

Örme Kumaş Gözenekliliği ile Hava Geçirgenliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Abdurrahman TELLİ*¹

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 26.08.2020

Kabul tarihi: 31.03.2021

Öz

Bu çalışmada farklı yapı ve özellikte on iki adet 1x1 rib örme kumaş kullanılmıştır. Örme kumaşların hava geçirgenlikleri ölçülmüş ve mikroskop altında görüntüleri alınmıştır. Görsellerin MATLAB paket programında görüntü işleme teknikleriyle görüntü doku parametreleri analiz edilmiştir. Kumaş gözenekliliği ile ilgili sekiz farklı görüntü doku parametresi ve hava geçirgenliği arasındaki ilişki korelasyon analizi ile istatistiki olarak incelenmiştir. Aynı hammaddeden üretilmiş kumaşlarda kumaş gözenekliliği parametreleri ile hava geçirgenliği arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur. Ancak farklı hammaddeler kullanıldığında bu güçlü ilişkinin azaldığı gözlenmiştir. Örme kumaşların hava geçirgenliği üzerinde iplik ve kumaş gözenekliliğine ek olarak lif özellikleri ve karışım oranının da etkileri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rib örme kumaş, Hava geçirgenliği, Görüntü işleme, Görüntü doku parametresi

Investigation of the Relationship Between Porosity of Knitted Fabrics and Air Permeability

Abstract

In this study, twelve 1x1 rib knitted fabrics containing different structure and features were used. Air permeability of knitted fabrics was measured and their images were taken under a microscope. Textural properties of images were analyzed with image processing techniques in MATLAB package program. The relationship between air permeability and eight different textural parameters of images related to fabric porosity were analyzed statistically with correlation analysis. A strong relationship was found between fabric porosity parameters and air permeability in fabrics produced from the same raw material. However, it was observed that this strong relationship decreased when different raw materials were preferred. The effects of fiber properties and blending ratio were determined on the air permeability of knitted fabrics in addition to yarn and fabric porosity.

Keywords: Rib knitted fabric, Air permeability, Image processing, Textural parameters of images

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Abdurrahman TELLİ, atelli@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Hava geçirgenliği tekstil mamullerinin en önemli fiziksel özelliklerinden birisidir. Kullanım yerine göre farklı hava geçirgenliği değerleri istenebilmektedir. Hava geçirgenliği lif, iplik, kumaş ve bitim işlemleri gibi çok sayıda parametreden etkilenmektedir. Tüm bu parametreler birbirleriyle ilişkilidir. Temel olarak hava geçirgenliğinin kumaşın toplam gözenekliliği ile ilgili olduğu söylenebilir. Toplam gözenekliliği etkileyen tüm yapısal parametreler hava geçirgenliğini de dolaylı olarak etkilemektedir. Toplam gözeneklilik lif içi gözeneklilik, iplik içerisinde lifler arasında kalan boşluklar ve kumaş içerisinde iplikler arasında kalan boşluklardan oluşmaktadır. Ancak hava akımının farklı büyüklükteki gözeneklerden öncelikle büyük gözeneği tercih etmesinden dolayı kumaş içerisindeki iplikler arasında kalan makro boşluklar hava geçirgenliği üzerinde daha fazla etkili olmaktadır. Kumaş sıklığındaki artış ile bahsedilen diğer gözenek boyutlarının da etkisi ortaya çıkmaktadır. Önceki çalışmalarda hava geçirgenliği, kumaş gözenekliliği ile ilgili parametreler kullanılarak tahminlenmeye çalışılmıştır [1,2].

Önemli sayıda çalışmada ışık geçirgenliği, kumaş gözenekliliği ve hava geçirgenliği arasındaki ilişki incelenmiştir. Militky ve arkadaşları (1999) ışık geçirgenliği vasıtasıyla dokuma kumaş gözenekliliğini açıklamaya çalışmışlardır. Işık geçirgenliğini görüntü analizi yardımıyla incelemişlerdir. Işık geçen alanın toplam alan içerisindeki oranını hesaplamışlardır. Elde ettikleri sonuçları hava geçirgenliği test sonuçları ile karşılaştırmışlardır [3]. Çay ve arkadaşları (2007) sabit bir ışık kaynağı üzerine yerleştirilen pamuklu dokuma kumaşlardan aldıkları mikroskop görüntülerini analiz etmişlerdir. Hava geçirgenliği, su geçirgenliği, boyama vb. birçok özelliğin kumaşın gözenekliliği ile yakından ilgili olduğu belirtilen çalışmada, gözenekliliğin hesaplanmasında temel problemin tekstil yapılarının deformasyonu, pürüzlülüğü ve düzensiz gözenek boyutu dağılımı olduğunu vurgulamışlardır. Kumaşın şekil özelliklerine bağlı

olan teorik hesaplamaların hava geçirgenliğinin pratik olarak tahmininde verimli olmadığını söylemişlerdir. Hava geçirgenliği ile alınan görüntülerdeki parlaklık arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu belirlemişlerdir. Önerilen yöntemin sıkı yapıda olan kumaşlarda daha güvenilir olacağını da yorumlarına eklemişlerdir [4]. Işık geçirgenliği ile hava geçirgenliği arasındaki ilişkinin incelendiği Haleem ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise görüntü analizine ek olarak bir ışık sensörü ile kumaştaki ışığın yoğunluğu ölçülmeye çalışılmıştır. Her iki yöntemde de ışık ve hava geçirgenliği arasında güçlü korelasyon tespit edilmiştir [5]. Nazir ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada ise, hava geçirgenliğini belirlemek için geleneksel yöntemlerdeki kumaş içerisinden geçirilen havadan farklı olarak kumaş yapısına zarar vermeden ışık geçirgenliğinin kullanılabilmesi belirtilmiştir. Farklı yapı ve bileşimdeki kumaşlar ile daha fazla çalışma yapılması gerektiği de çalışmada vurgulanmıştır [6].

Mavruz ve Oğulata (2009) pamuklu örme süprem, ribana ve interlok örme kumaşların hava geçirgenliklerinin; iplik numarası, kalınlık, ilmek sıklığı ve ilmek iplik uzunluğundan oluşan regresyon denklemleriyle tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir [7]. Zupin ve arkadaşları (2011) tek katlı pamuklu dokuma kumaşların hava geçirgenliği üzerinde en önemli etkiye sahip az sayıda parametreyi tanımlamaya çalışmışlardır. Gözeneklerin hidrolik çapı, makro gözeneklerin sayısı ve dokuma kumaşın toplam gözenekliliğini içeren modelde hava geçirgenliği sonuçları ile yüksek oranda ilişki bulmuşlardır [8].

Turan ve Okur (2012) hava geçirgenliğinin hesaplanmasını kumaş gözenekliliğinin hesaplanmasına dayandırdıkları çalışmalarında, pamuklu dokuma kumaşların iplikler arası gözenekliliği, gözenek boyutu ve gözenek boyutu dağılımlarını iki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) geometrik gözenek modelleri ve görüntü analiz yöntemi kullanarak hesaplamışlardır. Görüntü analiz yönteminde, görüntüler mikroskopta kumaş numunelerine alttan ışık vererek yakalanmıştır. Gözenekli bölgeler parlak, iplik olan bölgeler ışık

geçirmediği için karanlık görülmüştür. 2B ve 3B geometrik modeller ile karşılaştırıldığında, görüntü analizinin gözenek boyutu ve dağılımı konusunda daha objektif sonuçlar verdiği belirtilmiştir [9]. Mezarcıöz ve arkadaşları (2013) örme kumaşların hava geçirgenliğinin tahmini için görüntü analiz sisteminde hesaplanan gözeneklilik ile teorik model ile hesaplanan gözeneklilik değerlerini kullanmışlardır. Farklı yapı ve özellikteki %100 pamuk düz örgü kumaşların kullanıldığı çalışmada, teorik model ile hava geçirgenliği arasında görüntü işleme göre daha yüksek korelasyon sonuçları elde edilmiştir. Çalışmada görüntü işleme tekniğinin eksik yönleri vurgulanmıştır [10]. Gültekin ve arkadaşları (2020) dokusuz yüzey kumaşların gözeneklilik ve hava geçirgenliği özelliklerini doku özelliklerinden tahmin etmek için yapay zekâ algoritması geliştirmeye çalışmışlardır. Sonuçlar hava geçirgenliği ve gözeneklilik arasında çok yakın bir ilişki olduğunu göstermiştir. Yapay sinir ağı ile düşük ağırlıktaki nonwoven malzemelerin hava geçirgenliği ve gözenek özelliklerinin doku görüntülerinden yüksek doğrulukta tahmin edilebileceği belirlenmiştir [11].

Bu çalışmada daha önceki çalışmalardan farklı olarak, mikroskop altında alınan örme kumaş görüntülerinin MATLAB yazılımındaki sekiz farklı doku parametresindeki sonuçları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile deneysel olarak elde edilen hava geçirgenliği değerleri arasındaki ilişki korelasyon analizi yardımıyla incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada beş farklı iplik numarası (Ne13, Ne16, Ne20, Ne28, Ne30), üç farklı hammadde (pamuk, pamuk/viskon, polyester/viskon) ve iki farklı iplik besleme (2 ve 3 adet iplik) ile 12 fine incelikte Shima Seiki SFF152 marka örme makinesinde farklı gramajlarda üretilmiş 12 adet 1x1 rib örme kumaş kullanılmıştır. Kumaşlara ait özellikler Çizelge 1’de verilmektedir. Kumaşların hava geçirgenliği testleri “Prowhite EP08M Hava Geçirgenliği Test Cihazı” kullanılarak TS 391 EN ISO 9237 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, 100 Pa basınç ve 20 cm²’lik alanda mm/s cinsinden yapılmıştır. 10 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan örme kumaşların özellikleri

Tip	İplik Besleme (adet)	Çubuk Sıklığı (çubuk / cm)	Sıra Sıklığı (ilmek / cm)	İlmeğin İplik Uzunluğu (cm / ilmek)	Kumaş Gramajı (g/m ²)	İplik Karışım Oranı (%)	İplik Numarası (Ne)
01	2	4,4	11	1,43	511	%100 Pamuk	Ne 16
02	3	5,8	11	1,49	1052		
03	2	4,4	9,5	1,46	360	% 100 Pamuk	Ne 20
04	3	5,1	10	1,53	693		
05	2	4,4	12	1,94	404	%100 Pamuk	Ne 30
06	3	5,8	10,5	1,84	663		
07	2	4,7	10,5	1,41	631	%50 Pamuk / %50 Viskon	Ne 13
08	3	5,8	11	1,51	1314		
09	2	4,4	9,5	1,49	367	%50 Pamuk / %50 Viskon	Ne 20
10	3	4,7	11	1,43	656		
11	2	3,6	8	1,43	174	%50 Viskon / %50 Polyester	Ne 28
12	3	3,7	9	1,44	303		

Hava geçirgenliği testinden önce kumaşların 10x (10 kat) büyütme oranında Novel NSZ 808 marka stereomikroskop kullanılarak RGB formatında görüntüleri 1880x2590 piksel olarak alınmıştır. Her kumaştan 10 görüntü alınmıştır. Kullanılan mikroskop görüntülerinde, alt bölümden verilen sabit ışık kaynağı sayesinde kumaş yüzeyindeki gözeneklilikler ortaya çıkmaktadır. Farklı gözenek boyut ve dağılımına sahip örme kumaşların farklı yapı ve özellikleri nedeniyle farklı oranlarda ışığı geçirecekleri düşüncesinden hareket edilmiştir. Tüm testler, 24 saat süreyle TS EN ISO 139'a göre kondüsyonlanıp standart atmosfer koşullarında (20°C±2 sıcaklık, %65±4 bağıl nem) yapılmıştır.

Alınan örme kumaş görselleri üzerinde yapılan görüntü analiz çalışmaları MATLAB R2018a paket programında gerçekleştirilmiştir. İlk olarak MATLAB yazılımına üç boyutlu resim (RGB) yüklenmektedir. Sistemde "1880X2590X3 uint 8" formatında üç boyutlu matrise sahip olan resim, 0 ile 256 arasında grinin farklı tonlarını ifade eden "1880X2590 uint8" şeklinde iki boyutlu matrislere dönüştürülmüştür. Daha sonra matrisler üzerinde doku analizi yapabilmek için 0-1 arasında değer alacak şekilde "1880x2590 double" hale getirilmektedir [12]. Bir sonraki işlem olarak elde edilen görüntü matrislerindeki gürültüyü azaltmak için medfilt2 (2D median filtering) temel filtreleme tekniği uygulanmıştır [13-14]. Filtre uygulanmış görüntülerde histogram eşitleme tekniği kullanılarak görüntü bölütleme için en uygun eşik değeri hesaplanmıştır. Bölütlemeye, eşikli siyah ve beyaz piksellerin sınıf içi varyansını en aza indirmek için eşik değerini seçen Otsu'nun global eşikleme algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma, tek bir eşik değeri kullanarak görüntü histogramını göstererek görüntüyü bölütleyen eşikleme yöntemidir [14-18].

Elde edilen görüntü matrislerinde kumaş gözenekliliği hakkında bilgi sahibi olabilmek için görsellerin yedi farklı doku parametresi incelenmiştir. Bunlar karşıtlık (contrast), korelasyon (correlation), enerji (energy), homojenlik (homogeneity), matris elemanlarının ortalaması (mean2), matris elemanlarının standart sapması (std2) ve entropisi (entropy) şeklindedir.

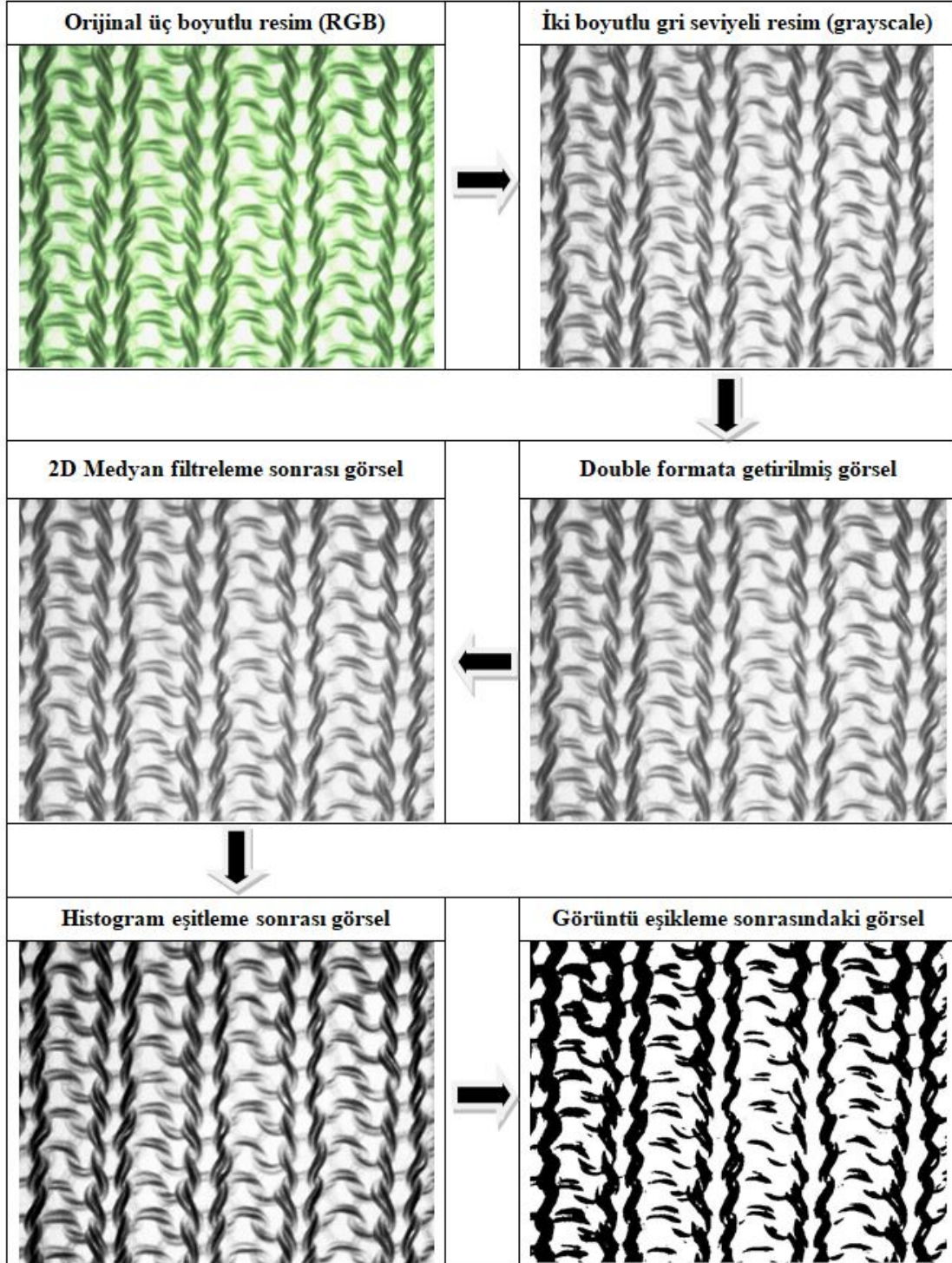
Karşıtlık, korelasyon, enerji ve homojenlik, gri düzey eş oluşum matrisinden (GLCM) türetilen görüntünün istatistiksel özellikleridir. Kontrast, GLCM'deki bölgesel varyasyonları ölçmektedir. Korelasyon, belirtilen piksel çiftlerinin birleşik olasılığını test etmektedir. Enerji, GLCM'deki kare öğelerin toplamını vermektedir. Homojenlik, GLCM'deki elemanların dağılımının GLCM diyagonaline yakınlığını ölçmektedir. Matris elemanlarının ortalaması, dizideki tüm değerlerin ortalamasıdır. Matris elemanlarının standart sapması, piksel yoğunluğu değerlerinin standart sapmasıdır. Entropi, normalleştirilmiş histogram sayılarıyla ilgilidir. Ayrıca "Image Region Analyzer" kullanılarak görüntüler bölgesel olarak analiz edilmiştir [13-15,19]. Görüntü matrislerindeki kumaş yüzeyin kapladığı alan dışındaki "toplam alan" hesaplanmıştır. Daha sonra hesaplanan bu sekiz parametrenin hava geçirgenliği test sonuçları ile arasındaki ilişki Pearson bağıntı (korelasyon) analizi kullanılarak istatistiki olarak incelenmiştir. Bağıntı katsayısındaki önem seviyeleri Çizelge 2'de gösterilmektedir [20].

Çizelge 2. Bağıntı katsayısındaki önem seviyeleri

Bağıntı katsayısı (r)	Anlamı
0-0,25	Hiç ilişki yok ya da çok zayıf
0,25-0,50	Zayıf derecede ilişki
0,50-0,75	Orta derecede ilişki
0,75-1,00	Güçlü derecede ilişki

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 1'de örnek olması açısından "12" nolu kumaştan alınan ilk görselin görüntü işleme öncesi mikroskobik görüntüsü, görüntü işleme adımları ve sonrasındaki elde edilen görüntüleri sunulmaktadır. Görüntü işleme adımları sonrasında elde edilen görüntülerde, RGB formatındaki üç boyutlu matrise sahip resimlerin 0-1 arasında değer alacak şekilde gri düzey eş oluşum matrislerinin elde edilip filtreleme tekniğiyle görüntüdeki gürültülerin azaltılması ile yüzey gözenekliklerinin daha net bir şekilde ortaya çıktığı görülmektedir.



Şekil 1. Görüntü işleme öncesi, adımları ve sonrası kumaş görselleri

Çizelge 3’de kumaşların hava geçirgenliklerinin mm/s cinsinden ortalama test sonuçları ve görüntü analiz sonrasındaki kumaş görüntülerine ait yedi doku parametresi ve görüntü matrislerinde kumaş yüzeyin kapladığı alan dışındaki “toplam alan” hesabından oluşan sekiz parametrenin ortalama değerleri verilmektedir. Çizelge 3’deki hava geçirgenliği sonuçları, Çizelge 1’de verilen örme kumaş özellikleri ile birlikte düşünüldüğünde, aynı iplik kullanılan kumaşlarda (1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12) bir iğneye beslenen iplik adedinin 2’den 3’e çıkarıldığında hava geçirgenliği değerlerinin azaldığı görülmektedir. Aynı iplik besleme adetlerinde, üç adet beslemelerde (2-4-6, 8-10-12) iplik numarası inceldikçe hava geçirgenliğinde artış gözlenmiştir. İki adet beslemelerde ise “7-9-11” nolu kumaşlar arasında artış görülmüştür. Ancak “01” nolu kumaşa göre “03” ve “05” nolu kumaşlarda daha yüksek hava geçirgenliği görülürken, “03” ve “05” nolu kumaşlar arasında önemli bir fark tespit edilememiştir. Sonuçlar kumaş içerisindeki iplikler arasında kalan makro boşlukların hava geçirgenliği üzerinde önemli seviyede etkili olduğunu göstermektedir. Sadece “05” nolu kumaşa görülen farklı durum, bu kumaşın Çizelge 1’deki en yüksek ilmek iplik

uzunluğuna sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Elde edilen bulgular daha önceki çalışmalarda belirtilen bilgiler ile uyum göstermektedir [1-2,8, 10]. Çizelge 3’deki en düşük hava geçirgenliğinin “08” nolu kumaşa ölçüldüğü görülmektedir. En yüksek hava geçirgenliği ise “11” nolu kumaşa bulunmuştur. Çizelge 1’de bu iki kumaşın en yüksek ve en düşük gramaj değerlerine sahip olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 3’de “toplam alan” 953709 piksel olarak en düşük “02” nolu kumaşa ölçülmüştür. Daha sonra en düşük değere 1051260 piksel ile “08” nolu kumaş sahiptir. Bu durum toplam alan hesabının doku özelliklerindeki karşılığı matris elemanlarının ortalaması (mean2) değerlerinde daha kolay takip edilebilmektedir. Kumaş yüzeyin kapladığı alan dışındaki “toplam alan”, bir başka ifade ile görüntüdeki beyaz piksellerin, görüntüdeki toplam piksel sayısına (1880*2590) bölümünü ifade eden “mean2” değerlerinde de en düşük değer “02” nolu kumaşa, daha sonra “08” nolu kumaşa ölçülmüştür. “02” nolu kumaşa beyaz piksellerin yüzdesi 19,59 ve “08” nolu kumaşa %21,59 olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Hava geçirgenliği ve sekiz farklı doku parametresinin ortalama test sonuçları

Tip	Hava Geçirgenliği (R= mm/s)	Ortalama (mean2)	Standart Sapma (std2)	Entropi (entropy)	Karşıtlık (contrast)	Korrelasyon (correlation)	Enerji (energy)	Homojenlik (homogeneity)	Toplam Alan (total area)
01	879,2	0,3942	0,4870	0,9628	0,0123	0,9741	0,5134	0,9939	1919341
02	156,9	0,1959	0,3968	0,7135	0,0106	0,9663	0,6745	0,9947	953709
03	1047,7	0,5538	0,4965	0,9900	0,0116	0,9765	0,4955	0,9942	2696382
04	310,6	0,2624	0,4388	0,8274	0,0093	0,9757	0,6052	0,9953	1277533
05	1025,1	0,5793	0,4921	0,9772	0,0123	0,9746	0,5036	0,9938	2826691
06	414,6	0,3278	0,4688	0,9111	0,0113	0,9744	0,5491	0,9944	1596169
07	488,3	0,3998	0,4892	0,9689	0,0102	0,9787	0,5113	0,9949	1946714
08	103,2	0,2159	0,4109	0,7513	0,0125	0,9630	0,6497	0,9938	1051260
09	1150,7	0,6171	0,4847	0,9561	0,0133	0,9716	0,5168	0,9933	3004753
10	509,8	0,3851	0,4864	0,9610	0,0117	0,9753	0,5152	0,9942	1874977
11	2444,8	0,6058	0,4866	0,9617	0,0132	0,9721	0,5132	0,9934	2949626
12	1961,9	0,6611	0,4709	0,9171	0,0125	0,9718	0,5437	0,9938	3218802

Diğer dokusal parametrelerde ise benzer şekilde “02” nolu kumaş en düşük standart sapma, entropi ve karşıtlık değerleri ile en yüksek enerji değerlerine sahip olmuştur. Bütünü görebilmek amacıyla, tüm kumaşlardaki hava geçirgenliği ile görüntü doku parametreleri ve gramaj test sonuçları arasındaki ilişki Çizelge 4’de bağıntı analizi ile incelenmektedir

Sonuçlar incelendiğinde hava geçirgenliği ile matris elemanlarının ortalaması ve toplam alan arasında pozitif yönlü güçlü bir korelasyon olduğu görülmektedir ($r=0,860$). Bu iki değer arttıkça hava geçirgenliği de artmaktadır. Hava

geçirgenliği ile gramaj değerleri arasında da negatif yönlü güçlü bir korelasyon bulunmuştur ($r=-0,824$). Diğer doku parametrelerinden karşıtlık ($r=0,628$), entropi ($r=0,535$) ve standart sapma ($r=0,535$) ile hava geçirgenliği arasında pozitif yönde orta düzeyde ilişki bulunurken, enerji ($r=-0,543$) ve homojenlik ($r=-0,638$) ile arasında negatif yönde orta düzeyde ilişki tespit edilmiştir. Korelasyon parametresi ile hava geçirgenliği arasında önemli düzeyde bir ilişki ise bulunamamıştır. Çizelge 5’de ise %100 pamuk içeren ilk altı kumaşın hava geçirgenliği ile görüntü doku parametreleri ve gramaj test sonuçları arasındaki ilişki sunulmaktadır.

Çizelge 4. Tüm kumaşlardaki hava geçirgenliği ile görüntü doku parametreleri ve gramaj test sonuçları arasındaki ilişki

Tip	Ortalama (mean2)	Standart Sapma (std2)	Entropi (entropy)	Karşıtlık (contrast)	Korelasyon (correlation)	Enerji (energy)	Homojenlik (homogeneity)	Toplam Alan (total area)	Gramaj
Hava Geçirgenliği	0,860	0,535	0,535	0,628	0,146	-0,543	-0,638	0,860	-0,824

Çizelge 5. %100 pamuk içeren ilk altı kumaşın hava geçirgenliği ile görüntü doku parametreleri ve gramaj test sonuçları arasındaki ilişki

Tip	Ortalama (mean2)	Standart Sapma (std2)	Entropi (entropy)	Karşıtlık (contrast)	Korelasyon (correlation)	Enerji (energy)	Homojenlik (homogeneity)	Toplam Alan (total area)	Gramaj
Hava Geçirgenliği	0,958	0,912	0,915	0,779	0,602	-0,923	-0,803	0,957	-0,926

Çizelge 5’deki sonuçlar incelendiğinde Çizelge 4’deki sonuçlara benzer şekilde hava geçirgenliği ile matris elemanlarının ortalaması ve toplam alan arasında pozitif yönlü güçlü bir korelasyon olduğu görülmektedir. Ancak %100 pamuk içeren ilk altı kumaşın verilerinde bağıntı katsayısı değeri daha güçlüdür ($r=0,958$). Hava geçirgenliği ile gramaj değerleri arasında da

Çizelge 4’deki sonuçlara benzer şekilde negatif yönlü güçlü bir korelasyon bulunmuştur. Ancak burada da %100 pamuk içeren ilk altı kumaşın verilerinde bağıntı katsayısı değeri daha güçlüdür ($r=-0,926$). Diğer görüntü doku parametrelerinde de tüm numune seti yerine %100 pamuk içeren ilk altı kumaş değerleri kullanıldığında bağıntı katsayısı değerleri yükselmiştir. Karşıtlık

($r=0,779$), entropi ($r=0,915$) ve standart sapma ($r=0,912$) ile hava geçirgenliği arasındaki orta düzeyde ilişki, pozitif yönde güçlü seviyeye ulaşmıştır. Benzer şekilde enerji ($r=-0,923$) ve homojenlik ($r=-0,803$) ile hava geçirgenliği arasındaki negatif yöndeki orta düzeyde ilişki de güçlü seviyeye ulaşmıştır. Çizelge 4’de korelasyon parametresi ile hava geçirgenliği arasında önemli düzeyde bir ilişki bulunamamışken, Çizelge 5’de pozitif yönde orta düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir ($r=0,602$).

Çizelge 4 ve 5’deki sonuçlar beraber değerlendirildiğinde, aynı hammaddeden üretilmiş kumaşlarda, görüntü analiz yardımıyla incelenen kumaş gözenekliliğini ifade eden doku parametreleri ile hava geçirgenliği arasında güçlü bir ilişki bulunurken, farklı hammaddeler devreye girdiğinde bu güçlü ilişkinin azaldığı görülmektedir. Hava geçirgenliği ile arasında güçlü korelasyon bulunan yedi görüntü doku parametresi ikiye düşmektedir. Ayrıca kalan iki parametre ile hava geçirgenliği arasındaki bağıntı katsayısı değeri de düşmektedir. Çizelge 1’de kullanılan örme kumaşların özellikleri ve Çizelge 3’deki hava geçirgenliği değerleri birlikte incelendiğinde, lif cinsi ve oranlarındaki değişimin etkisi görülmektedir. Aynı iplik numarasının (Ne 20) ve iplik besleme adedinin (2) kullanıldığı, yakın gramaj değerlerine sahip “03” nolu (360 g/m^2) %100 Pamuk kumaş ve “09” nolu (367 g/m^2) %50 Pamuk / %50 Viskon kumaş arasında hava geçirgenliği değerleri önemli farklılık göstermiştir. Viskon içeren “09” nolu kumaşlarda daha yüksek hava geçirgenliği ölçülmüştür. Benzer şekilde, aynı iplik numarasının (Ne 20) ve iplik besleme adedinin (3) kullanıldığı “04” ve “10” nolu kumaşlarda; viskon içeren “10” nolu (656 g/m^2) %50 Pamuk/%50 Viskon kumaş, “04” nolu (693 g/m^2) %100 Pamuk kumaşa göre bir miktar daha az gramaj değerine sahip olmakla birlikte önemli seviyede fazla hava geçirgenliği göstermiştir. Literatürde de viskon lif içeren iplik ve kumaşların, aynı yapı ve özellikteki pamuk içerenlere göre daha yüksek hava geçirgenliğine sahip olduğu bildirilmektedir [21-22].

Ayrıca yakın gramaj değerlerine sahip “06” nolu (663 g/m^2), “07” nolu (631 g/m^2) ve “10” nolu (656 g/m^2) kumaşlarda, “06” nolu ($414,6 \text{ mm/s}$) %100 Pamuk kumaşa göre “07” nolu ($488,3 \text{ mm/s}$) ve “10” nolu ($509,3 \text{ mm/s}$) %50 Pamuk/%50 Viskon içeren kumaşların daha yüksek hava geçirgenliğine sahip olduğu görülmektedir. Benzer şekilde yakın gramaj değerlerine sahip “03” nolu (360 g/m^2), “09” nolu (367 g/m^2) ve “12” nolu (303 g/m^2) kumaşlarda, “03” nolu ($1047,7 \text{ mm/s}$) %100 Pamuk kumaşa göre “09” nolu ($1150,7 \text{ mm/s}$) %50 Pamuk/%50 Viskon içeren kumaşta daha yüksek hava geçirgenliği ölçülmüştür. Pamuk lifinin yer almadığı %50 Viskon/%50 Polyester içeren “12” nolu kumaşta, $1961,9 \text{ mm/s}$ ile tüm kumaşlar arasında ikinci en yüksek hava geçirgenliği değeri ölçülmüştür.

4. SONUÇ

Bu çalışmada farklı yapı ve özellikteki örme kumaşların mikroskop altındaki görüntülerinden, görüntü analiz teknikleriyle elde edilen kumaş gözenekliliğini ifade eden görüntü doku parametreleri ile hava geçirgenlikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Hava geçirgenliği ve kumaş gözenekliliği ile ilgili iki parametre arasında güçlü ilişki bulunmuştur. Ancak daha önceki çalışmalardan farklı olarak, ışık geçirgenliği yardımıyla kumaş gözenekliliği ile ilgili görüntü doku parametreleri ile hava geçirgenliğinin örme kumaşlarda yüksek doğrulukta tahmin edilemeyeceği görülmüştür. Dokuma kumaşlara göre daha seyrek yapıda olan örme kumaşlarda, hava geçirgenliği üzerinde kumaş gözenekliliği başrol üstlenirken lif özellikleri ve karışım oranının da etkilerinin yadsınamayacağı tespit edilmiştir. Aynı hammaddeden kumaşlar için görüntü analiz çalışmaları hava geçirgenliğinin belirlenmesinde önemli bir seçenek olarak düşünülebilecekken, farklı hammaddelerde net sonuçlara ulaşamayacağı açıktır. Çalışma örme kumaşlarda gözenekliliğin hava geçirgenliği için en önemli parametre olmakla birlikte tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. İlerleyen çalışmalarda farklı lifler için oluşturulacak hava geçirgenliği katsayıları ile bu durum çözümlenerek daha kesin sonuçlara ulaşılabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Turan, R.B., Okur, A., 2008. Kumaşlarda Hava Geçirgenliği. *Tekstil ve Mühendis*, 15(72), 16-25.
2. Kırıcı, T., Kanat, Z.E., Gülümser, T., Tarakçıoğlu, I., Taşkın, C., Çay, A., 2007. Tekstil Materyallerinde Gözenekliliğin Önemi, *Tekstil & Teknik*, 23(271), 180-186.
3. Militky, J., Travnickova, M., Bajzik, V., 1999. Air Permeability and Light Transmission of Weaves. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11(2-3), 116-125.
4. Çay, A., Vassiliadis, S., Rangoussi, M. & Tarakçıoğlu, I., 2007. On the Use of Image Processing Techniques for the Estimation of the Porosity of Textile Fabrics. *International Journal of Materials and Textile Engineering*, 1(2), 421-424.
5. Haleem, N., Ibrahim, S., Hussain, T., Jabbar, A., Malik, M.H., Malik, Z.A., 2014. Determining the Light Transmission of Woven Fabrics Through Different Measurement Methods and its Correlation with Air Permeability. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 9(4), 76-82.
6. Nazir, A., Hussain, T., Afzal, A., Faheem, S., Ibrahim, W., Bilal, M., 2017. Prediction and Correlation of Air Permeability and Light Transmission Properties of Woven Cotton Fabrics. *Autex Research Journal*, 17(1), 61-66.
7. Mavruz, S., Oğulata, R.T., 2009. Pamuklu Örme Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin İncelenmesi ve İstatistiksel Olarak Tahminlenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 19(1), 29-38.
8. Zupin, Ž., Hladnik, A., Dimitrovski, K., 2012. Prediction of One-layer Woven Fabrics Air Permeability Using Porosity Parameters. *Textile Research Journal*, 82(2), 117-128.
9. Turan, R.B., Okur, A., 2012. Investigation of Pore Parameters of Woven Fabrics by Theoretical and Image Analysis Methods. *Journal of the Textile Institute*, 103(8), 875-884.
10. Mezarciöz, S., Bebekli, M., Oğulata, R.T., 2013. Prediction of the Air Permeability of Knitted Fabrics: Comparison of the Image Analysis System and Theoretical Model, 8th International Conference TEXSCI 2013, September 23-25, Liberec, Czech Republic.
11. Gültekin, E., Çelik, H. İ., Nohut, S., Elma, S.K., 2020. Predicting Air Permeability and Porosity of Nonwovens with Image Processing and Artificial Intelligence Methods. *The Journal of the Textile Institute*, DOI: 10.1080/00405000.2020.1727267
12. Telli, A., Özkan, İ., 2018. Görüntü İşleme Teknikleri ile Örme Kumaşlardaki Boncuklanma Direncinin Objektif Ölçümü. *Tekstil ve Mühendis*, 25(112), 313-318.
13. Telli A., 2019. Boncuklanma Görüntülerinin İşlenmesinde Farklı Filtrelerin Kullanımı, The International Conference of Materials and Engineering Technologies (TICMET'19), 10-12 October 2019, 695-701.
14. Telli, A., 2020. The Relationship Between Subjective Pilling Evaluation Results and Detecting Pills and Textural Features in Knitted Fabrics. *Fibers and Polymers*, 21(8), 1841-1848.
15. Telli, A., 2019. An Image Processing Research Consistent with Standard Photographs to Determine Pilling Grade of Woven Fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 29(3), 268-276.
16. Otsu, N., 1979. A Threshold Selection Method from Gray-level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62-66.
17. Perihanoglu, G.M., 2015. Dijital Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Görüntülerden Detay Çıkarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 67.
18. MathWorks, Binarize 2-D Grayscale Image or 3-D Volume by Thresholding, <https://uk.mathworks.com/help/images/ref/imbinarize.html>, Son Erişim: 10.01.2021.
19. MathWorks, Binarize 2-D Grayscale Image or 3-D Volume by Thresholding, <https://uk.mathworks.com/help/images/ref/graycprops.html>, Son Erişim: 10.01.2021.
20. Özdemir, O., 2005. Medikal İstatistik. İstanbul Medikal Yayıncılık. İstanbul, 314.
21. Öner, E., Okur, A., 2015. Thermophysiological Comfort Properties of Selected Knitted Fabrics

- and Design of T-shirts. The Journal of The Textile Institute, 106(12), 1403-1414.
- 22.** Oner, E., 2019. Mechanical and Thermal Properties of Knitted Fabrics Produced from Various Fiber Types. Fibers and Polymers, 20(11), 2416-2425.