir (Balcı ve Sular, 2009). Bu sonuç hareketsiz iki yüzey arasındaki tam kohezyon etkisinden kaynaklanmaktadır. Hareket başladıktan sonra iki yüzey arasındaki sürtünme yüzey pürüzleri (asperitler) üzerinden meydana geldiğinden, dinamik sürtünme katsayısının düşmesine neden olmaktadır (Okur 2002, Balcı ve Sular, 2009). İki yüzey hareketsiz durumdayken uygulanan kuvvet ile harekete geçirmek için yüzeyler arasındaki tam kohezyon etkisinin yenilmesi gerekmektedir. Bu nedenle statik sürtünme katsayısı daha yüksek çıkmaktadır.

Ayrıca Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’ dan, denim kumaşların μ_s ve μ_d değerleri arasındaki farkın da belirgin bir biçimde yüksek olduğu görülmektedir.

Kumaşların yüzey pürüzlülük değerlerindeki değişimlerle (Şekil 4.15) sürtünme katsayısı değerlerindeki değişimler (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17) karşılaştırıldığında; denim kumaşlarda kullanılan Dimi 3/1 örgü yapısının, Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgülere göre yüksek sürtünme katsayısı değerleri verdiği gözlemlenirken, Şekil 4.15’ den ise Dimi 3/1 örgünün en düşük yüzey pürüzlülük değerine sahip olduğu görülmektedir.

Kumaşların sürtünme özellikleri pürüzlülük derecesinin, pürüzsüzlüğün veya diğer dokunsal özelliklerin belirlenmesi için önemli bir parametredir. Literatürde, sürtünme katsayısı düşük olan kumaş yapılarının genellikle pürüzsüz olduğu ve bu kumaşların, yüzeyine uygulanan harekete karşı çok az sürtünme direnci gösterdiği belirtilmektedir (Balcı ve Sular, 2009; Das, Kothari ve Vandana, 2005; Ajayi, 1992a; Ajayi, 1992b).

Ancak, bu çalışmadan elde edilen sonuçlardan yüzey pürüzlülüğü ile yüzey sürtünme katsayısı arasındaki ilişkide, düşük yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerine sahip kumaş yapısının (Dimi 3/1) yüksek sürtünme katsayısı değerleri verdiği şeklinde elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçların adhezyon (yapışma) teorisine göre açıklanabileceği düşünülmüştür.

Adhezyon (yapışma) teorisine göre iki yüzey arasındaki sürtünme direnci yüzeyler arasındaki temas alanı ve yüzeydeki bağıl yükseklik ile ilişkilidir (Bowden ve Tabor, 1964; Kragelskii, 1965; Thomas, 1982).

Adhezyon teorisine göre iki yüzey arasındaki sürtünme davranışı mikroskobik olarak incelendiğinde, birbiriyle temas eden iki yüzey üzerine kuvvet uygulandığında yüzeyler arasında birbirine değen pürüzlerde temas olduğu ve sürtünme kuvvetinin aşılarak yüzeyden kaymanın gerçekleşebilmesi için güçlü pürüzlerin aşılması gerektiği belirtilmektedir (Hong, 2000, Balcı ve Sular, 2009). İyi yüzey arasındaki gerçek temas alanı küçüldükçe, kaymanın meydana gelmesi için daha az yük gerekeceği ve bunun sonucunda sürtünme katsayısının düşeceği ifade edilmektedir (Balcı ve Sular, 2009).

Literatürdeki bu açıklamalar doğrultusunda, bu çalışmadan elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sürtünme katsayısı arasındaki ilişkiler için, diğer örgü yapılarına (Zik-Zak Dimi ve Beford Kord) göre daha düşük yüzey pürüzlülüğü gösteren Dimi 3/1 yüzeyin bu özelliğinden dolayı, sürtündüğü kumaş yüzeyi (bu çalışmada yünlü standart aşındırıcı kumaş kullanılmıştır) ile arasında daha fazla tutunma/yapışma etkisinden kaynaklanıyor olabileceği sonucuna varılmıştır. Diğer bir ifade ile pürüzlülüğü düşük bir yüzeye sahip Dimi 3/1 kumaşlarda sürtündüğü diğer yüzey ile arasındaki gerçek temas alanının artmasından dolayı, iki yüzey arasındaki sürtünme kuvvetinin aşılarak yüzeyden kaymanın gerçekleşebilmesi için daha fazla yük gerekeceğinden dolayı bu durumun kumaşın sürtünme katsayısının ($\mu = F/N$) artmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu açıklamayı destekleyen sonuçlardan bir diğeri de Zik-Zak Dimi örgünün göstermiş olduğu yüzey pürüzlülüğü ve sürtünme katsayısı arasındaki ilişkilerdir. Şekil 4.15' den, Zik-Zak Dimi örgü yapısına sahip kumaşların en yüksek yüzey pürüzlülük değerine sahip olduğu gözlemlenirken, Şekil 4.16' dan kumaşların çözgü yönlü sürtünme katsayıları değerleri incelendiğinde, çözgü yönünde genelde Zik-Zak Dimi örgü yapılı kumaşların en düşük sürtünme katsayısı değerleri verdiği görülmektedir. Burada da, en yüksek pürüzlülük değeri veren yüzeyin en düşük sürtünme katsayısı değerlerini verdiği görülmektedir.

Bu sonuç, yukarıda literatürde de açıklandığı üzere, sürtündüğü cisim ile arasındaki gerçek temas alanının daha düşük olmasından, yani kaymanın birbirine temas eden yüzeylerin pürüzlerinde gerçekleşiyor olması, yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip bu yüzeyin sürtünme katsayısının daha düşük elde edilebilmesini sağladığını göstermektedir. Diğer bir ifade ile yüzey pürüzlülüğü yüksek olduğundan diğer yüzey ile arasında tam bir yapışma olmayıp, sürtünme yüzeydeki pürüzler üzerinden olmakta ve bu durum gerçek temas alanını azaltarak, yüzeyin sürtünme katsayısını düşürmektedir.



5. SONUÇ

Denim kumaşlar özellikle dayanıklılığı, kullanım konforu ve moda değişimlerine uygunluğu vb. özellikleri bakımından günlük yaşamda ve her yaştan kullanıcı tarafından tercih edilen tekstil yapılarıdır.

Bu tez çalışmasında denim kumaşlarda, özellikle sürdürülebilir hammaddelerin kullanımı göz önünde bulundurularak, farklı hammadde içeriklerine sahip atkı iplikleriyle dokunan denim kumaşlar üzerinde çalışılmıştır. Atkı ipliğinde farklı hammadde ve hammadde karışımlarına sahip elastansız (*Tencel (Nm34), Keten (Nm27), Pamuk/Kenevir (Nm20), Soya (Nm17), Modal/Selüloz Asetat (Nm11)*) ve elastanlı (*Poliester/Viskon/Elastan (Nm34), Modal/Selüloz Asetat/Kaşmir/Elastan (Nm27)*) iplikler kullanılmıştır.

Aynı zamanda hem desenlendirme etkisi hem de farklı alanlarında kullanımı bakımından konvansiyonel denim kumaşlarda kullanılan Dimi 3/1 örgünün yanı sıra Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapılarının da denim kumaşların çeşitli fiziksel performans özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

Denim kumaşların dayanıklılığı (kopma mukavemeti ve uzaması), tutum (eğilme rijitliği, dökümlülük ve kat düzelme açısı) ve çeşitli geçirgenlik (hava geçirgenliği, ısı direnç ve nem yönetim performansı) özellikleri ve kumaşların hem görünüm hem de kullanım performansını etkileyebilecek parametreler olan yüzey özellikleri (yüzey pürüzlülüğü ve sürtünme katsayıları) incelenmiştir.

Farklı yapısal parametrelerin denim kumaş performansına etkilerinin araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Kumaş örgü yapısının bu çalışmada incelenen tüm fiziksel performans özellikleri üzerinde en etkili yapısal parametre olduğu görülmüştür.

- Kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerindeki değişimler incelendiğinde; aynı ipliklerle dokunan kumaşlarda, kumaş kalınlıklarının özellikle örgü yapısından belirgin bir şekilde etkilendiği görölmüştür. Kumaş kalınlıkları örgü yapısına bağlı olarak *Dimi 3/1 < Zik-Zak Dimi < Bedford Kord* şeklinde değişim göstermiştir.

Kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerindeki değişimlerin, aynı örgü yapısı için, atkı ipliği kalınlığından etkilendiği, kumaşı oluşturan atkı ipliği kalınlığı arttıkça kumaşların gramaj ve kalınlık değerlerinin arttığı görölmüştür.

- Kumaşların kopma mukavemet değerlerindeki değişimler incelendiğinde;

Çalışmada incelenen tüm kumaşların çözgü ipliği özellikleri sabit olduğundan, atkı ipliklerinde kullanılan farklı hammadde içeriklerinin kumaşların atkı yönlü kopma mukavemetleri üzerinde belirleyici olduğu görölmüştür.

Örgü yapısı açasından, Bedford Kord örgü yapısındaki kumaşların çözgü yönlü kopma mukavemeti değerlerinde düşme eğilimi olduğu, bu sonucun Bedford Kord örgü yapısındaki ipliklerin uzun atlama (yüzme) uzunluklarından kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır. Kumaş yapısı içinde ipliklerin birbiri ile yaptığı bağlantı (kesişim) sayısı azaldıkça, diğer bir ifadeyle ipliklerin kumaş içinde yaptığı atlama uzunlukları arttıkça, bu durumun kumaşın kopma mukavemetini düşürdüğü görölmüştür.

Elastanlı kumaşların çözgü yönlü kopma mukavemeti değerlerinin, elastansız kumaşlara göre bir miktar daha yüksek elde edildiği, bu sonucun, kumaş yapısında elastan kullanımı durumunda kumaşın daha fazla daralma göstererek sıkılaşması ve daha kompakt hale gelmesinden kaynaklanıyor olabileceği sonucuna varılmıştır.

Kumaşların çözgü yönlü kopma mukavemetleri atkı yönlü mukavemetlerine göre daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum, kumaşı oluşturan çözgü ipliklerinin mukavemet değerlerinin atkı ipliklerinden daha yüksek olması ve aynı zamanda kumaşı oluşturan çözgü sıklığı değerinin atkı sıklığından daha yüksek olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

- Kumaşların kopma uzama değerlerindeki değişimler incelendiğinde;

Kumaşlar aynı çözgü ipliği özellikleriyle dokunmasına rağmen, kumaşların çözgü yönlü kopma uzama değerlerinde gözlenen eğilimlerinin farklı olduğu görülmüştür. Bu duruma, kumaşları oluşturan atkı ipliği kalınlığı-iplik sıklığı-örgü vb. yapı bileşenlerinin özelliklerinin ve bu bileşenlerin kumaşın çekme deformasyonu sırasındaki değişimlerinin kumaşın çözgü yönlü kopma uzama değerlerini etkilediği sonucuna varılmıştır.

Atkı yönlü kopma % uzama değerleri üzerinde, kumaşları oluşturan atkı ipliklerinin kopma % uzama değerlerinin belirleyici olduğu görülmüştür. Elastansız yapıdaki kumaşlarda en yüksek atkı yönlü % uzama değerinin Soya atkı ipliği içerikli kumaşta, en düşük % uzama değerinin Keten atkı ipliği içerikli kumaştan elde edildiği görülmüştür.

Elastansız kumaşların çözgü yönlü kopma uzama davranışlarında, genel olarak, Zik-Zak Dimi örgü yapısının kumaşların çözgü yönlü % uzama değerlerini azalttığı, elastanlı kumaşlarda ise, çözgü yönünde görülen eğilim tersi yönde bir değişim gözlenmiş olup, Zik-Zak Dimi örgü yapısının kumaşların atkı yönlü % uzama değerlerini arttırdığı görülmüştür.

- Kumaşların eğilme rijitliği, dökümlülük ve kat düzelme açısı değerlerindeki değişimler incelendiğinde;

Hammadde etkisi bakımından, keten içerikli kumaşların eğilme rijitliği değerleri en yüksek, Tencel içerikli kumaşların en düşük ve bu sonuçla ilişkili olarak dökümlülüğün keten içerikli kumaşlarda düşük, Tencel içerikli kumaşlarda en yüksek elde edildiği görülmüştür.

Örgü yapısı bakımından, Bedford Kord örgü yapısının kumaşların eğilme rijitliğini, diğer bir ifadeyle eğilmeye karşı gösterdiği direnci, önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür.

Hammaddenin kumaşların kat düzelme açısı üzerindeki etkisi bakımından, en düşük kat düzelme açısı değerleri Pamuk/Kenevir içerikli kumaşlardan elde edilmiştir. Pamuk/Kenvir içerikli kumaşların katlanmadan sonra geri dönme kabiliyetlerinin diğer kumaşlara göre en düşük olduğu görülmüştür.

Örgü yapısının kumaşların kat düzelme açısı üzerindeki etkisi bakımından, kat düzelme açıları Dimi 3/1> Zik-Zak Dimi> Bedford Kord şeklinde elde edilmiştir. Konvansiyonel denim örgü yapısı olan Dimi 3/1 örgüye sahip denim kumaşların kat düzelme açılarının, diğer bir ifade ile katlanmadan sonra geri gelebilme yeteneklerinin en fazla olduğu görülmüştür. Bedford Kord örgü yapısının ise katlanmadan sonra geri gelebilme kabiliyetinin oldukça az olduğu görülmüştür.

Kumaşların eğilme rijitliği, dökümlülük katsayıları ve kat düzelme açıları arasındaki ilişkiler incelendiğinde, çalışmada incelenen denim yapıların eğilme rijitliği ile dökümlülük katsayıları arasında yaklaşık benzer bir ilişki olduğu, eğilme rijitliği yüksek olan kumaşların dökümlülüklerinin az olduğu gözlenmiştir. Kumaşların kat düzelme açılarında ise eğilme rijitliği ve dökümlülük katsayılarıyla arasında belirgin bir değişim ilişkisi elde edilememiştir.

- Kumaşların hava geçirgenliği, ısı direnç (r) ve nem yönetim özellikleri değerlerindeki değişimler incelendiğinde;

Hammaddenin bakımından aynı atkı ipliği özelliğiyle dokunan kumaşlarda, en az hava geçirgenlik değerinin, diğer bir ifadeyle hava geçirgenliğine karşı en yüksek direncin, Dimi 3/1 örgü yapısına sahip kumaşlardan elde edildiği, hava geçirgenlik değerlerinin Dimi 3/1 <Zik-Zak Dimi <Bedford Kord şeklinde artış gösterdiği görülmüştür.

Kumaşların gramaj ve kalınlık değerleri dikkate alındığında, aynı atkı ipliği özelliğiyle dokunan kumaşlarda kumaşın hava geçirgenliğinin kumaşın gramajından ve kalınlığından ziyade dokuma deseninden önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür.

Elde edilen sonuçlardan denim kumaş yapılarında kullanılan konvasiyonel Dimi 3/1 örgü yapısının hava geçirgenlik değerlerinin, Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapılarına göre oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuç, dimi yapısının desenlendirmede Zik-Zak şekilde düzenlenmesinin, kumaş yapısında ard arda gelen uzun iplik atlamalarına (yüzmelerine) sebep olmasından kaynaklanıyor olabileceğini göstermiştir. Benzer durumun Bedford Kord örgü yapısında (uzun iplik atlamalarına sahip) da bulunmaktadır. Kumaş yapısındaki uzun iplik atlamalarının kumaşların hava geçirgenlik değerlerini önemli oranda arttırdığı görülmüştür.

Aynı dokuma örgü yapısına sahip kumaşların hava geçirgenlik değerleri, kullanılan atkı ipliği inceliğine ve buna bağlı olarak kumaşın gramajına ve kalınlığına bağlı olarak değişim göstermiştir. Bu sonuç elastanlı atkı iplikleriyle dokunan kumaşlarda daha belirgin gözlemlenmiştir.

Elastansız ve elastanlı kumaşların ısı iletimine karşı gösterdiği direnç değerleri incelendiğinde, hammadde bakımından aynı atkı ipliği özelliğiyle dokunan kumaşlarda ısı direnç (r) değerlerinin *Dimi 3/1* < *Zik-Zak Dimi* < *Bedford Kord* şeklinde artış gösterdiği görülmüştür. Dokuma örgü yapısında uzun iplik atlamalarına sahip kumaşlarda ısı direnç değerleri daha yüksek elde edilmiştir. Özellikle Bedford Kord örgü yapılı ve kalın atkı ipliği ile dokunan kumaşların oldukça yüksek ısı direnç değerleri verdiği görülmüştür.

Kumaşların ısı direnç değerleri üzerinde, aynı zamanda kumaş kalınlıklarının da etkisi olduğu belirtilmelidir. Çalışmada incelenen kumaş kalınlıkları örgü yapısına bağlı olarak *Dimi 3/1* < *Zik-Zak Dimi* < *Bedford Kord* şeklinde artış göstermekte olup, aynı zamanda kumaşların ısı direnç (r) değerlerinin de *Dimi 3/1* < *Zik-Zak Dimi* < *Bedford Kord* şeklinde artış gösterdiği gözlenmiş olup, bu sonuç kumaş kalınlıklarındaki artış ile kumaşların ısı dirençlerindeki artışın aynı eğilimde olduğunu göstermiştir.

Durgun havanın iyi bir yalıtım malzemesi olmasından dolayı, kumaşların ısı direnç değerleri üzerinde kumaşın bünyesinde daha fazla hava tutabilme kapasitesini etkileyen kumaş yapısal parametrelerinin belirgin olarak etkili olduğu görülmüştür. Kumaş

kalınlığı arttıkça ve örgü yapısındaki ipliklerin atlama (yüzme) uzunlukları arttıkça, yapı içinde durgun havanın tutunabileceği boşlukların artmasından dolayı kumaşların ısı direncinin arttığı görülmüştür.

- Kumaşların nem yönetim özelliklerinin değerlendirilmesi açısından Kümülatif Tek Yönlü Taşıma İndeksi (OWTC) ve Genel Nem Yönetimi Özelliği (OMMC) değerlerindeki değişimler incelendiğinde;

Kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine tek yönlü sıvı transferi olan kümülatif tek yönlü taşıma indeksi (OWTC) değerlerinin MMT değerlendirme ölçeğine göre, denim kumaşların tümünde “mükemmel (>400))” seviyede elde edildiği görülmüştür.

Örgü yapılarının elastansız ve elastanlı kumaşların OWTC değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, elde edilen sonuçların genelinde, Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapısının kumaşların OWTC değerini düşürdüğünü göstermiştir. Bu sonuç, kumaşlarda kullanılan örgülerdeki ipliklerin atlama uzunlukları arttırıldığında, kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine tek yönlü sıvı transferi değerinin (OWTC) düştüğünü göstermiştir.

Elde edilen sonuçlardan, çalışmada incelenen kumaşlarda denim yapılarında geleneksel olarak kullanılan Dimi 3/1 örgü yapısının en yüksek OWTC değerleri verdiği gözlenmiştir. Dimi 3/1 örgü yapısına sahip tüm kumaşlar içinde Poliester/Viskon/Elastan içeriğine sahip kumaşın en yüksek OWTC değeri verdiği görülmüştür. Bu sonucun, beklenildiği üzere, hammadde karışımındaki poliester içeriğinden kaynaklanıyor olabileceği sonucuna varılmıştır. Hidrofobik (su sevmeyen) özellikteki polyester lifleri, sıvı tutmadığından dolayı, kumaşın iç yüzeyinden dış yüzeyine tek yönlü sıvı transferi değerini (OWTC) arttırdığı görülmüştür.

Deneyisel çalışmada incelenen denim kumaşların OMMC (Genel Nem Yönetimi Özelliği) değerleri 0.5 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, MMT değerlendirme ölçeğine göre, tüm kumaşların “iyi (0.4 - 0.59)” seviyede sıvı yönetim performansı verdiğini göstermiştir.

- Kumaşların yüzey özelliklerini değerlendirmek amacıyla kumaşların çözgü ve atkı yönlü ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (R_a) ve sürtünme katsayıları değerlerindeki değişimler incelendiğinde;

Aynı hammadde grubu için, elastansız ve elastanlı kumaş gruplarında örgü yapısının kumaş yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi incelendiğinde, bu çalışmada incelenen diğer örgü yapılarına göre, en düşük pürüzlülük değerlerinin geleneksel denim kumaş örgü yapısı olan Dimi 3/1 örgü yapısından elde edildiği görülmüştür.

Zik-Zak Dimi örgü yapısının atkı yönü doğrultusunda kumaş yüzey pürüzlülüğü değerlerini önemli miktarda yükselttiği görülmüştür. Atkı yönlü yüzey pürüzlülük değerlerinin *Dimi 3/1* < *Bedford Kord* < *Zik-Zak Dimi* şeklinde değişim gösterdiği görülmüştür.

Elde edilen bu sonuç, küçük birim örgü raporına sahip kumaşların (Dimi 3/1), daha büyük tekrar boyutlarına sahip diğer örgü raporlarına (Bedford Kord ve Zik-Zak Dimi) göre daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri verdiğini göstermiştir.

Kumaşların çözgü ve atkı yönlü sürtünme katsayıları değerlerindeki değişimler incelendiğinde, tüm hammadde gruplarında, Dimi 3/1 dokuma örgüsüne sahip kumaşların statik ve dinamik sürtünme katsayılarının en yüksek olduğu görülmüştür. Kumaşların çözgü yönlü sürtünme katsayıları değerleri incelendiğinde, çözgü yönünde genelde Zik-Zak Dimi örgü yapılı kumaşların en düşük sürtünme katsayısı değerleri verdiği görülmüştür. Kumaşların atkı yönlü sürtünme katsayıları değerleri incelendiğinde, atkı yönünde genelde Zik-Zak Dimi ve Bedford Kord örgü yapılı kumaşların birbirine yakın sürtünme katsayısı değerleri verdiği görülmüştür.

Beklenildiği üzere, kumaşların statik sürtünme katsayısı değerleri dinamik sürtünme katsayısı değerlerinden daha yüksek elde edilmiştir.

Ayrıca, denim kumaşların μ_s ve μ_d değerleri arasındaki farkın da belirgin bir biçimde yüksek çıktığı görülmüştür.

Deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlardan kumaşların yüzey pürüzlülüğü ve sürtünme katsayıları arasındaki ilişkiler incelendiğinde, en düşük yüzey pürüzlülük değeri veren Dimi 3/1 örgü yapısının, en yüksek sürtünme katsayısı değerleri verdiği görülmüştür.

Bu sonucun, adhezyon (yapışma) teorisine göre açıklanabileceği, iki yüzey arasındaki temas alanı etkisinden kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır. Bundan dolayı, pürüzlülüğü düşük bir yüzeye sahip Dimi 3/1 kumaşlarda sürtündüğü diğer yüzey ile arasındaki gerçek temas alanının artmasından ve daha fazla tutunma/yapışma etkisinden dolayı, iki yüzey arasındaki sürtünme kuvvetinin aşılaraq yüzeyden kaymanın gerçekleşebilmesi için daha fazla yük gerekeceğinden, pürüzlülüğü düşük olmasına rağmen Dimi 3/1 kumaş yapısının sürtünme katsayısının yüksek olmasına neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

Ayrıca en yüksek yüzey pürüzlülük değerine sahip olan Zik-Zak Dimi örgü yapılı kumaşların en düşük sürtünme katsayısı değerleri verdiği görülmüştür. Bu sonuç, adhezyon teorisinde açıklandığı üzere, sürtündüğü cisim ile arasındaki gerçek temas alanının daha düşük olmasından, yani kaymanın birbirine temas eden yüzeylerin pürüzlerinde gerçekleşiyor olması, yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip bu kumaş yüzeyinin sürtünme katsayısının daha düşük elde edilebilmesini sağladığını göstermiştir. Diğer bir ifade ile yüzey pürüzlülüğü yüksek olduğundan diğer yüzey ile arasında tam bir yapışma olmayıp, sürtünme yüzeydeki pürüzler üzerinden olmakta ve bu durum gerçek temas alanını azaltarak, yüzeyin sürtünme katsayısını düşürdüğü sonucuna varılmıştır.

Denim kumaşlarda farklı hammaddelerin ve örgü yapılarının denim kumaşların çeşitli fiziksel performans özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçların farklı kullanım alanlarında ve mevsime bağlı olarak üretilecek denim kumaş tasarımlarında kullanılacak kumaş yapısal parametrelerinin seçimine katkı sağlayabileceği öngörülmüştür. Özellikle kullanılan örgü yapılarının kumaşların incelenen fiziksel performans özellikleri üzerinde belirgin bir etki gösterdiği gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- AATCC Test Method (TM) 195. (2012). *Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics*.
- Acar, A. (2005). *Denim Kumaş Hatalarının Optimizasyonuna Yönelik Çözüm Önerileri* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Ajayi, J. O. (1992a). Fabric smoothness. friction and handle. *Textile Research Journal* 62(1), 52-59.
- Ajayi, J. O. (1992b). Effects of fabric structure on frictional properties. *Textile Research Journal*, 62(2), 87-93.
- Asayesh, A. Talaei, M. ve Maroufi, M. (2018). The Effect of weave pattern on the thermal properties of woven fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 30(4), 525–535.
- Balcı, G. ve Sülar, V. (2009). İpliklerde sürtünme özelliği: Önemi ve ölçüm yöntemleri. *Tekstil ve Mühendis*, 16(74), 6-15.
- Banerjee, P. K., Mishra, S., Ramkumar, T. (2010). Effect of sett and construction on uniaxial tensile properties of woven fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 5(2), 8–21.
- Birinci, H. E. (2009). *Denim Kumaşlarda Görsel Etkiler* [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Bowden, F.P. ve Tabor, D. (1964). *Friction and lubrication of solids*. Oxford Clarendon Press, London, 424pp.
- Carrillo, F., Colom, X., Sunol, J. ve Saurina, J. (2004). Structural FTIR analysis and thermal characterisation of lyocell and viscose-type fibres, *European Polymer Journal*, 40(9). 2229-2234.
- Çataloğlu, A. (2007). *Elastan Karışımli Denim Kumaşların Elastikiyet Ve Kalıcı Deformasyon Özellikleri Üzerine Bir Araştırma* [Yüksek Lisans Tezi]. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Choudhary AK, Sheena, B. (2018). Influences of elastane content, aesthetic finishes and fabric weight on mechanical and comfort properties of denim fabrics. *Journal of Textile Engineering & Fashion*, 4(1), 36-42.
- Das, A., Kothari, V. K. ve Vandana, N. (2005). A study on frictional characteristics of woven fabrics. *AUTEX Research Journal*, 5(3), 133-140.
- Demir, F. (2007). *Kilim Desenli Denim Kumaş Üretimi* [Yüksek Lisans Tezi]. Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Dikbaş, F. (2019). *Denim Kumaş Yaşam Döngüsü Analizi* [Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Dölen, E. (1992). ‘Tekstil Tarihi’, M. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası, İstanbul, Türkiye, 469-471.
- Dönmez Uzun, İ. (2021). *Denim ve Spor Giyim Kumaşlarında Soya Elyafının Kullanımı ve Performansı* [Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi, Adana
- Eryuruk, S. H. (2021). Analyzing thermophysiological comfort and moisture management behavior of cotton denim fabrics. *Autex Research Journal*, 21(2), 248-254.
- Frydrych, I., Dziworska, G. ve Bilska, J. (2002). Comparative analysis of the thermal insulation properties of fabrics made of neutral and man-made cellulose fibres. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, October/December, 40-44.

- Gadelmawla, E. S., Koura, M. M., Maksoud, T. M. A., Elewa, I. M., ve Soliman, H. H. (2002). Roughness parameters. *Journal of Materials Processing Technology*, 123, 133–145.
- Havenith, G. (2002). Interaction of clothing and thermoregulation. *Exogenous Dermatology*, 1(5), 221-230. doi: 10.1159/000068802.
- Helena, G., Emil, Č. ve Krste, D. (2008). Influence of weave and weft characteristics on tensile properties of fabrics. *Fibres Text. East. Eur.*, 16, 45–51.
- Hong, J. (2000). Structure-Process-Property Relationships in Polyester Spun Yarns: The Role of Fiber Friction [Ph.D. Thesis]. Georgia Institute of Technology, ABD.
- Hu, J. ve Chan, Y. F. (1998). Effect of fabric mechanical properties on drape. *Textile Research Journal*, 68(1), 57- 64. doi:10.1177/004051759806800107
- Kanat, Z. E. (2007). *Farklı İpliklerden Dokunan Kumaşların Konfor Özelliklerinin Karşılaştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Kara, G., Akgün, M. ve Alpay, H. R. (2017, 28-29 Eylül). Denim dokuma kumaş yapılarının sürtünme davranışlarının incelenmesi. *Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi-UÇTEK'2017* (pp. 253-258), Adana.
- Kara, G., Akgün, M. ve Gürarda, A. (2017, 26-28 October). Investigation of the effect of structural properties of denim woven fabrics on the moisture management performance. *14th International İzmir Textile and Apparel Symposium* (pp.327-332), İzmir.
- Kara, G. ve Akgun, M. (2018). Effect of weft yarn fiber contents on the moisture management performance of denim fabrics woven with different constructional parameters. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 28(2), 151–160.
- Kara, G. ve Akgun, M. (2023). Investigation of the friction coefficients and surface roughness properties of denim fabrics after abrasion. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 33(1), 27-36.
- Karacasu Tekstil. <https://www.karacasutekstil.com.tr/en/partnerships/naia>, (Erişim tarihi: Şubat 2024).
- Karagöl, H. (2023). *Denim Dokuma Kumaşlarda Geri Dönüşüm Pamuk Oranlarının İyileştirilmesinin Kumaş Konfor ve Performans Özelliklerine Etkisinin Araştırılması* [Yüksek Lisans T]. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Kayseri, G. O., Bozdoğan, F. ve Hes, L. (2010). Performance properties of regenerated cellulose fibers. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20(3), 208-212.
- Kılıç, G. (2021). *Farklı Konstrüksiyonda Denim Kumaşlarda Seçilmiş Performans Özelliklerinin Araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Konal, D. (2020). *Streç Denim Kumaşların Elastikiyet ve Geri Toplama Özelliklerine Dokuma Kumaş Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ.
- Kragelskii, I.V. (1965). *Friction and wear*. Butterworth, London, 346 pp.
- Kumari, A. ve Khurana, K. (2016). Regenerated cellulose-based denim fabric for tropical regions: an analytical study on making denim comfortable. *J Textile*; 2016: 1–10.
- Liu, C., Xie, C. ve Liu, X. (2018). Properties of yak wool in comparison to cashmere and camel hairs. *Journal of Natural Fibers*, 15(2), 162-173.
- Matusiak, M.ve Sikorski, K. (2011). Influence of the structure of woven fabrics on their thermal insulation properties. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 19(5 (88)), 46–53.

- Mesfin Shiferaw, ve Sampath VR. (2021). Investigation on mechanical and comfort properties of denim woven fabrics made from different spandex percentage for sports wear. *Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering*, 7(3),49-61.
- Mezarcıöz, S., Oğulata, R. T. ve Nergis, A. (2020). Investigation of elasticity and growth properties of denim fabrics woven with core and siro spun yarn. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 30(4), 312-320.
- Mohammad, Z., Shafiqul, I., S. M. B. Rafat H. C., Md Kamal, H. C., Abdullah, A. M., Md Nazmul Islam. (2018). Effect of weave structure on the ornamentation of denim fabrics. *Latest Trends in Textile and Fashion Designing*, 2(1), 143-147.
- Nergis, A., (2016). *Denim Kumaşlarda Farklı Yıkama Proseslerinin Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Okur, A. (2002). Kumaşların sürtünme davranışları üzerine bir araştırma Bölüm I: Aynı cins kumaşlar arasındaki statik ve kinetik sürtünme dirençlerinin incelenmesi. *Tekstil Maraton*, 12(59), 47-57.
- Öner, E. (2008). *Dokuma kumaşların konfor özellikleri üzerine bir araştırma* [Yüksek Lisans Tezi]. Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Öner, E. ve Okur, A. (2010). Effects of material, production technology and fabric structure on thermal comfort. *Text. Eng.*, 17(80), 20–29.
- Özdil, N., Marmaralı, A. ve Kretzschmar, S. (2007). Effect of yarn properties on thermal comfort of knitted fabrics. *International Journal of Thermal Sciences*, 46(12), 1318-1322. doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2006.12.002.
- Özdil, N. (2008). Stretch and bagging properties of denim fabrics containing different rates of elastane. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 16 (1 (66)), 63-67.
- Rahman, M. ve Akgun, M. (2024, 01-03 March). Investigation of the effects of different weave pattern on air permeability properties of elastane containing denim fabrics. *5th International Bursa Scientific Researchs Congress* (pp. 714-720), Bursa, Türkiye (ISBN: 978-625-6997-27-1).
- Ruppenicker, G. F., Harper, R. J., Sawhney, A. P. ve Robert, K. Q. (1989). Comparison of cotton/polyester core and staple blend yarns and fabrics. *Textile Research Journal*, 59(1), 12-17.
- Suvari, F. (2021). Image processing based drape measurement of fabrics using circular Hough transformation. *The Journal of The Textile Institute*, 112(5), 846–854. <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1782553>
- Süpüren Mengüç, G. ve Özdil, N. (2014). Specialty animal fibers. *Electron J. Veh. Technol.*, 8(2), 30-47.
- Şengöz, N. G. (2004). Bagging in textiles. *Textile Progress*, 36(1), 1-64.
- Taştan, E. ve Kaplangiray, B. (2015). Investigating moisture management properties of weaving military clothes. *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 20(1), 51-63.
- Taştan Özkan, E. ve Büyük Mazari F. (2022). Investigation of the thermal comfort and surface properties of 3/1 Z twill woven denim fabrics. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18, 548-561.
- Taştan Özkan, E. (2023). Thermophysiological comfort and objective hand properties of modal, Naia™, cashmere and cotton included denim fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 18, 1-9.
- Thomas, T.R. (1982). *Rough surfaces*. Longman, London. 296 pp.

- Tolek, Ş. (2016). *Yenilikçi Bir Metot İle Boyanan Denim Kumaşın Renk Analizinin Ve Renk Haslığı Özelliklerinin Araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Üren, N. (2018). *Denim Kumaşların Dokunsal Konforunun Analizi Ve Geliştirilmesi* [Doktora Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Vassiliadis, S. G. ve Provatidis, C. G. (2004). Structural characterization of textile fabrics using surface roughness data. *International Journal of Clothing Science and Technology* 16(5), 445-457.
- Vinay Midha, Suresh Kumar, S. ve Nivas Kumar, M. (2017). Investigation on permeability and moisture management properties of different denim fabrics after repeated laundering. *The Journal of The Textile Institute*, 108(1), 71-77.
- Xin, J. H, Lam, C. C. (2005). Investigation of texture effect on visual colour difference evaluation. *Color Research and Application*, 30(5), 341-347.
- <https://www.tencel.com/b2b/tr/branded-offers/tencel-denim> (Erişim tarihi: Şubat 2024)

