



## Termal Konforu Destekleyen Teknolojiler ve Bu Özelliğe Sahip Giysilik Kumaş Geliştirilmesi

Hülya KICIK<sup>1</sup>, Çağla GÖKBULUT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Elyaf Tekstil San. Ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa, TURKEY, ORCID ID 0000-0002-9438-5938

<sup>2</sup> Elyaf Tekstil San. Ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa, TURKEY, ORCID ID 0000-0002-8079-5792

Corresponding Author: Çağla GÖKBULUT, [cagla.gokbulut@elyaf.com](mailto:cagla.gokbulut@elyaf.com)

### Özet

Günümüzde moda sektöründe estetik kaygıların yanı sıra kumaşların konfor özellikleri de giderek önem kazanmaktadır. Spor giyim ürünlerinde performans ve konfor daha ön plandayken artık günlük kıyafetlerde de bu özellikler aranmaktadır. Gün içerisinde sabah işe giderken giyilen kıyafetlerle geceye devam edilmektedir. Bu sebeple kişi farklı sıcaklıktaki ortamlara maruz kalmakta ve termal konfor daha da önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada, termal konfor ve termal konforu iyileştirmeye yönelik farklı teknolojilerden bahsedilmektedir. Faz değiştiren mikrokapsüller, elyaf üretiminin ıslak eğirme prosesi sırasında elyaf yapısına eklenmiştir. Çalışmada bu iplik kullanılarak 3 farklı kumaş geliştirilmiş, bu kumaşların ısı özellikleri ve performansları karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra aynı iplik içeriğine sahip iki kumaş biri düz biri hava boşluklu yapıya sahip olacak şekilde üretilerek hava boşluklarının ısı geçirgenlik direncine olan etkisi incelenmiştir. Böylece faz değiştiren malzemeler kullanılarak ve kumaş dokuma yapısı tasarlanarak termal konforu daha yüksek kumaşlar geliştirilmesi amaçlanmıştır.

### Article Info

Research Article  
Received: 19/12/2020  
Accepted: 03/06/2021

### Anahtar Kelimeler

FDM, Faz değiştiren malzemeler, termal konfor, DSC, ısı direnci.

### Öne Çıkanlar

Termal konfor sağlayan kumaş, FDM içeren iplik kullanımı, FDM dayanımı.

## Technologies Supporting Thermal Comfort and Development of Apparel Fabrics Having This Feature

### Abstract

Nowadays, the comfort properties have gained importance as well as the aesthetic concerns. At first, performance and comfort were more prominent in the sportswear products. Recently, these properties are also desired in daily wear. Most people prefer to continue the day with the same outfit they wear in the morning. During the day, a person is exposed to different temperatures. Therefore, thermal comfort becomes even more important. In this study, thermal comfort and different technologies for the improvement of thermal comfort were explained. Phase changing material (PCM) was added into the fibre structure during wet spinning fibre production. Three different fabrics were produced and thermal properties and performance of these fabrics were compared. Moreover, flat and hollow structured two different double-faced fabrics were produced and effect of hollow structure to thermal permeability resistance was investigated. Thus, fabrics with better thermal comfort properties were tried to develop by using PCMs and designing fabric weaving structure.

### Keywords

PCM, Phase Change Materials, thermal comfort, DSC, thermal resistance

### Highlights

Thermal comfort fabric, PCM included yarn, PCM washing resistance

### 1. Giriş

Hayatımızdaki giyim malzemelerin önemli rollerinden biri, insan vücudunu uygun bir termal ortamda tutarak, çeşitli çevresel koşullar ve fiziksel aktiviteler altında termal denge ve rahatlığına yardımcı olmak için bariyer olmasıdır (Önder ve Sarier 2015). İnsan ve çevre arasında hoş bir psikolojik ve fiziksel uyum hali olarak tanımlanan rahatlık, tekstil teknolojisinin gelişmesiyle birlikte en önemli özellik haline gelmiştir (Özdil ve ark. 2007). Giysinin, kullanıcıya rahatlık sağlaması, çevrede gerçekleşen ani sıcaklık değişimleri karşısında termal denge görevi görmesi, estetik ve tutum özellikleri ile kullanıcıyı iyi hissettirmesi oldukça önemlidir. Tüm bu istenen özellikler “giysi konforu” olarak isimlendirilir (Öner ve Okur 2017).

Konfor hissi, kişiden kişiye göre değişen öznel bir yargıdır. Ortam sıcaklığı ve nemi, giysi seçimi ve metabolik hız, kişilerin algı ve değerlendirmeleri giysinin konforlu olup olmaması üzerinde etkili parametrelerdir (Yüksel ve Okur 2011). Giysi konforu psikolojik, duyuşal ve termal konfor olarak üçe ayrılmaktadır. Psikolojik konfor, giysinin iklimsel, ekonomik, sosyal ve kişisel beklentileri karşılamasıdır. Duyuşal konfor, yine giysinin deri ile teması esnasında kullanıcıda çeşitli hisler ortaya çıkmasıdır (Namlıgöz 2010). Son olarak termal konfor ise insan vücudunun besinden aldığı enerji ile ürettiği ısı ve ısı transferi ile deri sıcaklığını kontrol altında tutabilen kumaş özellikleriyle ilgilidir (Ünlü Güney 2008).

Günümüzde araştırmacılar tekstillerin termal düzenleme işlevi ile daha çok ilgilenmektedir (Önder ve Sarier 2015). Toplam konforun büyük bir kısmının termal konfor olduğu bilindiğinden, tekstil kumaşlarının ısı özellikleri tekstil konforu değerlendirmeleri için oldukça önemlidir (Stankovic ve ark. 2008).

İnsan vücudu farklı ortam şartlarında sıcaklığını 37°C’de sabit tutmaya çalışır (Pamuk 2008). Normal şartlarda sağlıklı bir insan vücudundaki sıcaklık değişimi 0,5 °C’yi aşmamaktadır (Yüksel 2010, Kaynaklı ve Kılıç 2004). Termal konfor artık tüketiciler için önemli bir kavramdır. Bu sadece yüksek teknolojili giysiler ve koruyucu üniformalar için değil, aynı zamanda hazır giyim için de geçerlidir (Tessier 2018).

Isı ve nem transferi termal konfor için en önemli parametrelerdir. İnsan vücudu sürekli ısı üretmektedir ve vücut sıcaklığının sabit tutulması için üretilen bu ısının çevreye transferi gerekmektedir. Isının çevreye transferinin bir kısmı nefes alış-veriş yoluyla yapılabilir de, çoğu deri yoluyla uzaklaştırılır. Bu ısı, deri yoluyla kuru şekilde transfer edildiği gibi terleme yoluyla buharlaşarak da uzaklaştırılabilir (Oğlakcıoğlu ve Marmaralı 2010).

İplikleri, kumaşları konfor yönünden değerlendirmek oldukça zordur. Konfor özelliklerinin bağlı olduğu parametreler incelenerek konfor özellikleri tespit edilebilir. Liflerin yapısı, inceliği, kesiti, numarası bükümü, tekstil yüzeylerinde ise, yüzey yapısı, uygulanan işlemler ve kullanılan maddeler, giysi modeli konfor açısından önemli rol oynar (Namlıgöz 2010).

Kumaş ve giysilerde kullanılan lif ve ipliklerin özellikleri termal konforu doğrudan etkiler (Taşkan Özkan ve Meriç Kaplangiray 2015). Doğal ve rejenere liflerin nem çekme özellikleri, ısı alışveriş özellikleri, hava geçirgenlik özellikleri gibi teknik özellikleri termal konfor üzerinde etkilidir (Öner ve Okur 2017, Oğlakcıoğlu ve Marmaralı 2010). Isı transferi vücut ile çevre arasındaki sıcaklık farkından dolayı gerçekleşir. Su buharı ve nem geçirgenliği terleme ile ilişkilidir (Oğlakcıoğlu ve Marmaralı 2010). Nem transfer özelliğinin iyi olması sıcak, rutubetli iklimlerde dahi giyim konforu sağlayacağının bir göstergesidir (Öner ve Okur 2017). Isı alışverişi özelliğinin iyi olması vücut ve çevre arasındaki tampon etkiyi güçlendirir (Taşkan Özkan ve Meriç Kaplangiray 2015). Isıl geçirgenliği, su buharı ve hava geçirgenliği yüksek olan lifler serin tutma özelliği talep edilen zamanlarda kullanılabilir (Oğlakcıoğlu ve Marmaralı 2010).

Doğal ve rejenere selüloz liflerinden üretilmiş, pamuk, keten, viskon, keten/viskon, keten/pamuk karışımı örme kumaşların termal konfor özellikleri karşılaştırıldığında termal direnci en yüksek kumaşların pamuktan üretildiği, termal iletkenliği en yüksek olan kumaşın keten/pamuk karışımı olduğu bulunmuştur (Stankovic ve ark. 2008, Yıldız 2019)

Sentetik liflerin de kesit şekilleri değiştirilerek termal konfor özellikleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Dupont firmasının geliştirdiği ancak şu an Lycra firmasının ticari markalarından biri olan yüksek performanslı, poliester esaslı Coolmax elyafı, tırtıklı yüzey alanından dolayı buharlaşmayı kolaylaştırdığı için çabuk kuruma özelliğine sahip olması sayesinde vücudu serin tutması ile ön plana çıkan bir liftir (Coolmax 2020). Nylstar firmasına ait Merly Superdry ticari markalı elyaf da tetralobal kesit yapısı sayesinde hızlı kurumayı destekleyen bir poliamid elyafıdır (Nylstar 2021).

Lycra firmasının termal konfor sağlaması için üretilmiş bir diğer poliester esaslı elyafi Thermolite'tır (Tessier 2018). Elyaf, boşluklu yapısı sayesinde soğuk havalarda vücudun sıcaklığını korur ve termal konfor sağlar (Coolmax 2020). Bunun yanında Meryl Nexten gibi poliamid 6.6'dan yapılmış termal konfor sağlayan içi boş lifler de mevcuttur (Tessier 2018, Nylstar 2021).

Konfor özelliği sağlanmak istenen giysilerin üretiminde çift katlı kumaş yapılarının geliştirilmesi de etkili olmaktadır (Marmaralı ve ark, 2006). Bu çalışmada nem transfer özelliğini ve nem absorblama yeteneği yüksek olan elyaflar tanımlanmıştır. Çift katlı kumaşların iç katmanında nem transfer özelliğine sahip PES (poliester), PA (poliamid), PAC (Poliakrilat), ve PP (Polipropilen) gibi lifler, dış katmanda ise nem absorblama yeteneği yüksek olan doğal lifler kullanılmıştır. Bu doğal lifler viskon, pamuk ve yündür (Oltulu ve Gürler 2003).

Termal enerji depolamada yüksek özgül ısı kapasitelerine sahip maddelerin kullanımı hızlı bir şekilde artmıştır. Gizli ısı depolamayabilen malzemelerin, daha çok faz değişim malzemeleri (FDM) olarak bilinen, gelecek vaat eden malzemeler olduğu söylenmiştir (Önder ve Sarier 2015). Faz değiştiren maddeler, belirli bir sıcaklık aralığında katı fazdan sıvı faza geçerken ısıyı soğurabilen ve bu ısıyı depolayıp sıvı fazdan katı faza geçiş durumunda ortama yayabilen maddelerdir. Erime ve donma sıcaklık aralığının çalışılabilir bir aralık olması, bu faz değişimi sırasında büyük miktarda ısı absorbe etmesi ve yayması, bu maddelerin iyi bir ısı depolama kaynağı olmasını sağlamıştır (Tözüm ve Alay Aksoy 2014, Boan 2005, Tao 2001).

Tekstil yüzeylerine uygulanan FDM, bu yüzeylere termoregülasyon özelliği kazandırır ve bu sayede termal konfor sağlamış olur (Nejman, ve Cieslak 2017). Günümüzde FDM ile ilgili araştırma yapıldığında bu ürünlerin mikrokapsüllenerek veya doğrudan lif veya kumaşlara uygulanabildiği görülmüştür. Tekstil yüzeylerine FDM uygulama yöntemleri;

- 1- Lif Çekim Yöntemi
- 2- Laminasyon
- 3- Kaplama
- 4- Emdirme Prosesi şeklinde sınıflandırılır.

FDM, lifin üretimi sırasında polimer çözeltisi veya eriğine ilave edilmekte ve hazırlanan karışım eriyikten çekilerek elyaf üretilmektedir. Üretilen lifler sonra dokuma, örme kumaşlar veya dokusuz yüzey kumaş üretiminde kullanılmaktadır. Tüm yöntemler arasında en uzun ömürlü, en etkili yöntem mikrokapsüllenmiş FDM'lerin life uygulanmasıdır. Avantajlarına bakıldığında, FDM'nin kalıcı olarak lif üzerine tutunabilmesi, liflerin dokuma, boyama gibi işlemlerinde normal liflere göre ilave bir işlem gerçekleştirilmesine gerek yoktur. Bununla beraber üretilen kumaşların fiziksel özelliklerinde de bir farklılık yaratmaz. Ancak life ilave edilen mikrokapsül miktarının fazla olması durumunda lif özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu sebeple FDM içeren elyaf üretiminde mikrokapsül miktarı önemli bir parametredir (Mattila 2006).

Lif çekim yönteminin yanı sıra laminasyon işlemi de FDM uygulama yöntemlerindedir. Bu metot, ince bir film yüzeye FDM applike edilmesi ve FDM uygulanmış filmin de kumaşa laminasyonu ile gerçekleştirilmektedir.

Kaplama yöntemine bakıldığında, ilk olarak kaplamada kullanılacak bileşenin hazırlanması gerekmektedir. Bu bileşen FDM içeren yüzey aktif madde, disperse edici madde, anti köpük ve son olarak polimer karışımı içeren sulu çözelti dispersiyonu içerisine disperse edilir ve ıslatılır. Hazırlanan bu karışım kumaş yüzeyine kaplanmaktadır.

Emdirme prosesinde ise, mikrokapsül ve bunun yanında çapraz bağlayıcı ve yumuşatıcı gibi kimyasallar içeren bir sulu karışım oluşturulur ve bu karışım kumaşa emdirilip, fikse edilmektedir (Kuru ve Alay Aksoy 2012).

Faz değiştiren malzemelerin kumaşlara uygulanmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur. Tözüm ve Alay Aksoy 2014, çalışmalarında FDM içeren bir apre kimyasalını pamuklu kumaşı emdirme metoduyla uygulamış, DSC analizi ile kumaşların erime ve donma sıcaklıklarını sırayla 25,17°C ve 24,61°C, erime ve donma enerjilerini de sırayla, 6,1749 J/g ve 7,1139 J/g bulmuştur. Başka bir çalışmada ise su itici poliamid kumaşlara kaplama işlemi ile FDM uygulanmış ve bu kumaşların DSC analizi ile erime sıcaklığı 29,06 °C, donma sıcaklığı 11,45 °C olarak tespit edilmiştir. Bu sıcaklık aralığında erime enerjisi 13,5 J/g ve donma enerjisi 14,02 J/g olduğu görülmüştür. Aynı zamanda kumaşların 30 yıkama sonrası SEM görüntülerinde de FDM'nin varlığı gözlemlenmiştir (Chung ve Cho 2004). Islak ve kuru kaplama metoduyla poliamid kumaşların FDM ile kaplandığı bir çalışmada, DSC kullanılarak erime ve donma sıcaklıkları sırayla 24,6 °C ve 23 °C olduğu tespit edilmiştir. Farklı oranlarda FDM verdiği bu kumaşların erime enerjileri 9,861-22,22 J/g arasında iken donma enerjiler 7,922-18,99 J/g arasındadır (Koo 2009). Alay 2011 çalışmasında ise, pamuk, pamuk-poliester ve poliester kumaşlara emdirme metoduyla FDM applike etmiş, sonuçları DSC ile analiz etmiştir. Erime sıcaklığını 16,04-17,13 °C, donma sıcaklığını 14,13-16,36 °C bulmuştur. Bu kumaşların erime enerjileri ise 3,14-10,02 J/g, donma enerjileri 2,85-6,68 J/g bulunmuştur. Pamuklu kumaşa farklı binderler kullanarak kaplama metoduyla yapılan FDM uygulamasında erime sıcaklıkları yaklaşık 33 °C ve erime enerjileri ortalama 5,3 J/g olduğu görülmüştür (Sanchez 2010).

## 2. Materyal ve Yöntem

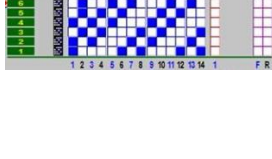
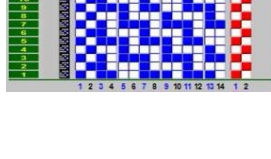

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada JILIN Chemical Fiber Group Co. Ltd. firmasında ait SIWEAR marka, lif çekim yöntemiyle içerisine faz değiştiren malzeme katılmış, 75 denye 40 filamentten oluşan viskoz rayonu iplik kullanılmıştır. Kullanıcı tarafından FDM'nin etkisinin hissedilebilir olması için konstrüksiyonda bulunması gereken minimum iplik miktarını tayin etmek amacıyla A kodlu kumaşta yalnızca 75D/40f FDM içeren iplik kullanılmış ve bu, konstrüksiyonda %100 FDM içeren viskoz rayonu olarak ifade edilmiştir.

B ve C kodlu kumaşlarda ise FDM içeren viskoz rayonundan üretilmiş 75D/40f iplik, kumaş içeriğinin %50'sini oluşturmaktadır. Kumaşların diğer %50'lik kısmı ise 70D/68f poliamidden oluşmaktadır. Kumaş içeriğinde poliamid kullanılmasının amacı terbiye işlemleri sonrası ipliklerin çekim farkından faydalanarak örgü yapısının da sayesinde boşluklu bir yapı oluşturmaktır.

Kumaşlarda hava boşluklu yapının ısı geçirgenlik direncine etkisinin görülmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle iplik özellikleri aynı fakat örgü yapıları farklı olan çift yüzlü B ve C kodlu kumaşlar karşılaştırılmıştır. B kodlu kumaş düz ve sıkı bir yapıya sahipken, C kodlu kumaşın iki yüzü arasında hava boşluğu bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm kumaşlar ile ilgili teknik bilgi ve kumaş kodları Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Kullanılan kumaşların özellikleri

Kumaş Kodu	A	B	C
Örgü Yapısı			
Konstrüksiyon	%100 FDM içeren viskoz rayonu	%50 FDM içeren viskoz rayonu / %50 Poliamid	%50 FDM içeren viskoz rayonu / %50 Poliamid (Hava boşluklu)
İplik Numaraları	75/40 Denye	75/40 Denye / 70/68 Denye	75/40 Denye / 70/68 Denye
Çözü Sıklığı (tel/cm) x Atkı Sıklığı (atkı/cm)	54,4 çözgü/cm x 41 atkı/cm	74 çözgü/cm x 58 atkı/cm	74 çözgü/cm x 58 atkı/cm
Gramaj (g/ m <sup>2</sup> )	88 g/m <sup>2</sup>	139 g/m <sup>2</sup>	139 g/m <sup>2</sup>

Faz değiştiren malzeme içeren viskoz rayonu ipliğinin tedarikçi tarafından 12-33°C arasında termal denge sağladığı iddia edilmektedir.

## 2.2. Yöntem

FDM içeren liflerin ve kumaşların ısı depolama ve yayma sıcaklığının ve enerjilerinin tespit edilmesi için Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) analizi kullanılmaktadır. Aynı şekilde FDM ürünlerinin de bu özellikleri DSC analizi ile tespit edilmektedir (Kuru ve Alay Aksoy 2012). FDM içeren kumaşlar için uygulanan diğer yöntem ise dinamik ısı transferi ölçümleridir. Bu ölçüm için Isıl Düzenleme Faktörü (TRF) tanımlanmıştır ve ölçüm yapılan yüzeyin maksimum ve minimum ısı akış değerleri farkı dirence bölünerek hesaplama yapılmaktadır (Boan 2005).

Faz değiştiren malzemelerin ısı özelliklerinin belirlenmesinde daha yaygın kullanımda olduğu için DSC analizi tercih edilmiştir. A, B ve C kodlu kumaşlarda faz değiştiren iplik miktarının ısı konfora etkisinin görülebilmesi için bu kumaşların DSC analizleri karşılaştırılmıştır. Aynı kumaşlar 10 yıkama sonrası da aynı şekilde test edilerek faz değiştiren malzemenin etkisinin kalıcılığı tespit edilmiştir. 10 yıkama sonrası etkide

azalma görülmediğinden kalıcılığın yeterli olduğu düşünülerek yıkama testine devam edilmemiştir. FDM içermeyen kumaşların termal konfor özelliklerinin tespitinde DSC analizi kullanılmadığından işlemsiz kumaşta bu analiz gerçekleştirilmemiştir.

Kumaşların termal konfor özellikleri su buharı direnci veya nefes alabilirlik, ısı geçirgenlik direnci, hava geçirgenliği, su geçmezlik, su iticilik, su emicilik testleri yapılarak değerlendirilebilir (Tessier 2018). Toprakkaya 1999, ısı geçirgenliği hakkında çalışma yapmış ve belirli bir ağırlıktaki kumaşın ısı geçirgenlik özelliğinin kalınlıkla doğru orantılı olarak arttığı, ağırlık arttıkça azaldığını tespit etmiştir (Namlıgöz 2020). Bu çalışmada B ve C kodlu kumaşlarda boşluklu yapının termal konfor üzerine etkisinin kıyaslanması için ısı geçirgenlik direnci ölçümünün uygun olduğuna karar verilmiştir. Isıl geçirgenlik direnci, bir malzemenin iki yüzeyi arasında sıcaklık farkının, ısı akış hızına bölünmesi sonucunda ulaşılan bir değerdir (Marmaralı ve Oğlacioğlu 2013). Isıl geçirgenlik direnci ISO 11092 metodu ile ölçülmektedir (Tessier 2018, ISO 11092:2014) Özdil ve ark 2007, %100 penye iplik kullanılarak üç farklı iplik numarasında, farklı sıklık değerlerinde üretilmiş kumaşları kullanarak, bu kumaşların termal konfor özelliklerini tespit etmek için ısı geçirgenlik direnci değerlerini karşılaştırmıştır. Isıl geçirgenlik dirençleri incelendiğinde, iplikler inceldikçe ısıl dirençlerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda kumaş kalınlığı arttığında ısıl geçirgenlik direncinin de arttığı gözlemlenmiştir.

### **2.2.1. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizleri**

Çalışma kapsamında kumaşlara uygulanan DSC analizi TA Instrument DSC Q2000 modelinde diferansiyel taramalı kalorimetri analizi tek seferde gerçekleştirilmiştir. Kumaşların erime ve donma sıcaklık ve enerjileri tespitinde şu şekilde kurum içi bir yöntem izlenmiştir. Cihaz başlangıçta -20°C sıcaklıktan 10°C/dk ile 100°C sıcaklığa çıkartılmış, ardından 30°C/dk hızla -20°C sıcaklığa indirilerek kumaşta bulunan su buharı miktarı uzaklaştırılmıştır. Ardından tekrar 10°C/dk hızla 100°C'ye ısıtılmıştır. Cihazın azot gazı akış hızı 100 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Bu sıcaklık değişimleri esnasında faz değiştiren malzemelerin hal değişim sıcaklık ve enerjilerinin ne olduğu tespit edilmiştir.

### **2.2.2. Termal İletkenlik Testi**

Kumaşların termal geçirgenliğinin ölçülmesi için TS EN ISO 11092 standardı altında SDL ATLAS M259B SGHP modelinde 3 tekrarlı olarak termal iletkenlik test cihazında test edilmiştir.

### **2.2.3. 10 Yıkama Testi**

Kumaşların FDM dayanımının görülmesi için LG Inverter Direct Drive yıkama cihazında H&M TM LA:02 standardında 10 kez yıkama yapılmıştır.

## **3. Bulgular ve Tartışma**

Çalışmada kullanılan kumaşların Çizelge 2'deki test sonuçları incelendiğinde üç kumaşta da erime sıcaklığının beklenildiği gibi aynı değerde olduğu, erime enerjilerinin A kodlu %100 FDM kullanılan kumaşta 12,96 J/g, B ve C kodlu %50 FDM kullanılan kumaşlarda

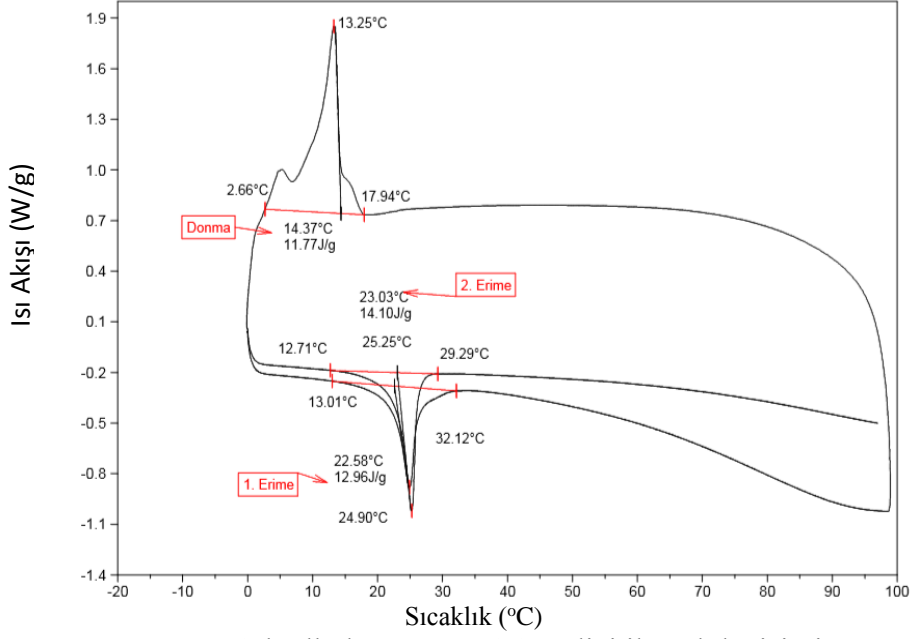
ortalama 5,75 J/g olduğu tespit edilmiştir. İnsan vücudunun özgül ısısının 3,77 J/g°C olduğu bilinmektedir (Rugh ve Bharathan, 2005). Bu sebeple 3,77 J/g üzerindeki değerlerin kabul edilebilir olduğunu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca sektör araştırması yapıldığında 4 J/g'ın üzerindeki değerlerin termal konfor açısından anlamlı olduğu bilgisine erişilmiştir. Bu da değerlerin kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. A kodlu kumaşta B ve C kodlu kumaşa göre FDM yoğunluğu 2 kat fazladır. A kodlu kumaşın erime ve donma enerjisinin B ve C kodlu kumaştan yaklaşık 2 kat fazla olması da faz değiştiren malzeme miktarıyla absorbe edilen ve yayılan enerji miktarı arasında doğru orantı olduğu göstermektedir. B ve C kodlu kumaşların sıcaklık ve enerjilerinin aynı değerlerde olması faz değiştiren malzeme etkisinin örgü yapısından bağımsız olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 2.** DSC analizi sonuçları

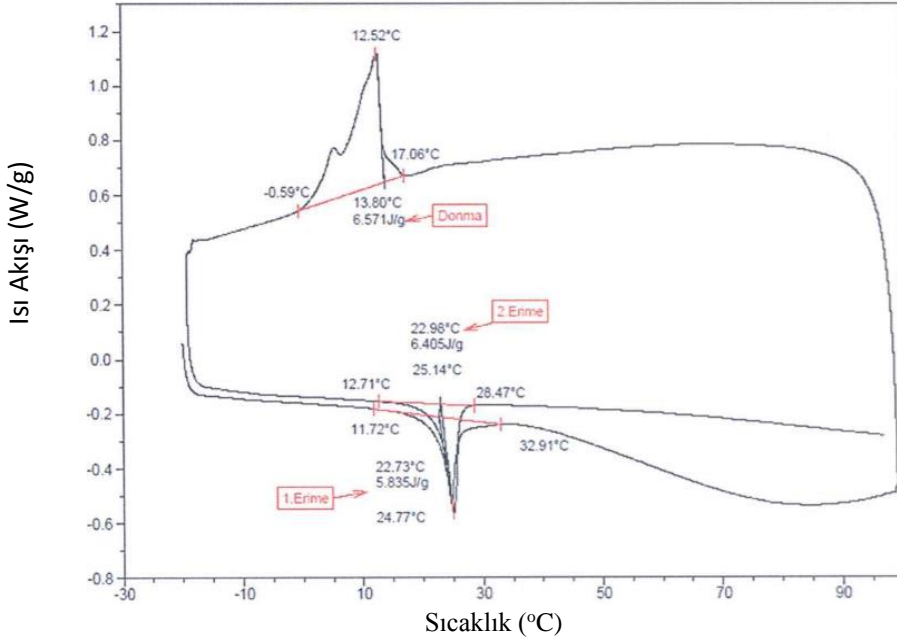
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Parametre</b>	<b>Birim</b>	<b>Sonuç</b>	<b>Sonuç</b>	<b>Sonuç</b>
<b>1.Erime noktası</b>	°C	24,90	24,77	24,85
<b>1.Erime sıcaklığı</b>	°C	22,58	22,73	22,57
<b>1.Erime enerjisi</b>	J/g	12,96	5,84	5,68
<b>2.Erime noktası</b>	°C	25,25	25,14	25,16
<b>2.Erime sıcaklığı</b>	°C	23,03	22,96	22,96
<b>2.Erime enerjisi</b>	J/g	14,10	6,41	6,42
<b>Donma noktası</b>	°C	13,25	12,52	12,66
<b>Donma sıcaklığı</b>	°C	14,37	13,8	14,05
<b>Donma enerjisi</b>	J/g	11,77	6,57	6,64

Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te DSC analizi sırasında kumaşların ısıl değişimlerini gösteren grafikler verilmiştir

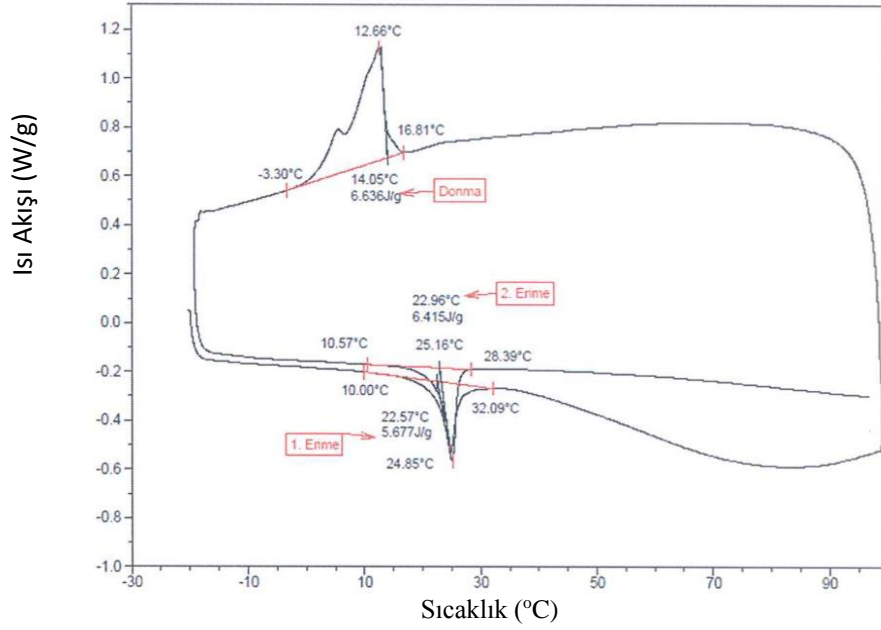




Şekil 1. A kodlu kumaşın DSC analizi ile ısıl değişimi



Şekil 2. B kodlu kumaşın DSC analizi ile ısıl değişimi



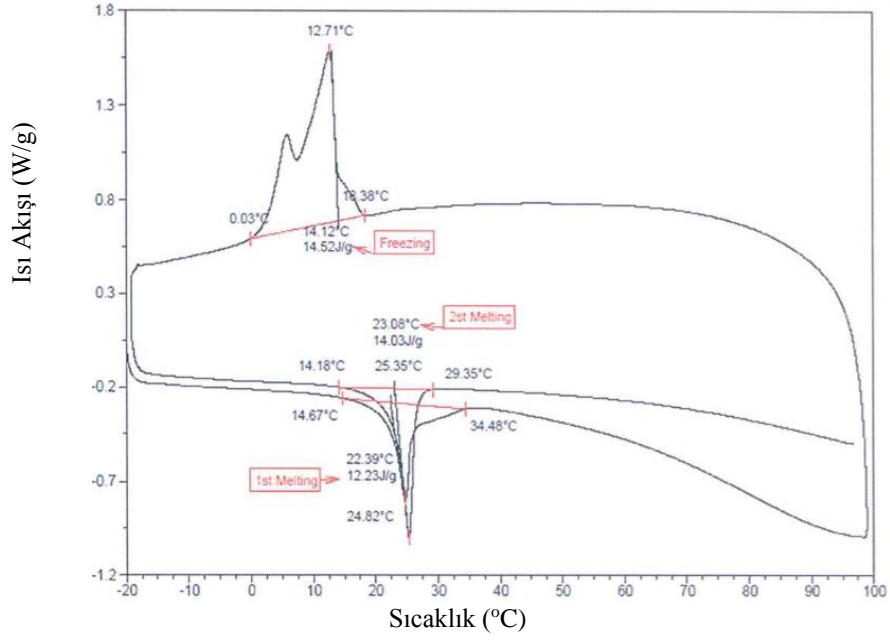
Şekil 3. C kodlu kumaşın DSC analizi ile ısıl değişimi

Çizelge 3'te yer alan 10 yıkama sonu DSC sonuçları incelendiğinde yıkama öncesi test sonuçlarına kıyasla kayda değer bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bu sebeple kumaşların yıkama dayanımlarının oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Kumaş dayanımlarının yüksek olmasının sebebi FDM'lerin kumaşa sonradan uygulanması yerine elyaf üretimi esnasında bu özelliğin kazandırılmasıdır.

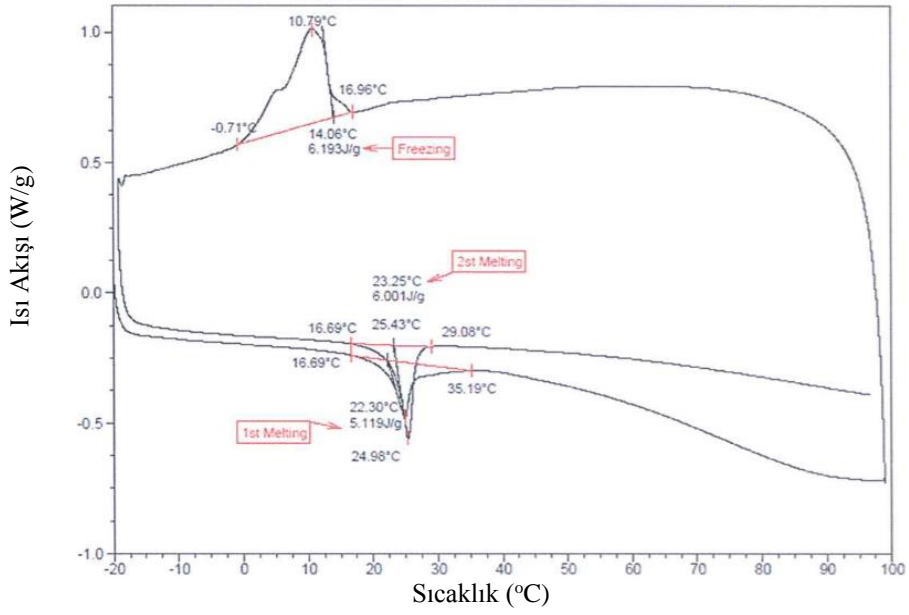
Çizelge 3. 10 yıkama sonu DSC analizi sonuçları

		A	B	C
Parametre	Birim	Sonuç	Sonuç	Sonuç
1.Erime noktası	°C	24,82	24,98	25,00
1.Erime sıcaklığı	°C	22,39	22,30	22,47
1.Erime enerjisi	J/g	12,23	5,12	5,50
2.Erime noktası	°C	25,35	25,43	25,44
2.Erime sıcaklığı	°C	23,08	23,25	23,19
2.Erime enerjisi	J/g	14,03	6,00	6,15
Donma noktası	°C	12,71	10,79	10,67
Donma sıcaklığı	°C	14,12	14,06	14,17
Donma enerjisi	J/g	14,52	6,19	6,29

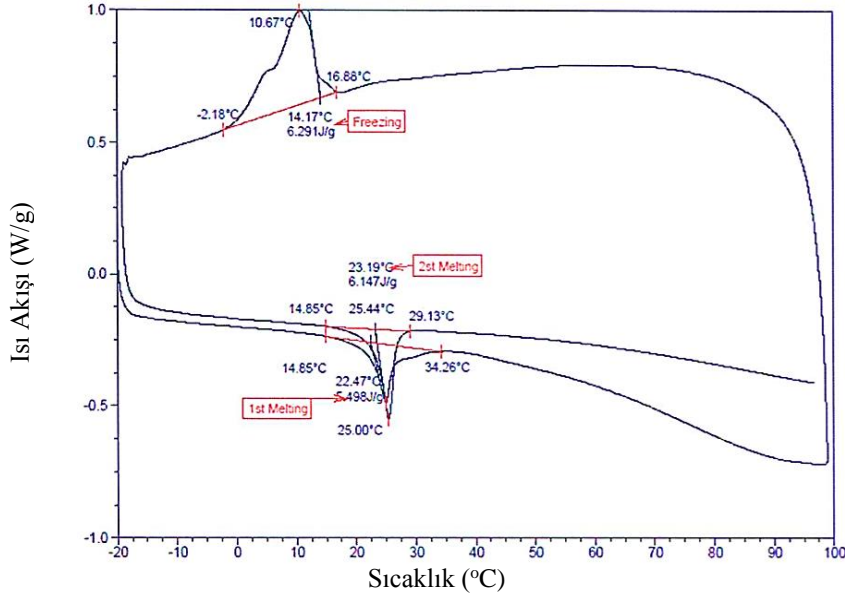
Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da 10 yıkama sonrası DSC analizi yapılan kumaşların ısıl değişim grafikleri verilmiştir.



Şekil 4. A kodlu kumaşın 10 yıkama sonu DSC analizi ile ısıl değişimi



Şekil 5. B kodlu kumaşın 10 yıkama sonu DSC analizi ile ısıl değişimi



**Şekil 6.** C kodlu kumaşın 10 yıkama sonu DSC analizi ile ısıl değişimi

Sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalarla kıyaslandığında elde edilen verilerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

B ve C kodlu kumaşların ısıl geçirgenlik dirençleri ölçüldüğünde boşluklu yapıdaki C kodlu kumaşın ısıl direncinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni havanın ısı iletiminin düşük olmasıdır. Bu da kumaşın boşluklu yapıda geliştirilmesinin ısı yalıtımına katkı sağladığını göstermektedir. Sonuçlar Çizelge 4'te görülmektedir. A kodlu kumaş konstrüksiyon açısından B ve C'den farklı olduğundan test edilmemiş, burada sadece iplik içerikleri aynı olan kumaşlarda boşluklu yapının etkisi görülmesi için B ve C kodlu kumaşlara ısıl geçirgenlik direnci testi uygulanmıştır.

**Çizelge 4.** Isıl geçirgenlik direnci testi sonuçları

Kumaş Kodu	B	C
Isıl Direnç – Rct (m <sup>2</sup> .K/W)	0,011±0,002	0,017±0,001

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada üretim esnasında içerisine faz değiştiren malzeme ilave edilmiş ipliklerle farklı konstrüksiyondaki kumaşların etkinlikleri değerlendirilmiş ve örgü yapısının ısıl geçirgenlik direnci üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar FDM içeren ipliğin %50 oranında kumaş içeriğinde bulunması durumunda dahi faz değiştiren malzemelerin etkisinin hissedilebileceğini göstermektedir. Ayrıca 10 yıkama sonrası DSC analizi değerlerinde herhangi bir farklılık olmaması da iplikteki etkinin kalıcılığını ispatlamaktadır. Elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında da tespit edilen enerji miktarlarının kaplama ve emdirme metoduyla elde edilen sonuçlara benzer olduğu;

ancak FDM'nin iplik çekimi esnasında iplik içerisine katıldığından kalıcılık bakımından diğer yöntemlerden üstün olduğu sonucuna varılabilir (Matilla, 2006).

Bu ölçümlerin yanı sıra faz değiştiren malzeme teknolojisinden bağımsız olarak çift katlı, boşluklu yapının kumaşın ısı geçirgenlik direncini arttırdığından ve böylece ani hava değişimlerinin kullanıcı tarafından hissedilmesini engelleyeceğinden giyim konforunu destekleyeceği düşünülmektedir.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

### **Yazar Katkısı**

Hülya Kıcık ve Çağla Gökbulut, çalışmanın her aşamasında %100 katkı sağlamışlardır.

## **5. Kaynaklar**

**Alay, S., Alkan, C., Göde, F., (2011)** Synthesis and characterization of Poly(Methyl Methacrylate)/n-Hexadecane Microcapsules Using Different Cross-Linkers and Their Application to Some Fabrics, *Thermochimica Acta*, 518, 1-8.

**Boan, Y., (2005).** Physical Mechanism and Characterization of Smart Thermal Clothing, The Hong Kong Polytechnic University, PhD Thesis, Hong Kong.

**Chung, H., Cho, G., (2004)** Thermal Properties and Physiological Responses of Vapor-Permeable Water-Repellent Fabrics Treated with Microcapsule-Containing PCMs, *Textile Research Journal*, 74, 571- 575.

**Coolmax, The Lycra Company,** <https://coolmax.com/en/The-LYCRA-Company/Our-Brands> (2020)

**ISO 11092:2014 Textiles — Physiological effects — Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test),** <https://www.iso.org/standard/65962.html>, 2020.

**Kaynaklı, Ö., Kılıç, M., (2004)** Vazodilatasyonun İnsan Fizyolojisine Etkisi ve Terleme ile Karşılaştırılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9 (1), 183-194.

**Koo, K., Park, Y. M., Choe, J. D., Kim, E. A., (2009)** Preparations of Microencapsulated PCMs-Coated Nylon Fabrics by Wet and Dry Coating Process and Comparison of Their Properties, *Polymer Engineering and Science*, 1151-1157.

**Kuru, A., Alay Aksoy, S., (2012)** Faz Değiştiren Maddeler ve Tekstil Uygulamaları, *Tekstil ve Mühendis*, 19 (86), 41-48.

**Marmaralı, A., Oğlakcioğlu, N., (2013)** Giysilerde Isıl Konfor, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi: Isıl Konfor Sempozyumu, 1957-1963.

**Marmaralı, A., Özdil, N., Dönmez Kretzschar, S., Gülsevin Oğlakcioğlu, N., (2006)** Giysilerde Isıl Konforu Etkileyen Parametreler, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, 241-246.

**Mattila, H.R., (2006)**, *Intelligent Textiles and Clothing*, Woodhead Publishing Limited, The Textile Institute, Cambridge, England.

**Namlıgöz, E.,** Farklı İpliklerden Dokunan Kumaşlara Çeşitli Bitim İşlem Yöntemleri Ve Kimyasal Maddeleri Uygulamanın Kumaşların Fizyolojik Özelliklerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma. İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2010

**Nejman, A., Cieslak, M., (2017)** The Impact Of The Heating/Cooling Rate On The Thermoregulating Properties Of Textile Materials Modified with PCM Microcapsules, *Applied Thermal Engineering* 127, 212-223.

**Oğlakcioğlu, N., Marmaralı, A., (2010)** Rejenere Selüloz Liflerinin Kompresyon Çoraplarının Isıl Konfor Özelliklerine Etkisi, *Tekstil ve Mühendis*, 77, 6-12.

**Oltulu, D., Gürler, T.,** Örme Kumaşların Tutum Özellikleri ve Değerlendirilmesi, E.Ü.T.M. Lisans Tezi, (2003).

**Önder, E. Sarier, N. (2015)** Thermal Regulation Finishes for Textiles, *Functional Finishes for Textiles*, 17-98.

**Öner, E., Okur, A., (2017)** Materyal, Üretim Teknolojisi ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri, *Tekstil ve Mühendis*, 80, 21-29

**Özdil, N., Marmaralı, A., Kretzschar Dönmez, S., (2007)** Effect of Yarn Properties on Thermal Comfort of Knitted Fabrics, *International Journal of Thermal Sciences*, 46, 1318-1322.

**Pamuk, O., (2008)** Clothing Comfort Properties In Textile Industry, *e-Journal of New World Sciences Academy Natural and Applied Sciences*, 3, (1), A0051, 69-74.

**Rugh, J. P., Bharathan, D., (2005)** Predicting Human Thermal Comfort in Automobiles, *Vehicle Thermal Management Systems Conference and Exhibition*, Toronto, Kanada.

**Sanchez, P., Sanchez-Fernandez, M. V., Romero, A., Rodriguez, J. F., Sanchez-Silve, L., (2010)** Development of Thermo-Regulating Textile Using Paraffin Wax Microcapsules, *Thermochimica Acta*, 498, 16-21.

**Stankovic, S. B., Popovic, D., Poparic, G. B., (2008)** Thermal Properties of Textile Fabrics Made of Natural and Regenerated Cellulose Fibers, *Polymer Testing*, 27, 41-48.

**Tao, X., (2001)** *Smart Fibres, Fabrics and Clothing*, Woodhead Publishing Limited, The Textile Institute, Cambridge, İngiltere.

**Taşkan Özkan, E., Meriç Kaplangiray, B., (2015)** Askeri Giyimde Kullanılan Dokuma Kumaşların Nem İletimi Özelliklerinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 20(1).

**Tessier, D. (2018)** Testing Thermal Propertie of Textiles, Advanced Characterization and Testing of Textiles.

**Toprakkaya, D., (1999)** Termofizyolojik Açından Giyim Konforu, Tekstil ve Konfeksiyon, 5, 403-407.

**Touch Performance,** <https://www.nylstar.com/videos/meryl-fabric-technologies/>, 2021.

**Tözüm, M., Alay Aksoy, S., (2014)** Isı Depolama Özellikli Mikrokapsül Uygulanmış Kumaşların Isı Depolama ve Konfor ile İlgili Özelliklerinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18(2), 37-44

**Ünlü Güney, F.,** Koruyucu Giysilerde İç Konfor Şartlarının İncelenmesi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008

**Yıldız, G.,** Protein, Pamuk, Viskon Ve Poliester Esaslı Örme Kumaş Özelliklerinin Karşılaştırılması, Bursa, Uludağ Üniversite, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019

**Yüksel, H.,** Subjektif Konfor Değerlendirmeleri İle Laboratuvar Testleri Arasındaki İlişkiler. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010

**Yüksel, H., Okur, A., (2011)** Subjektif Konfor Değerlendirmeleri İle Laboratuvar Testleri Arasındaki İlişkiler, Tekstil ve Mühendis, 18 (84), 38-48.