Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(1), ss. 13-22, Mart 2022
Cukurova University Journal of the Faculty of Engineering, 37(1), pp. 13-22, March 2022

Çeşitli Örme Kumaşlarda Farklı Tekniklerle Gözenekliliğin Belirlenmesi ve Hava Geçirgenliği için Optimum Tekniğin Tespiti Üzerine Bir Çalışma

Seval UYANIK[*1] ORCID *0000-0002-9513-5746*
Mehmet MERKEPÇİ[2] ORCID *0000-0003-1536-1776*

[1]*Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adıyaman*
[2]*Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Gaziantep*

Geliş tarihi: 05.01.2021 Kabul tarihi: 21.03.2022

Atıf şekli/ How to cite: UYANIK, S., MERKEPÇİ, M., (2022). Çeşitli Örme Kumaşlarda Farklı Tekniklerle Gözenekliliğin Belirlenmesi ve Hava Geçirgenliği için Optimum Tekniğin Tespiti Üzerine Bir Çalışma. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(1), 13-22.

Öz

Geçirgenlik özellikleri kumaş gözenekliliğinden doğrudan etkilenir. Tekstil malzemelerinin gözenekliliğini belirlemek için teorik ve deneysel birçok yöntem vardır. Bu çalışma, görüntü işleme tekniği ve geometri modelleme kullanarak askılı örme kumaşların gözenekliliğini belirlemeyi ve hava geçirgenliği açısından kumaş gözenekliliğini belirlemek için hangi tekniğin daha uygun olduğunu ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışma sonuçları, optik gözenekliliği belirleyen görüntü analizinin, bu yöntem sadece gözenek boyutuna odaklandığından geometri modellemeye göre daha uygun olduğunu kanıtlamıştır. Ayrıca örme kumaşlarda ilmeklerin konumuna göre gözenek boyutları değiştiği için hava geçirgenlik değerleri beklenmedik bir şekilde ilmek sayısı ile paralel değildir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı görüntü analizi, Geometrik modelleme, Gözeneklilik, Hava geçirgenliği, Askılı örgü yapısı

A Study on Determining Porosity with Different Techniques and Revealing Optimum Technique for Air Permeability in Various Knitted Fabrics

Abstract

The permeability properties are directly affected by fabric porosity. There are several methods which are theoretical and experimental to determine the porosity of textile materials. This study aims to determine the porosity of knitted fabrics with tuck stitches and plain knit fabric by using image analysis technique and geometry modeling and to reveal which technique is more suitable to determine fabric porosity in

[*]Sorumlu yazar (Corresponding author): Seval UYANIK, *suyanik@adiyaman.edu.tr*

terms of air permeability. The study results proved that image analysis determining optical porosity are more suitable compared to geometry modeling since this method only focused on pore size. Besides, air permeability values are not parallel with the number of the tuck stitches unexpectedly since pore sizes change based on the location of tuck stitches in the knitted fabrics.

Keywords: Computer image analysis, Geometrical modeling, Porosity, Air permeability, Knit structure with tuck stitch

1. GİRİŞ

Yüksek giysi konforuna sahip örme kumaşların desenleri ilmek, askı, atlama ve bunların kombinasyonları ile tasarlanır. Askı, ters U şeklinde bir konfigürasyona sahip olup kumaşın ağırlığını, kalınlığını ve genişliğini arttırır ve kumaşı diğer kumaşlara göre daha gözenekli hale getirir [1].

Ertekin ve Marmaralı [2], kumaşın hava geçirgenliğini etkileyen en önemli parametrenin lifler ile iplikler arasındaki boşluklar yani kumaş gözenekliliği olduğunu ve askının kumaşın gözenekliliğini arttırdığını belirtmişlerdir. Bu nedenle askılı örme kumaşların hava geçirgenlik değerleri düz örme kumaşlara göre daha yüksek çıktığını ve aynı iğnede yapılan askı sayısı arttıkça gözeneklilik ve dolayısıyla hava geçirgenliğinin arttığını ortaya koymuşlardır.

Uyanık ve Duru Baykal [3]'da çalışmalarında örme kumaşların hava geçirgenliği üzerine en etkili faktörün kumaşların gözenekliliği olduğunu, ilmek iplik uzunluğu ve buna bağlı olarak değişim gösteren ilmek yoğunluğu azaldığında da kumaşta gözenek yoğunluğunun arttığını ve kumaşta gözenekliliğin artmasıyla da havanın kumaşta geçebileceği boşluklar arttığı için hava geçirgenliğinin arttığını belirtmişlerdir. Gözeneklilik, boşluk hacminin toplam malzeme hacmine oranıdır. Gözeneklilik, jeolojik malzemenin depolama kapasitesini sembolize eder. Kumaş gözenekliliği, geçirgenlik özelliklerini doğrudan etkiler. Gözeneklilik, sıkılık, kumaş tipi, iplik yapısı gibi diğer yapısal parametrelerden etkilenir [4].

Yüksek hava geçirgenliği, kumaşın içinden yüksek oranda hava geçtiğinin bir göstergesidir. Hava geçirgenliği, 10 mm su basma basıncında kumaşın 100 mm^2'sinden bir saniyede geçen havanın mililitre cinsinden hacmi olarak tanımlanır.

Hava geçirgenliği ve kumaş gözenekliliğinin hava geçirgenliği ve diğer kumaş özellikleri üzerindeki önemi ve etkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Oinuma [5] kuru relakse olmuş 1x1 ribana örme kumaşlarda ilmek uzunluğunun gözeneklilik, hava geçirgenliği ve bazı fiziksel performanslar üzerindeki etkisini incelemiş ve ilmek uzunluğunun artışının kumaşların gözeneklilik ve hava geçirgenlik değerlerini arttırdığını belirtmiştir. Okur [4], hava geçirgen kumaşların genellikle suyu buhar ve sıvı fazda geçirebilmesi nedeniyle hava geçirgenliğinin özellikle kumaşın konfor özelliğini etkileme hususunda ön plana çıktığını ve bir giysinin rahat giyilebilmesi için giysi içindeki hava ve su buharının hareketinin en önemli faktörler olduğunu ifade etmiştir.

Bazı araştırmacılar (Dubrovski [6], Mohammadi ve arkadaşları [7]), kumaştaki gözeneklerin hem lifler arasında hem de iplikler arasında olduğunu ve tekstil malzemelerinin geçirgenliği üzerinde gözenek boyutu ve dağılımının büyük önem taşıdığına dikkat çekerek küçük gözenekli kumaşlarda sıvı ve hava geçirgenliğinin düşük olmasının bu fikri desteklediğini işaret etmişlerdir. Ayrıca Bhattacharjee ve arkadaşları [8] kumaşların hava ve sıvı geçirgenliğinin belirlenmesinin tam olarak gözeneklilik ölçümlerine bağlı olduğunu; Çay ve arkadaşları [9], çözgü ve atkı yoğunluğunun ve kumaş gözenekliliğinin renk verimliliği üzerinde "ilk seferde doğru" boyama için büyük önem taşıdığını; Havlova [10] hava geçirgenliğinin aslında malzemenin gözenekliliğinin bir fonksiyonu olduğunu ve tekstil

ürününün konforunu etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir.

Ayrıca kumaş gözenekliliğinin farklı yöntemlerle belirlenmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Militký ve Havrdová [11] kumaşların gözeneklilik değerlerini hesaplamak için yoğunluğa, hidrolik gözenek tanımına ve örtü faktörüne bağlı olarak üç temel teknik olduğunu belirtmişlerdir. Çay ve arkadaşları [12], gözenekliliğin açıkça kumaş geometrisinin bir fonksiyonu olduğunu açıklamış ve görüntü analiz sistemini kullanarak dokuma kumaşların gözenekliliğini tahmin etmeye çalışmış ve deneysel çalışma sonuçlarına göre parlaklık yüzdesi ile hava geçirgenliği arasında yaklaşık olarak doğrusal bir ilişki bularak tekstillerin gözenekliliğinin iplik çapı, yüzey oluşturma teknikleri ve birim alandaki iplik sayısı gibi faktörlerden etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Wilbik-Halgas ve arkadaşları [13], bilgisayar görüntüsü temelinde düz çift katlı ve astarlı örme kumaşların yüzey gözenekliliğini değerlendirmişler ve hava geçirgenliğinin, su buharı geçirgenliğinin aksine örme kumaşların kalınlığının ve yüzey gözenekliliğinin bir fonksiyonu olduğunu bulmuşlardır. Benltoufa ve arkadaşları [14], kumaşın gözenekliliğini tahmin etmenin en uygun ve en kolay yöntemini ve çeşitli örgü parametrelerinin süprem kumaşların gözenekliliği üzerindeki etkisini belirlemek için çalışmışlardır. Gözenekliliği belirlemede geometrik modellemenin en uygun ve en kolay yöntem olduğunu ve herhangi bir doğrulama için genelleştirilebileceğini ve ilmek uzunluğunun gözeneklilik üzerindeki etkisinin, ilmek yoğunluğu ve kumaş kalınlığından daha fazla olduğunu ve ayrıca iplik numarasının gözenekliliği etkilediğini kanıtlamışlardır. Öner ve Okur [15] da bazı araştırmacıların gözeneklilik ve geçirgenlik özelliklerini tahmin etmek için istatistiksel yöntemler, bulanık mantık, görüntü analizi ve yapay sinir ağı (ANN) vb. yeni yöntemleri kullandıklarına dikkat çekmişlerdir.

Halen tekstil malzemelerinin gözenekliliğini belirlemek için kullanılan deneysel yöntemler arasında SEM, gaz adsorpsiyonu [16], görüntü analiz sistemi [17-18] ve son olarak μ CT [16] kullanılarak gözeneklilik ölçüm yöntemleri yer almaktadır. X-ışınlı bilgisayarlı mikrotomografi (μCT), tekstil malzemelerinde gözeneklilik tespitinin en yeni yöntemini temsil eder. Tekstil yapısının analizi [19], 3D tekstil mimarisindeki değişkenliğin karakterizasyonu [7] veya tekstillerde nemin dağılımı ve taşınmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar [20] söz konusu olduğunda, μCT yaklaşımı ileri ve doğru bir teknik olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmalardan birinde Doczyova ve arkadaşları [21] tekstil metrolojisinde μCT uygulanarak elde edilen tekstil yapısının 3 boyutlu görüntüsünün kullanımını tartışmışlar ve μCT sisteminin 3 boyutlu gözeneklilik ölçümü için uygun bir alternatif yöntem olduğunu ve örgü yapılarında hava geçirgenliği ile ölçülen gözenekliliği arasındaki inceleme neticesinde önerilen 3 boyutlu gözeneklilik ölçüm sürecinin doğruluğunu ortaya koymuşlardır.

Son yıllarda görüntü işleme tekniklerinin gelişmesiyle birlikte optoelektronik aletler ve optik yöntemler kumaş üretiminin kalite kontrolünde kullanılmaya başlanmış [22] ve optik sensörler ve bunların sinyal analizi tekstil alt katmanlarının basınç altında büyük ölçüde yeniden düzenlenmesinde mevcuttur [23]. Görüntü analiz teknikleri ile hava geçirgenliğinin hesaplanması için geliştirilen yeni yöntemler, kumaşın gözeneklerinden geçen ışığın özelliklerinin kullanılmasına ve bu sinyalin analizine [24] ve ayrıca sinir ağlarının kullanımına [12] dayanmaktadır.

Özellikle kumaş gözenekliliğinin belirlenmesinde optik yöntem en çok kullanılan yöntem olmaya başlamıştır. Wardining [25] yaptığı çalışmada optik yöntem kullanarak kumaş gözeneklilik değerlerini bulmuştur. Çalışma ile optik gözenekliliğin, görünür ışığın kumaştan geçirgenliği (%) anlamına geldiği ve optik gözenekliliğin kumaştaki iplikler arasındaki boşluklarla temsil edildiği belirtilmiştir. Buna göre mikroskoptan gelen ışık boşluklardan yakalanır ve beyaz piksellere dönüştürülürken ışığı engelleyen iplik siyah piksellere dönüştürülür ve nihai olarak beyaz piksellerin tüm alana oranı ile gözeneklilik ölçülmüş olur. Uyanık ve Merkepçi [26] farklı ilmek uzunluklarına sahip süprem örme

kumaşların gözenek yoğunluklarını geometrik model ve görüntü işleme tekniği ile belirleyerek söz konusu kumaşların hava geçirgenliğini tahmin etmede optik yöntemin daha uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda ortaya konulduğu üzere gözenekli bir kumaş olarak bilinen askılı örme kumaşlar yüksek hava geçirgenlikleri ile konforu yüksek giysiler sınıfına girmektedir ve bu kumaşlarda tahminleme ile hava geçirgenliğinin tespiti ve sonrasında istenilen geçirgenliğe uygun askılı kumaş tasarımı önem arz etmektedir. Tahminlemenin başarısı için hava geçirgenliği test cihazlarıyla elde edilen sonuçlara en yakın sonucu veren ve kolay yöntemlerin tespit edilmesi bu çalışma ile amaçlanmıştır. Diğer bir ifadeyle mevcut çalışma, görüntü işleme tekniği ve geometrik modelleme kullanılarak askılı örme kumaşların gözenekliliğini belirlemeyi ve gözeneklilik ile hava geçirgenliği arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı ve son olarak hangi tekniğin kumaş gözenekliliğini belirlemeye daha uygun olduğunu ortaya koymayı hedeflemektedir. Çalışma neticesinde test cihazı kullanmaksızın askılı örme kumaşlarda gözenekliliğin ve buna paralel olarak hava geçirgenliğinin doğru bir şekilde tahminlemesinin tekstil sektöründe teknik tasarım aşamalarını kolaylaştıracağı ve böylece giysi konforu açısından ideal askı sayısı ve yerleşimine sahip örme kumaş tiplerinin ortaya konulması beklenmektedir.

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada 30 inç çapında E-28 incelikte olan yuvarlak örgü makinesinde 19,7 tex ring iplikler kullanılarak aynı ilmek uzunluğunda düz örgü (süprem) ve askılı örme kumaşlar elde edilmiştir. Daha sonra bu kumaşlara terbiye ve boyama işlemleri uygulanmıştır. Kumaş numunelerinin ilmek uzunluğu, sıra sıklığı/cm (may sayısı-cpc), çubuk sıklığı/cm (wpc), ilmek yoğunluğu, gramaj, kalınlık gibi yapısal özellikleri ve hava geçirgenliği ilgili standartlarla ölçülmüştür [27-30]. Gözeneklilik ölçümleri, geometrik modelleme ve görüntü analizine dayalı olarak yapılmıştır. Geometrik modellemede verilen Eşitlik 1 ve 2'ye göre porozite değerleri hesaplanmıştır [31].

$$\varepsilon = 1 - \frac{\pi d^2 lcw}{2t} \quad (1)$$

$$r = \sqrt{\frac{T}{\pi \rho 10^5}} \quad (2)$$

Burada Ɛ-gözeneklilik, d-iplik çapı, l-ilmek uzunluğu, c-may sayısı, w-çubuk sıklığı, t-kalınlık, r-iplik yarıçapı, T-iplik numarası (tex), ρ-iplik yoğunluğu (g/cm^3). İplik yoğunluğu olarak Pierce tarafından belirlenen 0,909 g/cm^3 değeri kullanılmıştır [32].

Görüntü analizinde ise örneklerin görüntüleri dijital kamera ile alınmıştır. Görüntüyü işlemek ve elde edilen görüntülerin optik gözenekliliğini belirlemek için Matlab yazılımı kullanılmıştır. Bu amaçla görüntü dosyası açılarak geliştirilerek gri tonlamalı bir görüntü elde edilmiştir. Daha sonra gri tonlamalı görüntü binarize yöntemi kullanılarak siyah beyaz görüntüye dönüştürülmüştür. Elde edilen görüntü, yazılım penceresinde eşiklenmiştir. Son olarak görüntüdeki siyah beyaz pikseller sayılmış ve optik gözeneklilik Eşitlik 3'e göre hesaplanmıştır [25]:

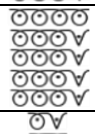
$$\text{Optik gözeneklilik (\%)} = \frac{\text{beyaz piksel}}{\text{siyah piksel + beyaz piksel}} \times 100 \quad (3)$$

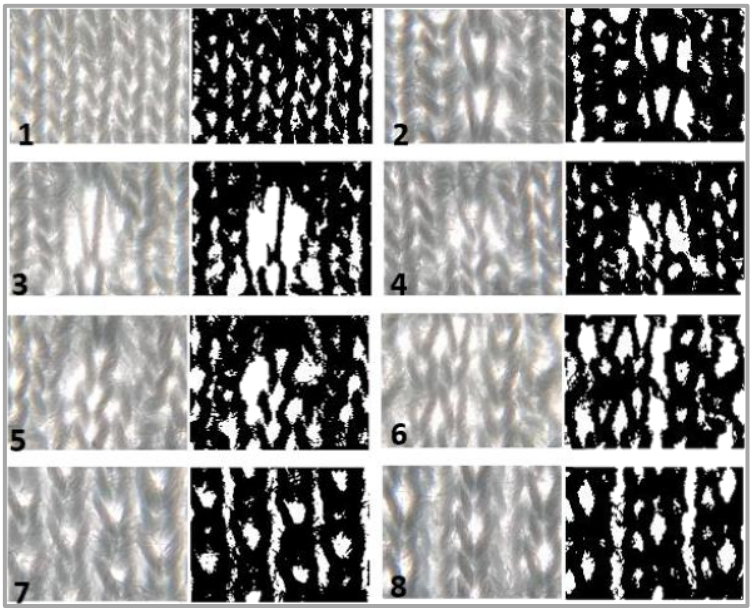
Hava geçirgenlik testleri, Prowhite HG-01 test cihazında TS 391 EN ISO 9237 standardına göre yapılmıştır. Gözeneklilik ve hava geçirgenliği arasındaki ilişkinin yönünü ve kuvvetini belirlemek için SPSS 21 istatistik yazılım paketi kullanılarak regresyon ve Pearson korelasyon testleri yapılmıştır.

Örme kumaşların yapısal özellikleri ve iğne diyagramları Çizelge 1'de verilmiştir. Örme kumaş numunelerinin askı sayıları bütün kumaşlar için ilmek yoğunluğu 48 ilmek sabit alınarak belirlenmiştir.

Numunelerin orijinal görüntüleri ve binarize edilmiş görüntüleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Aynı örnek için soldaki görüntü orijinali, sağdaki görüntü ise binarize edilmiş olanı göstermektedir.

Çizelge 1. Örme kumaşların yapısal ve fiziksel özellikleri

Kumaş Kodu	İğne Diyagramı	Askı Sayısı	İlmek Uzunluğu (mm)	cpc	wpc	İlmek Yoğunluğu /cm^2	Gramaj (g/m^2)	Kalınlık (mm)	Geometrik Gözeneklilik (%)	Optik Gözeneklilik (%)
1		0	2,7	20	15	300	153	0,44	19,92	21,48
2		8	2,7	24	12	288	159	0,51	33,68	21,97
3		9,6	2,7	22	12	264	152	0,52	40,37	27,01
4		12	2,7	22	12	264	180	0,56	44,63	21,09
5		16	2,7	22	11,5	253	184	0,64	53,57	24,12
6		18	2,7	14	12	168	161	0,61	67,65	26,52
7		24	2,7	16	11	176	174	0,63	67,19	24,62
8		24	2,7	14	14	196	166	0,65	64,58	25,11



Şekil 1. Numunelerin orijinal ve binarize görüntüleri

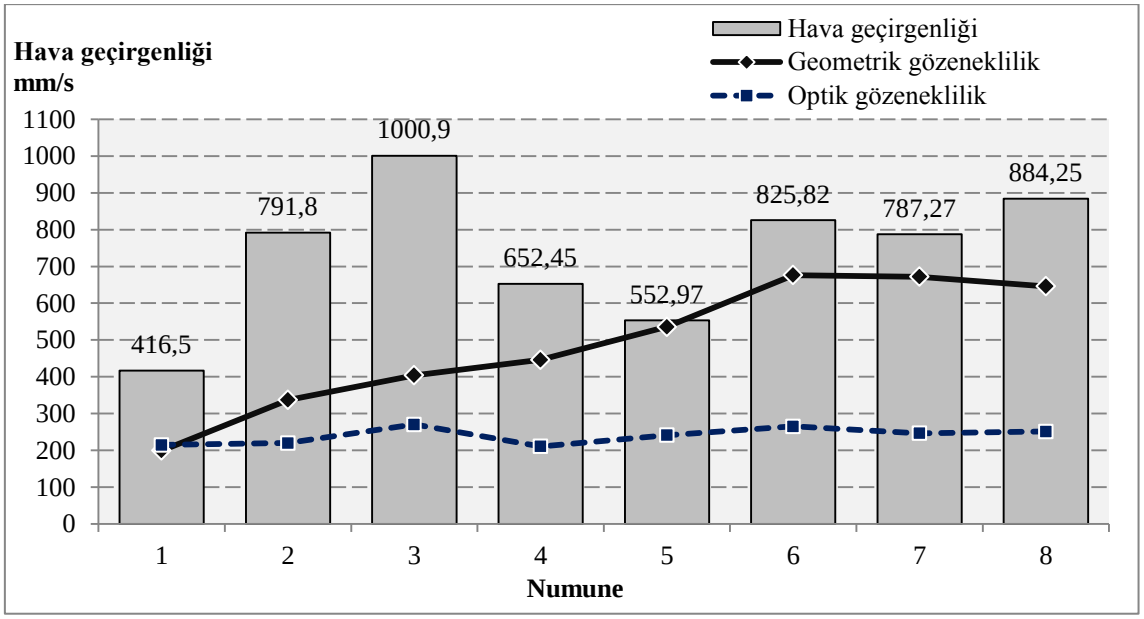
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Numunelerin hava geçirgenliği ve gözeneklilik değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 2'de verilmiştir. Gözeneklilik değerlerinin etkisini tam olarak görebilmek için gerçek değerler çok düşük ve yatay eksene çok yakın olduğundan grafikte kullanılan değerler 10 ile çarpılarak katlı gösterilmiştir. Verilen şekil içinde numuneler, askı sayısına göre düşükten yükseğe doğru düzenlenmiştir.

Bilindiği gibi askı, örgü kumaşlara gözeneklilik kazandırmaktadır ve bu durum askı içeren kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin askı içermeyen süprem kumaşa göre daha yüksek hava geçirgenlik değerine sahip olduğunu gösteren Şekil 2 ile desteklenmektedir. Şekilden geometrik ve optik gözeneklilik değerlerinin genel olarak askı yerleşim şekli benzer kumaşlarda numunelerin askı sayısı ile uyumlu olarak arttığı görülmektedir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse, 2 ve 3 nolu numuneler enine raporu 4 iğne olan ve aynı iğnede askı yapılan kumaş tipleri olup 3 nolu kumaş 2 nolu kumaşa göre daha fazla askı sayısına sahiptir ve böylece gözeneklilik ile hava geçirgenliği beklendiği gibi daha yüksektir. 4, 5 ve 7 nolu numuneler ise lakost (enine raporu 2 iğne, boyuna raporu aynı iğnedeki askı sayısına göre değişen ve askısı farklı iğnelerde olan zikzan tip) tipi kumaşlar olup geometrik gözeneklilik değerleri askı sayısı ile uyumlu olarak artarken optik gözeneklilik açısından beklenen uyum 4 ve 5 nolu numuneler için gözlenirken 7 nolu numunede gözeneklilik değeri hemen hemen 5 nolu numune ile aynı olup beklenenden düşük olarak görülmektedir. Bunun nedeni, geometrik gözeneklilik ölçümünde iplik çapı, ilmek uzunluğu, ilmek yoğunluğu ve kumaş kalınlığı gibi iplik ve kumaş yapısal parametrelerinin dikkate alınması, optik gözeneklilik tespitinde ise sadece gözenek boyutu olan gözenek alanının dikkate alınmasıdır. Diğer bir ifadeyle kumaşta geometrik gözeneklilik tespitinde özellikle iplik ve kumaş kalınlığının dikkate alınmasıyla 3 boyutlu bir yaklaşım sergilenirken optik gözeneklilik tespitinde 2 boyutlu yaklaşım olmasının bu sonucu verdiği düşünülmektedir. 6 ve 8 nolu kumaşlar ise enine raporu 4 iğne, boyuna raporu 4 sıra olan ve diğer kumaş numunelerinden farklı olarak aynı sırada yanyana askı içeren zikzak tip kumaşlardır ve hem geometrik hem de optik gözeneklilik değerleri ile askı sayıları arasında beklenen paralellik gözlenmemiş ve hatta askı sayısı daha fazla olmasına rağmen 8 nolu numunede gözeneklilik değeri daha düşük elde edilmiştir. Bu durumun 8 nolu numunede tüm örgü sıralarında yanyana olan çift askıların atlamaya dönüşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü, atlama yapan iplikler kumaşın arka kısmında yatırılmış bir şekilde yer alarak ilmeklerin arkasında ikinci bir kat etkisi verirler ve kumaşın enini daraltıp ilmek çubuk sayısını ve paralelinde ilmek yoğunluğunu artırırlar ki tüm bu etkiler neticesinde kumaşın gözenekliliği azalır.

Dolayısıyla 6 nolu numuneye göre ilmek yoğunluğu fazla olan 8 nolu numunenin geometrik gözeneklilik değerinde bu düşüş gözlenmiştir. 6 nolu numunede ilmek yoğunluğu daha az olmasına rağmen 8 nolu numunede gözenek alanının büyümesini sağlayan askı sayısı daha fazla olduğu için optik gözeneklilik değerleri hemen hemen aynı ölçülmüştür. Diğer önemli bir husus olarak ise sadece düz örgü olan 1 nolu numune için hem geometrik gözeneklilik hem de optik gözeneklilik değerlerinin hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Diğer numunelerde yer alan askı, kumaşın toplamasına ve kalınlaşmasına sebep olarak gözenek alanını değiştirdiği için geometrik gözeneklilik değerlerine göre optik gözeneklilik değerleri çok daha düşüktür. Söz konusu durum askı içermeyen 1 nolu numunede ise gözlenmemiştir.

Şekil 2'den de görüldüğü üzere beklendiği gibi, gözeneklilik değerleri en düşük olduğu için 1 nolu numune olan düz örgü en düşük hava geçirgenliğine sahiptir. En yüksek optik gözeneklilik değerine sahip olan 3 nolu numune, en yüksek hava geçirgenlik değerini göstermektedir. Ancak en yüksek geometrik gözeneklilik değerine sahip olan numune 6, en yüksek hava geçirgenlik değerine sahip değildir. Diğer numunelerin hava geçirgenlik değerleri genel olarak optik gözeneklilik değerleriyle uyumludur.



Şekil 2. Örme kumaşların gözeneklilik ve hava geçirgenliği sonuçları

Regresyon modeli, regresyon ve korelasyon test sonuçlarını içeren istatistiksel analizler izleyen çizelgelerde verilmiştir. Çizelge 2'de verilen regresyon modelinde R^2 (0,984) ve ayarlı R^2 (0,958) değerlerinin 1'e yakın şekilde oldukça yüksek olması, modelin tahmin gücünün yüksek olduğunu ve bağımlı değişken olan hava geçirgenliği ile bağımsız değişkenler olan gözeneklilik arasında ilişkilerin güçlü olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3'te verilen regresyon test sonuçları incelendiğinde, Sig. 0,019≤0,05 değeri optik gözeneklilik bağımsız değişkeninin hava geçirgenliği üzerinde etkili olduğunu, Sig. 0,608≥0,05 değeri ise geometrik gözeneklilik bağımsız değişkeninin hava geçirgenliği üzerinde etkili olmadığını istatistiksel olarak ortaya koymuştur.

Çizelge 2. Regresyon modeli

Model Özeti				
Model	R	R^2	Ayarlı R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,984[a]	,969[b]	,958	154,86913
[a]Tahminleyiciler: Optik gözeneklilik, geometrik gözeneklilik				
[b] Orijinden regresyon için				

Çizelge 3. Regresyon test sonuçları

Katsayılar[a,b]						
Model		Standart olmayan katsayılar		Standart katsayılar	t	Sig.
		B	St. Hata	Beta		
1	Geometrik gözeneklilik	2,108	3,894	,143	,541	,608
	Optik gözeneklilik	26,682	8,340	,846	3,199	,019
a. Bağımlı değişken: Hava geçirgenliği						
b. Orijinden doğrusal regresyon						

Çizelge 4. Korelasyon test sonuçları

		Hava geçirgenliği
Geometrik gözeneklilik	Pearson korelasyon katsayısı	,462
	Sig. (2-uçlu)	,249
Optik gözeneklilik	Pearson korelasyon katsayısı	,714*
	Sig. (2-uçlu)	,047

*Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır (2 uçlu)

Pearson korelasyon test sonuçlarının verildiği Çizelge 4'ten görüldüğü üzere 0,714* katsayı değeri de optik gözeneklilik ile hava geçirgenliği arasında doğrusal bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin kuvvetli olduğunu gösterirken 0,462 katsayı değeri ise geometrik gözeneklilik ile hava geçirgenliği arasında bir ilişki olmadığını bir kez daha istatistiksel olarak göstermiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi kumaşlarda geometrik gözeneklilik değerleri çoğunlukla ilmek ve askı sayısına göre değişmekle birlikte, hava geçirgenlik değerlerinde aynı eğilim gözlenmemiştir. Bu fark, numunelerdeki ilmeklerin konumuna göre değişen gözenek boyutlarından kaynaklanmaktadır. Örneğin; 2 ve 3 nolu numuneler için, askılar aynı iğnelerdedir, başka bir ifadeyle kumaşta askılar yer değiştirmeyip sabittir ve bundan dolayı bu numuneler zikzak desenli değildir. Diğer numuneler için, askılar her zaman aynı iğneler üzerinde olmayıp desene göre farklı iğneler üzerindedir. Numune 6 dışındaki askı içeren numunelerde askılar eşit bir şekilde yanyana iğneler üzerine yerleştiği için bu numuneler tam zikzak desenlidir. Bu zikzak yapılar, kumaşta boyuna büzülmeye neden olur ve böylece gözenek boyutları küçülür. Diğer yandan, gözenek boyutu tam zikzak yapıdan uzaklaşmaya ve ardından kumaşın daha az büzülmesine paralel olarak artar ki 6 nolu numunede bu durum gözlenmiştir. Söz konusu etki sonucunda 6 nolu numune, daha az askı içermesine rağmen 7 nolu numuneden daha yüksek hava geçirgenlik değerine sahiptir. Aynı eğilim 4 ve 5 nolu numuneler için de gözlenmektedir. 5 nolu numunenin geometrik gözeneklilik değeri daha yüksek olmasına rağmen gözenekleri daha küçük olduğu için daha düşük hava geçirgenlik değerine sahiptir. Çünkü, 5 nolu numunede aynı iğnedeki askı sayısı 4 nolu numuneye göre daha fazladır ve bunun sonucunda üst üste yer alan askılar kumaşın daha fazla çekmesine neden olmuştur. Dikkat çeken diğer bir husus ise askı sayıları aynı olan 7 ve 8 nolu numuneler için hem gözeneklilik değerlerinin hem de hava geçirgenlik değerlerinin farklı olmasıdır. Bu durumun zikzak desen alanı açısından 7 nolu numuneye göre 8 nolu numunede enine raporun daha geniş olması ve dolayısıyla kumaşın daha az çekmesine bağlı olarak gözeneklerin daha büyük olmasından kaynakladığı düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR

Çalışmanın tüm sonuçları değerlendirildiğinde, optik yöntem sadece gözenek boyutuna odaklandığından askılı örme kumaşların hava geçirgenliğini tahmin etmede optik gözenekliliği belirleyen görüntü analizinin, geometrik modellemeye göre daha uygun olduğu söylenebilir.

Askı, örme kumaşlara gözeneklilik kazandırsa da çalışma, hava geçirgenlik değerlerinin beklenenden farklı olarak tamamen askı sayısı ile paralel olmadığını ortaya koymuştur. Bunun nedeni, askıların kumaş içindeki yani iğneler üzerindeki konumuna göre gözenek boyutlarının değişmesidir ki yüksek sayıda askı içeren zikzak kumaşların daha az hava geçirgenliğine sahip olması bu sonucu kuvvetli şekilde desteklemektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Uyanık, S., Topalbekiroğlu, M., 2017. The Effect of Knit Structures with Tuck Stitches on Fabric Properties and Pilling Resistance. J. Text. Inst., 108(9), 1584-1589.

2. Ertekin, G., Marmaralı, A., 2011. Askı ve Atlamanın Düz Örgü Kumaşların Isıl Konfor

Özelliklerine Etkileri. Tekst. ve Muhendis, 18(83), 21-26.

3. Uyanık, S., Duru Baykal, P., 2018. Vortex Örme Kumaşların Hava Geçirgenliği Üzerine Lif Cinsi, Karışım Oranı ve Kumaş Sıklığının Etkileri. 4. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu (4.ULPAS), 4-5 Ekim 2018, UÜ, Bursa.

4. Okur, A., 1993. Pamuklu Kumaşlarda Hava Geçirgenliği ile Kumaşın Bazı Yapısal Özellikleri Arasındaki İlişkiler Üzerine Bir Araştırma. Tekst. ve Konfeksiyon, 4, 292-299.

5. Oinuma, R., 1988. Effect of Stitch Length on Some Properties of Cotton 1x1 Rib Knitted Fabrics. J. Text. Machinery Soc. Jpn., 41(10), 543-548.

6. Dubrovski, P.D., 2000. Volume Porosity of Woven Fabrics. Text. Res. J., 70(10), 915-919.

7. Mohammadi, M., Banks-Lee, P., 2002. Air Permeability of Multilayered Nonwoven Fabrics: Comparison of Experimental and Theoretical Results. Text. Res. J., 72(7), 613-617.

8. Bhattacharjee, D., Ray, A., Kothari, V.K., 2004. Air and Water Permeability Characteristics of Nonwoven Fabrics. Indian J. Fibre Text. Res., 29, 122-128.

9. Çay, A., Atav, R., Duran, K., 2007. Effects of Warp-weft Density Variation and Fabric Porosity of the Cotton Fabrics on Their Colour in Reactive Dyeing. Fibres Text. East. Eur., 15 (1), 91-94.

10. Havlová, M., 2013. Air Permeability and Constructional Parameters of Woven Fabrics. Fibres Text. East. Eur., 98(2), 84-89.

11. Militký, J., Havrdová, M., 2001. Porosity and Air Permeability of Composite Clean Room Textiles. Int. J. Cloth. Sci., 13(3/4), 280-289.

12. Çay, A., Vassiliadis, S., Rangoussi, M., Tarakçıoğlu, I., 2004. On the Use of Image Processing Techniques for the Estimation of the Porosity of Textile Fabrics. International Conference on Signal Processing, Istanbul-Turkey December 17-19.

13. Wilbik-Halgas, B., Danych, R., Wiecek, B., Kowalski, K., 2006. Air, and Water Vapour Permeability in Double-layered Knitted Fabrics with Different Raw Materials. Fibres Text. East. Eur., 14(3), 77-80.

14. Benltoufa, S., Fayala, F., Cheikhrouhou, M., Ben Nasrallah, S., 2007. Porosity Determination of Jersey Structure. Autex Res. J., 7(1), 63-69.

15. Öner, E., Okur, A., 2011. Materyal, Üretim Teknolojisi ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri. Tekst. ve Muhendis, 17(80), 20-29.

16. Ho, S.T, Hutmacher, D.W., 2006. A Comparison of Micro CT with Other Techniques Used in The Characterization of Scaffolds. Biomaterials, 27(8), 1362-1376.

17. Mcenaney, B., Mays, T.J., 1994. Characterization of Macropores Using Quantitative Microscopy. Stud. Surf. Sci. Catal., 87, 327-337.

18. Ramaswamy, S., Gupta, M., Goel, A., Aaltosalmi, U., Kataja, M., Koponen, A., Ramarao, B.V., 2004. The 3D Structure of Fabric and its Relationship to Liquid and Vapor Transport. Colloids Surf., A Physicochem. Eng. Asp., 241, 323-333.

19. Shinohara, T., 2011. Expression of Individual Woven Yarn for Structure Analysis of Textile Fabric Based on Fuzzy Clustering of Three-dimensional CT Image. IECON 2011-37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2206-2211, Japan, Nov.

20. Desplentere, F., Lomov, S., Woerdeman, D., Verpoest, I., Wevers, M., Bogdanovich, A., 2005. Micro-CT Characterization of Variability in 3D Textile Architecture. Compos. Sci. Technol., 65(13), 1920-1930.

21. Doczyova, K., Glombikova, V., Komarkova, P., 2014. Application of Microtomography in Textile Metrology. Tekstilec, 57(1), 4-11.

22. Castellini, C., Francini, F., Longebardi, G., Tribilli, B., Sansoni, P., 1996. On-Line Textile Quality Control Using Optical Fourier Transforms. Opt. Lasers Eng., 24, 19-32.

23. Thorr, F., Adolphe, D., Drean, J.Y., 1997. Study of Nonwovens Mass Reorganization Under Tensile Stress Thanks to a New Optical Sensor and Image Analysis. Sens. Actuator., 62, 565-570.

24. Çay, A., Vassiliadis, S., Rangoussi, M., Tarakçıoğlu, I., 2007. Prediction of the Air Permeability of Woven Fabrics Using Neural Networks. Int. J. Cloth. Sci., 19(1), 18-35.

25. Wardiningsih, W., 2009. Study of Comfort Properties of Natural and Synthetic Knitted Fabrics in Different Blend Ratios for Winter Active Sportswear. Master Thesis, RMIT University, Melbourne, June 2009, 187.
26. Uyanık, S., Merkepçi, M., 2019. An Experimental Study on Determination of Air Permeability in Knitted Fabrics by Image Processing Technique. III. Uluslararası AVRASYA Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, Gaziantep-Türkiye, 4-7 Nisan 2019.
27. TS EN 14971, 2013. Tekstil-örülmüş kumaşlar-birim Uzunluk ve Birim Alan Başına Örgü İlmeği Sayısının Tayini.
28. TS EN 12127, 1999. Tekstil-kumaşlar-küçük Numuneler Kullanarak Birim Alan Başına Kütlenin Tayini.
29. TS 7128 EN ISO 5084, 1998. Tekstil-tekstil ve Tekstil Mamullerinin Kalınlık Tayini.
30. TS 391 EN ISO 9237, 1999. Tekstil-kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini.
31. Ogulata, R.T., Mavruz, S., 2010. Investigation of Porosity and Air Permeability Values of Plain Knitted Fabrics, Fibres Text. East. Eur., 18(82), 71-75.
32. Pierce, F.T., 1947. Geometrical Principles Applicable to the Design of Functional Fabrics, Text. Res. J., 17, 123-147.