



FARKLI FONKSİYONEL HAMMADDELERDEN ÜRETİLEN SOĞUKTAN KORUYUCU GİYSİLERİN ISI YALITIM VE SIVI TRANSFER ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Sultan ARAS ELİBÜYÜK *, Mustafa ÇÖREKÇİOĞLU, Asil YILMAZ, Fatma Filiz YILDIRIM, Perinur KOPTUR TASAN, Özlem DEMİR

Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-GE Merkezi, Bozburun Mah. 7042 Sok. No.6, Merkezefendi, Denizli, Türkiye

Anahtar Kelimeler Öz

*Dikişsiz Örmeye,
Isıl Yalıtım,
MMT,
Alambeta,
Termoregülasyon.*

Giyisilerde estetik ve moda uygunluğu yanı sıra, performans ve konfor özellikleri gibi önemli özellikler aranmaktadır. Giyisilerin ısı konfor sağlaması için, soğuğa karşı yüksek ısı dirence sahip olması gerekmektedir. Çalışma kapsamında, seamless makinelerde termofizyolojik konfor özellikleri iyileştirilmiş içlikler, çevre dostu ürünler olarak geliştirilmiştir. Çeşitli çevre koşullarında yüksek ısı yalıtımı isteyen kişilerin kullanabileceği özellikler taşıması için çalışmalar yapılmıştır. Termal ısı konforu etkileyebilecek üretim parametrelerini dikkate alarak üretimi gerçekleşen yün, NILIT-heat, polyester (PES), polipropilen (PA) ve özel fonksiyonel ipliklerle kombine edilmiş 10 adet numune üretilmiştir. Çalışmada, ısı dirence sahip farklı yapıdaki termal kumaş türlerinin, ısı direnç (Alambeta Parametreleri) ve MMT parametreleri incelenmiştir ve çok kriterli analiz sonucunda ise termal fonksiyonel özellikleri barındıran numuneler seçilmiştir. Isı yalıtımın sağlanması için numunelerde daha çok yün, termal izolasyonlu özel ipliklerin özellikle PES ile kombinasyonu önerilirken, su buharı geçirgenliği beklenen bölgelerde ise; PES, PA ve yün kombinasyonlarının kullanımı uygun bulunmuştur.

INVESTIGATION OF THE THERMAL INSULATION AND LIQUID TRANSFER PROPERTIES OF COLD PROTECTIVE CLOTHES PRODUCED FROM DIFFERENT FUNCTIONAL RAW MATERIALS

Keywords

*Seamless Knitting,
Thermal Insulation,
MMT,
Alambeta,
Thermoregulation.*

Abstract

In addition to aesthetics and fashion, important features such as performance and comfort are sought in clothes. In order for clothes to provide thermal comfort, they must have high thermal resistance to cold. Within the scope of the study, underwear with improved thermo physiological comfort properties were developed as environmentally friendly products in seamless machines. Studies have been carried out to ensure that people who want high thermal insulation in various environmental conditions can use it. Taking into account the production parameters that may affect the thermal comfort, 10 samples were produced, which were combined with wool, NILIT-heat, polyester (PES), polypropylene (PA) and special functional yarns. In the study, thermal resistance (Alambeta Parameters) and MMT parameters of different types of thermal fabrics with thermal resistance were examined and samples with thermal functional properties were selected as a result of multi-criteria analysis. In order to provide thermal insulation, it is recommended to combine mostly wool and thermally insulated special yarns with PES, while in areas where water vapor permeability is expected; The use of PES, PA and wool combinations has been found suitable.

Alıntı / Cite

Elibüyük Aras, S., Çörekçioğlu, M., Yılmaz, A., Yıldırım, F. F., Tasan Koptur, P., Demir, Ö., (2023). Farklı Fonksiyonel Hammaddelerden Üretilen Soğuktan Koruyucu Giysilerin Isı Yalıtım ve Sıvı Transfer Özelliklerinin İncelenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(1), 41-56.

* İlgili yazar / Corresponding author: saras@ozanteks.com.tr, +90-258-371-6400 (2563)

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
S. Aras Elibüyük / 0000-0002-1866-6332	Başvuru Tarihi / Submission Date	04.02.2022
M. Çörekcioglu / 0000-0001-7976-6049	Revizyon Tarihi / Revision Date	31.07.2022
A. Yılmaz / 0000-0003-1778-5249	Kabul Tarihi / Accepted Date	09.09.2022
F. F. Yıldırım / 0000-0003-3490-8538	Yayın Tarihi / Published Date	27.03.2023
P. Koptur Tasan / 0000-0001-9052-1763		
Ö. Demir / 0000-0003-1505-2164		

INVESTIGATION OF THE THERMAL INSULATION AND LIQUID TRANSFER PROPERTIES OF COLD PROTECTIVE CLOTHES PRODUCED FROM DIFFERENT FUNCTIONAL RAW MATERIALS

Sultan ARAS ELİBÜYÜK †, Mustafa ÇÖREKÇİOĞLU, Asil YILMAZ, Fatma Filiz YILDIRIM, Perinur KOPTUR TASAN, Özlem DEMİR
Ozanteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-GE Merkezi, Bozburun Mah. 7042 Sok. No.6, Merkezefendi, Denizli, Türkiye

Highlights

- Seamless Knitting is the technology of producing garments in one piece with a circular knitting machine.
- Thermal insulation is achieved by keeping the body temperature of the garment around 36-37 degrees.
- MMT is a fabric liquid absorption and transfer properties measurement (AATCC 195-2012) method.
- Alambeta is a device for measuring the thermal conductivity coefficient of fabrics.
- Thermoregulation is the ability of fabrics to keep body temperature within certain limits, even if the ambient temperature is different.

Graphical Abstract

Considering the purpose of the study, it is aimed to obtain light, thin, moderately thermal insulation, adequate liquid transfer and breathable fabrics. Firstly, the Thermal Resistance ($m^2 K/W$) property was investigated. As a result of the ANOVA analysis performed on the samples, it was determined that the differences between the fabrics were significant at the 95% confidence interval. According to the results of multiple comparisons made in the ANOVA analysis, the boxplot plot is given in Figure 1.

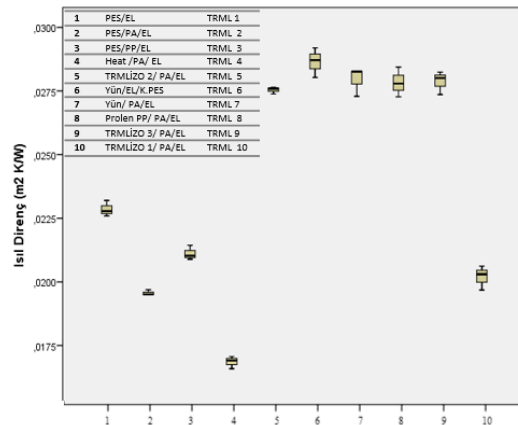


Figure 1. Alambeta thermal resistance test result ($m^2 K/W$) boxplot chart.

Thermal conductivity is a measure of the amount of heat passing through a material at a temperature difference of $1^\circ K$ per unit thickness. It occurs when the two surfaces of the material are exposed to a unit temperature difference. It has an inversely proportional relationship with the thermal resistance results depending on the fabric thickness. In Figure 2, boxplot graph of Alambeta Thermal Conductivity (W/mK) test results is given. When the statistical analysis results are examined, it has been determined that the thermal conductivity values do not have an inverse order with the thermal resistance values.

† Corresponding author: saras@ozanteks.com.tr, +90-258-371-6400 (2563)

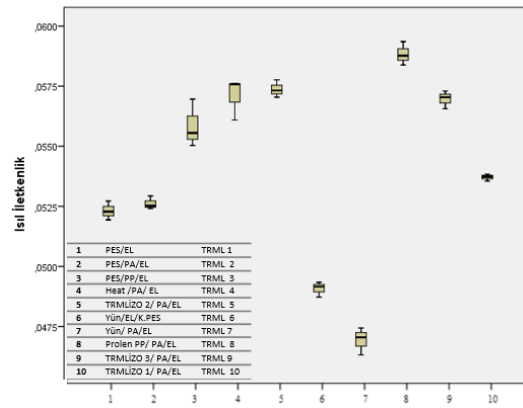


Figure 2. Alambeta Thermal Conductivity (W/mK) test result boxplot chart.

Significant differences in fabric thickness were determined due to small physical differences in yarn properties (stapel/filament, twist coefficient, etc.). Boxplot results for fabric thickness values are shown in Figure 3. Although there are deviations due to thickness (mm) differences, fabrics with wool content with high thermal resistance (6,7) had the lowest thermal conductivity, and TRML 8 fabric with the lowest thermal resistance was also in the group with high conductivity. More detailed comments are made for resistance values, since thermal resistance results are taken into account in the literature, where more thickness is also taken into account. Alambeta thickness (mm) test result boxplot graph is given in Figure 3.

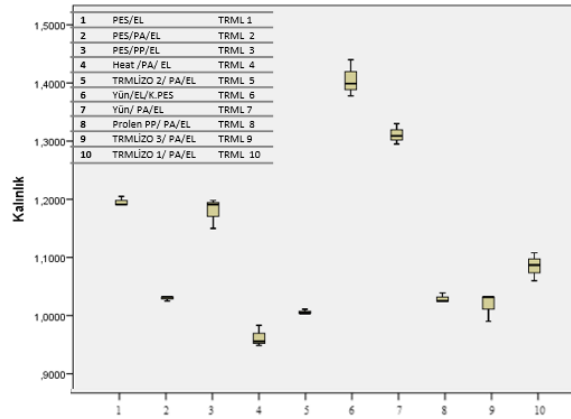


Figure 3. Alambeta thickness (mm) test result boxplot chart.

The degree of thermal absorptivity depends on the difference between the fabric and skin temperatures and the measurement time. This parameter is also related to fabric surface properties, which affect the area of heat transfer between fabric and leather. In previous studies, it was determined that the fiber effect appeared in two fabrics with similar surface properties, but in general, the surface properties of the fabric had a more decisive effect. If the thermal absorptivity value is low, it gives a feeling of warmth, and if it is high, it gives a feeling of coldness. The thermal absorptivity values according to the Alambeta test results are given in Figure 4.

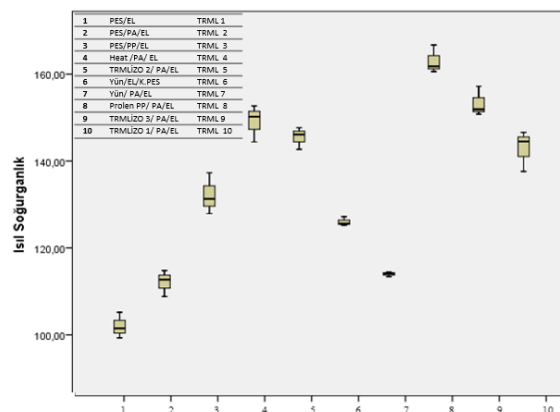


Figure 4. Alambeta Thermal Absorption ($Ws^{1/2} / m^2K$) test result boxplot chart.

As a result of the ANOVA test, a multiple comparison test was carried out to see the difference between the top wetting values of the fabrics that showed a significant difference between them. In Figure 5, the boxplot (box diagram) is given.

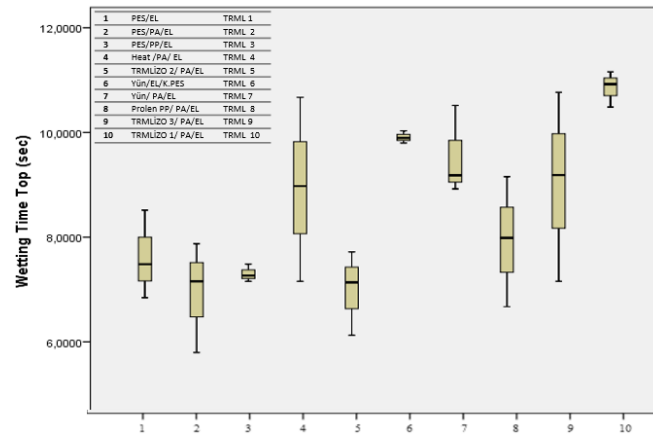


Figure 5. MMT upper wetting values test result boxplot chart.

The MMT upper absorption ratio values of the fabrics, the p value of the ANOVA analysis results were found to be .000. In order to see the difference between the top wetting values of the fabrics that showed a significant difference as a result of the ANOVA test, a multiple comparison test was performed, and a boxplot (box diagram) is given in Figure 6.

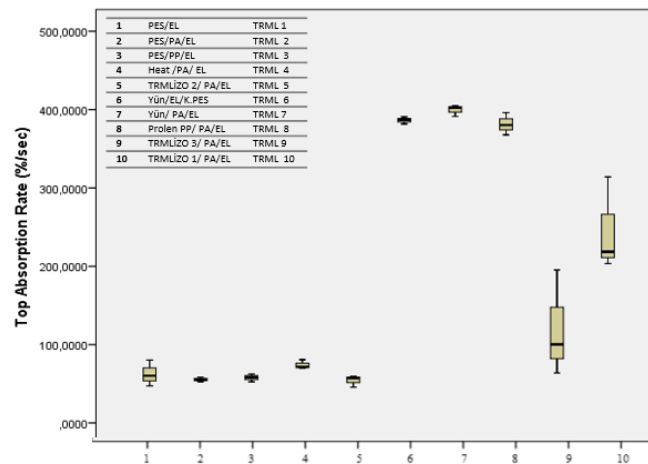


Figure 6. MMT Upper Absorption Rate (%/s) values test results.

In Figure 7, the boxplot of the propagation velocity values is given. In general, differences in propagation rates are considered to be insignificant due to the high variation frequently seen in MMT measurements.

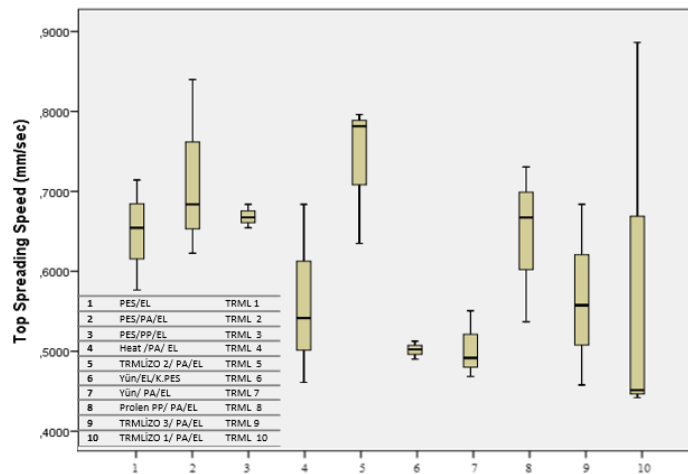


Figure 7. MMT top propagation velocity values test result boxplot chart.

Purpose and Scope

In general, this study was carried out to investigate the thermal comfort, water vapor permeability and liquid transfer properties of different internal/external raw materials with false rib knit.

Design/methodology/approach

In this study, the sensations created by the inner surfaces of the 10 fabrics designed for the tests on the skin in contact with the body were also taken into account. Since the feeling of stiffness created by the stitching is minimized in the samples produced with seamless knitting technology, it is thought that it will provide a more comfortable wearing comfort in active movements depending on the raw material and structure of the fabric. Within the scope of the study, the basic performance parameter values of the fabrics such as Alambeta and MMT were examined and the results of the fabric group were evaluated.

Findings

Within the scope of the study, a new database was obtained with fabrics with different thermal resistance and liquid transfer properties after combining and testing different inner/outer raw materials with false rib knit. It was determined that almost all samples provided thermal resistance conditions, and above-average insulation values were provided especially in the samples selected for the second stage. Liquid transfer tests have also shown that the use of wool on the inside does not provide significant disadvantages in line with customer requests. As a result of all tests, cold protective seamless garments, thermally insulated fabrics with insulation and liquid transfer properties, PES/PES, Heat/PA and TRMLİZO3/PA synthetic material with liquid transfer feature in the inner layer, wool in thermally insulated areas, TRMLİZO, PES combination and outer layer. While yarns such as wool with high moisture absorption ability are used, it has been decided to always use functional yarns inside.

Research limitations/implications

Continuously developing technology directs the development of new fibers. In future studies, new fibers can be researched, internal/external raw materials can be knitted seamlessly with different knitting methods, and their insulation and liquid transfer properties can be tested. Gains from the properties of new fibers can also be added to the literature.

Practical implications

Within the scope of the study, a new database was obtained with fabrics with different thermal resistance and liquid transfer properties after combining and testing different inner/outer raw materials with false rib knit. It was determined that almost all samples provided thermal resistance conditions, and above-average insulation values were provided especially in the samples selected for the second stage. Liquid transfer tests have also shown that the use of wool on the inside does not provide significant disadvantages in line with customer requests. As a result of all tests, cold protective seamless garments, thermally insulated fabrics with insulation and liquid transfer properties, PES/PES, Heat/PA and TRMLİZO3/PA synthetic material with liquid transfer feature in the inner layer, wool in thermally insulated areas, TRMLİZO, PES combination and outer layer. While yarns such as wool with high moisture absorption ability are used, it has been decided to always use functional yarns inside.

Social Implications

Although the results obtained generally do not make a statistical difference between them, it can be stated that the thermally insulated yarns are smoother and the wool has a roughness that may cause discomfort and a comfort zone where it can create a bad feeling during use. In terms of the results, it is thought that a fabric with Nilit Heat®, Prolen PP® or Thermal insulated yarn inner surface and PA and PES outer surface may be suitable as a body-hugging protective underwear or sportswear.

Originality

Patent application has been made with the number of 2021/020715 for the work we have done.

1. Giriş (Introduction)

Müşterilerin giysi talepleri, gelişen teknoloji ve değişen dünya sayesinde farklılaşmıştır. Kullanıcılarda giysinin sadece güzel görünmesi yeterli olmamaktadır. Kumaş ve giysilerden beklentiler kalite, estetik, görünüm ve moda uygunluk olmaktan çıkmıştır. Kullanıcılar arasında giysilerden beklentiler tekstil ve lif pazarında büyük rekabeti artırmıştır. Bununla beraber yeni beklentileri karşılayacak ürünlere yönelik araştırmaları da

hızlandırmıştır. Giyside konfor konusu, yapılan bu inceleme alanları arasında yer almaktadır. Konfor, birçok fiziksel ve psikolojik faktörü içeren karmaşık bir kavramdır ve lif özelliklerinden, kumaş faktörlerinden, insan faktörlerinden ve çevreden etkilenir. Termal konfor ise, kişinin termal koşullarından duyduğu memnuniyet olarak karşımıza çıkar (Marmaralı vd., 2006; Yıldırım vd., 2018). Araştırmalara göre konforun giysi seçimini etkileyen önemli bir özellik olduğu görülmektedir. Wong ve Li (2002); Kaplan ve Okur (2008) ve Dolanbay Doğan (2014).

Konfor hissi mikroklima olarak adlandırılan, vücut ile kıyafet arasında ki hava tabakasıdır (Atasağun, 2016). Mikroklima, çevresel etmenlerden, giysi özelliklerinden, kişinin aktif hareketlerinden etkilenmektedir (Yoo ve Hu, 2000; Öner, 2010; Demir, 2016; Yıldırım, 2018). Giysi özelliklerinde yapılacak tüm değişiklikler mikroklima olarak adlandırılan yapıyı etkileyerek, kişinin konfor durumunu belirleyecektir. Giysilik kumaşın termal konfor denebilmesi açısından aşağıda bulunan üç özelliği bulundurması beklenmektedir. Bunlar:

- Kullanıcıyı soğuktan korunmak için yüksek ısı direnci,
- İklim koşullarının ılgınlığında etkili, ısı transferi için su buharı direncinin düşüklüğü,
- Kullanıcıya verilen giyim sırasında oluşan rahatsızlık hissini engellemesi için ise sıvı taşıma özelliğinin yüksek olması gerekmektedir. (Demir, 2016; Yıldırım 2018).

Konfor literatürde genel olarak ısı, duyuşal, ergonomik ve psikolojik konfor olmak üzere dört farklı bölümde ayrılmıştır.

- Isıl konfor, kumaşta bulunan ısı ve nem transferini sağlayarak istenilen konfor rahatlığına ulaşmadır.
- Duyuşal konfor, tekstil numunesinin ten ile teması sonucu ortaya çıkan algılamalar olarak tanımlanmaktadır.
- Ergonomik konfor, kıyafetin bedene uygunluğu ve aktif hareket özgürlüğüdür. Giysinin, kullanıcının vücut hareketlerini engellememesi, vücut tipine uygun olması ve insanda ikinci bir ten hissi oluşturması vücut hareketi konforunu oluşturur.
- Psikolojik konfor, kullanıcıların ruh hali ile tercihlerinden ve modadan etkilenir (Shishoo, 2005; Li ve Wong, 2006 a ve b; Demir, 2016).

ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) standartlarında ısı konfor, kişinin çevresindeki termal şartlarına karşı hissedilen memnuniyetlilik durumu olarak ifade edilmiştir (Wang, 2002; Kaplan, 2009; Bedek vd., 2011; Öner, 2015; Yıldırım vd., 2018; Aras vd., 2018). Isıl konfor için en önemli etmenler nem transferi ve ısıdır. Bu ısının bir kısmı nefes verme şeklinde atılsa da, geri kalanı deriden giysi yoluyla uzaklaştırılmaya çalışılır. Isı, deri yoluyla kuru olarak transfer edilebileceği gibi terleme ardından buharlaşarak da uzaklaştırılabilir. Isı transferi, kuru olarak gerçekleştirilen vücut ile ortam arasındaki sıcaklık farkı ile gerçekleşir. Aradaki fark arttıkça, ısı akışı da o kadar fazla olmaktadır. Bu ısı akışı ayrıca giysinin ısı yalıtım özelliğine de bağlıdır (Oğlakcioğlu, Marmaralı, 2010; Öndel, ve Mergen, 2009; Kaplan ve Okur 2013; Aras vd., 2018 ve 2019).

1.1. İnsan vücudunun termoregülasyonu (Thermoregulation of the human body)

Bireylerin sağlıklı kalabilmesi için vücut sıcaklığının belirli bir aralıkta korunması ve ısı kaybının hızlı ya da yavaş olmaması gerekir (University of Washington, 2012). Vücudun ısı dengesi, vücut iç sıcaklığı 37,0°C ve deri yüzey sıcaklığı ortalama 31,5-33,5°C arasındadır (Demir, 2016; Aras vd., 2018). Bu sıcaklık herkes için sabit değildir. Gün içerisinde genellikle $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ olarak değişiklik gösterebilir (Havenith, 2002).

1.2. Soğuktan koruyucu dikişsiz giysilerin geliştirilmesi için kullanılan hammaddeler ve örgü yapıları (Raw materials used for the development of seamless cold-protective clothing and knitting structures)

Yalıtımlı kumaşların veya liflerin sahip olması gereken özelliklerde ilk olarak, soğuğa karşı savunma hattı olan bir taban katman bulunmalıdır. Taban katmanları vücut sıcaklığını düzenlemek için tasarlanmalıdır. İnce bir sıcak hava tabakasını deriye yakın tutmak için sıkıca oturmalıdır. Bu katmanın dayanımı yüksek olmalıdır, hafif olmalıdırlar. Hızlı kuruyabilmelidirlere, yumuşak tutumlu ve esnek olmalıdırlar. Polyester (PES), spor giyim için en yaygın kullanılan malzemedir. Bununla birlikte, Merinos yünü termal yalıtım özellikleri ve nefes alabilirlikleri nedeniyle popülerdir. Merinos yünü, spor kıyafetleri için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Gürçüm, 2010). Bu nedenle, birçok açık hava sporcusunun hangi malzemeyi seçeceğinden şüphe edilmektedir. Merinos yünü, doğal antimikrobiyal (Uslu, 2021) olduğu için (çok günlük geziler için çok yararlıdır) orta seviye soğuktan koruyucu giysiler yürüyüş için daha iyi bir seçenektir. Bu tür giysiler süper hafif olabileceğinden polyester ise termal yalıtım sağlamak için tercih edilen malzemedir.

Literatüre baktığımızda daha çok polyester ve yün üzerine yoğunlaşmıştır. İki ipliği de özellik olarak karşılaştıracak olursak;

- Yapılan membran tabakası bakımından orta seviye yalıtımlı giysiler, düşük seviyeli yalıtımlı giysilerden daha kalın örme polyester veya yünlü kumaşlardan yapılıdır. Polyester orta katmanlar genellikle termal olarak çok verimlidirler. Nefes alabilir ve yumuşak kumaş elde edilir ve hafifken iyi sıcaklık sağlar. Yünlü orta katmanlar genellikle oldukça ağırdır (termal olarak verimsiz) ve bu nedenle sporcular ve maceracılar için en iyi seçenek değildir. Çoğu durumda metrekaşe başına 300 gramdan fazladır.
- Yün lifinden mamul kumaşların tutumu ve kaşıntıya sebep olma durumu lif inceliğine bağlıdır. Bu durum liflerin çapına, yani yünün kalitesine de bağlı olmakla birlikte: Çap ne kadar küçükse, kumaş o kadar yumuşak olur. Yüksek kaliteli yünlü kıyafetler çapı 18.5 mikrondan az olan yün liflerden yapılmıştır. Polyester giysiler ise, polyester doğal bir malzeme olmadığından dokunulduğunda sentetik hissi verir. Bu yüzden bazı insanlar polyester tişörtlerden kaçınır ve "erimiş plastik" olarak adlandırır. Bununla birlikte, polyester hala orta katmanlar gibi cilde (termal veriminden dolayı) doğrudan giyilmeyen spor kıyafetleri için değil, aynı zamanda belirli sporlardaki taban katmanları için de (örneğin koşu) tercih edilen malzemedir.
- Dayanıklılık yünlü giysilerin önemli özelliğidir. Bu nedenle koşu gibi yüksek yoğunluklu aktiviteler için yünlü giysiler tercih edilmiştir. Koşmak, kıyafetleri şiddetli aşınmaya maruz bırakır ve yünlü kumaşlar (vücudun teriyle etkileşime geçeceğinden keçeleşir) er ya da geç maruz kalan alanların yırtılmaya başlar bu yüzden polyester ile beraber kullanımı yünü daha dayanıklı yapmaktadır.
- Polyester, yünden daha ince ve daha hafif giysilerle örülebilir. Polyester, yünden (% 33'e kıyasla% 0.4) daha az nem emdiğinden, ter veya çökelti ile ıslanmış durumda ağır olmaz ve bu nedenle daha hızlı kurur.
- Yün iplikleri doğal olarak antimikrobiyal olduğundan mükemmel koku kontrolü sağlar. Polyester ise çok hızlı kokar. Ancak, bazı polyester giysiler (örneğin koku önleyici tekstil işlemleri kullanılır.) bu durumun istisnasıdır. Bununla birlikte, polyester koku önleyici apreler ile işlem görür. Fakat liften gelen özellik olmadığı için antimikrobiyal özelliği sonsuza kadar sürmez. Bu nedenle, polyester iplik seçiminde tüm özellikler göz önünde bulundurulmalıdır.
- Yünlü kıyafetler polyesterden daha sıcak olduğu düşünülmektedir. Fakat bir giysinin sıcaklığı büyük ölçüde kumaş yoğunluğuna (kalınlığına) ve uyumuna bağlıdır. Kalın giysiler ince giysilerden daha sıcaktır, sıkı oturan giysiler ise gevşek olanlardan daha fazla vücut ısısını korur. Yalıtımın orta seviyeli ve özellikli iplik kullanımına bağlı değiştiği gözlemlenmiştir.

Genel olarak bakıldığında günümüze kadar üretilen soğuktan koruyucu ürünlerin; yün, poliamid, polyester liflerinden üretildiği görülmektedir. Günümüzde ise yaygın olarak kullanılan yalıtımlı giysilerin PES/PA ve Yün/PA karışımı oldukları bilinmektedir.

Termal konfor cildin 0,3'ü aşan ıslaklık değerleri veya metabolik hız (yediğimiz besinlerin vücut tarafından enerjiye dönüştürülme kapasitesini gösteren bir parametredir.) ile ilgili bir değer olarak nitelendirilmiştir. Bu nedenle, buharlaşmayı artırmak için yüksek ter üretimi yapılan bölgelerde havalandırmayı en üst düzeye çıkarmak, cildin ıslanmasını en aza indirdiği ve termal konforu arttırdığı belirtilmiştir (Pac vd., 2001).

Başka bir çalışmada ise kumaşta yer alan farklı örme yapılarının (askı ve atlama) kumaşların ısı konfor özelliklerine etkisinin incelenmiştir. Çalışmada, aynı iğne üzerinde tek, çift ve üç askı veya atlama içeren orta sıklıkta örülmüş kumaşlar ile orta sıklıkta örülmüş düz örgü kumaşlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlara baktığımızda, düz dikişsiz örme kumaşların yüksek ısı direnç ve düşük hava geçirgenliği değerlerine sahip olduğu görülmüştür. İncelenen numune giysiler arasında tek atlamalı veya transfer kumaşların düşük ısı direnç ve yüksek hava geçirgenliği özellikleri sayesinde hava sıcaklığının hissedildiği zamanlarda giyilecek giysiler için uygun olduğu düşünülmektedir (Ertekin ve Marmaralı, 2011).

Literatür araştırmalarında ısı konfor ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalar, hammadde özellikleri (Oğlakcıoğlu ve Marmaralı, 2010; Özdil vd., 2007), kumaş yapısı (Oğlakcıoğlu ve Marmaralı, 2009); Süpüren vd., (2011); Monastir ve Erdoğan (1993); Oğlakcıoğlu ve Marmaralı (2007); Havenith, (2002)) ve terbiye işlemlerinin (Oğlakcıoğlu ve Özdil (2006), Akçakoca Kumbasar vd., (2011) etkileri incelenmiştir. Çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre: pamuk ipliğinden oluşan giysilerin rejenere selüloz iplik içerikli kumaşlara oranla yüksek ısı direnç ve sıcaklık hissi sağladığını, tencel iplik içerikli kumaşın yüksek su buharı geçirgenliği ve viskon içeren kumaşın yüksek hava geçirgenliği özelliği olduğunu (Oğlakcıoğlu ve Marmaralı, 2009-2010) belirtmişlerdir. Nem iletim özellikleri açısından iç kısmı polipropilen, dış kısmı pamuk olan kumaş yapısının en iyi ısı direnç değerlerine sahip olduğunu (Süpüren vd., 2011); pamuk-Angora ve pamuk/süt (kazein) lifi karışımı yapılarında, pamuk ipliği oranında azalma oldukça kumaşların daha yüksek ısı direnç ve daha sıcak temas hissi sağladığı, su buharı geçirgenliği değerinin düştüğünü (Marmaralı vd., 2008; Oğlakcıoğlu vd., 2009) görülmüştür. Elastan iplik kullanımının geçirgenlik değerini azalttığı için, ısı izolasyon özelliğini iyileştirdiğini (Oğlakcıoğlu vd., 2009); iplik numarası artışı ile ısı direnç ve ısı soğurganlık değerlerinin azaldığını, su buharı geçirgenliği özelliğinin

iyileştğini (Özgül vd., 2007); kumaş kalınlığı arttıkça, ısı direnç değerinin arttığını, su buharı ve hava geçirgenliği değerlerinin düştüğünü (Havenith, 2002); tüm örme kumaş yapıları için sıklık değeri arttıkça, ısı soğurganlık değerinin arttığını, ısı direnç, su buharı ve hava geçirgenliği değerlerinin azaldığını (Marmaralı vd., 2006); futter kumaşlara uygulanan şardonlama işlemi kumaşın daha sıcak bir temas hissi sağladığını (Akçakoca Kumbasar vd., 2011), ortaya koymaktadır.

Genel olarak bu çalışma, iç/dış farklı hammaddelerin yalancı rib örgüsüyle ısı konforu, su buharı geçirgenlik ve sıvı transfer özelliklerini araştırmak için yapılmıştır. Bu çalışmada testler için tasarlanan 10 adet kumaşın vücut ile temas halindeki iç yüzlerinin deride oluşturdukları hisler de göz önüne alınmıştır. Vücudu saran, dikişsiz örme teknolojisiyle üretilen numunelerde, dikişin oluşturduğu sertlik hissini en aza indirildiği için, kumaşın hammadde ve yapısına bağlı olarak aktif hareketler halinde daha rahat bir kullanım konforu sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında, kumaşların Alambeta ve MMT gibi temel performans parametresi değerleri incelenmiş ve kumaş grubuna ait sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

2.1. Materyal (Material)

Çalışmada, yün, polyester, poliamid, Prolen®Vel polipropilen, Nilit Heat® ve termal izolasyonlu iplik gibi ısı direnç açısından avantajlı veya sentetik liflerin kumaşın iç yüzünde konumlandığı, dış yüzde ise temel sentetik lifler olan polyester (PES), poliamid (PA) ve polipropilenin (PP) kullanıldığı kapsamlı bir kumaş grubu incelenmiştir.

Südwolle Firması'ndan temin edilen yün ipliği, yıkamalar sırasında keçeleşme oluşturmayan bir ipliktir. Karbonize Kahveden üretilmiş olun NILIT Heat®; doğal izolasyon sağlar. Karbonize kahveden yapılmış olan bu iplik üstün yalıtıcı ve anti-bakteriyel özelliklere, ayrıca güçlü bir deodorant etkisine sahiptir. Bunların yanında terlemeyi önleyerek, yüksek seviyede 24 saat rahatlık ve performans sağlar. İplik çevre dostudur. Naylon ipliğidir. NILIT Heat® içerikli iplikler rahat ve esnekler. İdeal kullanım alanları çoraplar, tayt, spor giyim, iç giyim ve ısıtıcı kıyafetlerdir (<https://www.nilit.com/fiber/sustainable/sensil-heat/>). PROLEN®VEL- Polipropilen İplik; spor giyim, iç giyim ve diğer uygulamalarda kullanılan yüksek elastik dokulu bir polipropilen multifilaman ipliğidir. Tekstil endüstrisinde% 100 versiyonda kullanılabilir veya doğal veya diğer sentetik iplikler ile karıştırılabilir (<https://www.prolenyarn.com/prolen-yarn/prolen-vel/>). İçi boşluklu yapıya sahip, termal yalıtım sağlayan ipliklerdir. Yeni geliştirilen termal izolasyonlu özel Pes İplik; İçi boş elyafın içindeki hava cepleri aracılığıyla sıcaklık değişimlerine karşı koruma özelliği sağlar. Bu ipliklerinden yapılan örme ve dokuma kumaşlar, standart PA 6.6 veya polyesterden yapılan benzer parçalardan daha hafiftir. Gipe Elastan, her türlü örme kumaşlarda kullanılabilir. Spor kıyafetlerinde ve özellikle esneklik isediğimiz ürünlerde normal bir iplik gibi kullanılır, kumaşa esneklik ve mukavemet sağlar.

2.2. Yöntem (Method)

Kumaşların teknik ön çalışmasında suprem örgü şeklinde ısı direnç değerleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur (Kaplan ve Yılmaz 2020). Sonraki adımda ise yalancı rib örgüsü ve transfer örgüler olarak test için düz örülmüşlerdir. Çalışma TÜBİTAK-3190866 numaralı proje kapsamında geliştirilmiştir. Bu çalışmada ise proje çıktılarında olan 10 adet farklı içerikte numune kumaş incelenmiştir. Çalışma kapsamında 10 farklı iplik kombinasyonundan oluşan numunelerin Tablo 1' de karışımları verilmiştir.

Tablo 1. Numune Giysi Karışımları (Sample Clothing Mixtures)

NUMUNE ADI	NUMUNE İÇERİĞİ
TRML 1	PES/EL
TRML 2	PES/PA/EL
TRML 3	PES/PP/EL
TRML 4	NİLİT Heat®/PA/EL
TRML 5	PA/TRMLİZO 2 /EL
TRML 6	Yün /K.PES/EL
TRML 7	Yün/ PA/EL
TRML 8	PA/Prolen PP®/EL
TRML 9	PA/ TRMLİZO 3/EL
TRML 10	PA/ TRMLİZO 1/EL

Araştırma ve analizler sonucunda tasarlanmış prototipler Ozanteks Tekstil Dikişsiz Örme Bölümünde yalancı rib örgüde üretilmiştir. Uygulanacak testlerin ve yapılacak değerlendirmelerinin sağlıklı olabilmesi için deneylerde kullanılacak kumaşların; aynı şartlar altında, aynı ipliklerden, aynı dikişsiz yuvarlak örme makinelerinde ve aynı boyama makinelerinde boyanıp üretilmesi sağlanmıştır. Kumaşların boya/ön terbiye işlemleri boyahane bölümünde gerçekleştirilmiştir. Seçilen kumaşlara Alambeta ve MMT testleri uygulanmıştır. Isıl iletkenlik (W/mK), ısıl direnç ($m^2 K/W$), ısıl soğurganlık ($Ws^{1/2} / m^2K$) ve kalınlık (mm) termal özellikleri ile birlikte Alambeta Termal Değerlendirme Sistemi'nde belirlenmiştir. Testler standart atmosfer koşullarında ($20\pm 2^\circ C$ sıcaklık, 65 ± 2 bağıl nem) gerçekleştirilmiş ve kumaşlar kondüsyonlanmıştır. Tüm testler için beş tekrar yapılmıştır. Test sonuçları, odak grup toplantıları ve karar analizi çalışmalarının ardından (ANOVA) kullanılmıştır. Varyans analizi sonuçları % 95 güven seviyesi için geçerlidir. Elde edilen verilerin farklı hammadde yapılarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklar gösterip göstermediği boxplot Çoklu Dağılım Testleri kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma (Results and Discussion)

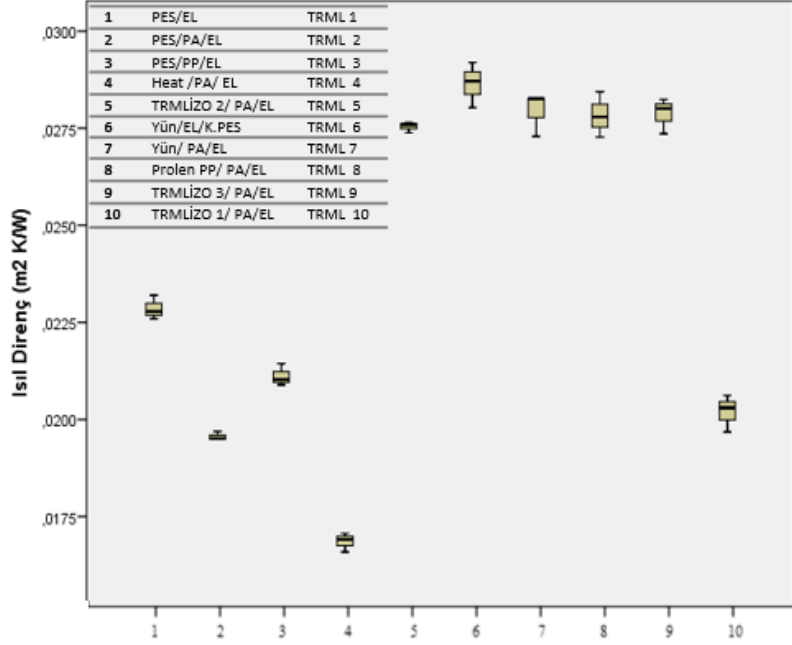
Seamless örme teknolojisiyle ısıl yalıtımlı, soğuktan koruyucu termal ürünler elde etmek amacı ile yalancı rib örgüyle üretilen kumaşların; Alambeta (Isıl iletkenlik (W/mK), ısıl direnç (m^2K/W), ısıl soğurganlık ($Ws^{1/2} / m^2K$) ve kalınlık (mm)) ve MMT testleri yapılmış, temel performans özellikleri incelenmiştir. Numunelerin termal direnç (Alambeta) ölçümleri ile Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Numunelerin termal direnç - Alambeta Ölçümleri (Thermal resistance of samples - Alambeta Measurements)

Numune	Ölçüm	Isıl İletkenlik (W/mK)	Isıl Direnç ($m^2 K/W$)	Isıl Soğurganlık ($Ws^{1/2} / m^2K$)	Kalınlık (mm)
TRML 1.	Ortalama	0,05231	0,02286	102,00667	1,19567
	Stnd. Sap.	0,00032	0,0003121	2,42709	0,00660
TRML 2.	Ortalama	0,05262	0,01956	112,10000	1,02967
	Stnd. Sap.	0,00027	0,0001102	3,04467	0,00404
TRML 3.	Ortalama	0,05585	0,02112	132,16667	1,17967
	Stnd. Sap.	0,00100	0,0002858	4,75955	0,02593
TRML 4.	Ortalama	0,05709	0,01986	149,10000	0,96253
	Stnd. Sap.	0,00087	0,0002444	4,25793	0,01831
TRML 5.	Ortalama	0,05737	0,02754	145,50000	1,00633
	Stnd. Sap.	0,00036	0,000138	2,55343	0,00404
TRML 6.	Ortalama	0,04907	0,02864	126,00000	1,40567
	Stnd. Sap.	0,00032	0,0005829	1,05830	0,03153
TRML 7.	Ortalama	0,04694	0,02794	114,00000	1,31133
	Stnd. Sap.	0,00057	0,00056	0,55678	0,01762
TRML 8.	Ortalama	0,05883	0,02783	163,03333	1,02967
	Stnd. Sap.	0,00049	0,0005862	3,23161	0,00808
TRML 9.	Ortalama	0,05697	0,02787	153,30000	1,01807
	Stnd. Sap.	0,00038	0,0004564	3,42199	0,02413
TRML 10.	Ortalama	0,05371	0,02020	142,90000	1,08500
	Stnd. Sap.	0,00015	0,0004779	4,70850	0,02406

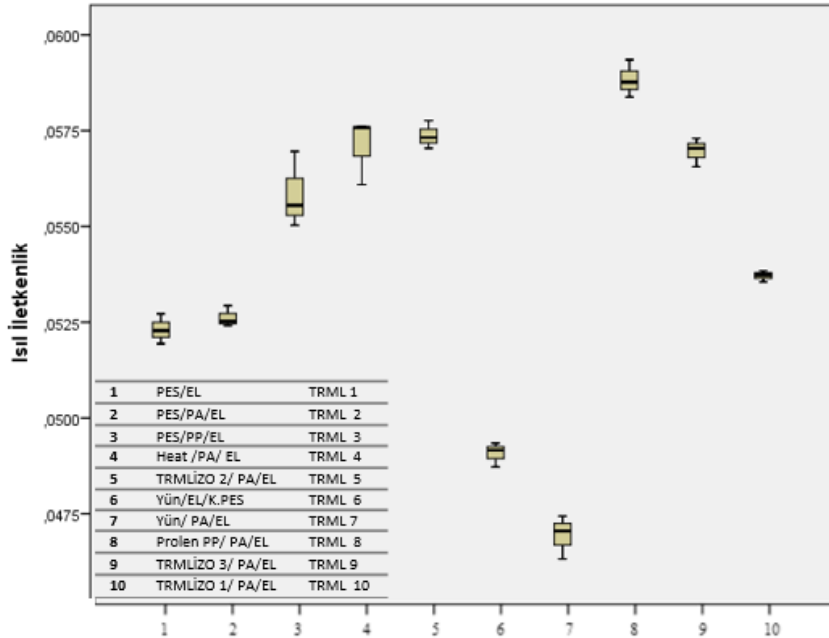
Çalışmanın amacına bakıldığında hafif, ince, orta seviyede ısıl yalıtım sağlayan, yeterli sıvı transferine sahip ve nefes alabilir yapıda kumaşlar elde etmek hedeflenmiştir. İlk olarak Isıl Direnç ($m^2 K/W$) özelliği incelenmiştir. Numunelere yapılan ANOVA analizi sonucunda %95 güven aralığında kumaşlar aralarındaki farkların anlamlı olduğu tespit edilmiştir. ANOVA analizinde yapılan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre boxplot grafiği Şekil 1'de verilmiştir. Bu kapsamda; Yün/Katyonik PES (6) kumaşının istatistiksel olarak anlamlı düzeyde en yüksek yalıtımı sağladığı, bu kumaşı TRMLİZO 2/PA (5), Yün/PA (7), Prolen PP/PA (8) ve TRMLİZO 3/PA (9) kumaşların benzer istatistiksel farklarla takip ettiği gözlenmiştir. Yün karışımı kumaşlar genel olarak en yüksek yalıtım değerlerini sağlamış, yünün katyonik PES ile kombinasyonu (6) ise PA ile kombinasyonuna (7) göre anlamlı düzeyde daha yüksek ısıl direnç değerleri vermiştir. Bu durum, poliamidin daha yüksek rutubet absorblama kapasitesine de bağlı olarak sahip olduğu daha yüksek termal iletkenliğe bağlanabilir. Ortalama $27-28 \times 10^{-3} W/m^2K$ düzeyinde ısıl direnç değerlerine sahip bu kumaşlar (5,6,7,8,9), projede amaçlanan $20 \times 10^{-3} W/m^2K$ limitini aştıkları gibi, soğuktan koruyucu bir giysinin iç katmanı için ortanın üzerinde yüksek yalıtıma sahip olma limitine ulaşmışlardır. PA'in içi boşluklu PP ile kombinasyonu (8) yüksek yalıtımlı grupta yer alması, zaten düşük termal iletkenliğe sahip olan polipropilenin içi boşluklu formda daha fazla hava hapsedmesine bağlı olarak

yalıtımının artmasına bağlanabilir. Bu iplik dışında poliamidin, yeni geliştirilen termal izolasyonlu ipliklerin aşama aşama geliştirdiği için boşluklu filamentlerle (5, 9) kombinasyonları da yüksek ısı direnç değerleri vermiştir ki bu durum ayrıca ulusal bir firmanın performansı açısından avantajdır. Bahsedilen kumaşları istatistiksel olarak anlamlı farklarla standart sentetik elyafdan üretilen PES/PES (1) ve PP/PES (3) kumaşlar takip etmiştir. PA/PES (2) ve K TRMLİZO 1/PA (10) kumaşların ise benzer performanslarla standart sentetik elyaf kumaşlarını takip etmiştir ve standart formda da PP/PA' ya göre PES ile kombinasyonlarında daha yüksek yalıtıma sahip olmuştur. Korteks Firması'nın son iki geliştirdiği ürünün performanslarının ilkinden iyi ve yeterli olduğu da tespit edilmiştir. Seçilen ikinci grup içerisinde en düşük ısı direnç değerleri ise kahve çekirdeği partikülleriyle vücut ısısını depolayıp yalıtımı artırdığı belirtilen Nilit Heat®/PA (4) kumaştır.



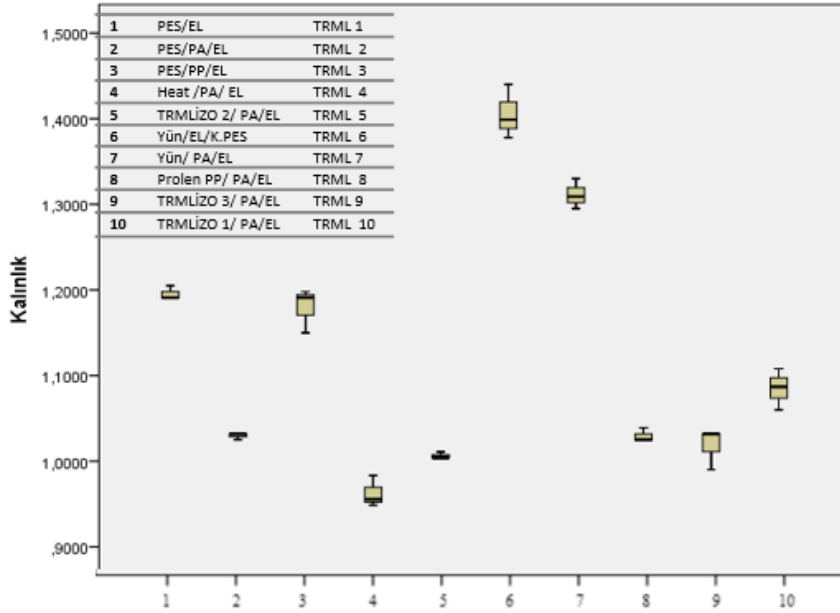
Şekil 1. Alambeta ısı direnç test sonuç (m² K/W) boxplot grafiği (Alambeta thermal resistance test result (m² K/W) boxplot chart)

Isıl iletkenlik, bir materyalden, birim kalınlıkta, 1°K sıcaklık farklılığında geçen ısı miktarının ölçüsüdür. Malzemenin iki yüzeyi birim sıcaklık farkına maruz kaldığında gerçekleşmektedir. Isıl direnç sonuçları ile de kumaş kalınlığına bağlı ters orantılı bir ilişkiye sahiptir. Şekil 2'de Alambeta Isıl İletkenlik (W/mK) test sonuçları boxplot grafiği verilmiştir.



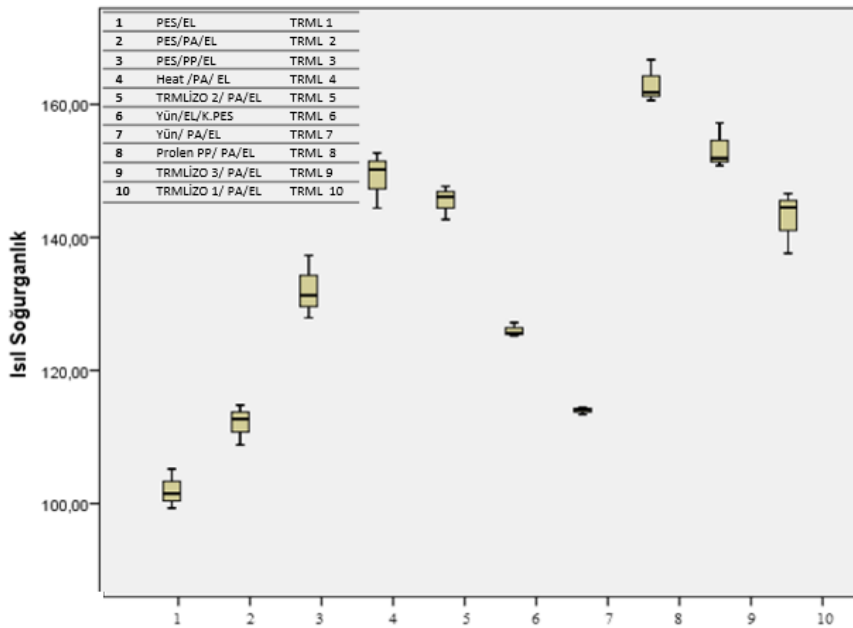
Şekil 2. Alambeta Isıl İletkenlik (W/mK) test sonuç boxplot grafiği (Alambeta Thermal Conductivity (W/mK) test result boxplot chart)

İstatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, ısı iletkenlik değerlerinin ısı direnç değerleriyle tam olarak ters bir sıralamaya sahip olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumun sebebi, iplik özelliklerindeki küçük fiziksel farklılıklara (stapel/filament, büküm katsayısı, vb.) bağlı olarak kumaş kalınlıklarındaki anlamlı farklılıklar olarak tespit edilmiştir. Kumaş kalınlık değerlerine boxplot sonuçları Şekil 3’de görülmektedir. Kalınlık (mm) farklarından dolayı sapmalar olsa da yüksek ısı dirence sahip yün içerikli kumaşlar (6,7) en düşük ısı iletkenliğe sahip olmuş, en düşük ısı dirence sahip TRML 8 kumaşı da yüksek iletkenliğe sahip grupta yer almıştır. Literatürde daha çok kalınlığın da hesaba katıldığı ısı direnç sonuçları dikkate alındığı için daha ayrıntılı yorumlar direnç değerleri için yapılmıştır. Şekil 3’de Alambeta kalınlık (mm) test sonuç boxplot grafiği verilmiştir.



Şekil 3. Alambeta kalınlık (mm) test sonuç boxplot grafiği (Alambeta thickness (mm) test result boxplot graph)

Isıl soğurganlık derecesi, kumaş ve cilt sıcaklıkları arasındaki farka ve ölçüm süresine bağlıdır. Bu parametre ayrıca kumaş-deri arasındaki ısı transferinin alanını etkileyen kumaş yüzey özellikleri ile de ilişkilidir. Daha önceki çalışmalarda, benzer yüzey özelliklerine sahip iki kumaşta elyaf etkisinin ortaya çıktığı, fakat genel olarak kumaş yüzey özelliklerinin daha belirleyici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Isıl soğurganlık değeri düşük ise sıcaklık hissi, yüksek ise soğukluk hissi vermektedir. Alambeta test sonuçlarına göre ısı soğurganlık değerleri şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Alambeta Isıl Soğurganlık ($Ws^{1/2} / m^2K$) test sonuç boxplot grafiği (Alambeta Thermal Absorption ($Ws^{1/2} / m^2K$) test result boxplot graph)

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre en düşük ısı soğurganlık hissi veri en sıcak hissedilen kumaş PES/PES (1)'dir. Bu kumaşı benzer performanslarla PA/PES (2) ve Yün/PA (7) kumaşları takip etmiştir. Daha sonra da Yün/K.PES (7) kumaşı istatistiksel anlamlı farkla bu kumaşları takip eder. Elyaf ısı iletkenliği yanında iplik özelliklerine, kumaş yapısal parametrelerine de bağlı olarak değişen yüzey strüktürüne göre değişen ısı soğurganlığın filament PES/PES kumaşta (1) yün içerikli kumaşlara (6, 7) göre daha düşük çıkması, stapel de olsa yünün yüzeyde belirgin bir tüylülük ve pürüz oluşturmayıp burada elyaf ısı iletkenliklerinin etkin olduğunu göstermiştir. Yünün sahip olduğu kıvrımlı yapı ve yün ipliklerin stapel formları kumaş yüzeyinde deri-kumaş temas alanını azaltmamış, higroskopik yapıda ve PES'e göre çok daha yüksek ısı iletkenliğe sahip olan yünlü kumaşlar daha soğuk hisler oluşturma eğiliminde olarak tespit edilmiştir. Isıl soğurganlık değerleri en yüksek, dolayısıyla da en soğuk hisler vermesi beklenen kumaşlar ise Heat/PA (4), ProlenPP/PA (8) ve TRMLİZO3/PA (9) kumaşlardır. Kumaşın deriyle temastaki iç yüzeylerinde poliamid esaslı Heat, içi boşluklu PP ve içi boşluklu PES içeren sırasıyla 4, 8 ve 9 kumaşlarının filament olmaları dışında ısı iletim katsayıları ve yüzey özellikleri açılarından sonuç çıkarılabilecek bir ortak noktaları mevcut değildir. Üç temel sentetik elyaf filament formdadır ve filamentlerin içi boşluklu olması temelde ısı direnci artırma amaçlı iken yüzeyden meydana gelen ısı transferini de artırıp daha serin hisler oluşturdukları gözlenmiştir. Çalışmada, soğuktan koruyucu bir giyside sıcak hisler oluşması hedeflendiği için standart sentetik elyaf ile yün karışımlarının kumaş iç yüzeyinde kullanımının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

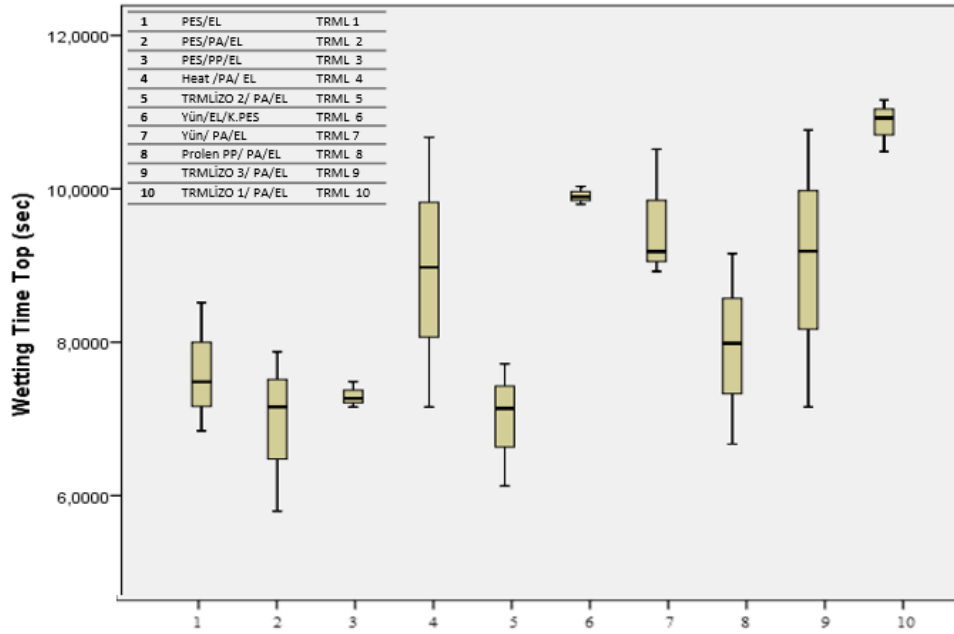
Kumaş Sıvı Absorbsiyon ve Transferi Özellikleri Ölçümü (MMT) (AATCC 195-2012)

Kumaşların sıvı yönetim performansları MMT sistemiyle ölçülmüştür. Yalancı rib örgüye sahip kumaşların iç yüzlerine (top), yani fonksiyonel ipliklerin atlama formunda yer aldığı yüzeye damlatılan sıvı dış yüzeye ulaşmamış, bu yüzden kumaşların dış yüz (bottom) sonuçları tabloda verilmemiştir. Ayrıca, sistemin hesapladığı birikimli tek yönlü transfer kapasitesi ile genel sıvı yönetim kapasitesi (OMMC) parametreleri de hesaplanamamış, Tablo 3' de verilmemiştir. Sonuç olarak; numunelerin üst ıslanma Süresi (sn), üst emilim/absorbsiyon oranı (%/sn), üst yayılma hızı (mm/sn) değerleri hesaplanmıştır. Kumaşların tümünün ıslanma yarıçapları da 5 mm çıktığı için kumaşları ayırt etmede bir parametre olarak kullanılamamış, Tablo3'de verilmemiştir.

Tablo 3. Numunelerin termal direnç MMT Ölçümleri (Thermal resistance MMT Measurements of the Samples)

Numune	Ölçüm	Wetting Time Top Üst İslanma Süresi (s) (sec)	Top Absorption Rate (%/sec) Üst Absorbsiyon Oranı (%/s)	Top Spreading Speed (mm/sec) Üst Yayılma Hızı (mm/s)
TRML 1. PES/ EL	ort.	7,6147	62,5496	0,6484
	std. Sapma	0,8436	16,6278	0,0690
TRML 2. PES/PA	ort.	6,9427	55,4877	0,7154
	std. Sapma	1,0553	2,7866	0,1121
TRML 3. PES/PP	ort.	7,3020	57,7361	0,6685
	std. Sapma	0,1676	5,0406	0,0147
TRML 4. Nilit Heat®/PA	ort.	8,9347	74,0491	0,5622
	std. Sapma	1,7584	5,8647	0,1128
TRML 5. TRMLİZO 2/PA	ort.	6,9937	54,1488	0,7375
	std. Sapma	0,8062	7,4687	0,0892
TRML 6. Yün/ K.PES	ort.	9,9080	386,3977	0,5017
	std. Sapma	0,1175	4,5251	0,0113
TRML 7. Yün/PA	ort.	9,5393	399,5640	0,5036
	std. Sapma	0,8548	7,2901	0,0424
TRML 8. Prolen PP®/PA	ort.	7,9380	381,4233	0,6449
	std. Sapma	1,2427	14,2067	0,0988
TRML 9. TRMLİZO 3/PA	ort.	9,0360	119,7428	0,5664
	std. Sapma	1,8097	67,9895	0,1133
TRML 10. TRMLİZO 1/PA	ort.	10,8543	245,3750	0,5932
	std. Sapma	0,3416	60,0017	0,2539

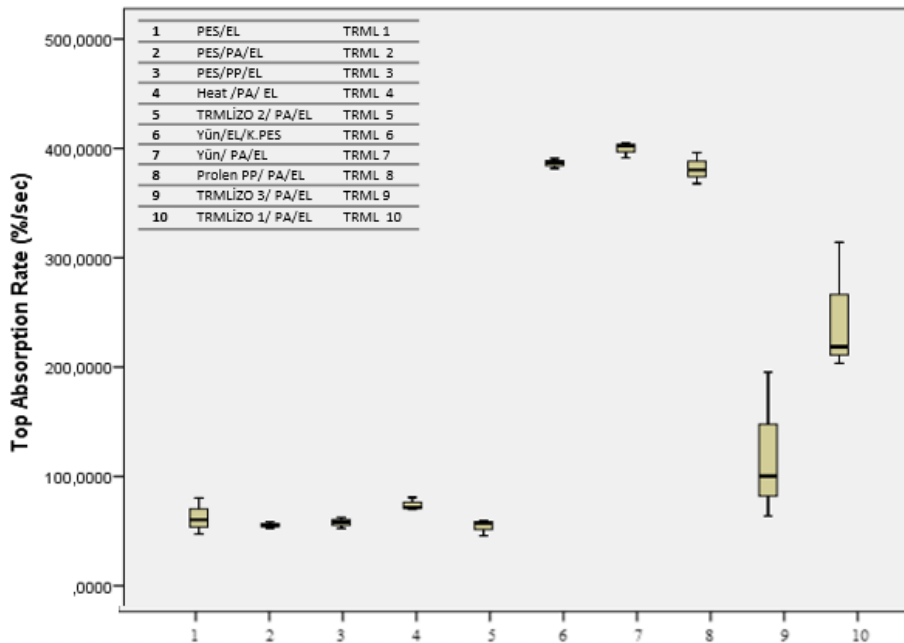
MMT üst ıslanma süresi değerleri ANOVA analiz sonuçları arasındaki farklar anlamlı olarak tespit edilmiştir ($p = .002$). ANOVA testi sonucunda aralarında anlamlı fark görülen kumaşların üst ıslanma değerleri arasındaki farkı görebilmek için yapılan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Şekil 5'de ise boxplot (kutu diyagramı) verilmiştir.



Şekil 5. MMT üst ıslanma değerleri test sonuç boxplot grafiği(MMT upper wetting values test result boxplot chart)

Tablo 3’de özetlenen istatistiksel analiz sonuçlarına göre kumaşların iç yüzeylerinin ıslanma süreleri aralarındaki farklar genel olarak anlamlı olmasa da genel olarak daha düşük ve tercih edilen değerleri veren kumaşlar PA/PES (2) ve TRMLİZO 2/PA (5) olmuştur. Sıvıyı en yüksek sürede absorbe eden kumaş ise TRMLİZO 1/PA (10)’dir ve genel olarak kumaşlar aralarındaki farklar anlamlı olmadığı için kesin sonuçlara ulaşamamıştır. Kumaş ıslanma süreleri termal izolasyonlu özel ipliğin 2. jenerasyon içi boşluklu filament ile standard poliamidin sıvıyı minimum zamanda absorbe ettiği gözlenmiştir. Genel olarak tüm veriler alınmadığı için MMT skala değerlendirmesi yapılamamış olsa da kumaşların genel olarak MMT’ nin 5 saniyelik limitine yakın olarak 6.9-10.9 saniye aralığında sıvıyı absorbe ettikleri tespit edilmiştir.

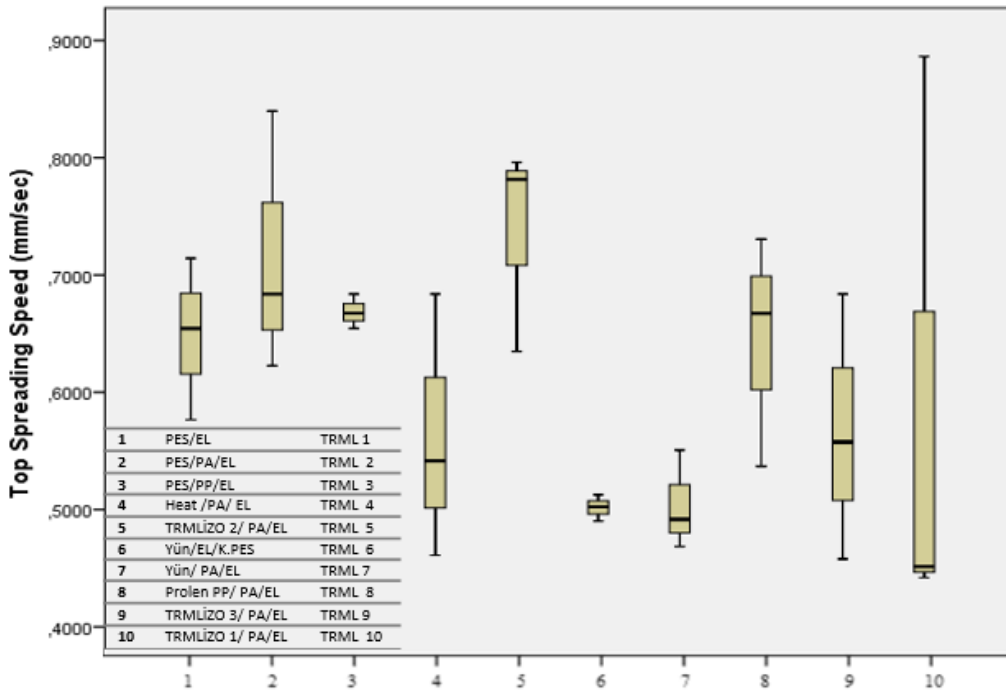
Çalışmada kumaşların MMT üst absorpsiyon oranı değerleri ANOVA analiz sonuçları p değeri, ,000 çıkmıştır. ANOVA testi sonucunda aralarında anlamlı fark görülen kumaşların üst ıslanma değerleri arasındaki farkı görebilmek için yapılan çoklu karşılaştırma testi yapılmış, Şekil 6’ da ise boxplot (kutu diyagramı) verilmiştir.



Şekil 6. MMT Üst Absorpsiyon Oranı (%/s) değerleri test sonuçları(MMT Upper Absorption Rate (%/s) values test results)

Sıvının kumaşı ıslattıktan sonra içerideki ilerlemesi hakkında fikir veren absorpsiyon oranı sonuçlarına ait istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, sıvıyı en hızlı transfer eden kumaşların Yün/K.PES (6), Yün/PA (7) ve Prolen PP/PA (8) kumaşlar olduğu tespit edilmiştir. Sıvıyı absorbe etme süreleri yaklaşık 9 saniyelerde olsa da yünlü kumaşların dış yüzeylerini oluşturan katyonik poliester ve poliamid ile sıvıyı transfer etme performanslarının iç/dış standart veya modifiye sentetik filamentlerden oluşan 1, 2, 3, 4 ve 5 kumaşlara göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Projede incelenen yalancı rib yapılarda olduğu gibi çift yüzlü veya çift katlı yapılar için literatürde önerilen; iç katmanın hidrofobik bir filament, dış katmanın ise hidrofil bir hammaddeden üretilmesi gerektiği yönündeki sonuçlar bu projede elde edilen sonuçlarla bir miktar çelişmektedir. Müşteri tercihleri de doğrultusunda dokunsal konforu iyileştirmek amacıyla stapel yün ipliğin giysinin iç kısmında kullanımı, sıvı transferi açısından kabul edilemez bir dezavantaj oluşturmamıştır. Daha önceki literatürde yer alan çalışmalarda damla ve batma testleri sonuçlarında da Yün/PES kumaş, projede MMT ile elde edilen sonuçlarla uyumlu şekilde iyi performanslar göstermiştir. Ayrıca, bu tür yapılarda iç ve dış katmanlarda elyaf kalınlıklarındaki farktan dolayı oluşan sifon etkisi ile iç yüzde daha kalın, dış yüzde daha ince elyaf kullanımı ile de kalınlık yönündeki transferin artırılabilceği belirtilmiştir. Fakat seçilen kumaşlar arasında filament numaraları ile bu tür bir sifon etkisi oluşmamıştır (Heat/PA için PA daha ince filamentlerden oluşsa idi bu durum geçerli olabilirdi). Çalışmada genel olarak içi boşluklu filamentlerde (8, 9, 10) daha iyi bir transfer performansı gözlemlenmiştir.

Çalışmada kumaşların MMT üst yayılma hızı değerleri ANOVA analiz sonuçları p değeri, 184 çıkmıştır, dolayısıyla kumaşların üst ıslanma değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. Şekil 7' de yayılma hızı değerlerine ait boxplot (kutu diyagramı) verilmiştir. Genel olarak, MMT ölçümlerinde sıkça görülen yüksek varyasyonlar nedeniyle yayılma hızları aralarındaki farkların anlamlı olmadığı düşünülmektedir.



Şekil 7. MMT üst yayılma hızı değerleri test sonuç boxplot grafiği (MMT top propagation velocity values test result boxplot graph)

4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

Çalışma kapsamında iç/dış farklı hammaddelerin yalancı rib örgüsüyle birleştirilip test edilmesi sonrasında farklı ısı direnç ve sıvı transfer özelliklerine sahip kumaşlar ile yeni bir veri tabanı elde edilmiştir. Hemen hemen tüm numunelerin termal direnç koşulları sağladığı belirlenmiş, özellikle ikinci aşamaya seçilen numunelerde ortamın üzeri yalıtım değerleri sağlanmıştır. Sıvı transferi testleri de, müşteri istekleri doğrultusunda yünün iç yüzde kullanımının önemli dezavantajlar sağlamadığını göstermiştir. Yapılan tüm testler sonucunda soğuktan koruyucu dikişsiz giysilerin yalıtım ve sıvı transfer özellikli ısı yalıtımlı kumaşların, iç katmanda sıvı transfer özelliğine sahip PES/PES, Heat/PA ve TRMLİZO3/PA sentetik materyal, ısı yalıtımlı bölgelerde yün, TRMLİZO, PES kombinasyon ve dış katmanda ise nem absorpsiyon yeteneği yüksek olan yün vb., gibi iplikler kullanılırken, fonksiyonel ipliklerin hep içte kullanılmasına karar verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar genellikle istatistiksel olarak aralarında fark oluşturmasalar da termal izolasyonlu ipliklerin

daha düzgün, yünün ise daha az da olsa rahatsızlık verebilecek pürüzlülüğü ve kullanım sırasında kötü bir his yaratabileceği bir konfor alanına sahip olduğu belirtilebilir. Sonuçlara kapsam olarak ise, Nilit Heat®, Prolen PP® veya Termal izolasyonlu iplik iç yüzeye, PA ve PES dış yüzeye sahip bir kumaşın vücudu saran koruyucu giysi içliği ve ya sportif giysi olarak uygun olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca yapmış olduğumuz çalışma 2021/020715 numaralı sayısı ile patent başvurusu gerçekleştirilmiştir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışmayı 3190866 No`lu Proje ile destekleyen TÜBİTAK' a, testlerin yorumlanması ve proje danışmanlığını yürüten Süleyman Demirel Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Sibel Kaplan Hocamıza desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kısaltmalar (Abbreviations)

EL	Elastan
K.PES	Korteks polyester
PES	Polyester
PA	Poliamid
PP	Polipropilen
TRMLİZO	Termal izolasyonlu iplik
TRMLİZO 2	%3 katkılı termal izolasyonlu iplik
TRMLİZO 3	%6 katkılı termal izolasyonlu iplik

Kaynaklar (References)

- Akçakoca Kumbasar E. P., Marmaralı A., Oğlakcıoğlu N., (2011), Finishing Treatment Effects on Thermal Comfort Properties of Three-Yarn Fleece Fabrics, AATCC Review, 11(4), 46-51.
- Aras Elibüyük, S., Yıldırım, F. F., Koptur, P., Yılmaz, A., Çörekciöğlu, M., (2019). Termal Giysi Prototiplerinin Isıl Direnç Ölçümlerinin Karşılaştırılması ve Analizlerinin Yapılması. 17th National 3rd International The Recent Progress Symposium On Textile Technology And Chemistry 20-22,November Bursa, Turkey.
- Aras,S., Yıldırım,F. F., Çörekciöğlu, M, (2018). Thermal Comfort Effect Of Knitted Fabric Used In Textiles. 7th International Technical Textiles Congress .12 Ekim.233-236.
- Atasağın, H. G., (2016): Termal Koruyucu Giysilerin Koruma Performansı Üzerinde Hava Boşluklarının Etkisi, Tekstil ve Mühendis, 23: 104, 277-287.
- Bedek, G., Salaün, F., Martinkovska, Z., Devaux, E., and Dupont D., (2011). Evaluation of thermal and moisture management properties on knitted fabrics and comparison with a physiological model in warm conditions. Applied Ergonomics, 42, 792-800.
- Demir, Ö., (2016). Luxicool Elyafı Kullanımının Kumaş Konfor Özelliklerine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. 93 syf. Denizli
- Dolanbay Doğan, S., (2014). Kaşmir Örne Kumaşların Isıl Konfor Özellikleri. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Giyim Endüstrisi ve Giyim Sanatları Eğitimi Ana Bilim Dalı Giyim Sanatları Eğitimi Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi 91 syf. Konya
- Ertekin, G., Marmaralı, A., 2011. Askı Ve Atlamanın Düz Örgü Kumaşların Isıl Konfor Özelliklerine Etkileri. The Journal Of Textiles And Engineer, 18- 83 Syf. 21.
- Gürcüm, B. H., (2010). Tekstil Malzeme Bilgisi. Ankara: Güncel Yayıncılık. Harmancıoğlu, Mustafa (1974). Lif Teknolojisi Yün ve Deri Ürünü Diğer Lifler. İzmir: Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 224.
- Havenith, G., (2002). Interaction of clothing and thermoregulation. Exogenous Dermatology, 1, 221-230.
<https://prolen.sk/prolen-yarn/prolen-vel/> (erişim tarihi:10.01.2022)
<https://www.nilit.com/fiber/sustainable/sensil-heat/> (erişim tarihi: 10.01.2022)
- Kaplan S., Yılmaz B., (2020). Fonksiyonel Hammaddelerden Üretilen Çift Yüzlü Sportif Giysilik Kumaşların Sürtünme Ve Bazı Performans Özelliklerinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 25, Sayı 3, DOI: 10.17482/uumfd.788914
- Kaplan, S., (2009). Kumaşların Mekanik Özelliklerinden Ve Geçirgenlik Özelliklerinden Yararlanılarak Giysi Konforunun Tahminlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Kaplan, S., Okur, A., (2013). Tekstil Materyalinde Meydana Gelen Isı Ve Kütle Transferi Mekanizmalarının Giysi Termal Konforu Üzerindeki Etkileri, Tekstil ve Mühendis, (62-63), 28-36.
- Kaplan, Sibel ve Okur, Ayşe (2008). The meaning and importance of clothing comfort: A case study for Turkey. Journal of Sensory Studies, 23, 688-706.

- Li, Yi and Wong, Anthony. S. W. (2006a). Introduction to clothing biosensory engineering. (Edited by: Yi Li and Anthony S. W. Wong). Clothing Biosensory Engineering. England: Woodhead Publishing Limited. 1-8.
- Li, Yi and Wong, Anthony. S. W. (2006b). Psychology and sensory comfort. (Edited by: Yi Li and Anthony S. W. Wong). Clothing Biosensory Engineering. England: Woodhead Publishing Limited. 9-27
- Marmaralı A., Kadoğlu H., Oğlakcıoğlu N., Bedez Üte T., (2008), Thermal Comfort Properties of Milk Protein/Cotton Fiber Blended Knitted Fabrics, Simpozionul Anual Al Specialiştilor Din Industria De Tricotaje-Confectii, Bildiri kitabı, 13-15 Kasım 2008, Iaşi, Romanya.
- Marmaralı A., Oğlakcıoğlu N., Dönmez Kretschmar S., (2006), Thermal Comfort and Elastic Knitted Fabrics, CIRAT-2 (The Second International Conference of Applied Research on Textile), Bildiri kitabı, 30.11.2006/02.12.2006,
- Marmaralı, A., Kretschmar D., S., Özdil, N. ve Oğlakcıoğlu, G. N., (2006). Giysilerde ısı konforu etkileyen parametreler. Tekstil ve Konfeksiyon, 4, 241-246.
- Monastir, T., Erdoğan, M. Ç., (1993), Giysi Fizyolojisi, Tekstil ve Konfeksiyon, 33, 63-66.
- Oğlakcıoğlu N., Çelik P., Bedez Üte T., Marmaralı A., Kadoğlu H., (2009), Thermal Comfort Properties of Angora Rabbit/Cotton Fiber Blended Knitted Fabrics, Textile Research Journal, 79(10), 888-894.
- Oğlakcıoğlu N., Marmaralı A., (2007), Thermal Comfort Properties of Some Knitted Structures, Fibres&Textiles in Eastern Europe, 15 (5-6/64-65), 94-96.
- Oğlakcıoğlu N., Marmaralı A., (2009), Thermal Comfort Properties of Double Face Fabrics Knitted with Cotton and Polypropylene, Autex 2009, Bildiri kitabı, 26-28 Mayıs 2009, İzmir, Türkiye.
- Oğlakcıoğlu N., Marmaralı A., 2010, "Rejenere Selüloz Liflerinin Kompresyon Çoraplarının Isıl Konfor Özelliklerine Etkisi", Tekstil ve Mühendis, 17(77), 6-12, <https://tugbadot.files.wordpress.com/2017/03/sunum-1-2-haftanc4b1n-ders-sunumu.pdf>
- Oğlakcıoğlu N., Özdil N., (2006), Thermal Comfort of Cotton Socks, CIRAT-2 (The Second International Conference of Applied Research on Textile), Bildiri kitabı, Monastir, Tunus.
- Öndel, K., Mergen, H., 2009, "Isıl Konfor Parametrelerinin İnsan Vücudundaki Etkilerine Yönelik Literatür Taraması", Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 16 (1), 25-26.
- Öner, E., 2015. Çeşitli Liflerden Üretilen Kumaşlardan Yapılan Spor Giysilerinin Termal Konforunun Değerlendirilmesi ve Geliştirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s.,228, İzmir.
- Öner, E., Okur, A., 2010. Materyal, Üretim Teknolojisi Ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri. Tekstil ve Mühendis, 17(80), 20-29.
- Özdil N., Marmaralı A., Dönmez Kretschmar S., (2007), Effect of Yarn Properties on Thermal Comfort of Knitted Fabrics, International Journal of Thermal Sciences, 46, 1318- 1322.
- Pac, M.J., Bueno M.A. and Renner M., (2001). Warm-Cool Feeling Relative to Tribological Properties of Fabrics, Textile Res. J., 71(19), 806- 812.
- Shishoo, R. (Ed.), (2005). Textiles in Sport, Boca, Raton, Boston, New York, Washington: The Textile Institute, CRC, WP
- Süpüren, G., Oğlakcıoğlu, N., Özdil N., Marmaralı A., (2011), Moisture Management and Thermal Absorptivity Properties of Double-Face Knitted Fabrics, Textile Research Journal, 81(13), 1320-1330.
- University of Washington, (2012), https://books.google.com.tr/books?id=cHeo_uVUiTgC&pg=PT3&lpg=PT3&dq=University+of+Washington,+2012&source=bl&ots=JNkYuLOn6G&sig=ACfU3U1_vrQXSRVv2Yw_8IS86rRs-kQtEw&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwi679Pv_ab1AhVARfEDHQKyCmsQ6AF6BAGQEAM#v=onepage&q=University%20of%20Washington%2C%202012&f=false (erişim tarihi 11.01.2022)
- Uslu, N.B., (2021). Kadim Tıptan Modern Tıbbı Yünün Medikal Kullanımı. Bütünleyici ve Anadolu Tıbbi Dergisi, 2(2), 18-29.
- Wang, Zhong (2002). Heat and Moisture Transfer and Clothing Thermal Comfort. Phd Thesis. The Hong Kong Polytechnic University Institute of Textiles and Clothing, Hong Kong.
- Wong, A. S. W. and Li, Yi (2002). Clothing sensory comfort and brand preference. In Proceedings of the 4th IFFTI International Conference. Hong Kong, 1131-1135.
- Yıldırım, F.F., Aras, S., Çörekçioğlu, M., Yılmaz, A., (2018). Evaluation Of Thermal Properties Of Seamless Thermal Fabrics. VII. International Technical Textiles Congress 10-12 October 2018, İzmir
- Yoo, H. S., Hu, Y. S., (2000), Effects of Heat and Moisture Transport in Fabrics and Garments Determined with a Vertical Plate Sweating Skin Model, Textile Research Journal, 70(6): 542-549
- Altınel, İ.K., Öncan, T., 2005. A New Enhancement of the Clarke and Wright Savings Heuristic for the Capacitated Vehicle Routing Problem. Journal of the Operational Research Society, 56 (8), 954-961.