

Araştırma Makalesi / Research Article

OPEN-END ROTOR İPLİK MAKİNESİ EĞİRME ELEMANLARININ SÜPREM KUMAŞLARDA HAVA GEÇİRGENLİK ÖZELLİĞİNE ETKİLERİ

Seyhan ARI^{1*}

Hüseyin KADOĞLU¹

Arzu MARMARALI¹

¹Ege Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 10.02.2026

Kabul Tarihi / Accepted: 23.09.2026

ÖZ: Piyasada open-end rotor ipliği olarak pek çok iplik mevcuttur. Ancak üretim aşamasında her open-end rotor ipliği kullanılan farklı eğirme elemanları kombinasyonu ile üretildiği için bu iplikler farklı iplik özellikleri göstermekte ve kumaş yüzeyine de farklı özellikler taşımaktadır. Bu çalışmada, %100 pamuk lifiyle farklı rotor çapı ve rotor geometrileri farklı düze profilleri ile eşleştirilerek tek bir iplik numarası ve büküm katsayısında aynı makine üretim parametreleriyle open-end rotor iplikleri üretilmiş ve bu ipliklerden üretilen süprem kumaşların hava geçirgenliği özellikleri ele alınmıştır. Hava geçirgenlik test sonuçları incelendiğinde farklı düze profillerinin sabit rotor çapındaki ve sabit rotor geometrisindeki değişimlerden etkilendiği ve istatistiksel olarak anlamlı farklılığa neden olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Open-End Rotor İplikleri, Eğirme Elemanları, Hava Geçirgenliği, Süprem Kumaş

THE EFFECTS OF OPEN-END ROTOR SPINNING COMPONENTS ON THE AIR PERMEABILITY OF SINGLE JERSEY FABRICS

ABSTRACT: There are many types of open-end rotor yarns in the market. However, since every open-end rotor yarn is produced with a different combination of spinning components, these yarns show different characteristics. They also give different properties to the fabric surface. In this study, the air permeability properties of single jersey fabrics produced from open-end rotor yarns are investigated. The yarns were produced using 100% cotton fibers with different rotor diameters, rotor geometries, and nozzle profiles. All yarns were produced with the same yarn count and twist value under the same machine parameters. The analysis of the air permeability test results shows that different nozzle profiles are affected by the changes in rotor diameter and geometry. It was found that these changes cause statistically significant differences.

Keywords: Open-End Rotor Yarns, Spinning Components, Air Permeability, Single Jersey Fabric

***Sorumlu Yazarlar/Corresponding Authors:** a.seeyhan@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.7216/tekstilmuh.1886535>

www.tekstilmuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Günümüzde tekstil ürünlerinden beklenen performans özellikleri yalnızca estetik ve dayanım kriterleri ile sınırlı kalmamakta, kullanıcı sağlığı ve konforu, ürün değerlendirmelerinde belirleyici bir unsur haline gelmektedir. Giysi konforu; ısı, duysal, psikolojik ve vücut hareketi konforu olmak üzere dört başlık altında ele alınmaktadır. Bu konfor bileşenleri arasında ısı konforu, özellikle örme kumaşlarda kullanıcı memnuniyetini doğrudan etkileyen en önemli parametrelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Isı konforunun belirlenmesinde ise kumaşın hava geçirgenliği özelliği kritik bir rol oynamaktadır [1]. Hava geçirgenliği, bir kumaş yapısının belirli bir basınç farkı altında havayı geçirebilme yeteneği olarak tanımlanmakta olup; kumaşın gözenekliliği, ilmek yapısı, iplik özellikleri ve üretim parametreleri ile yakından ilişkilidir.

Marmaralı vd. (2009) daha gevşek kumaş yapılarının yüksek yalıtım ve hava geçirgenliği değerlerine sahip olduğunu belirtmişlerdir [2]. Benzer doğrultuda literatürdeki pek çok çalışma da hava geçirgenliğinin kumaş kalınlığı ve ilmek yoğunluğu arttıkça azaldığını, gözeneklilik arttıkça ise yükseldiğini ortaya koymaktadır [3,4,5]. Ertekin vd. (2018), elastan iplik kalınlığı ve besleme oranı arttıkça kumaş yoğunluğunun arttığını ve buna bağlı olarak hava geçirgenliğinin azaldığını bildirmişlerdir [6]. Özkan ve Kaplangiray (2020), iplik numarasının incelenmesi ve ilmek iplik uzunluğunun artmasıyla kumaş gözenekliliğinin ve buna bağlı olarak hava geçirgenliği değerlerinin arttığını belirtmişlerdir [7]. Yapılan bu çalışmalar ile, kumaş özelliklerinin öncelikli olarak ilmek iplik uzunluğundan, ardından lif türünden etkilendiğini göstermektedir [8,9].

Farklı eğirme sistemleri, lif türü ve lif karışımlarının hava geçirgenliği üzerindeki etkisi literatürde kapsamlı biçimde ele alınmıştır. Çelik vd. (2012) ring ve siro ipliklerden üretilen süprem kumaşlar için, daha düşük tüylülük değerlerine sahip olan siro ipliklerin daha yüksek hava geçirgenliği gösterdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, lif türünün ve kısa şapel ipliklerde büküm katsayısının hava geçirgenliği üzerinde belirleyici olduğu saptanmıştır [10]. Üte vd. (2018), farklı karışım oranlarına sahip yün/pamuk ve ipek/pamuk open-end iplikleriyle üretilen süprem kumaşlarda, ipek lifinin daha yüksek kumaş yoğunluğu oluşturması nedeniyle hava geçirgenlik değerlerinin düştüğünü ifade etmişlerdir [11]. Atav vd. (2024), alpaka lifinin daha düşük kumaş kalınlığı ve gramaj oluşturması nedeniyle hava geçirgenliğini artırdığını ortaya koymuşlardır [12]. Ögüt vd. (2021), farklı lif kombinasyonlarıyla vorteks eğirme sisteminde üretilen ipliklerden elde edilen süprem kumaşlarda, lif türü ve yerleşiminin hava geçirgenliği üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuşlardır [13]. Benzer şekilde, Kılıç (2022), farklı eğirme sistemlerinde üretilen ipliklerin tüylülük özelliklerinin hava geçirgenliği ile doğrudan ilişkili olduğunu ve en düşük tüylülüğe sahip MVS (Murata Vortex Eğirme) ipliklerin en yüksek hava geçirgenlik değerlerini sergilediğini bildirmiştir [14]. Kaynak ve Özşahin (2025), pamuk/kenevir karışımı ring ipliklerden üretilen süprem kumaşlarda kenevir lifi oranı arttıkça

hava geçirgenliğinin istikrarlı biçimde yükseldiğini belirtmişlerdir [15]. Özgün vd. (2025) ise farklı orijinli pamuk liflerinden üretilen kompakt ipliklerde, lif mikroner değerinin iplik kesitindeki lif sayısını ve dolayısıyla hava geçirgenliğini etkilediğini ifade etmişlerdir [16]. Soydan vd. (2024), eğirme üçgeninde meydana gelen değişimlerin iplik tüylülüğünü ve buna bağlı olarak süprem kumaş hava geçirgenliğini etkilediğini göstermişlerdir [17].

Geri dönüşüm lifleri ve alternatif lif karışımlarına yönelik çalışmalar da hava geçirgenliği açısından dikkat çekici sonuçlar sunmaktadır. Kadem ve Sevgi (2022), geri dönüşüm pamuk içeren open-end ipliklerden üretilen süprem kumaşların daha yüksek hava geçirgenlik değerleri sergilediğini belirtmişlerdir [18].

Literatürde hava geçirgenliğini etkileyen çok sayıda parametre incelenmiş olmasına rağmen, open-end rotor eğirme sisteminde eğirme elemanlarının (rotor çapı, rotor geometrisi ve düze tipi) birbirleriyle eşlenmesinin iplik ve kumaş hava geçirgenliği üzerindeki etkilerini bütüncül olarak ele alan çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı; %100 pamuk lifiyle open-end rotor eğirme sistemi kullanılarak farklı eğirme elemanlarıyla üretilmiş ipliklerden meydana gelen süprem kumaşların hava geçirgenliği özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Ne 24 iplik numarasında ve α 3,8 büküm katsayısında, sabit üretim parametreleri altında toplam 35 farklı tipte open-end rotor ipliği üretilmiştir. Üretilen iplikler, rotor çapı, rotor geometrisi ve düze profili gibi eğirme elemanlarının farklı kombinasyonları ile elde edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Deneyisel çalışmada hammadde olarak sanayiden temin edilen Ne 0,120 numara II. pasaj cer şeridi kullanılmıştır. Kullanılan cer şeridine ait lif ve şerit özellikleri, Uster AFIS Pro 2 cihazı ile ölçülmüş olup elde edilen test sonuçları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Ne 0,120 II.pasaj cer şeridinin Uster Afis Pro 2 test sonuçları

Test Ölçümleri	Değer	CV%
Lif İnceliği (mtex)	165	1,0
Olgunluk Oranı	0,84	0,8
Uzunluk (mm)	23,5	4,9
Neps (Cnt/g)	139	7,1
Çepel (Cnt/g)	112	18,1

Çalışmada tüm denemelerde B174 N açıcı silindiri, beyaz büküm durdurucu (twiststop) ve BD tip rotor kaplaması tercih edilmiş; birbirleriyle eşleştirilen open-end rotor iplik makinesi eğirme elemanları Tablo 2’de verilmiştir. Open-end rotor iplik makinesi üretim parametreleri ise Tablo 3’te verilmiştir. Çalışmanın ileriki bölümlerinde düze profilleri Tablo 2’deki (Mima2-4K) A, (K4K RR) B, (KS-NX) C, (K8K RR) D ve (KS) E harfleriyle kodlanmıştır.

Tablo 2. Deneyde kullanılan rotor ve düze profilleri (Rieter)

Eşleştirilen Eğirme Elemanları	
Rotor Çapı (mm)	33, 36, 40
Rotor Geometrisi	
Düze Tipi	

Tablo 3. R40 Open-end rotor makinesi üretim parametreleri

Rotor devri (dev/dk.)	70000
İplik hızı (m/dk.)	95,2
Çekim	200
Besleme (m/dk.)	0,49
Açıcı silindir devri (dev/dk.)	7750

2.2. Metot

İplik üretiminde üç farklı rotor çapı ve rotor geometrisi, beş farklı düze profili ile eşleştirilerek Ne 24 α 3,8 büküm katsayısında iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Seçilen bu iplik değerleri open-end rotor iplikçiliğinde örme iplikler için sık çalışılan değerler arsından seçilmiş olup; eğirme elemanlarının her eşleşmesinde iplik üretiminin gerçekleşebileceği ve sonraki işlem adımı olan örme makinesi inceliğine uygun en ince iplik numarası olacak şekilde seçilmiştir. Bu eşleştirmeler sonucunda toplam 35 farklı iplik tipi elde edilmiştir. Rotor devri, açıcı silindir tipi, rotor kaplaması ve büküm durdurucu tipi üretilen tüm iplikler için sabit tutulmuştur. Bu sayede iplik özelliklerindeki değişimin birbiriyle eşleştirilen eğirme elemanlarından kaynaklanması sağlanmıştır. Bu parametrelere bağlı olarak bu çalışmada kullanılan deney planı Şekil 1’de görülmektedir.

Elde edilen ipliklerin, iplik testleri 5 tekrarlı olacak şekilde Uster Tester 6 ile, mukavemet testleri ise 10 tekrarlı olacak şekilde Uster Tensorapid 5 cihazları kullanılarak ölçülmüştür.

Üretilen 35 farklı iplik kullanılarak, makine inceliği E28 ve silindir çapı 16” olan Terrot SH130 yuvarlak örme makinesinde süprem örme kumaşlar üretilmiştir. Tüm kumaşlar tek bir sıklık değerinde ve aynı örme parametreleri ile üretilerek, kumaş yapısından kaynaklanabilecek değişkenler kontrol altına alınmıştır. Bu sayede, kumaş özelliklerindeki farklılıkların yalnızca iplik yapısına ve iplik üretiminde kullanılan eğirme elemanlarına bağlı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Örme işlemi sonrasında elde edilen süprem kumaşlar, Tablo 4’te verilen hidrofilleştirme reçetesi kullanılarak Rapid numune makinesinde yıkanmıştır.

Yıkama işlemi sonrasında kumaş numuneleri standart atmosfer koşullarında kondisyonlanmış ve TS 391 EN ISO 9237 standardına uygun olarak Panasonic hava geçirgenlik test cihazında 20 cm² ölçüm kafası ile 100 Pa basınç altında hava geçirgenlikleri ölçülmüştür.

Kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin istatistiksel değerlendirmeleri Minitab 22 istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında open-end rotor iplik makinesinde kullanılan rotor çapı, rotor geometrisi ve düze profillerinin hava geçirgenlik özelliği üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı analiz edilmiştir.

İstatistiksel analizlere başlamadan önce, her bir veri grubunun varyans homojenliği ve dağılım özellikleri (Anderson–Darling normallik testi) incelenmiştir. Varyans homojenliğini ve normallik varsayımını sağlayan veri grupları için parametrik varyans analizi (tek yönlü ANOVA), normallik varsayımını sağlamayan veri grupları için ise parametrik olmayan Kruskal–Wallis testi uygulanmıştır. Varyans analizleri sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilen durumlarda, gruplar arasındaki farkların hangi ikili karşılaştırmalardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla Tukey HSD veya Mann–Whitney U ikili karşılaştırma testleri kullanılmıştır. Farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen ikili Mann–Whitney U testlerinde Tip 1 hatayı kontrol etmek için Bonferroni (alfa) düzeltmesi uygulanmıştır.

İstatistiksel değerlendirmeler %95 güven aralığında ($\alpha = 0,05$) gerçekleştirilmiştir. Hava geçirgenlik özelliğine etki eden eğirme elemanlarının daha net biçimde değerlendirilebilmesi amacıyla analizler iki ana başlık altında yürütülmüştür: (i) sabit rotor

çapında rotor geometrisi ve düze profili etkileşimi, (ii) sabit rotor geometrisinde rotor çapı ve düze profili etkileşimi.

Bu çalışma, open-end rotor eğirme sisteminde kullanılan farklı eğirme elemanlarıyla üretilen ipliklerden meydana gelen süprem kumaşların hava geçirgenliği üzerindeki etkilerini incelemek

amacıyla planlanmış deneysel bir araştırmadır. Deneysel tasarımda, hammadde, iplik numarası, büküm katsayısı ve temel üretim parametreleri sabit tutulmuş; rotor çapı, rotor geometrisi ve düze profili bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır. Bu yaklaşım ile eğirme elemanlarının tekil ve birleşik etkilerinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

		A Düzesi	B Düzesi	C Düzesi	D Düzesi	E Düzesi
XG Rotor Geometrisi	33 mm Rotor Çapı	Mima2-4k	K4K RR	KS NX	K8K RR	KS
	36 mm Rotor Çapı	Mima2-4k	K4K RR	KS NX	K8K RR	KS
	40 mm Rotor Çapı	Mima2-4k	K4K RR	KS NX	K8K RR	KS
XTC Rotor Geometrisi	36 mm Rotor Çapı	Mima2-4k	K4K RR	KS NX	K8K RR	KS
	40 mm Rotor Çapı	Mima2-4k	K4K RR	KS NX	K8K RR	KS
XU Rotor Geometrisi	36 mm Rotor Çapı	Mima2-4k	K4K RR	KS NX	K8K RR	KS
	40 mm Rotor Çapı	Mima2-4k	K4K RR	KS NX	K8K RR	KS

Şekil 1. Çalışmada kullanılan deney planı

Tablo 4. Yıkama reçetesi

10 g/l soda (sodyumbikarbonat)
10 g/l NaOH
5 g/l ısıtıcı
95 °C'de 30 dakika yıkama
1 g/l yıkama maddesi ile 95 °C'de 10 dakika yıkama
90 °C'de 10 dakika yıkama
Soğuk su ile 5 dakika durulama

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. İplik Özellikleri

Tablo 5'te sunulan iplik test sonuçları, open-end rotor eğirme sisteminde kullanılan rotor çapı ve rotor geometrisinin iplik yapısal özellikleri üzerinde belirgin etkiler oluşturduğunu göstermektedir. XG rotor geometrisi için rotor çapının etkisi incelendiğinde, rotor çapının 33 mm'den 40 mm'ye yükseltilmesiyle birlikte iplik düzgünsüzlüğü (%CVm), ince-kalın yer ve neps sayılarında çoğu parametre için artış eğilimi gözlenmiştir. Özellikle 40 mm rotor çapında, neps (280%) değerlerinin belirgin şekilde yükseldiği dikkat çekmektedir. Rotor çapının artmasıyla liflerin rotor çevresinde daha uzun bir yol izleyerek iplik yapısına katılması, lif kontrolünün azalmasına ve lif yerleşiminin daha düzensiz hâle gelmesine neden olmaktadır. Bu durum, rotor çapı artışının iplik düzgünsüzlüğünü ve hata oluşumunu artırdığı yönündeki literatür bulgularıyla uyumludur [19].

Mukavemet ve kopma uzaması değerleri değerlendirildiğinde, rotor çapı artışıyla birlikte bazı düze profillerinde mukavemet ve kopma uzamasında azalma eğilimi gözlenmekle birlikte, bu eğilimin tüm düze profilleri için mutlak olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlar, rotor çapının iplik mukavemeti üzerindeki etkisinin, rotor geometrisi ve düze profili ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Literatürde bu durum, rotor çapının artmasıyla liflerin iplik kesiti içerisindeki bağlanma etkinliğinin azalması ve iplik yapısının daha gevşek hâle gelmesiyle ilişkilendirilmektedir [20].

Rotor geometrisinin iplik özellikleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, 36 mm ve 40 mm rotor çaplarında XG ve XTC geometrileriyle üretilen ipliklerin benzer düzgünsüzlük ve hata değerleri sergilediği, buna karşılık XU rotor geometrisiyle üretilen ipliklerde ince-kalın yer, neps ve tüylülük değerlerinin belirgin şekilde arttığı görülmüştür. Rotor geometrisinin liflerin rotor oluşu içerisindeki hareketini, lif yoğunlaşma bölgesindeki kontrolü ve iplik oluşum stabilitesini doğrudan etkilediği

bilinmektedir [21]. XU rotor geometrisinde liflerin rotor oluşu içerisinde daha düzensiz bir şekilde hareket etmesi ve lif kontrolünün zayıflaması, iplik kesitinde heterojen lif dağılımına

ve iplik yüzeyinde artan düzensizliklere yol açmış olabilir. Bu durum, XU rotor geometrisiyle üretilen ipliklerin daha yüksek hata ve tüylülük değerleri sergilemesini açıklamaktadır.

Tablo 5. Elde edilen ipliklerin Uster Tester 6 ve Uster Tensorapid 5 test sonuçları

Gruplar	CVm %		İnce 50% /km		Kalın 50% /km		Neps 280% /km		Tüylülük H		Kopma Uzunluğu (%)		Mukavemet (cN/tex)	
	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS
33XG-A	13,00	0,07	0,60	1,34	10,60	2,61	0,60	1,34	5,82	0,01	7,80	0,32	10,82	0,74
33XG-B	13,40	0,05	4,80	2,05	11,20	9,01	0,60	1,34	6,15	0,01	7,78	0,43	10,68	1,13
33XG-C	13,33	0,07	1,80	1,64	17,20	6,30	0,60	1,34	5,63	0,02	7,82	0,39	11,46	0,57
33XG-D	13,49	0,11	3,20	2,05	9,80	4,09	0,00	0,00	6,23	0,02	7,67	0,22	10,18	0,56
33XG-E	13,26	0,34	1,60	2,30	17,60	5,59	6,80	5,26	5,19	0,05	6,61	0,33	10,88	0,72
36XG-A	13,30	0,14	1,80	1,64	14,20	6,42	0,60	1,34	6,14	0,02	7,55	0,38	10,61	0,65
36XG-B	13,35	0,10	3,80	3,70	18,20	7,19	2,20	2,17	6,37	0,04	7,48	0,34	10,52	0,49
36XG-C	13,32	0,16	5,80	3,11	16,20	5,72	2,60	3,71	5,81	0,04	7,68	0,39	10,98	0,66
36XG-D	13,66	0,11	6,00	2,74	12,80	5,07	2,80	1,79	6,49	0,04	7,70	0,50	10,88	0,87
36XG-E	13,09	0,05	3,60	2,19	11,00	4,47	2,40	1,34	5,29	0,10	7,93	0,45	11,08	0,60
36XTC-A	13,16	0,10	2,20	2,17	14,20	5,81	1,20	1,64	6,14	0,02	7,37	0,45	10,10	0,73
36XTC-B	13,48	0,19	4,50	2,88	15,25	6,14	0,00	0,00	6,42	0,01	7,66	0,36	11,03	0,91
36XTC-C	13,10	0,06	2,60	2,51	9,80	5,40	1,60	2,30	5,62	0,09	7,73	0,35	10,37	0,93
36XTC-D	13,67	0,12	0,00	0,00	17,80	7,46	0,60	1,34	6,63	0,04	7,58	0,47	10,43	0,85
36XTC-E	13,00	0,04	1,80	1,64	9,80	3,03	1,80	1,64	5,22	0,12	7,89	0,36	10,77	0,65
36XU-A	13,53	0,08	5,80	4,97	26,20	7,60	1,60	2,30	6,34	0,02	7,06	0,22	9,38	0,48
36XU-B	13,68	0,11	6,20	4,49	18,60	9,14	2,20	2,17	6,48	0,02	7,37	0,22	10,81	0,40
36XU-C	13,4	0,17	2,80	1,79	16,40	5,94	4,20	4,60	5,99	0,03	7,25	0,86	9,87	1,55
36XU-D	14,07	0,05	5,80	5,22	32,60	9,90	2,40	1,34	6,88	0,03	7,28	0,29	9,63	0,59
36XU-E	13,44	0,17	3,20	2,05	17,80	8,98	2,80	3,27	5,74	0,08	7,62	0,24	10,18	0,56
40XG-A	13,24	0,05	2,80	3,27	11,00	4,18	1,00	2,24	6,10	0,01	7,31	0,35	11,06	0,79
40XG-B	13,61	0,07	2,75	1,79	19,00	7,98	1,50	1,64	6,40	0,03	7,36	0,39	11,72	1,19
40XG-C	13,18	0,13	3,60	4,16	16,40	7,44	0,00	0,00	5,61	0,12	7,17	0,41	11,65	0,61
40XG-D	13,86	0,13	4,80	3,42	33,60	9,71	6,80	2,77	6,64	0,04	7,18	0,46	9,82	0,72
40XG-E	12,93	0,20	1,60	2,30	13,80	9,15	2,60	4,34	4,94	0,10	7,31	0,34	11,19	1,04
40XTC-A	13,08	0,16	1,00	2,24	11,80	5,72	1,20	1,64	6,12	0,17	7,29	0,53	10,05	1,12
40XTC-B	13,38	0,18	2,60	2,51	12,60	2,51	3,20	2,05	6,49	0,04	7,24	0,37	11,46	0,69
40XTC-C	13,03	0,06	2,80	1,79	9,60	5,55	2,20	2,17	5,47	0,14	7,54	0,36	10,78	0,87
40XTC-D	13,82	0,15	4,60	0,89	18,80	3,70	3,80	2,95	6,94	0,05	7,23	0,32	10,84	0,74
40XTC-E	12,89	0,14	2,40	1,34	10,20	3,96	2,80	1,79	4,91	0,10	7,17	0,32	9,90	0,43
40XU-A	14,19	0,12	11,80	1,10	42,40	9,98	6,80	2,30	6,65	0,04	6,96	0,35	10,06	0,50
40XU-B	14,20	0,12	10,80	5,89	33,60	9,06	9,40	4,16	6,63	0,02	7,10	0,40	11,07	0,74
40XU-C	13,93	0,20	5,80	4,76	36,80	9,84	5,80	4,15	6,11	0,04	7,11	0,40	10,43	0,57
40XU-D	15,26	0,04	28,20	9,44	77,40	8,60	32,20	9,60	7,15	0,03	6,92	0,52	9,77	0,82
40XU-E	13,86	0,11	3,80	2,95	20,20	6,61	4,80	2,05	5,71	0,10	7,44	0,42	11,07	0,89

3.2. Hava Geçirgenliği

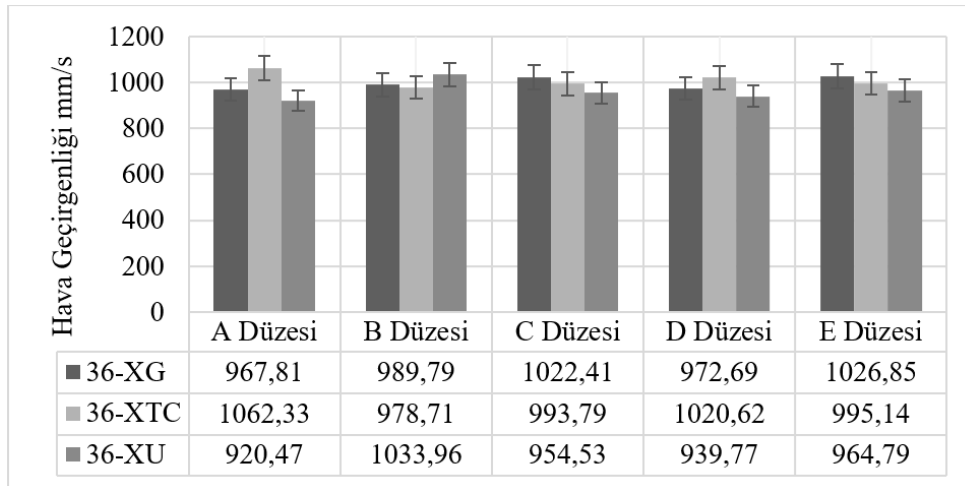
Hava geçirgenliği, kumaş yapısının gözenekliliği ve lif–iplik düzenlenmesi ile doğrudan ilişkili olan, ısı konfor açısından kritik bir parametredir [1]. Bu çalışmada üretilen 35 farklı süprem kumaşa ait hava geçirgenlik değerleri rotor çapı, rotor geometrisi ve düze profili değişkenleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, hava geçirgenliğinin tek bir eğirme elemanının baskın karakterinden ziyade, rotor çapı, rotor geometrisi ve düze profili arasındaki etkileşimlerden önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Genel bir eğilim olarak, rotor çapının 33 mm olduğu ve XG rotor geometrisinin kullanıldığı durumda en yüksek hava geçirgenlik değerlerine ulaşılırken; rotor çapının 40 mm'ye yükselmesiyle XU rotor geometrisinde geçirgenlik değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir (Şekil 2,3,4). Bu durum, iplik testlerinde 40-XU rotor grubunda tespit edilen yüksek tüylülük ve neps (IPI) artışının, kumaş örgüsü içerisindeki ilmekler arası gözenekliliği azaltarak hava akışına karşı direnç oluşturmasıyla açıklanabilir. Düze profilleri açısından bakıldığında ise, daha kompakt ve temiz bir iplik yapısı sağlayan

C ve E düze profillerinin kumaş yüzeyinde daha açık bir gözenek yapısı sağlayarak hava geçirgenliğini pozitif yönde etki ettikleri tespit edilmiştir. Özellikle sabit rotor çaplarında rotor geometrisi–düze etkileşiminin ve sabit rotor geometrilerinde rotor çapı–düze etkileşiminin hava geçirgenliği üzerinde farklı düzeylerde etkili olduğu belirlenmiştir.

3.2.1. Rotor Geometrisi ve Düze Profili Etkileşimi

Sabit rotor çapı koşullarında yapılan değerlendirmelerde, XU rotor geometrisiyle üretilen kumaşların genel olarak daha düşük hava geçirgenlik değerleri sergilediği görülmektedir (Şekil 2,3 ve Tablo 6,7). Bu durum, XU rotor geometrisiyle üretilen ipliklerde gözlenen yüksek ince–kalın yer, neps ve tüylülük değerleriyle ilişkilendirilebilir. İplik yapısındaki bu düzensizlikler, kumaş yapısında daha sıkı ve düzensiz bir ilmek oluşumuna neden olarak gözenekliliği azaltmakta ve hava akışını sınırlandırmaktadır. Bu bulgu, iplik yapısal düzensizliklerinin kumaş hava geçirgenliğini olumsuz etkilediğini ortaya koyan literatür çalışmalarıyla uyumludur.



Şekil 2. 36 mm rotor çapında farklı rotor geometrilerinde üretilen ipliklerin örme kumaşlarda hava geçirgenliği performansı

Tablo 6. Ölçümlere ait istatistiksel değerlendirme sonuçları

Düze Profilleri	36 mm Rotor Çapında Rotor Geometrisi Değişiminin Etkisi	
	P Değeri	Sıralama
A Düzesi	0,037	XTC>XG>XU
B Düzesi	0,497	XU>XG>XTC
C Düzesi	0,193	XG>XTC>XU
D Düzesi	0,332	XTC>XG>XU
E Düzesi	0,199	XG>XTC>XU

36 mm rotor çapı için yapılan Anderson–Darling normallik testi sonuçlarına göre yalnızca A düzesine ait veri grubunun normallik varsayımını sağlamadığı belirlenmiş, bu nedenle ilgili veri grubu Kruskal–Wallis testi ile değerlendirilmiştir. 36 mm rotor çapında rotor geometrisinin hava geçirgenliği üzerindeki etkisi istatistiksel

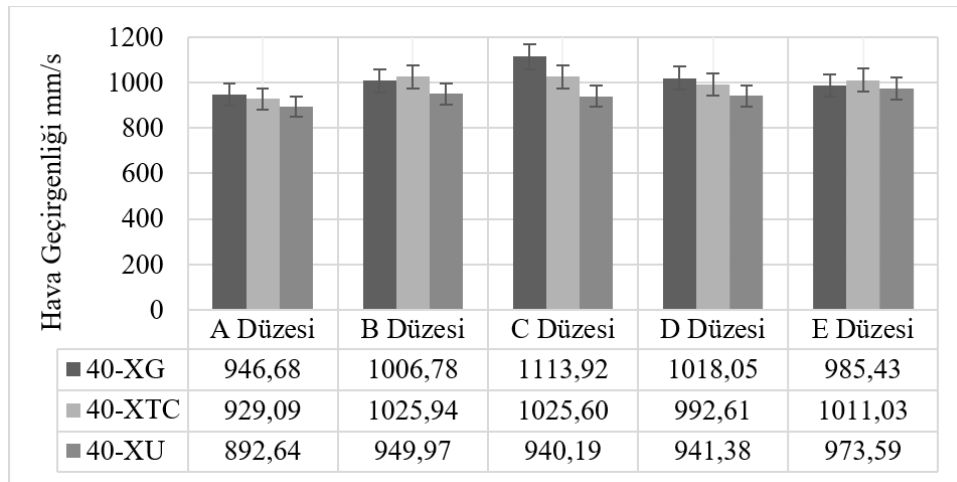
olarak incelendiğinde; B, C, D ve E düzelerinin kullanıldığı durumlarda rotor geometrisi değişiminin kumaş yüzeyinde hava geçirgenlik performansı üzerinde istatistiksel olarak herhangi bir anlamlı fark oluşturmadığı gözlemlenmiştir. Buna karşın A düzesinde uygulanan Kruskal–Wallis testi sonucunda rotor

geometrisi arasında fark anlamlı bulunmuş olsa da sonrasında yapılan Mann-Whitney U testi ile bu farkın istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmadığı tespit edilmiştir.

40 mm rotor çapı için yapılan Anderson–Darling normallik testi sonuçlarına göre tüm düze profillerine ait veri grupları normallik varsayımını sağladığı için tüm gruplara varyans analizi (anova) uygulanmıştır. 40 mm rotor çapında rotor geometrisinin hava geçirgenliği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde; farklı düze tipleri karşısında rotor geometrisi değişimi genel olarak ipliklerin kumaş yüzeyindeki hava geçirgenlik özellikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmadığı gözlemlenmiştir. Ancak istatistiksel anlamlı farkın meydana geldiği tek durum olan C düzesinde ise; XG geometrisi en yüksek hava geçirgenliği değerini sergileyerek XU rotor geometrisi ile üretilen kumaşlara kıyasla istatistiksel olarak pozitif yönde ayrıştığı gözlemlenmiştir. Bu durum; C düzesinin, XG ve XTC

geometrilereyle beraber kullanıldığında daha düşük CVm, ince-kalın yer, neps ve tüylülük değerlerine sahip iplikler verdiği için kumaşların hava geçirgenliğinde daha iyi değerler sağlandığı şeklinde açıklanabilir. Ayrıca D düzesinde kumaş hava geçirgenliği için elde edilen p değerinin sınır değere oldukça yakın olması, bu düzenin rotor geometrisi ile güçlü bir etkileşim potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum ise D düzesi yapısının XU geometrisiyle oluşturduğu iplik yapısının oldukça yüksek neps ve ince-kalın yer değerleri içerdiğinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Sabit rotor çaplarında rotor geometrilerinin performansları incelendiğinde, XU rotor geometrisi ile üretilen kumaşların genel olarak daha düşük hava geçirgenlik değerleri sergilediği görülmektedir (Şekil 3 ve 4). Bu durumun, XU rotor geometrisiyle üretilen ipliklerin daha yüksek kalın–ince yer, neps ve tüylülük değerlerine sahip olmasıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3. 40 mm rotor çapında farklı rotor geometrilerinde üretilen ipliklerin örme kumaşlarda hava geçirgenliği performansı

Tablo 7. Ölçümlere ait istatistiksel değerlendirme sonuçları

Düze Profilleri	40 mm Rotor Çapında Rotor Geometrisi Değişiminin Etkisi	
	P Değeri	Sıralama
A Düzesi	0,468	XG>XTC>XU
B Düzesi	0,099	XTC>XG>XU
C Düzesi	0,000	XG>XTC>XU
D Düzesi	0,051	XG>XTC>XU
E Düzesi	0,586	XTC>XG>XU

3.2.2. Rotor Çapı ve Düze Profili Etkileşimi

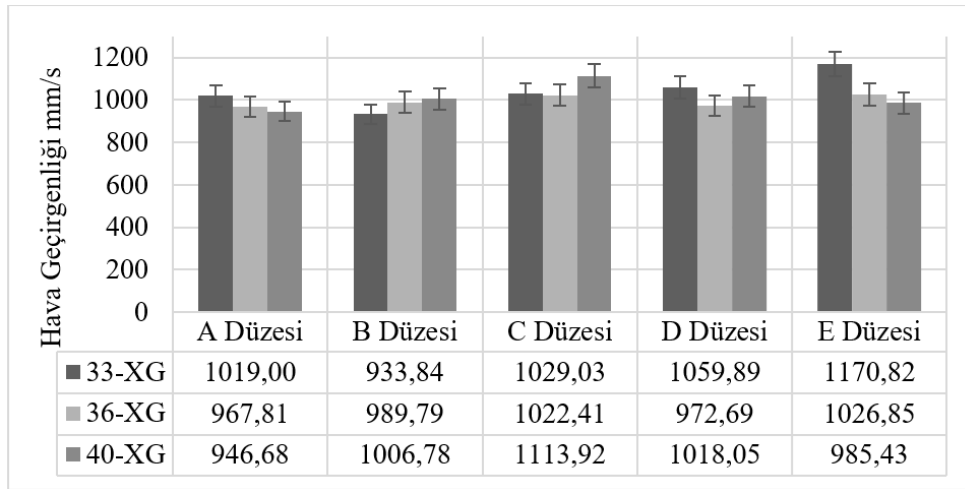
Rotor çapının hava geçirgenliği üzerindeki etkisi, düze profiline bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. XG rotor geometrisinde, bazı düze profilleri (özellikle C, D ve E) için rotor çapı değişiminin hava geçirgenliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara yol açtığı belirlenmiştir (Şekil 4 ve Tablo 8).

XG rotor geometrisi için yapılan Anderson–Darling normallik testi sonuçlarına göre tüm düze profillerine ait veri grupları normallik varsayımını sağladığı için tüm gruplara tek yönlü varyans analizi (anova) uygulanmıştır. XG rotor geometrisinde çap değişiminin hava geçirgenliği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde; A ve B düzelerinin kullanıldığı durumlarda rotor çapı değişiminin kumaşların hava geçirgenliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Buna karşın C, D ve E düzelerinde rotor çapı, hava geçirgenliği üzerinde

belirleyici bir parametre olarak tespit edilmiştir. C düzesinde 40 mm rotor çapı süprem kumaşlar üzerinde en yüksek hava geçirgenlik değerini sergileyerek 33 ve 36 mm rotor çaplarından istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturacak şekilde pozitif ayrıştığı tespit edilmiştir. Bu duruma C düzesinin spiral yüzeyi ve çentikli yapısının diğer rotor çaplarına nazaran daha büyük rotor çapı ile daha düşük CVM, neps ve iplik tüylülüğü değerlerine sahip ipliklerin sebep olduğu gözlemlenmiştir. D ve E düzelerinde bu durum tersine dönmüş ve en yüksek ortalama değer 33 mm rotor çapı ile elde edilerek Tukey çoklu karşılaştırma testlerinin zıt yönlü performans sonuçları ortaya koyduğu gözlemlenmiştir. D düzesi yapısı itibarıyla en düşük CVM, ince-kalın yer, neps ve

tüylülük değerlerini 33 mm rotor çapıyla sağladığı için hava geçirgenliği değerleri bu doğrultuda en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir. E düzesiyle 40 mm rotor çapında daha yüksek neps (140% ve 200%) değerlerine sahip iplikler üretildiğinden, rotor çapı artışıyla kumaşların hava geçirgenliği değerlerinde azalma eğilimi tespit edilmiştir.

Kumaşların hava geçirgenliği özelliği sabit rotor geometrisinde farklı düzeler karşısında rotor çapı değişiminin istatistiksel olarak daha fazla farka neden olduğu yapılan test ve analizlerde ortaya konmuştur. Her düze profilinin en yüksek hava geçirgenliği değeri sağladığı rotor çapı değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4. XG rotor geometrisinde farklı rotor çaplarında üretilen ipliklerin örme kumaşlarda hava geçirgenliği performansı

Tablo 8. Ölçümlere ait istatistiksel değerlendirme sonuçları

Düze Profilleri	XG Rotor Geometrisinde Rotor Çapı Değişiminin Etkisi	
	P Değeri	Sıralama
A Düzesi	0,223	33>36>40
B Düzesi	0,106	40>36>33
C Düzesi	0,012	40>33>36
D Düzesi	0,019	33>40>36
E Düzesi	0,001	33>36>40

4. SONUÇ

Bu çalışmada aynı iplik numarası, büküm katsayısı ve makine üretim parametrelerinde farklı open-end rotor eğirme elemanları kullanılarak 35 farklı tip iplik üretilip bu ipliklerden süprem kumaşlar üretilerek hava geçirgenliği özellikleri incelenmiştir. Elde edilen iplik test sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, rotor çapı artışının iplik düzgünsüzlüğü ve hata oluşumu üzerinde etkili olduğu, rotor geometrisinin ise özellikle lif kontrolü, tüylülük ve neps oluşumu üzerinde belirleyici bir rol oynadığı görülmektedir. Bu bulgular, open-end rotor eğirme sisteminde eğirme elemanlarının iplik yapısal özelliklerini birlikte ve etkileşimli olarak etkilediğini ortaya koymaktadır. Yapılan

istatistik çalışmalarının sonuçlarına göre open-end rotor iplik makinesi üzerinde farklı eğirme elemanlarının süprem kumaşlarda hava geçirgenlik değerlerine etkisi belirli rotor ve düze profillerinin kullanılmasıyla istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturduğu tespit edilmiştir. Süprem kumaşların hava geçirgenliği özelliğinin bu sonuçlar itibarıyla sabit rotor çapında rotor geometrisi düze etkileşiminden ziyade sabit rotor geometrisinde rotor çapı düze etkileşimi ile daha fazla etkileşim içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda aynı rotor geometrisinde rotor çapı değişiminin hava geçirgenliği değerleri üzerinde daha hassas ve istatistiksel olarak anlamlı farka neden olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Marmaralı, A., & Oğlakcıoğlu, N. (2013). Giysilerde ısı konfor. Ege Üniversitesi Yayınları.
2. Marmaralı, A., Kadoğlu, H., Oğlakcıoğlu, N., Çelik, P., Blaga, M., Ursache, M., & Loghin, C. (2009). Thermal comfort properties of some new yarns generation knitted fabrics. In Autex World Textile Conference (pp. 26–28). İzmir, Turkey.
3. Bhattacharya, S. S., & Ajmeri, J. R. (2013). Investigation of air permeability of cotton & modal knitted fabrics. International Journal of Engineering Research and Development, 6(12), 1–6.
4. Ertekin, G., Oğlakcıoğlu, N., Marmaralı, A., Eser, B., & Pamuk, M. (2015). Thermal transmission attributes of knitted structures produced by using engineered yarns. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 10(4), 1–13.
5. Ala, D. M., Bakıcı, G. G., & Abdulvahitoğlu, A. (2017). Süprem örme kumaşlarda kalınlık, hava geçirgenliği ve boncuklanma özelliklerinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(3), 103–110.
6. Ertekin, G., Oğlakcıoğlu, N., & Marmaralı, A. (2018). Strength and comfort characteristics of cotton/elastane knitted fabrics. Tekstil ve Mühendis, 25(110), 146–153.
7. Özkan, E. T., & Kaplangiray, B. (2020). Effect of loop length on thermal comfort properties of mesh knitted fabrics. Tekstil ve Mühendis, 27(120), 243–251.
8. Uyanık, S., & Duru Baykal, P. (2018). Vortex ipliklerden örme kumaşların hava geçirgenliği üzerine lif cinsi, karışım oranı ve kumaş sıklığının etkileri. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(3), 133–144.
9. Telli, A. (2021). Örme kumaş gözenekliliği ile hava geçirgenliği arasındaki ilişkinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 36(1), 1–10.
10. Çelik, P., Üte, T. B., & Kadoğlu, H. (2012). Comparative analysis of the physical properties of the fabrics knitted with sirospun and ring spun yarns produced by short and long staple fibres. Tekstil ve Konfeksiyon, 22(4), 324–331.
11. Üte, T. B., Çelik, P., Kadoğlu, H., Üzümcü, M. B., Ertekin, G., & Marmaralı, A. (2018). Farklı doğal liflerin iç giysilerde kullanımının konfor özellikleri açısından araştırılması. Tekstil ve Mühendis, 25(112), 335–343.
12. Atav, R., Keskin Atak, S., Dilsiz, Y. F., & Demirtaş Özkaya, S. (2024). Development of knitwear containing alpaca fiber with high added value as an alternative to wool knitwear. Orcler Proceedings of Research and Development, 5(1), 674–684.
13. Ögüt, T. Y., Özden, K., & Nacarkahya Kaya, T. (2021). Farklı öz ve sargı lifleri içeren özlü ipliklerden elde edilen örme kumaşların hava geçirgenlik özelliklerinin incelenmesi. The European Journal of Research and Development, 1(1), 75–80.
14. Kılıç, G. B. (2022). Süprem örme kumaşların transfer, geçirgenlik ve gözeneklilik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Tekstil ve Mühendis, 29(128), 238–248.
15. Kaynak, H. K., & Özşahin, K. (2025). Kenevir/pamuk karışımı örme kumaşların performans ve biyo bozunurluk özelliklerinin araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(2), 994–1006.
16. Özgün, S., Duru Baykal, P., & Özkan, İ. (2025). Investigation of comfort properties of finished knitted fabrics produced from cotton of different regions. Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering, 40(2), 251–263.
17. Soydan, A. S., Var, C., Koç, D., Baltacıoğlu, Ü., & Palamutcu, S. (2024). Ring iplik eğirme makinasında eğirme üçgeninin iplik özellikleri ve süprem örme kumaş performans özelliklerine etkilerinin araştırılması. Tekstil ve Mühendis, 31(133), 14–21.
18. Doba Kadem, F., & Sevgi, R. (2022). Süprem örme kumaşlarda geri dönüşüm pamuk elyaf oranının performans özelliklerine etkisinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(3), 609–616.
19. Gemci, R., & Kapuçam, A. (2004). Open-end iplikçiliğinde farklı çapta rotor kullanımının iplik kalitesine etkilerinin incelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 9(1), 11–17.
20. Kadoğlu, H. (2000). Open-end rotor iplik eğirme teknolojisi (Yayın No: 16). Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını.
21. Ernst, H. (2011). The Rieter manual of spinning: Vol. 5. Rotor spinning. Rieter Machine Works Ltd.