



# ÇELİK KUMAŞ PANELLERİNİN ISINMA DAVRANIŞLARI

Ozan KAYACAN, Ender Yazgan BULGUN  
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Tekstil Müh. Böl.

## ÖZET

Günlük yaşantımızın ayrılmaz bir parçası olan konfeksiyon ürünleri ile özellikle taşınabilir nitelikteki elektronik yapıların bir arada ve birbirine entegre bir biçimde kullanılması fikri “elektro-tekstiller” kavramının temelini oluşturmaktadır. Bu doğrultuda, elektronik fonksiyonlara sahip interaktif konfeksiyon ürünlerinin gelişimine yönelik bilimsel çalışmalar ve Ar-Ge faaliyetleri son yıllarda giderek artmaktadır. İleri teknoloji ile üretilen konfeksiyon ürünlerinin en önemli örneklerinden olan “elektro-tekstiller”in gelişimi, özellikle elektrik akımını ileten iplik ve kumaşların geliştirilmesi ile hız kazanmıştır. Bu çalışmada, elektrik iletken çelik iplikler kullanılarak üretilen tek katlı ve iki katlı kumaş panellerinin ısınma davranışları incelenmiştir. Sistemi çalıştıran bir elektronik devre üzerinde ölçümler yapılarak elde edilen elektriksel parametreler de karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Elektro-tekstiller, tekstil esaslı iletken yapılar, çelik iplikler, ısıtma

## HEATING BEHAVIOURS OF STEEL FABRIC PANELS

### ABSTRACT

The “electro-textile” concept is mainly based on the integration of daily clothing products and mobile electronic systems. In this manner, scientific studies and R&D activities have been performed gradually in the field of the interactive smart garments. As one of the most important examples of high-technology textile based products, “electro-textiles” have been improved by the developments of electrically conductive yarns and fabrics. In this study, the heating behaviors of fabric panels produced by steel yarns are observed. Single and double-ply steel fabrics are applied to electrical current. The electrical parameters of the system are also evaluated and compared.

**Keywords :** Electro-textiles , textile based conductive structures, steel yarns, heating



## 1. GİRİŞ

Günümüzde teknoloji giderek hızlanmakta ve sonuç olarak geliştirilen sistemler ve bunların bileşenleri giderek küçülmektedir. Bunun bir sonucu olarak, elektronik araçlar ve sistemler giderek günlük yaşamımızın olmazsa olmaz bileşenleri haline gelmiştir. Teknoloji geliştikçe uygulama alanları da giderek yaygınlaşmaktadır. Günümüzde artık benzerlerinden farklı özellikteki ürünler daha fazla talep görmektedir.

Bugün “taşınabilir” olma, bir çok ürün ve uygulama için temel özelliktir ve sağlık, iletişim, güvenlik, eğlence, spor vs. gibi bir çok sektörde sıradanlaşan ürünler açısından yeni açılımlar anlamına gelmektedir. Özellikle kişiye özel ürünlerde bu uygulamaların daha da öne çıkacağı tahminlenmektedir. “Minyatürleşme” terimi taşınabilirlik anlamında sadece boyutsal bir küçülmenin değil, aynı zamanda bileşen sayısı ve karmaşıklığında bir sadeleşmenin de gerçekleştirilmesine olanak tanımıştır. (Tao, 2001)

Tekstil esaslı ürünler, özellikle de konfeksiyon ürünleri, doğası gereği kullanım amacı ve kullanıldığı ortam ne olursa olsun günün her anında insanlığın hizmetindedir. İnsan-makine etkileşimi için ideal bir ortama sahip olan konfeksiyon ürünleri giderek minyatürleşen ve taşınabilir bir şekil kazanan araç gereçler için yeni uygulama alanlarını ortaya koymaktadır. Elektronik sistemler ile konfeksiyon ürünlerinin bir arada kullanılmasının ilk örnekleri rijit elektronik aygıtların giysiler üzerine harici olarak montesi şeklinde olmuştur. Ancak elbette ideal olan, konfeksiyon ürününün yapısı ile elektronik sistemlerin yapısının bir arada ve birbirine tam entegre olması ve belirli bir işlevi yerine getirmek amacıyla iki ayrı sistemin tek bir ürün şeklinde ortak hareket etmesidir.

İşte konfeksiyon ürünleri ile özellikle taşınabilir nitelikteki elektronik yapıların bir arada ve tek bir ürün biçiminde kullanılması fikri “elektro-tekstiller” kavramının temelini oluşturmaktadır. Günümüzde en sık karşılaşılan elektro-tekstiller, ceplerine mobil aygıtlar (MP3 çalar, radyo, telefon vb.) yerleştirilmiş konfeksiyon ürünleridir. Sağlık, eğlence, iletişim, güvenlik vb alanlarda farklı amaçlara yönelik olarak bir çok ürün gün geçtikçe pazardaki yerini almaktadır. Bu tür ürünlerde tekstil esaslı yapıların fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra sistemin genel elektriksel karakteristikleri bir arada değerlendirilmeli ve gerçekleştirilmesi amaçlanan işlev doğrultusunda,

doğru malzemelerin doğru bir konfigürasyonla kullanılması hedeflenmelidir (Jung 2003).

Elektro-tekstiller’in kullanım alanlarından biri de koruma ve kişinin performansının artırılması doğrultusunda kullanıcıyı destekler nitelikte olan ürünlerdir. Bu tür sistemlere örnek olarak verilebilecek ısıtıcı giysiler, kullanıcının vücut sıcaklığını hissederek gerekli durumlarda elektronik olarak ek ısıtma fonksiyonunu sağlama özelliğine sahiptir. Bu giysiler günlük hayatta en çok kullanım potansiyeline sahip ürünlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Medikal uygulamaların dışında askerler, doğa sporcuları, güvenlik görevlileri, kırsal bölge çalışanları gibi dış ortamda çalışan kişiler için geliştirilmiştir. Bu tür giysilerde ısıtma fonksiyonu, giysi yapısına yerleştirilmiş olan tekstil esaslı panellerde gerçekleştirilir (Şahin, 2006). Isıtıcı paneller uygun özellikteki iletken ipliklerden oluşturulmaktadır. Bu çalışmada, paslanmaz çelik liflerden üretilmiş iletken iplikler metalik tekstil yapıları oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Çelik ipliklerden üretilmiş tek katlı ve iki katlı ısıtıcı kumaş panelleri deneysel olarak değerlendirilmiştir. Panellere elektrik akımı uygulanmış ve kumaş yapılarının ısınma davranışları karşılaştırmalı olarak gözlenmiştir. Bu amaçla bir güç kaynağına bağlanan ısıtıcı panellerin ısınma derecelerinin dijital sıcaklık sensörleri vasıtasıyla gözlenebildiği bir elektronik devre tasarımı yapılmıştır. Ayrıca sistemi çalıştıran elektronik devre üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen elektriksel parametreler de karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

## 2. ISITMA İŞLEVİ İÇİN İLETKEN İPLİKLER

Giysilerde elektriksel olarak ek ısıtma fonksiyonu için taşınabilir bir güç kaynağından elde edilen elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu tür bir dönüşüm ancak elektrik iletken yapılar kullanılarak sağlanabilir. Doğal kaynaklı tekstil malzemeleri, elektriği iletmemektedir. Diğer taraftan tekstil endüstrisinde, sentetik tekstil liflerinin üretiminde kullanılan polimerlerin tipik özgül dirençleri  $10^{10} \Omega m$  seviyesinden daha yüksektir. Bu durum ise elektriği çok iyi yalıtan bir malzemenin özelliklerine uyum sağlamaktadır. Sonuç olarak, elektrik izolasyonu dışında herhangi bir elektriksel uygulama için bu tür malzemelerin kullanılma ihtimali yoktur. Elektriği iyi ileten tekstil malzemelerine ihtiyaç duyulması nedeniyle malzeme geliştirme amaçlı bir çok araştırma bulunmaktadır (Vassiliadis, 2005).

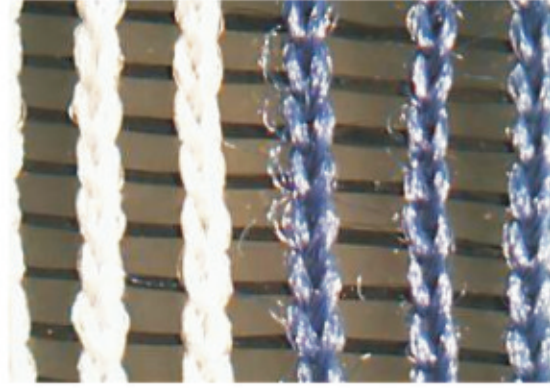


Teknolojik gelişim sürecinde iletken yapılar oluşturulması amacıyla ilk aşamada kumaşlar dokunurken bakır esaslı lif inceliğinde iletken teller veya iplik boyutlarındaki kablolar kullanılmış, ancak daha sonra çeşitli yöntemlerle tekstil esaslı ürünlere elektrik iletim özelliği kazandırılmış veya metalik iletken yapılar tekstil esaslı yapılara dönüştürülmüştür. Doğal malzemelere iletken bir yapı kazandırmak amacıyla kaplama, laminasyon ve modifikasyon gibi kimyasal işlemler uygulanmaktadır. İletken iplik olarak metalik esaslı lifler kullanılabileceği gibi iletken yapı kazandırılması amacıyla modifiye edilmiş sentetik esaslı liflerin uygulanması da mümkündür (Mauch 2005). Üretim prosesleri içinde çeşitli kaplama teknikleri basit üretim aşamaları ve kullanım kolaylığı sebebiyle öne çıkmaktadır. Üretilen tekstil malzemeleri sadece elektriksel özellikler kazanmakla kalmayıp aynı zamanda mukavemet, esneklik gibi fiziksel özelliklerini de muhafaza etmektedir. Bu tür uygulamalara gümüş ve bakır kaplanmış lifler, galvanik kaplamalar, polypirok kaplamalar örnek verilebilir. Ayrıca paslanmaz çelik başta olmak üzere metalik lifler, nitinol alaşımları, karbon/grafit lifleri, inox kablolar, karbon bi-komponent lifler de elektriksel uygulamalarda kullanılmaktadır (Schedukat, 2003).

## 2. MATERYAL - METOD

İletken kumaş yapıları kullanılarak tekstil yüzeylerinin ısıtılması ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda dokuma tekniği ile üretilmiş ısıtıcı kumaş panellerinin direnç değerlerinin aynı boyutlarda üretilmiş örme kumaş panellere oranla yapısal özellikler sebebiyle daha düşük olduğu belirtilmektedir. Bu sebeple ısıtıcı kumaş paneli biçimindeki uygulamalar açısından daha uygun olarak tanımlanmaktadır (Post, 2000).

Bu çalışmada kullanılan ısıtıcı kumaş panelleri %100 çelik liflerden iletken iplikler kullanılarak üretilmiştir. El tezgâhlarında yapılan ön denemeler sonucunda çelik ipliklerin dokuma işlemi sırasında yarattıkları bazı dezavantajlar sonucunda ısıtıcı panellerin sanayi tipi dar enli çözümlü örme makinelerinde üretilmesine karar verilmiştir. Paneller içerisindeki iletken iplikler, dokuma kumaş yapısına benzer şekilde paralel formdaki atkı yatırımı biçiminde "sıraları" oluşturmuştur. "Çubukları" oluşturan polyester iplikler ise bu iplikleri taşıma görevini üstlenmektedir. Sonuçta ısıtıcı kumaş panelleri için 4 cm genişliğinde dar enli kumaş yapıları üretilmiştir. Kumaş yapısı içerisindeki iletken ipliklerin konumu Şekil 1.'de görülmektedir.



Şekil 1. Kumaş yapısı içindeki iletken ipliklerin paralel yerleşimi

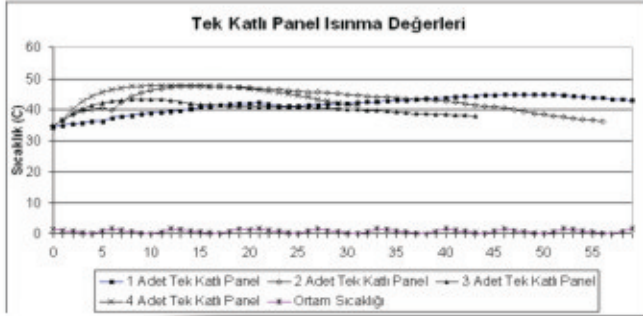
Şekil 1.'de görüldüğü gibi iletken iplikler, kumaş yapısı içine paralel bir formda yerleştirilmiştir. Isıtıcı kumaş panelinin bir noktasından giren ipliğin yatırım işlemini tamamladıktan sonra diğer noktadan çıkmasına ve herhangi bir kesintiye uğramamasına özen gösterilmiştir. Klasik bir ısıtıcı (rezistans) sistemde geleneksel kablolar da benzeri bir yapıya sahip olmaktadır. Bu tip bir yapı elektrik akımı uygulanması için en doğru seçimdir.

Bu çalışmada kumaş panellerinin ısınma davranışlarının izlenmesi amacıyla bir elektronik devre tasarımı yapılmıştır. Devre, ısıtıcı kumaş panellerine elektrik akımı uygulayarak hedeflenen ısıtma fonksiyonunun gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bu tür bir devrenin gelecekte akıllı/interaktif bir giysi tasarımında kullanılabilmesi için küçük boyutta, hafif ve düşük maliyetli bir şekilde oluşturulmasına çalışılmıştır. Isıtıcı kumaş panelleri için birim kat uzunluğu 10 cm olarak belirlenmiştir. Çelik ipliklerden yapılmış 1 ve 2 katlı ısıtıcı panellerden sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 adet olarak sisteme entegre edilmiş ve toplamda 8 farklı konfigürasyonun ısınma davranışları gözlenmiştir. 12 V. 3300 mAh kapasitesindeki Ni-MH tipi güç kaynağından sağlanan akım elektronik devreye uygulanmıştır. Devre üzerinde bulunan DS1820 dijital sıcaklık sensörleri bir cırtband – velkro yardımıyla paneller üzerine sabitlenmiştir. 60 dakika süreyle sensörlerden elde edilen sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Eş zamanlı olarak da güç kaynağından sisteme sağlanan gerilim ile panellerin çektiği akım miktarları ölçülmüştür. Güç kaynağının bu süreden önce tükenmesi durumunda da ölçüm yapılabilen süre boyunca aynı veriler kaydedilmiştir. Denemelerin yapılacağı ortam şartları, ısıtma işlevinin asıl kullanım alanı olan soğuk ortam şartlarının simüle edilmesi amacıyla 0°C olarak belirlenmiştir (Kayacan, 2008).



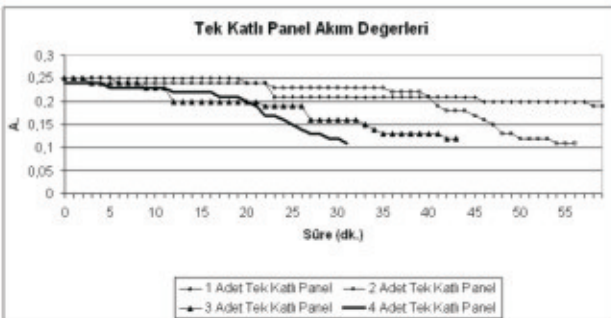
#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Çelik ipliklerden üretilmiş tek katlı ısıtıcı kumaş panellerin  $0^{\circ}\text{C}$ 'lik ortam şartlarında sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 adet kullanımı sonucunda elde edilen ısınma verileri karşılaştırmalı olarak Şekil 2'de verilmiştir. 1 adet tek katlı panel denemeleri sırasında 60 dk. boyunca panellerin ısınma davranışları gözlemlenmiştir ve panellerde yaklaşık  $10^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık artışı oluşmuştur. 2 adet tek katlı panel kullanıldığında ise paneller 58 dk. lık bir ısınma süreci göstermiştir ve gerçekleşen sıcaklık artışı yaklaşık  $13^{\circ}\text{C}$  olarak ölçülmüştür. 3 adet panel uygulamasında yaklaşık  $10^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artışı gerçekleştirmiş ancak kullanım süresi 43 dakikaya inmiştir. 4 adet tek katlı panel konfigürasyonu ise 30 dk. lık ölçüm periyodu süresince ısınma davranışı sergilemiş ve yaklaşık  $15^{\circ}\text{C}$  lik bir sıcaklık artışı oluşmuştur.



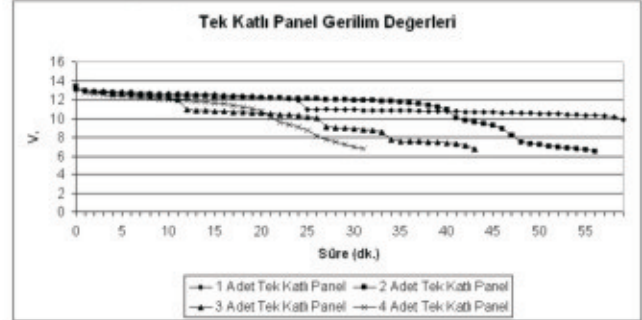
Şekil 2. Tek katlı panel ısınma grafiği

Tek katlı panel uygulamaları süresince panellerin çektiği akım değerleri incelendiğinde ölçüm süresinin başlangıcında panellerin çektiği akım değerlerinin kat sayısı ile bir ilişkisinin olmadığı ve tüm kat sayıları için yaklaşık 0,25 A.lik bir değer söz konusu olduğu görülmüştür. Kat adedine bağlı olarak panellerin kullanım süreleri olan sırasıyla 60, 58, 43 ve 30 dk. lık periyotlar sonunda çekilen akım değerleri de yine sırasıyla 0,19 - 0,11 - 0,12 ve 0,11 A olarak gerçekleşmiştir. Tek katlı panellerin akım değerlerine ilişkin grafik Şekil 3.'de verilmiştir.



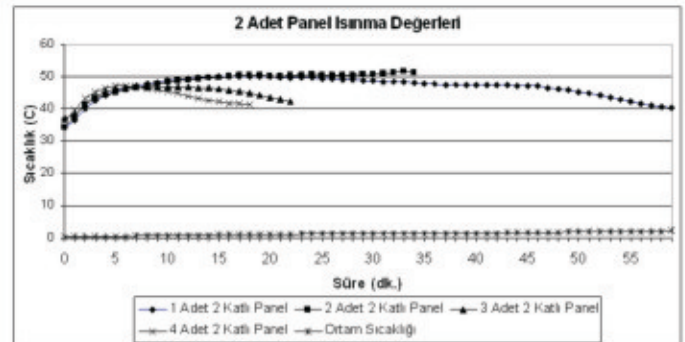
Şekil 3. Tek katlı panellere ilişkin akım grafiği

Şekil 4.'te tek katlı ısıtıcı kumaş panellerinin gerilim grafiği verilmiştir. Panellerin gerilim değerleri kullanılan güç kaynağının kapasitesi olan 12-13 V. seviyesinden başlamakta ve kullanım süresi sonunda yaklaşık 7 V. seviyesine dek inmektedir.



Şekil 4. Tek katlı panellerin gerilim-zaman grafiği

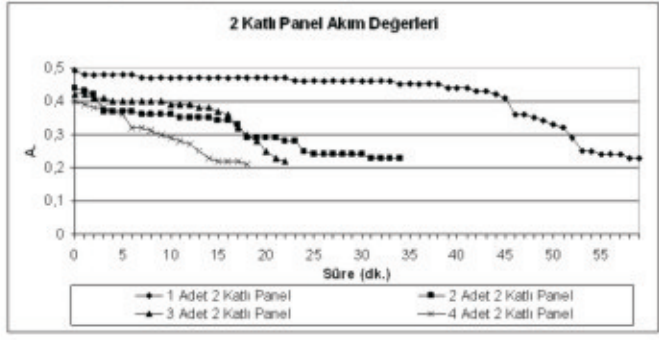
İki katlı ısıtıcı kumaş panellerinin ısınma denemeleri de  $0^{\circ}\text{C}$ 'lik ortam şartlarında yapılmış ve yine sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 adet panel sisteme entegre edilmiştir. Panellerin ısınma davranışlarına ilişkin sıcaklık değerleri Şekil 4.'te grafiksel olarak gösterilmektedir. 1 adet iki katlı panel uygulamasında yaklaşık  $16^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık artışı elde edilmiş ve 60 dk. lık ölçüm süresinin tamamında veri kaydı gerçekleştirilmiştir. Panel sayısı 2'ye çıkarıldığında ise sıcaklık artışı  $17^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşmıştır. Ancak deneme süresi kısalmış ve paneller 35 dk. lık bir ısınma davranışı sergilemiştir. 3 adet iki katlı kumaş panel kullanımındaki artış  $9^{\circ}\text{C}$  olarak ölçülmüş, uygulama süresi ise 22 dk.'ya inmiştir. 4 adet iki katlı panel konfigürasyonu ise 18 dk. boyunca gözlemlenmiş ve kaydedilen sıcaklık artışı yaklaşık  $11^{\circ}\text{C}$  olmuştur.



Şekil 5. İki katlı panel ısınma grafiği

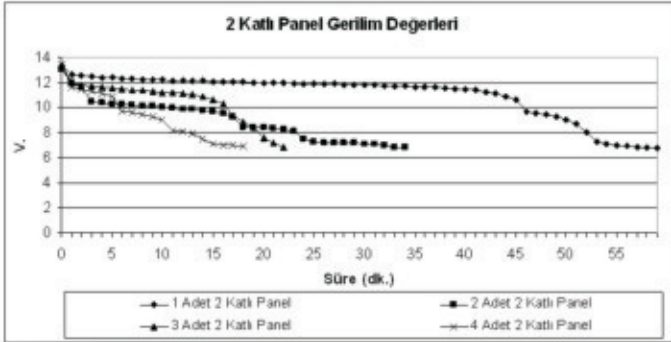
İki katlı panel denemelerine ait akım değerleri yaklaşık 0,4-0,5 A başlangıç değerlerine sahiptir. Ölçüm süreleri boyunca kumaş panellerinin çektiği akım değerleri de azalma eğilimi göstermiş ve yaklaşık 0,2 A seviyelerine kadar inmiştir. İki katlı panellere ilişkin akım değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 6'da verilmiştir.





Şekil 6. İki katlı ısıtıcı kumaş panelleri akım grafiği

Şekil 7.'de iki katlı ısıtıcı kumaş panellerine ait gerilim grafiği görülmektedir. Tek katlı panel kullanımına benzer 12-13 V. başlangıç seviyesindeki gerilim değerleri ölçüm sürelerinin sonunda yaklaşık 7 V. değerine inmektedir. Sıcaklık ve akım ölçümlerinde olduğu gibi panel adedine bağlı olarak gerilim değerlerinin ölçüldüğü süreler farklılaşmaktadır.



Şekil 7. İki katlı panellere ait gerilim-zaman grafiği

## 5. SONUÇ

Elektronik ve tekstil malzemeleri ile ilgili araştırmaların ilk aşamalarında, malzemelerin zıt karakterleri sebebiyle bu uygulamaların pratik olmayacağı düşünülmüştür. Bilimsel araştırmalarda elde edilen başarılı sonuçlarla elektronik malzemeler ile tekstil ürünlerinin entegrasyonu büyük avantajlar sağlamıştır. Özellikleri birbirinden çok farklı olan tekstil ve elektronik yapıların bir arada kullanılması sonucu ortaya çıkan interaktif tekstil malzemelerinin ticari anlamdaki ilk uygulamaları pazardaki yerini almaya başlamıştır.

Bu doğrultuda geliştirilen iletken lifler günümüzde özellikle interaktif elektro-tekstil uygulamalarındaki kullanım potansiyelleri sebebiyle büyük ilgi görmektedir. Sağlık, eğlence, iletişim, güvenlik vb. elektronik fonksiyonların tekstil esaslı ürünler

kullanılarak yerine getirilmesi amacıyla elektrik iletken özelliğe sahip metalik esaslı değişik iplikler kullanılmaktadır.

Bu tür bir kullanıma örnek olabilecek nitelikteki "sıcaklık kontrollü ısıtıcı elektro-tekstil yapılar"ın temelini ısıtma fonksiyonunu yerine getiren tekstil esaslı yapılar oluşturmaktadır. Bu çalışmada ısıtıcı kumaş paneli olarak kullanılacak elektrik iletken özellikteki çelik ipliklerden oluşan tekstil yapılarının ısınma davranışları gözlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, sistemi çalıştırabilecek özellikte bir elektronik devre tasarımı yapılmıştır. Farklı adetlerde 1 ve 2 katlı ısıtıcı kumaş panellerine elektronik devre aracılığıyla akım uygulanmış ve ısınma ölçümlerinin yanı sıra devrenin bazı elektriksel parametrelerinin de karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

0°C'lik ortam şartında çelik ipliklerden üretilmiş tek katlı ısıtıcı kumaş panellerin kullanımı sonucunda 1 adet tek katlı panel denemelerinde yaklaşık 10°C'lik sıcaklık artışı elde edilirken panel sayısı 4'e çıkarıldığında bu değer 15°C seviyesine yükselmiştir. İki katlı ısıtıcı kumaş panellerinin 0°C'lik ortam şartında yapılan ısıtma denemelerinde ise 1 adet iki katlı panel uygulamasında yaklaşık 16°C'lik sıcaklık artışı elde edilmiştir. Panel sayısı 4'e çıkarıldığında ise sistemin elektriksel direnç değerinin düşmesi sebebiyle birim zamanda gerçekleşen sıcaklık artışı diğer uygulamalara oranla daha hızlı olmuştur. Ancak taşınabilir güç kaynağı kapasitesinin sınırlı olması sebebiyle bu sıcaklık artışı uzun süre korunamamış ve deneme süresince erişilen değer yaklaşık 11°C olarak ölçülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Jung,S., Lauterbach,C., Strasset, N., Weber,W., "Enabling Technologies for Disappearing Electronics in Smart Textiles", IEEE Int. Solid State Circuits Conference, Paper 22.1, 2003
- Kayacan, O., "Akıllı Giysi Dizayni Üzerine Bir Araştırma", Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008
- Mauch H.P., Nusko R., "New Possibilities With Special Conductive Yarns", Melliland International, pp.224-225, 3/2005.

- Post,E.R., Orth,M., Russo,P.R., Gershenfeld,N,“E-broidery: Design and Fabrication of Textile Based Computing”, IBM Systems Journal, Vol:39, 3&4, pp:840-860,2000
- Schedukat,N., Gries,T., Spanier,G., Schnakenberg,U., Mokwa,W., “Processing of High Conductive Yarns for Signal Transmission in Smart Textiles”, Tech-Textil Symp.,2003
- Şahin, Ö., Kayacan, O., Bulgun, E.Y. “Sıcaklık Kontrollü Akıllı Giysi Tasarımı”, ASYU-INISTA 2006, Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu, İstanbul, 31 Mayıs -2 Haziran 2006
- Tao, X., “Smart Textiles(3):Very Smart”, Textile Asia, pp.35-37, August 2001,
- Vassiliadis, S., Provatidis, C., Prekas, C., Rangussi, M., “Novel Fabrics with Conductive Fibres”, Intelligent Textile Structures - Application, Production & Testing International Workshop, Thessaloniki/Greece, 12-13.05.2005