

**AKILLI TEKSTİLLERİN ÜRÜN TASARIMINDA
KULLANIM OLANAKLARI VE MODA
TASARIMINA YÖNELİK UYGULAMALAR**

Yüksek Lisans Tezi

Derya MERİÇ

Eskişehir, 2016

**AKILLI TEKSTİLLERİN ÜRÜN TASARIMINDA KULLANIM OLANAKLARI
VE MODA TASARIMINA YÖNELİK UYGULAMALAR**

Derya MERİÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN

ESKİŞEHİR

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Temmuz, 2016

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Derya Meriç'in "Akıllı Tekstillerin Ürün Tasarımında Kullanım Olanakları ve Moda Tasarımına Yönelik Uygulamalar" başlıklı tezi 13.07.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Endüstriyel Sanatlar Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

| | <u>Unvanı-Adı Soyadı</u> | <u>İmza</u> |
|---------------------|-----------------------------|-------------|
| Üye (Tez Danışmanı) | :Doç. Dr. Mustafa E. ÜREYEN | |
| Üye | : Doç. Carfer ARSLAN | |
| Üye | : Yard. Doç. Zehra DOĞAN | |

.....

Enstitü Müdürü

ÖZET

AKILLI TEKSTİLLERİN ÜRÜN TASARIMINDA KULLANIM OLANAKLARI VE MODA TASARIMINA YÖNELİK UYGULAMALAR

Derya MERİÇ

Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temmuz 2016

Danışman: Doç. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN

Akıllı tekstiller, herhangi bir etkiyi veya etki değişikliğini algılama ve buna bir tepki verme özelliğine sahip tekstil ürünleridir. Bu akıllı ürünlerin geliştirilmesi maliyetli bütçeler ve zaman gerektiren çalışmaları kapsadığından öncelikle askeri, tıbbi ve uzay çalışmalarında ilgi görmüşlerdir. Geliştirilen akıllı tekstil çözümleri ise günümüzde gündelik hayata girmeye ve tekstil ve hazır giyim sektöründe de gözlemlenmeye başlamıştır. Tüm bu gelişmelerin etkisiyle de akıllı tekstiller, tekstil ve moda tasarımı alanında malzeme bazında yeni potansiyeller oluşturmaya başlamış ve günümüzde tasarım haftaları, tekstil sanatları, performans sanatları gibi birçok alanda görülmeye başlamıştır. Bu çalışmanın ilk bölümünde akıllı tekstil malzemelerinin tanımı ve sınıflandırılması yapılmış, akıllı tekstil malzemeleri malzeme özellikleri ve kullanım alanlarına göre gruplandırılarak incelenmiştir. İkinci bölümde akıllı tekstil malzemeleri işlevsellik odaklı kullanım ve moda ve tekstil tasarımına yönelik uygulamalar olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Üçüncü bölümde akıllı tekstil malzemelerine bir örnek olarak termokromik boyalar incelenmiş ve tanımı, çeşitleri, malzemeye yönelik literatür çalışmaları ve uygulama alanlarına yönelik örnekler açıklanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise temin edilen termokromik boyalar kullanılarak çeşitli baskı uygulamaları gerçekleştirilmiş ve boya karakteristiğine dair sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda tekstil ürün yüzeylerinde kullanılan termokromik boyaların kullanıcı ve çevre etkileşimi açısından değişimlerini gözlemlemek adına tekstil yüzeylerde desen yorumlamaları yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı tekstiller, akıllı giysiler, kromizm, termokromik boyalar

ABSTRACT

AN EVALUATION OF USAGE POSSIBILITIES OF INTELLIGENT TEXTILES IN PRODUCT DESIGN AND APPLICATIONS FOR FASHION DESIGN

Derya MERİÇ

Department of Industrial Arts

Anadolu University, School of Science, July, 2016

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN

Intelligent textiles are textile products that are able to sense and respond to changes in environmental stimuli. R&D works related to intelligent systems are firstly appeared in military, medical and aerospace industries due to needs of relatively very high financial support and long-term research. Nowadays smart textile products can be seen in several textile and garment applications used in daily life. All the developments in intelligent textiles influence the textile and fashion design and make them visible in many activities such as design weeks, artistic expressions, textile arts and performance art works. In this thesis intelligent textiles are reviewed extensively and application possibilities in fashion design are discussed. In the first part of the study intelligent textiles are defined and classified according to material properties and using areas. In the second part of the work, intelligent textile materials are grouped and analysed under the two main groups: applications based on functionality and applications focused on textile and fashion design. In the third part thermochromic dyes are examined as an example of smart textile materials. Mechanism of thermochromism, types of thermochromic dyes, literature and application samples of the thermochromic textile materials are investigated. Several thermochromic dyes are obtained and applied to fabric samples by screen printing method with or without selected reactive textile dyes under the different application conditions. Suitability of application conditions and reactions to temperature of dye combinations are studied. The outputs and results of the applications are indicated that the textile surface pattern interpretations have been conducted successfully and evaluated for observation of the interaction among the thermochromic dyes, user and environment.

Keywords: Intelligent textiles, intelligent clothes, chromism, thermochromic dyes

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

.....

Derya MERİÇ

TEŞEKKÜR

Bu çalışma boyunca gösterdiği sabrı ve yol göstericiliği ile beni yönlendirip yeni bakış açıları ve akademik çalışma vizyonu kazanmamı sağlayan danışmanım Doç. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN'e değerli yorum ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez savunmamda bulunan jüri üyesi Yard. Doç. Zehra DOĞAN'a ve tez sürecimde bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren aynı zamanda tez savunmamda da bulunan jüri üyesi Doç. Cafer ARSLAN'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince destek ve bilimsel çalışmaya teşvikleri ile yanımda olan Endüstriyel Sanatlar ABD Başkanı ve Moda Tasarımı Bölüm Başkanı Doç. Dr. Nilay ERTÜRK ve Moda Tasarımı Bölüm Başkan Yardımcısı Yard. Doç. Dr. Esra VAROL'a, bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde manevi desteği ile birlikte değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak büyük yol kat etmemi sağlayan Doç. Yüksel ŞAHİN'e katkıları için teşekkür ederim.

Tez sürecimde bana inanan, destek ve yardımları ile yanımda olan ve beni yüreklendiren, kendisinden hayata dair çok şey öğrenme fırsatı bulduğum, aynı odayı paylaştığım iş arkadaşım Okutman Ayla CANAY'a, güleryüzleri ile her zaman yanımda ve destek olan iş arkadaşlarım Arş. Gör. Sanem Odabaşı, Arş. Gör. Özgün Dilek, Okutman Osman ŞİŞMAN ve Arş. Gör. Şakir ÖZÜDOĞRU'ya, sonsuz bilgi birikimi ile her durumda yol gösterici ve destek olan arkadaşım Ozan PEKER'e, uygulama aşamasında teknik yardımları için teknisyen Özkan ATİK'e, tez uygulamalarındaki yardımlarından dolayı Moda Tasarımı Bölümü öğrencisi Bahar ERGÜL'e ve uygulamaların fotoğraflanması sürecindeki yardımlarından dolayı Ozan SOYDAN'a, teşekkür ederim.

Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde sabırla ve inanarak yanımda olan ve devam etmem konusunda beni yüreklendiren canım aileme desteklerinden dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Derya MERİÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|--|------|
| BAŞLIK SAYFASI | i |
| JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI..... | ii |
| ÖZET | iii |
| ABSTRACT | iv |
| ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ..... | v |
| TEŞEKKÜR | vi |
| İÇİNDEKİLER..... | vii |
| TABLolar/ÇİZELGELER DİZİNİ | x |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xii |
| GÖRSELLER DİZİNİ | xiii |
| GİRİŞ | 1 |

BİRİNCİ BÖLÜM

| | |
|---|----------|
| 1 AKILLI TEKSTİLLER | 3 |
| 1.1 Akıllı Tekstillerin Tanımı | 3 |
| 1.2 Akıllı Tekstillerin Sınıflandırılması..... | 8 |
| 1.2.1 Malzemelere göre akıllı tekstiller..... | 8 |
| 1.2.1.1 Şekil hafızalı akıllı tekstiller..... | 10 |
| 1.2.1.2 Faz değiştiren akıllı tekstiller | 15 |
| 1.2.1.3 Kromik özellik gösteren akıllı tekstiller..... | 19 |
| 1.2.1.4 Elektronik özelliklere sahip akıllı tekstiller..... | 24 |
| 1.2.2 Kullanım alanlarına göre akıllı tekstiller..... | 30 |
| 1.2.2.1 Askeri amaçlı kullanılan akıllı tekstiller | 32 |
| 1.2.2.2 Uzay çalışmalarında kullanılan akıllı tekstiller | 34 |
| 1.2.2.3 İş giysilerinde kullanılan akıllı tekstiller | 37 |
| 1.2.2.4 Sağlık ürünleri alanında kullanılan akıllı tekstiller | 39 |
| 1.2.2.5 İç mekân tasarımı ve ev tekstili alanında kullanılan akıllı tekstiller..... | 43 |
| 1.2.2.6 Spor/Outdoor ve serbest zaman aktivitelerinde kullanılan akıllı tekstiller..... | 46 |
| 1.2.2.7 Tekstil ve moda tasarımına yönelik yaratıcı ve artistik uygulama alanlarında kullanılan akıllı tekstiller | 49 |

İKİNCİ BÖLÜM

| | |
|--|-----------|
| 2 AKILLI TEKSTİL MALZEMELERİ İLE ÜRÜN TASARIMI..... | 51 |
| 2.1 Akıllı Tekstil Malzemelerinin Kullanımında İşlevsellik Odaklı Uygulamalar..... | 57 |

| | |
|--|----|
| 2.2 Akıllı Tekstil Malzemelerinin Kullanımında Tekstil ve Moda Tasarımına Yönelik Yaratıcı ve Artistik Uygulamalar | 63 |
|--|----|

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

| | |
|---|-----------|
| 3 AKILLI TEKSTİL MALZEMELERİNE BİR ÖRNEK OLARAK TERMOKROMİK BOYALAR VE BAZI UYGULAMALAR | 73 |
| 3.1 Termokromik Boyaların Tanımı ve Çeşitleri..... | 73 |
| 3.1.1 Sıvı kristal termokromik boyalar | 76 |
| 3.1.2 Leyko termokromik boyalar | 77 |
| 3.2 Termokromik Özellik Gösteren Tekstil Malzemeleri ve Kullanım Alanlarına İlişkin Literatür Araştırması | 78 |
| 3.3 Termokromik Boyaların Tekstile Yönelik Uygulama Örnekleri..... | 84 |

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

| | |
|---|-----------|
| 4 MATERYAL VE METOD..... | 89 |
| 4.1 Termokromik Boyalar ile Yapılan Baskı Uygulamaları | 89 |
| 4.1.1 Uygulama I | 91 |
| 4.1.2 Uygulama II..... | 92 |
| 4.1.2.1 Pamuklu kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları | 92 |
| 4.1.2.2 PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları | 92 |
| 4.1.2.3 Rotasyon baskılı PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları | 93 |
| 4.1.3 Uygulama III..... | 94 |
| 4.1.3.1 Pamuklu kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları | 94 |
| 4.1.3.2 PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları | 95 |
| 4.1.4 Uygulama IV | 95 |
| 4.1.4.1 Pamuklu kumaşlara yapılan alt termokromik, üst termokromik özellik göstermeyen baskı uygulamaları | 96 |
| 4.1.4.2 Pamuklu kumaşlara yapılan alt termokromik özellik göstermeyen, üst termokromik baskı uygulamaları | 97 |
| 4.2 Termokromik boyalar ile giysi üzerinde baskı uygulamaları | 98 |
| 4.2.1 Uygulama V..... | 98 |
| 4.2.2 Uygulama VI | 101 |

BEŞİNCİ BÖLÜM

| | |
|--|------------|
| 5 BULGULAR VE DEĞERLENDİRME | 103 |
| 5.1 Termokromik Boyalar ile Yapılan Baskı Uygulamalarının Sonuçları..... | 103 |

| | |
|---|------------|
| 5.1.1 Uygulama I'den elde edilen sonuçlar | 103 |
| 5.1.2 Uygulama II'den elde edilen sonuçlar..... | 105 |
| 5.1.2.1 Pamuklu kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları | 105 |
| 5.1.2.2 PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları | 107 |
| 5.1.2.3 Rotasyon Baskılı PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları..... | 109 |
| 5.1.3 Uygulama III'den elde edilen sonuçlar | 111 |
| 5.1.3.1 Pamuklu kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları | 111 |
| 5.1.3.2 PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları | 112 |
| 5.1.4 Uygulama IV'den elde edilen sonuçlar | 114 |
| 5.1.4.1 Pamuklu kumaşlara yapılan alt termokromik, üst termokromik özellik göstermeyen baskı uygulamaları sonuçları | 115 |
| 5.1.4.2 Pamuklu kumaşlara yapılan alt termokromik özellik göstermeyen, üst termokromik baskı uygulamaları | 116 |
| 5.2 Termokromik Boyalar ile Giysi Üzerinde Baskı Uygulamaları Sonuçları | 117 |
| 5.2.1 Uygulama V'ten elde edilen sonuçlar | 117 |
| 5.2.2 Uygulama VI'dan elde edilen sonuçlar | 118 |
| SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER..... | 122 |
| KAYNAKÇA | 128 |
| ÖZGEÇMİŞ | 135 |

TABLolar/ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|---|-----|
| Tablo 1.1 Uyararı ve etkilerine göre akıllı kumaşlarda kullanılan akıllı malzemelerin gruplandırması..... | 9 |
| Tablo 1.2 Şekil Hafızalı Polimer Lifler ile Tekstil Uygulamaları | 15 |
| Tablo 1.3 Akıllı kumaşların temel uygulama alanları ve pazar segmentleri | 31 |
| Tablo 1.4 Tekstil bazlı sensörler ile ölçülebilen fizyolojik değerler | 40 |
| Tablo 2.1 ARGE ve Pazar Açısından Akıllı Giysi Tarihçesi | 53 |
| Tablo 4.1 Fiksaj süresi ve yönteminin termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA-I)..... | 93 |
| Tablo 4.2 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA-II)..... | 94 |
| Tablo 4.3 %100 PES kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA-II)..... | 94 |
| Tablo 4.4 %100 PES rotasyon baskılı kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA-II)..... | 95 |
| Tablo 4.5 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA-III)..... | 96 |
| Tablo 4.6 %100 PES kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA-III)..... | 97 |
| Tablo 4.7 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik özellik gösteren ve göstermeyen boyaların renk geçişlerine etkisi (UYGULAMA-IV) | 99 |
| Tablo 4.8 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik özellik göstermeyen ve gösteren boyaların renk geçişlerine etkisi (UYGULAMA-IV) | 100 |
| Tablo 4.9 Giysi üzerine yapılan termokromik desen ve şablon baskı uygulamalarındaki boya/pat oranları (UYGULAMA-V) | 101 |
| Tablo 4.10 Giysi üzerine yapılan termokromik desen ve şablon baskı uygulamalarındaki boya/pat oranları (UYGULAMA-VI)..... | 104 |
| Tablo 5.1 Fiksaj süresi ve yönteminin termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA-I)..... | 106 |

| | |
|--|-----|
| Tablo 5.2 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA-II)..... | 108 |
| Tablo 5.3 %100 PES kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA-II)..... | 110 |
| Tablo 5.4 %100 PES rotasyon baskılı kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA-II)..... | 112 |
| Tablo 5.5 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA-III). | 114 |
| Tablo 5.6 %100 PES kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA-III). ... | 115 |
| Tablo 5.7 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik özellik gösteren ve göstermeyen boyaların renk geçişine etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA-IV) | 117 |
| Tablo 5.8 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik özellik göstermeyen ve termokromik boyaların renk geçişine etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA-IV) | 118 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|-----|
| Şekil 1.1 Teknik tekstillerin sınıflandırılması..... | 4 |
| Şekil 1.2 Akıllı tekstillerin çalışma prensibi..... | 6 |
| Şekil 1.3 Bir malzeme üzerinde etkili olabilecek dış uyarıcılar. | 7 |
| Şekil 1.4 Isı ile uyarılmış şekil hafızası etkisinin moleküler çalışma prensibi..... | 10 |
| Şekil 1.5 Katı-sıvı ve sıvı-katı değişimleri gösteren faz değiştiren malzemelerdeki ısı değişim karakteristiği..... | 16 |
| Şekil 1.6 Faz Değiştiren Malzemelerde çalışma prensibi..... | 17 |
| Şekil 2.1 Akıllı giysinin temellendirildiği üç temel disiplin..... | 55 |
| Şekil 2.2 Yaratıcı-artistik düzey ve işlevsel kullanım parametrelerine göre düzenlenmiş akıllı giysi haritası | 57 |
| Şekil 3.1 Termokromik malzemelerde geri dönüşümlü renk değişiminin prensibi..... | 74 |
| Şekil 3.2 Ambikraf sistemi çalışma prensibi | 82 |
| Şekil 4.1 Ceket teknik çizimi..... | 101 |
| Şekil 4.2 Termokromik baskı çalışmasında kullanılan tişört ve atlet modelleri..... | 103 |

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Görsel 1.1 SMA içerikli kumaş örneklerinde şekil hafızası dönüşümü (A) tek yönlü şekil hafızası dönüşümü, (B) çift yönlü şekil hafızası dönüşümü | 11 |
| Görsel 1.2 Şekil hafızalı giysi örnekleri. | 12 |
| Görsel 1.3 “OUTSOURCING” kullanıcının moduna göre şekil değiştiren başlık kapüşon tasarımı | 13 |
| Görsel 1.4 Şekil hafızalı iç mekân tekstilleri örnekleri | 14 |
| Görsel 1.5 Faz değiştirme özellikli kumaşlarda mikrokapsüller (Outlast Europe)..... | 16 |
| Görsel 1.6 Outlast teknolojisi ile geliştirilmiş tekstil ürünlerinden örnekler..... | 18 |
| Görsel 1.7 NASA sponsorluğunda geliştirilen astronot eldiveni..... | 18 |
| Görsel 1.8 Frisby teknolojisi ile üretilen eldiven..... | 19 |
| Görsel 1.9 “Install” sıcaklığa duyarlı cam banyo fayansları | 20 |
| Görsel 1.10 Lebedev’in “Battery” Kupası..... | 20 |
| Görsel 1.11 Defacto’nun satışa sunduğu fotokromik tişört örneği..... | 21 |
| Görsel 1.12 LC Waikiki firmasının satışa sunduğu fotokromik tişörtler | 22 |
| Görsel 1.13 Termokromik baba çocuk giysisi | 23 |
| Görsel 1.14 Squid London hidrokromik yağmur giysileri..... | 23 |
| Görsel 1.15 A)“Active Tshirt” projesi tasarım çizimleri B) A)“Active Tshirt” projesi prototipi..... | 25 |
| Görsel 1.16 İletken iplik örnekleri. a)tamamen metal, gümüş lamine bakır tel b)gümüş kaplama poliyamid multiflament iplik c) metal folyo ile sarılmış Kevlar multiflament iplik..... | 26 |
| Görsel 1.17 A)İletken örme kumaş örneği B) İletken örme kumaş yapısı | 27 |
| Görsel 1.18 TERA fitness matı..... | 28 |
| Görsel 1.19 SEIL çanta | 29 |
| Görsel 1.20 Nemen LED Ceket | 30 |
| Görsel 1.21 LIQUID LIGHT elektrolif dokuma tekstil..... | 30 |
| Görsel 1.22 “Future Force Warrior” askeri kıyafet | 33 |
| Görsel 1.23 Görünmezlik kalkanı oluşturan akıllı tekstil yüzeyi | 33 |
| Görsel 1.24 Mercury programı için tasarlanmış ilk uzay giysisi..... | 34 |

| | |
|--|----|
| Görsel 1.25 Nasa'nın 2012 de geliştirdiği Z-1 prototip astronot giysisi | 35 |
| Görsel 1.26 Halk oylamasına sunulan Z-2 prototip astronot giysisi konsept çizimleri "Biomimicry, Technology ve Trends in society" (soldan sağa)..... | 35 |
| Görsel 1.27 Halk oylaması sonucu seçilen Z-2 prototip astronot giysisi "Technology"..... | 36 |
| Görsel 1.28 MIT'de geliştirilen "Biosuit" uzay giysisi | 37 |
| Görsel 1.29 VIKING firmasının termal sensör teknolojili itfaiyeci ceketi tasarımı..... | 38 |
| Görsel 1.30 Easy jet havayolları için Cute Curcuit tarafından tasarlanmış kabin ekibi üniformaları | 39 |
| Görsel 1.31 Easy jet havayolları için Cute Curcuit tarafından tasarlanmış mühendis üniformaları..... | 39 |
| Görsel 1.32 "Babyglow" termokromik bebek giysisi..... | 41 |
| Görsel 1.33 Otizimli çocuklar için tasarlanmış "BEAGLE" atkı | 42 |
| Görsel 1.34 EMRACE Prematüre bebekler için tasarlanmış taşıma çantası | 42 |
| Görsel 1.35 Gelecek temalı çizgi film Jetgillerden bir sahne ve günümüz konsept akıllı ev tasarımı görseli | 43 |
| Görsel 1.36 Islandığında kırmızı renge dönen hidrokromik özellikli paspas ve duş perdesi | 44 |
| Görsel 1.37 "Energy Curtain/Enerji Perde" projesi..... | 44 |
| Görsel 1.38 "METEO BLIND" hava sıcaklığı ve nem durumuna göre renk değiştiren nevresim..... | 45 |
| Görsel 1.39 İç mekân kullanımı için tasarlanmış Philips Lumalive kanepesi..... | 46 |
| Görsel 1.40 A) Griffin parka B) Aquatex için geliştirilen "hydroweave" kumaş C)Schofell's Project 3000 kayak montu..... | 47 |
| Görsel 1.41 (soldaki) Adidas tarafından tasarlanan ölçümleme yapabilen "adiStar Fusion Sistem"..... | 48 |
| Görsel 1.42 Adidas tarafından geliştirilmiş kalp atışı ölçümlemesi yapabilen tenis performans sütyeni | 48 |
| Görsel 1.43 "Nike+" uygulaması ve uyumlu spor giysileri ile mobil cihazlar..... | 49 |
| Görsel 1.44 Ying Gao Tasarımı Akıllı Giysi Örnekleri..... | 49 |
| Görsel 1.45 Hüseyin Çağlayan Tasarımı Akıllı Giysi Örnekleri..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Görsel 1.46 Rainbow Winters markasının satışa sunduğu fotokromik özellik gösteren giysi tasarımları..... | 50 |
| Görsel 2.1 STARFLAKE(üstte) ve CLAW(alta) çocuk güvenliği için tasarlanmış akıllı ceketler..... | 58 |
| Görsel 2.2 Neffa Studio tarafından tasarlanmış Chameleon Mod Şalları..... | 59 |
| Görsel 2.3 Sersoria tarafından geliştirilen akıllı çorap tasarımı | 60 |
| Görsel 2.4 Pauline van Dongen tasarımı “VIGOUR” rehabilitasyon ve fiziksel terapi giysisi | 61 |
| Görsel 2.5 Kristi Kuusk tasarımı tablet uygulamaları ile etkileşimli masallara dönüşebilen çocuk yatak takımları..... | 62 |
| Görsel 2.6 Arzu Kaprol tasarımı Akıllı Ceket. | 62 |
| Görsel 2.7 Hüseyin Çağlayan tasarımı “BEFORE MINUS NOW” (ilkbahar/yaz 2000) | 64 |
| Görsel 2.8 Hüseyin Çağlayan tasarımı “LASER DRESS” (ilkbahar/yaz 2008) | 64 |
| Görsel 2.9. Ying Gao tasarımı “WALKING CITY” | 65 |
| Görsel 2.10 Ying Gao tasarımı “(NO)WHERE (NOW)HERE” | 66 |
| Görsel 2.11 Katy Perry’ nin tavus kuşu temalı LED efektli sahne kostümü | 67 |
| Görsel 2.12 Katy Perry CATSUIT American Idol 2011 Kostümü..... | 68 |
| Görsel 2.13 Teknolojik etkilerin japon modasına bir yansıması Hikaru Etekler..... | 68 |
| Görsel 2.14 Pauline van Dongen tasarımı “WEARABLE SOLAR” elbise ve ceket..... | 69 |
| Görsel 2.15 “POM POM MIRROR” karşısında duran kişinin hareketlerine senkronize olarak desenlenen kürklü ayna | 70 |
| Görsel 2.16 Karşısındakinin bakışlarını algılayıp tepki gösterebilen interaktif giysi tasarımı..... | 71 |
| Görsel 2.17 “THE PRECENCE OF MYSELF” performans sanatı çalışması..... | 71 |
| Görsel 2.18 Cadbury Eğlence Ceketini..... | 72 |
| Görsel 2.19 Serna Uçar’ın Sanatta Yeterlik tezi kapsamında tasarladığı “ÜTOPYA” temalı Luminex kaftanlar | 73 |
| Görsel 3.1 Worbin’in termokromik boya kullanımı ile gerçekleştirdiği uygulama örnekleri | 80 |
| Görsel 3.2 Robertson’ın Ambiance’ 11 konferansında sunduğu çalışmasındaki sıvı kristal termokromik boya renk değişimi ile desen çalışmasından bir örnek | 82 |

| | |
|---|-----|
| Görsel 3.3 Uygulama sırasında sistemdeki belirli zaman aralıklarındaki renk değişimleri..... | 82 |
| Görsel 3.4 AmbiKraft Projesi uygulama örnekleri | 83 |
| Görsel 3.5 Kooroshnia'nın 13. AUTEX Dünya tekstil konferansında sunduğu Leyko Termokromik boyalar ile ilgili çalışmasında sunduğu veriler ve uygulama örnekleri | 84 |
| Görsel 3.6 Termokromik boyaların tekstil yüzeylerinde kullanımına örnek temel çalışmalar. | 85 |
| Görsel 3.7 STONE ISLAND ICE Ceket, Sonbahar/Kış 2011..... | 86 |
| Görsel 3.8 Zane Berzina tasarımı "TOUCH ME/DOKUN BANA" duvar kağıdı | 87 |
| Görsel 3.9 Shi Yuan tasarımı ısıya duyarlı dijital baskı duvar kâğıtları..... | 87 |
| Görsel 3.10 Marjan Kooroshnia tasarımı renk değiştiren hasta maskeleri | 88 |
| Görsel 3.11 J. Mayer H. tasarımı "Lie" yatak çarşafı..... | 88 |
| Görsel 3.12 Alexander Wang Sonbahar/Kış 2014 koleksiyonundan termokromik tasarım örnekleri | 89 |
| Görsel 3.13 Joanna Berzowska tasarımı "Spotted Dresses" | 90 |
| Görsel 3.14 Maggie Orth tasarımı, Dynamic Double-Weave, 2007 | 90 |
| Görsel 4.1 Termokromik baskı desen çalışması için tasarlanan temel birim | 102 |
| Görsel 4.2 Termokromik baskı desen çalışması | 102 |
| Görsel 5.1 Uygulama V aplikasyon süreçleri | 119 |
| Görsel 5.2 Ceket üzerinde termokromik boyaların gösterdiği renk değişimleri..... | 120 |
| Görsel 5.3 Bisiklet yaka % 100 pamuklu süprem tişört üzerine yapılan termokromik baskılarda renk değişimi..... | 121 |
| Görsel 5.4 Yuvarlak yaka % 100 pamuklu süprem atlet üzerine yapılan termokromik baskılarda gösterdiği renk değişimi..... | 122 |
| Görsel 5.5 V yaka % 100 pamuklu süprem tişört üzerine yapılan termokromik baskılarda renk değişimi | 123 |

GİRİŞ

Tasarım süreçlerinde kullanılan malzemelerin üstlendikleri rol önemlidir. Yeni teknolojiler ve buluşlar ise malzemenin kullanım olanakları, anlatımsal olarak potansiyelleri, ürün tasarım senaryoları ve süreçlerine etkileri gibi birçok konuda ön plana çıkmaktadır. İnsanlık tarihinde önemli bir yere sahip olan tekstil malzemeleri de gelişen teknolojiler ve buluşların da etkisi ile çeşitli gelişimler sergilemiştir. Teknik tekstiller ile başlayan bu süreç akıllı tekstillerin gelişimi ile farklı bir boyut kazanmıştır.

Öncelikle işlevsel odaklı olarak geliştirilen akıllı tekstil malzemeleri, üretim yöntemlerindeki gelişmeler ve kullanım olanaklarının artması ile beraber; günlük uygulamalarda da kullanılır hale gelmiştir. Tekstil sanatçılarının çeşitli moda gösterilerinde, kavramsal çalışmalarında, giyilebilir sanat objelerinde vb. birçok alanda bu malzemeler gözlemlenmeye başlanmıştır. Yapılan çalışmalar gelişmiş teknolojiye sahip bu yeni malzemelerin tasarım süreçleri açısından potansiyellerini gündeme getirmiş, alışılmışın dışındaki akıllı malzemelerin ürünleşme süreçlerindeki tasarım kaygılarını ve farkındalıklarını ön plana çıkarmıştır.

Akıllı tekstil malzemelerinin ürün tasarım süreçlerinde yer almasında önemli etmenler arasında malzemelerin karakteristik ve kullanım alanlarında çeşitli özelliklerinin bilinirliği ve bu malzemelere ulaşım imkânının olması yer almaktadır. Bu tez çalışmasında öncelikle akıllı tekstil tanımı ve çeşitleri üzerinden detaylı bir bilgilendirme yapılmış ve akıllı tekstil malzemeleri konusunda güncel Türkçe bir kaynak görevi görmesi hedeflenmiştir. Bu bilgiler dâhilinde takip eden bölümde akıllı tekstil malzemelerinin kullanım alanları irdelenmiş ve bu kullanım alanlarının malzeme seçimi ve tasarım süreçlerine olan etkilerine odaklanılmıştır.

Geçmişten günümüze, renk kavramının tekstil ve moda tasarımındaki etkilerine dair tekstil sanatçılarının ve moda tasarımcılarının çalışmalarında da gözlemlenebilen birçok örnek bulunmaktadır. Bununla birlikte renk kullanımı sezon etkileri, eğilimler, toplumsal değişimler ve teknolojik gelişmeler gibi birçok etkiyle çeşitlilik göstermektedir. Günümüzde teknolojik gelişmelerin tekstil ve moda endüstrisinde güçlü bir etkisi vardır. Termokromik malzemelerin gelişiminin tekstil üzerindeki etkileri renk kullanım senaryolarındaki değişimlere örnek olabilecek etkilerden biridir. Termokromizm sıcaklık değişimi ile birlikte oluşan geri dönüşümlü renk değişiklikleri

olarak tanımlanır. Bu sıcaklık değişiklikleri gözle görülür ve etkileyici değişimlerdir ve çok düşük sıcaklıklarda değişim gösteren boyalar da bulunmaktadır. Bu nedenle tez çalışmasının uygulama süreçlerinde akıllı malzemelerin bir türü olan termokromik boyaların tekstil ürünlerinde kullanım olanaklarına yönelik faaliyetler yürütülmüştür. Bu aşamada öncelikle termokromik boyaların özelliklerine ve kullanım alanlarına değinilmiştir. Ayrıca, termokromik boyaların tekstil ve moda tasarımındaki potansiyellerine odaklanılmış, çeşitli tasarımcıların çalışmaları üzerinden termokromik etkinin tekstile yansımaları örneklendirilmiştir. Leyko termokromik boyalar tekstil ürünlerinde kullanım potansiyeli taşımaktadırlar. Tez kapsamında temin edilen farklı renklerde leyko termokromik pigmentlerin tek başlarına, karışım halinde ve tekstil baskıcılığında kullanılan reaktif boyalar ile karıştırılarak kullanımları ile ilgili denemeler gerçekleştirilmiştir. Uygulama parametreleri belirlenmiş, termokromik boyalar ve çalışma mekanizmaları anlaşılmış, tekstil ve giysi tasarımında kullanım olanakları ile uygulama kısıtları belirlenmeye çalışılmıştır. Tasarlanan desenler ile çeşitli giysilere baskılar gerçekleştirilerek tasarım uygulamalarına yönelik olarak örnekler ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

1 AKILLI TEKSTİLLER

1.1 Akıllı Tekstillerin Tanımı

Akıllı tekstil kavramını tanımlamak için önce akıllı tekstilin düşünce bazında temellerini oluşturan teknik tekstil kavramından bahsetmek yerinde bir başlangıç olacaktır. Farklı alanlardaki teknolojik gelişmeler, yeni polimer, malzeme ve üretim yöntemlerinin bulunması tekstil malzemelerinin bilinen geleneksel uygulamaları (giysi ve ev tekstili) dışında da kullanım alanı bulmasına ön ayak olmuştur. Çeşitli ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilmiş, kullanım yerine göre farklı fonksiyonel özelliklere sahip tekstillerin üretimi sonucu teknik tekstil kavramı ortaya çıkmıştır. “Estetik veya dekoratif özelliklerinden ziyade esasen sahip oldukları teknik ve performans özellikleri için imal edilen tekstil ürünleri” (McIntyre ve Daniels, 1995) olarak tanımlanan teknik tekstiller gün geçtikçe daha fazla uygulama alanı bulmaktadır.

Bazı kaynaklarda teknik tekstil üretiminin başlangıcı olarak gemilerde kullanılan yelken bezlerinin üretilmesinin kabul edilmesi (Akardeniz ve Kıraç, 2015, s.453), teknik tekstillerin fonksiyon önceliği ile ortaya çıktığının bir göstergesidir. Teknik tekstiller, özellikle 1939 yılında ilk sentetik lif olan poliamidin endüstriyel olarak üretilbilir hale gelmesinden sonra üretim ve uygulama alanlarında büyük gelişme göstermiş, çok farklı özelliklere sahip yeni sentetik liflerin geliştirilmesi ile de pek çok yeni teknik tekstil malzemesinin üretim ve uygulama olanağı doğmuştur.

Artan malzeme çeşidi ve uygulama alanları nedeniyle teknik tekstillerin sınıflandırılma ihtiyacı doğmuştur. Günümüzde herkes tarafından kabul görmüş teknik tekstil sınıflandırması Şekil 1.1’de gösterilmiştir (Bryne, 2002, s. 3-4). Bu ana gruplar ve kapsadığı ürünler aşağıda sunulmuştur.

Agrotech: Tarım, su ürünleri, bahçecilik ve ormancılık

Buildtech: Bina ve inşaat

Clothtech: Ayak giyecekleri ve giysi

Geotech: Jeotekstiller ve inşaat mühendisliği

Homotech: Mobilya teknik komponentleri, ev tekstilleri ve yer döşemelikleri

Indutech: Filtrasyon, taşıma, temizleme ve diğer kullanımlar

Medtech: Hijyen ve tıbbi kullanımlar

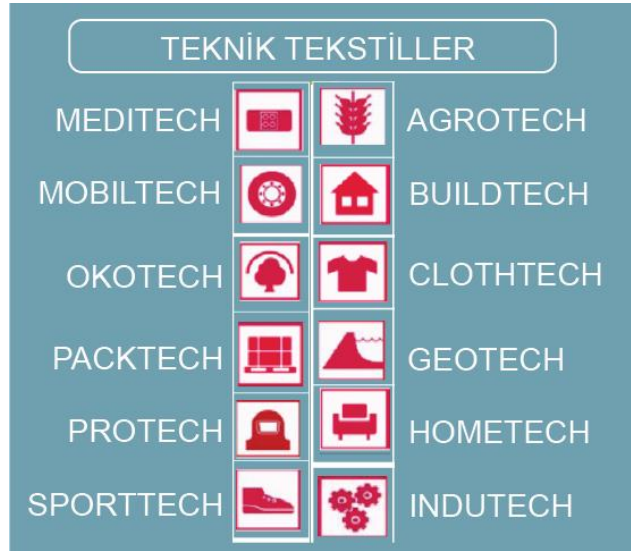
Mobiltech: Otomobiller, deniz taşımacılığı, demiryolu ve uzay çalışmaları

Oekotech: Çevre koruma

Packtech: Ambalaj, paketleme

Protech: Kişisel koruma ve eşya koruma

Sporttech: Spor amaçlı ve günlük kullanımlar



Şekil 1.1 Teknik tekstillerin sınıflandırılması.

Her ne kadar böyle bir sınıflandırma yapılıyor olsa da bazı ürünler birden fazla grup içine dâhil edilebilmektedir. Örneğin bir antimikrobiyal özellikli giysi hem koruyucu giysiler, hem de tıbbi giysiler sınıfında değerlendirilebilir. Ayrıca bazı durumlarda estetik ve dekoratif özellikler de performans özellikleri kadar önemli olabilir. Örneğin uçaklarda kullanılan halıların performans özelliklerinin yüksek olması gerekliliktir. Ancak estetik özellikleri de çok önemsenir ve pek çok firma bu halıların tasarımlarını tanınmış tasarımcılara yaptırmayı tercih eder.

Teknik tekstillerin ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen fonksiyonların sonucunda ortaya çıkan ürünler olduğundan bahsederken bu ürünlerin ne çıkan özellikleri dört başlık altında toplanabilir:

- *Mekanik zellikler*, kendi aralarında mukavemet, takviyelendirme ve elastikiyet olarak üç gruba ayrılmaktadır.
- *Değiştirme zellikleri*, gözenekli malzemeler olan teknik tekstillerde partikül büyüklüğüne göre geçirgenlik özelliği ile ısı, elektrik vb. iletim veya yalıtımını etkileyerek değişikliklere sebebiyet verirler. bu özellikler filtrasyon, izolasyon ve iletkenlik, drenaj, su geçirmezlik ve emicilik olarak beş grupta toplanmaktadırlar.
- *İnsan sağlığı ile ilgili özellikler*, mikroorganizmalara karşı korunma, protez, ameliyat malzemeleri, dokulara uyumlu parçalar veya biyolojik olarak vücutta znebilen malzemeler olarak insan sağlığı açısından önemli olan bir çok alanda kullanılan teknik tekstillerde gözlemlenmektedir.
- *Koruma zellikleri*, çok çeşitlilik göstermektedir. Isıl, mekaniksel ve radyolojik etkilerden korunma sağlanabilir. Başlıca koruma özellikleri; elektrik yalıtımı, UV koruması, NBC (nükleer, biyolojik ve kimyasal) koruması, fosforesan ve flüoresan özellik göstermesi, elektro-manyetik alanlardan koruma olarak sıralanabilir (zdizdar, 2004, s. 2-3).

Teknik tekstiller fonksiyonellik özellikleri ile endüstri, uzay çalışmaları, askeriye, denizcilik, tıp, inşaat, gibi ileri teknoloji gerektiren sektörlerde ön plana ıkmişlardır. Öyle ki belirli özellikleri geliştirmek amacı ile başlayan teknik tekstil serüveni ilerleyen teknoloji ile akıllı tekstillere doğru yönlenmiştir ve akıllı tekstil ürünleri geliştirilmiştir.

Akıllı tekstiller, belirlenmiş bir teknik özelliğin iyileştirilmesi prensibi ile geliştirilen teknik tekstillerin yanı sıra herhangi bir etkiyi veya etki değişikliğini algılama ve buna bir tepki verme özelliğine sahip tekstil ürünleridir.

Akıllı tekstillerin pek çok tanımı bulunmaktadır. Bununla beraber Tao'nun akıllı malzeme ve yapılar için yapmış olduğu “Mekanik, termal, kimyasal, elektriksel, manyetik ve ya başka bir kaynaktan gelen çevresel etken ya da uyarınları algılayan ve

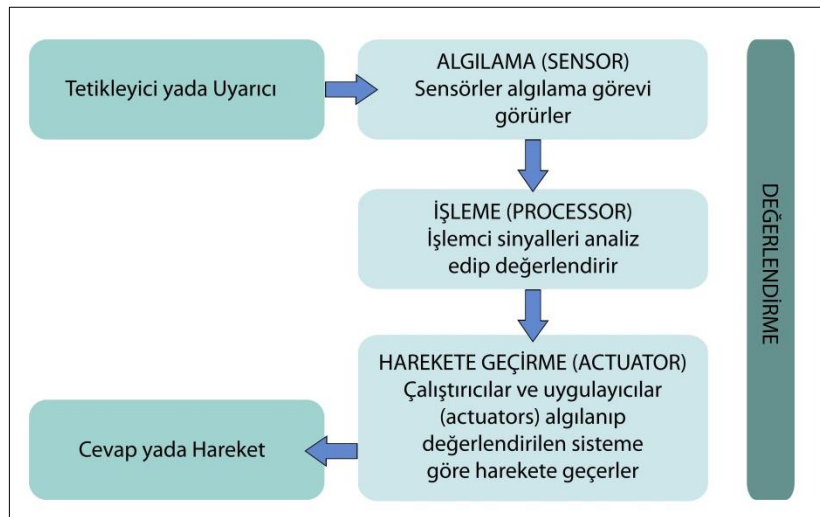
reaksiyon gösteren malzeme ya da yapılarıdır.” tanımı en genel kabul görmüş tanımdır (2001,s.2-3). Bir akıllı malzeme sınıfı olarak akıllı tekstillerin; algılayıcı, harekete geçirici ve yönetici üç birimden oluştuğunu belirten Tao, gösterdikleri reaksiyonlara göre akıllı tekstilleri pasif akıllı tekstiller, aktif akıllı tekstiller ve çok akıllı tekstiller olarak üç gruba ayırmıştır.

- Pasif akıllı tekstiller, çevreden gelen etkileri algılayabilen tekstillerdir.
- Aktif akıllı tekstiller, çevreden gelen etkileri algılayabilen ve tepki gösterebilen tekstillerdir.
- Çok akıllı tekstiller ise çevreden gelen etkileri algılayıp tepki göstermekle birlikte özelliklerini bu şartlara adapte edebilen tekstillerdir.

Tao'nun aktif, pasif ve çok akıllı tekstil sınıflandırmasına benzer bir sınıflandırma yapan Schwarz ve diğerleri (2010, s.106);

“Akıllı malzemeler çevresel ya da dış uyaranları algılama yetisine sahip ve tam anlamıyla akıllı olduğunda ise dış uyaranlara tepki gösterip özelliklerini bunlara göre adapte edebilen akıllı sistemlerden şekillenmiş malzemelerdir.” (Şekil 1.2)

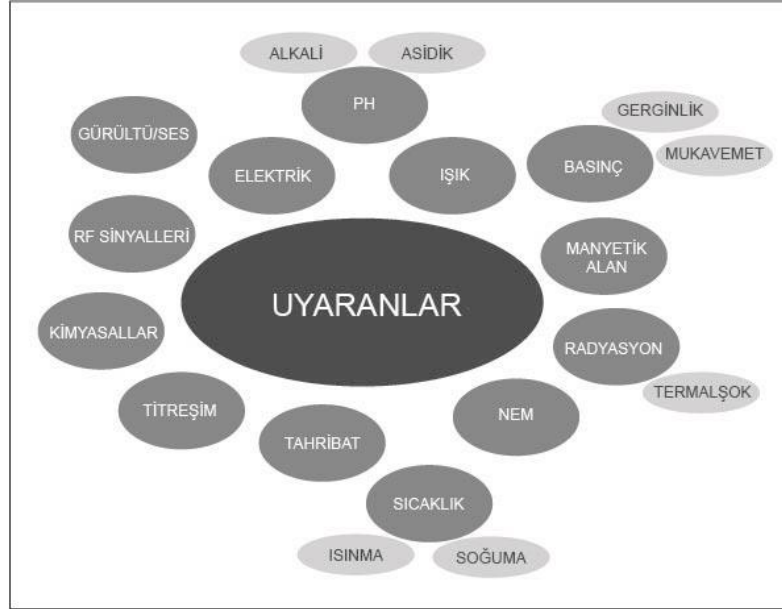
tanımlamasını yapmışlar ve olası uyarıcı etkenleri şematize ederek açıklamışlardır. Şekil 1.3'te bir malzeme üzerinde etkili olabilecek farklı uyarıcılar şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Akıllı tekstillerin çalışma prensibi.

Kaynak: Schwarz vd., 2010, s.107.

Akıllı malzemelerdeki bu sistemin akıllı tekstil malzemelerinin yorumlanmasında da kullanılabileceğine değinilen bu çalışmada bununla birlikte sadece uyarıcı etkinin de tekstilde akıllılık kavramı için yeterli olduğundan söz edilmiştir.



Şekil 1.3 Bir malzeme üzerinde etkili olabilecek dış uyarıcılar.

Kaynak: Schwarz vd., 2010, s.106.

Akıllı bir tekstil sistemi algılama, tepki verme, enerji sağlama/üretme/depolama, iletişim kurma, veri süreçleri sağlama ve birbiriyle ilişkilendirme şeklinde altı gruba ayrılmış özelliklerden bir ya da birkaçını gösterebilmektedir. Bununla birlikte ön koşul olarak esneklik kapasitesi, giyilme konforu, yıkanabilirlik, tekstil bakım süreçlerine karşı dayanıklılık ve direnci gibi kıstaslar ön plana çıkmaktadır.

Akıllı tekstil malzemelerinden farklı olarak akıllı giysiler “akıllı malzeme birleşimleri sayesinde kullanım senaryosunda girdi ve çıktı oluşturabilen işlevsel özelliklere sahip giysiler” olarak tanımlanabilir (Steffen vd., 2009, s.80).

Ayrıca Suh ve diğerleri de “Akıllı Giysi Ürün Geliştirme Süreçleri” üzerine yaptıkları çalışmalarında Manchester Tekstil Enstitüsü’nün “Akıllı giyim, uyarıları algılayıp, bilgiye dönüştürüp gerekli tepkiyi vererek etkileşimli tepkiler sağlayan yeni bir giysi özelliğidir.” tanımlamasına yer vermişlerdir (2010, s.1).

Akıllı tekstiller “...az ya da çoklu karmaşık yollarla, çevresi ile etkileşime giren ve çevresel etkilere tepki gösterip adapte olabilen tekstil içerikli malzemeler” şeklinde de tanımlanmaktadır (Nilsson vd., 2011, s. 269).

Tüm bu tanımlamalar göz önünde bulundurularak akıllı tekstiller, akıllı malzeme sistemleri ile paralel şekilde, teknolojik gelişmelerin doğrultusunda bir gelişim sergilemişlerdir. Bu gelişim doğrultusunda akıllı tekstiller, çevreden gelen belirli uyarıcıları algılama, tepki gösterme ve özelliklerini adapte edebilme gibi özelliklerden bir ya da birkaçını gösterebilen; aynı zamanda tekstil malzemenin doğası gereği esneklik, dayanıklılık, konfor ve kullanılabilirlik, yıkanabilirlik gibi özellikleri de bünyesinde barındırması beklenen malzemeler olarak tanımlanabilir.

1.2 Akıllı Tekstillerin Sınıflandırılması

Tao'nun akıllı tekstiller için pasif, aktif ve çok akıllı olarak yaptığı temel sıralamanın yanı sıra akıllı tekstil malzemelerini malzeme özellikleri, kullanım alanları vb. konularda sınıflayan birçok araştırmacı olmuştur. Bu bölümde akıllı tekstil malzemeleri sırasıyla malzemeler ve kullanım alanlarına göre sınıflandırılarak incelenmiştir.

1.2.1 Malzemelere göre akıllı tekstiller

“Malzemeler yaşadığımız fiziksel dünyayı tanımlar ve gördüğümüz, dokunduğumuz, duyduğumuz, kokladığımız ve tattığımız tüm şeylerin temelini oluşturur.”

(Van Bezooyen, 2013, s.277)

Akıllı tekstil malzemeleri malzeme özelliklerine göre incelendiğinde; birçok araştırmacının çeşitli sınıflandırma sistemleri ile akıllı tekstil malzemelerini tanımladığı gözlemlenebilmektedir.

Akıllı tekstiller Hohenstein Araştırma Enstitüsü tarafından; Transfer Sistemleri, Adapte Olabilen Sistemler, Akıllı Giysiler, Aktarıcı Sistemler, Mikro teknoloji ve Nano teknoloji olarak beş grupta toplanmıştır (Coşkun, 2007, s.20).

Transfer Sistemleri; nano kapsüller, moleküler depolar veya mikro kapsüller ile birleştirilmiş tekstil yüzeyleri neme, basınca ve ısıya maruz kaldığında belirli aktif maddeler yaymaktadırlar.

Adapte Olabilen Sistemler; kendiliğinden çevredeki ve vücuttaki değişen şartlara adapte olmaktadır. Bunlar nem, ışık ve ısı değişimlerine reaksiyon göstermektedirler.

Akıllı Giysiler; elektronik parçaları giysilerle bütünleştiren tekstil temelli bilgi ve iletişim teknolojilerini içermektedir.

Aktarıcı Sistemler; lazer kodları veya radyo frekans alanları kullanılarak içeriği değiştirilebilen veya yüklenilebilen minyatüre edilmiş elektronik depo araçlarıdır.

Mikroteknoloji ve Nanoteknoloji; mikro ve nano malzeme kullanımı ile çok küçük elektronik parçalar ve algılayıcılar gözle görünmeyecek bir şekilde tekstil ürünlerine bütünleştirilmektedir. Böylece tekstil ve elektroniğin birleştirildiği otomatik izleme, düzenleme ve kontrol yapabilen ürünler geliştirilmektedir.

Akıllı tekstillerde kullanılan akıllı malzemeler, etkili uyaranlar ve oluşan tepkileri esas alınarak, elektriksel, manyetik, optik, termal ve mekanik olmak üzere beş grupta toplanmıştır (Chapman, 2006, s.5). Bu sınıflandırma Tablo 1.1’de gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Uyaran ve etkilerine göre akıllı kumaşlarda kullanılan akıllı malzemelerin gruplandırması

| Uyaran/Tepki | Elektriksel | Manyetik | Optik | Termal | Mekanik |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|---|--------------------|--|
| Elektriksel | | | Elektro-kromik Elektro-ışıldama Elektro-optik | Termo- elektrik | Piezo-elektrik Elektro-kısıtlama Magneto-reolojik sıvılar |
| Manyetik | | | | | Magneto-reolojik sıvılar Magneto-kısıtlama |
| Optik | Foto-iletkenlik | | Foto-kromik | | |
| Termal | | | Termo-kromik Termo-ışıldama | | Şekil hafızalı |
| Mekanik | Piezo-elektrik Elektro-kısıtlama | Magneto- kısıtlama | Mekanik-kromik | | Negatif poisson oranı |

Kaynak: Chapman, 2006, s.5.

Norstebo (2003, s.5) ise akıllı tekstilleri üretim yöntemlerine göre sınıflandırarak;

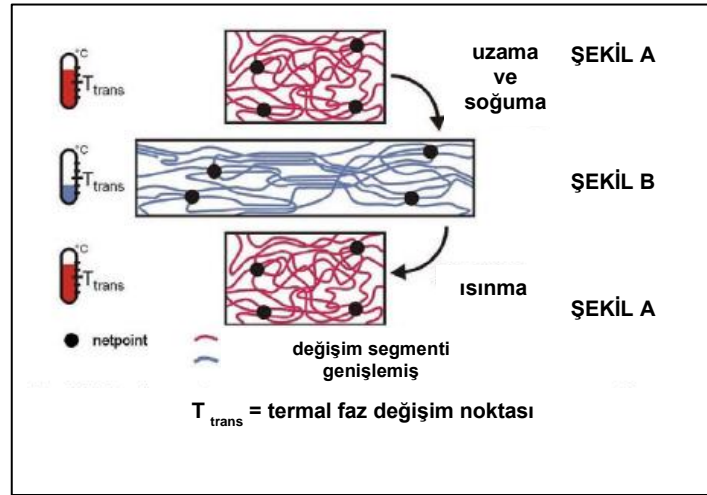
- Faz değiştiren materyallerden (PCM) elde edilen akıllı tekstiller,
- Şekil hafızalı materyallerden (SMM) elde edilen akıllı tekstiller,
- Kromik materyallerden elde edilen akıllı tekstiller,

- Elektronik / İletken tekstillerden, liflerden elde edilen akıllı tekstiller,
- Diğer akıllı kumaşlar ve tekstiller olarak gruplandırmıştır.

Geçerliliğini koruyan ve yaygın olarak kabul gören bir diğer gruplama sistemi ise şekil hafızalılar, faz değıştirenler, renk değıştirenler ve giyilebilen elektronikler olarak dört ana gruptan oluşmaktadır (Tang ve Stylios, 2006, s.108-125).

1.2.1.1 Şekil hafızalı akıllı tekstiller (SMM)

Şekil hafızalı malzemeler belirli bir uyarandan etkilediklerinde geçici ve değışmiş biçimlerinden daha önceden programlanmış biçimlerine dönüşebilen malzemelerdir (Chapman, 2006, s.3). Şekil hafızası özelliği malzemelerin özünden gelen doğal bir özellik değildir. Bu sebeple malzemeler tarafından kendiliğinden gösterilen tepkiler olarak gözlemlenmezler. Malzemeleri oluşturan polimerlerin biçimbilim süreçleri doğrultusunda programlanması ve işlevselleştirilmesi sonucu ortaya çıkan malzemelerdir. Şekil 1.4'te ısı ile uyarılmış şekil hafızası etkisinin moleküler çalışma prensibi örnek olarak sunulmuştur. Geleneksel bir yöntemle kalıcı bir form verilmiş malzeme çeşitli deformasyon ya da şekillendirme yöntemleri ile aldığı geçici formdan programlandığı çevresel bir etki doğrultusunda kalıcı formuna geri dönüş yapmaktadır.



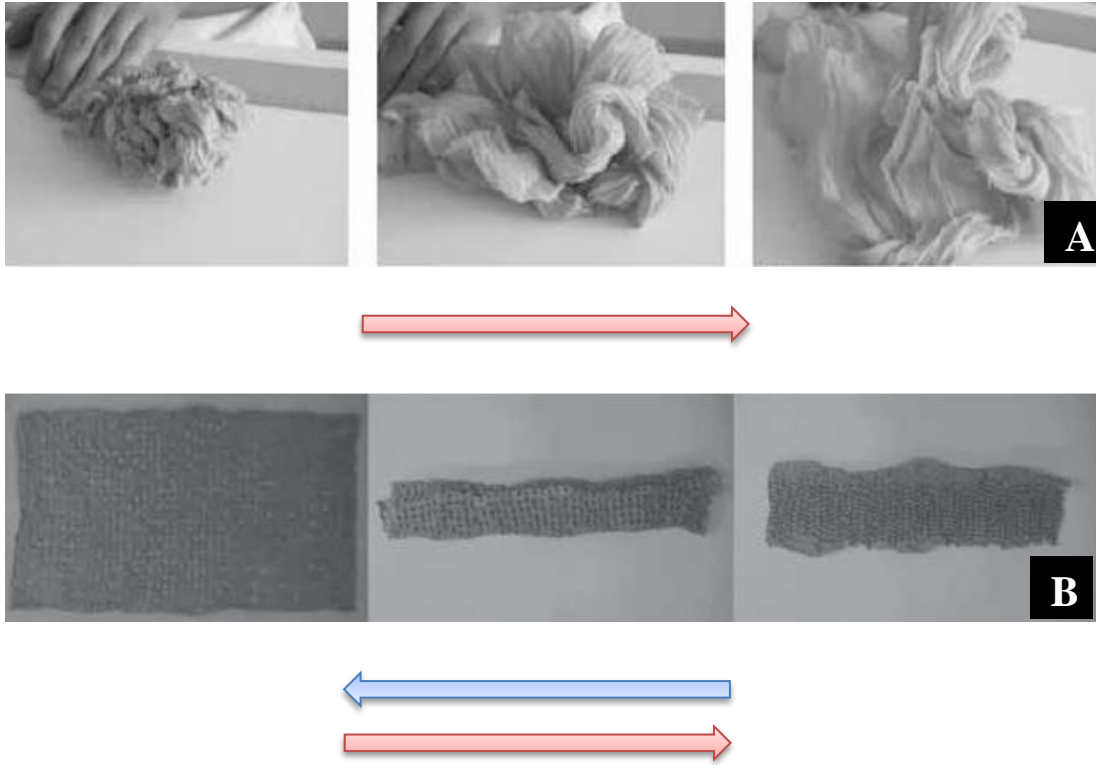
Şekil 1.4 Isı ile uyarılmış şekil hafızası etkisinin moleküler çalışma prensibi

Kaynak: Behl ve Lendlein, 2007, s.21.

Görsel 1.1'de SMA içerikli kumaş örneklerinde şekil hafızası dönüşümünün tek ve iki yönlü örnekleri sunulmuştur. Birçok kez tekrarlanabilen bu süreçte farklı geçici

formlarda da aynı dönüşüm gözlemlenebilmektedir (Behl ve Lendlein, 2007). Şekil hafızalı malzemeler, şekil hafızalı alaşımlar (SMA) ve şekil hafızalı polimerler (SMP) ve şekil hafızalı seramikler (SMC) olarak sınıflandırılır. Tekstil yapılarında SMA ve SMP'ler kullanım alanı bulmuşlardır.

Şekil hafızası etkisi ilk olarak 1930'larda İsveçli araştırmacı Arne Ölander tarafından altın kadmiyum alaşımında bulunmuştur. Daha sonrasında 1956'da bakır çinko alaşımlarda da aynı etki gözlemlenmiştir. Günümüzde kullanılan en güçlü şekil hafızalı alaşım etkisi ise 1961'de Amerikan Naval Ordnance Laboratuvarları'nda yapılan araştırmalarda Nikel Titanyum alaşımlarda bulunmuştur ve kullanımı en yaygın olan bu alaşım ticari olarak Nitinol (NiTi) adını almıştır (Ritter, 2007, s.59).



Görsel 1.1 SMA içerikli kumaş örneklerinde şekil hafızası dönüşümü (A) tek yönlü şekil hafızası dönüşümü, (B) çift yönlü şekil hafızası dönüşümü

Kaynak: HU ve MENG, 2011, s.135.

SMA'lar hava araçları, borular, robot sistemleri gibi endüstriyel uygulamalardan görme ölçümü, ortopedik ameliyatlara, diş hekimliği gibi medikal uygulamalara ve gözlük çerçeveleri, kahve bardağı gibi gündelik kullanım ürünlerinden uydu antenleri ve vasküler stentler gibi yüksek performans cihazlarına kadar birçok alanda

kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra tekstil üzerindeki estetik etkileşimleri ve işlevsel etkilerinin kullanımının ön plana çıktığı çok sayıda şekil hafızalı giysi ve aksesuar örneği de bulunmaktadır. Görsel 1.2'deki sunulan İtalyan Firması Corpo Nove'nin 2001 yılında Nitinol SMA teller ve naylon lifleri ile tasarladığı, ortam sıcaklığına göre kolları kısalıp uzayan gömlek (Lazy Shirt) ve Leenders'in 2010 yılında tasarladığı kumaş içine yerleştirilmiş SMA teller ile tasarladığı gömlek şekil hafızalı giysilere örnek gösterilebilir (HU ve MENG, 2011, s.135).



Görsel 1.2 Şekil hafızalı giysi örnekleri.A)kolları kısalan Lazy Shirt,

B)LEENDERS tasarımı SMA tellerden oluşan gömlek

Kaynak: A) <http://www.gradozero.eu/gzenew/index.php?pg=oricalco&lang=en>

B) <https://www.pinterest.com/pin/387661480399532376/>

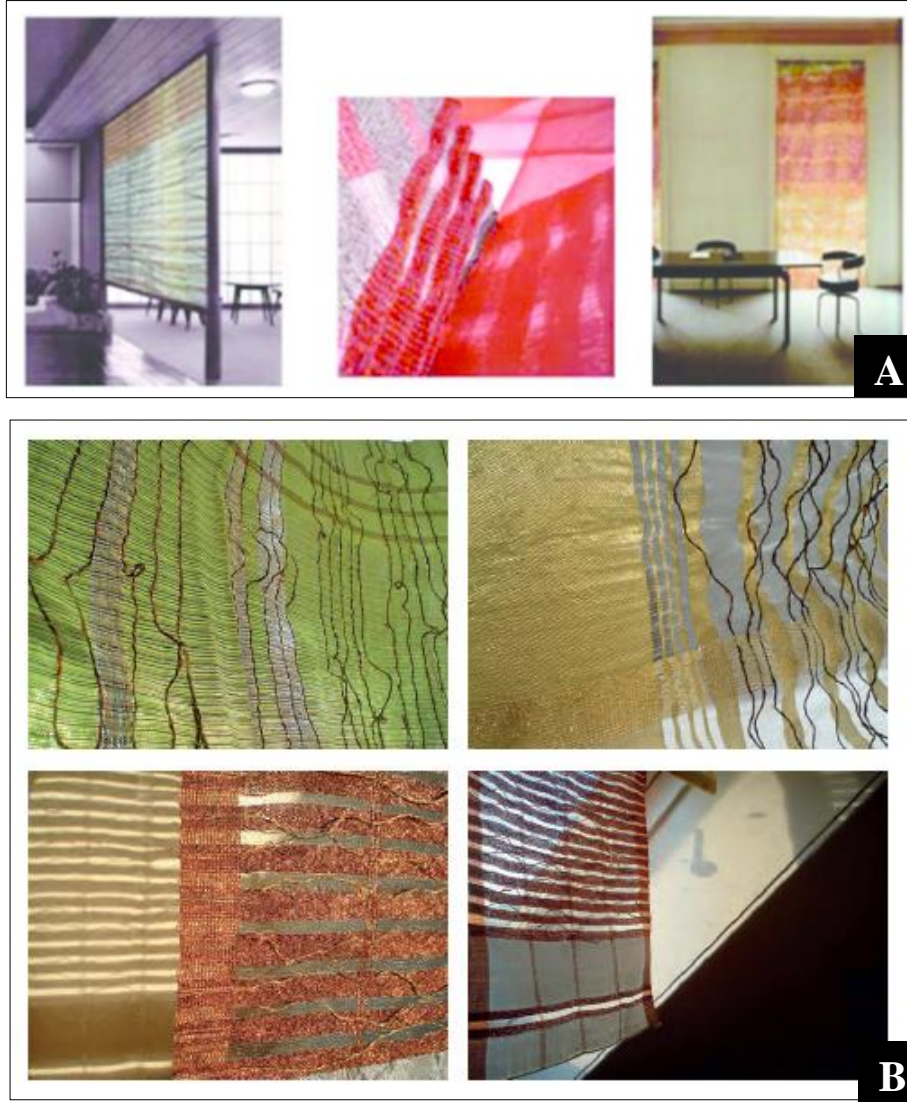
Ayrıca Görsel 1.3'teki E-motion tekstiller projesi kapsamında tasarlanmış ürünlerden biri olan Max Schäth tasarımı kullanıcının moduna göre şekil değiştiren başlık kapüşon, origami ve modülerlikten esinlenilerek tasarlanmış ve şekil hafızalı alaşımlar kullanılmıştır.



Görsel 1.3 “OUTSOURCING” kullanıcının moduna göre şekil değiştiren başlık kapüşon tasarımı

Kaynak: <http://fashioningtech.com/2009/09/08/interactive-fashion-gets-personal/>

SMA içerikli kumaşlar estetik olarak yeni bir yorum getirmenin ve özgün işlevlerinin yanı sıra pratik kullanımda da yer alabilecek senaryoları olan ürünlere dönüşebilmektedirler. Görsel 1.4’te sunulan Stylios ve Wan’ın 2005 yılında geliştirdiği oda sıcaklığına göre değişiklik gösteren perde tasarımları (HU ve MENG, 2011, s.136) ve Yvonne Chan Vili’nin 2003 yılında tasarladığı SMA içerikli tekstillerden oluşan sıcaklığa bağlı kinetik tekstil yapıları bu alandaki uygulamalara örnek olarak gösterilebilir (Ritter, 2007, s.65).



Görsel 1.4 Şekil hafızalı iç mekân tekstilleri örnekleri A) Stylios ve Wan tasarımı şekil hafızalı perdeler, B) Yvonne Chan Vili'nin tasarladığı sıcaklığa bağlı şekil hafızalı iç mekân tekstilleri

Kaynak: A) https://www.researchgate.net/figure/282556673_fig4_Fig-5-An-intelligent-window-curtain-application-George-K-Stylios-and-Taoyu-W-2007, B) Ritter, 2007,s.65.

SMA içerikli tekstiller ile tasarlanan ve geliştirilen birçok ürün olmakla beraber SMA liflerinin geleneksel tekstil liflerine göre mekanik farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Öncelikle SMA teller giysi üzerinde belirgin çıkıntılar oluşturma eğilimi göstermektedir. Bu sebeple bu malzemeler ile karmaşık tekstil yapıları oluşturmak zorlaşmaktadır. Bunun yanında sertlik ve esneme kısıtları SMA tellerin örme yüzeylerde kullanımını zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak malzeme fiziksel özellikleri göz

önünde bulundurularak tasarlanmadığı durumlarda giysinin doku sertliğini ve hissiyatını belirgin olarak etkilemektedir (HU ve MENG, 2011, s.138).

SMA'lara kıyasla SMP'lerin yani şekil hafızalı polimerlerin hafiflik, düşük maliyet, kolay işlenebilirlik, yüksek şekil deformasyonu ve geri dönüşümü kapasitesi, giyimeye uygun değişim sıcaklıkları gibi avantajları daha fazladır. Dezavantajları ise SMA'lara göre mekanik değişimlere ve geri dönüşümlere göre dayanıklılıklarının daha düşük olmasıdır (HU ve MENG, 2011, s.138).

Hu ve Lu 2013 yılında yayınladıkları çalışmalarında şekil hafızalı polimer liflerin tekstil uygulamalarını sınıflandırmışlardır. Bu liflerin sağladığı avantajlar ve ürünleri kapsayan sınıflandırmaları Tablo 1.2'de sunulmuştur.

Tablo 1.2 *Şekil Hafızalı Polimer Lifler ile Tekstil Uygulamaları*

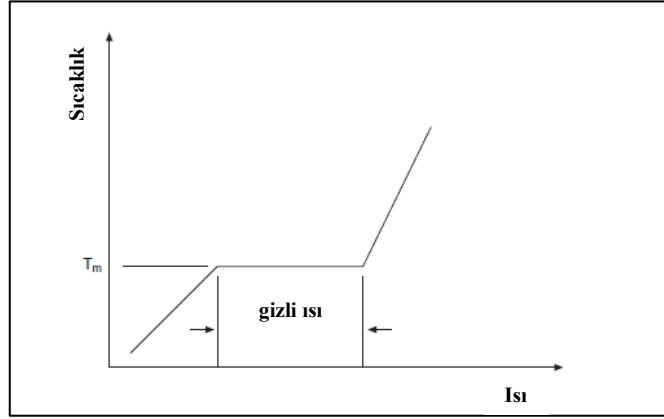
| Uygulamalar | Avantajlar | Ürünler |
|---|---|--|
| Yüksek Basınç için Özelleşmiş Giysi ve Aksesuarlar | Kolay giyme ve çıkarma Dayanıklılık Gevşeme ve şekil kaybını önleme | Medikal giysiler Özelleşmiş spor giysileri vb. |
| Rahatlık için Özelleşmiş Giysi ve Aksesuarlar | Baskıyı azaltma Vücut şekline göre beden değişimi Sıcaklık ve nem kontrolü Gevşeme ve şekil kaybını önleme | İç giyim Çorap Bebek bezi Giysi kemerleri Spor Giysileri vb. |
| Şekil Muhafazası için Özelleşmiş Giysi ve Aksesuarlar | Düz yüzey görünümü Pile, kat yeri ve kırışıklık muhafazası Sarkma ve deformasyon düzeltme Kırışık düzeltme | Gömlek Pantolon Elbise Yatak tekstili vb. |
| Moda Tasarımı için Özelleşmiş Giysi ve Aksesuarlar | Stil değişikliği 3 boyutlu etkiler | Gömlek Elbise vb. |

Kaynak: *Hu ve Lu, 2013, s.32.*

1.2.1.2 Faz Değiştiren Akıllı Tekstiller

Faz değiştiren malzemeler yüksek füzyon ısısına sahip olma özelliği sayesinde erime ya da katılaşma sırasında yüksek miktarda enerjiyi depolama ya da yayma özelliğine sahip malzemelerdir (Chapman, 2006 s.2).

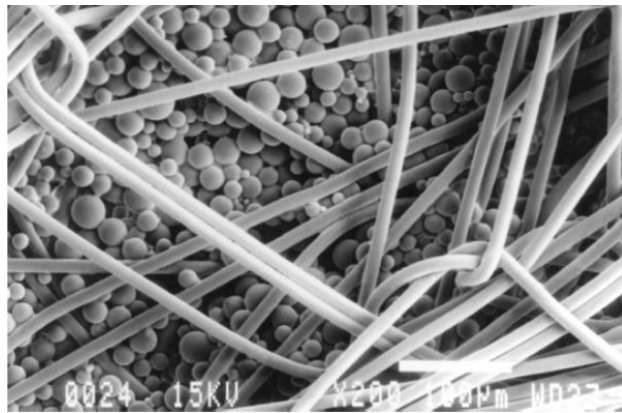
Faz değiştiren malzemeler (PCM) gizli ısı depolaması yapan malzemelerdir. Kimyasal bağları ısı depolamak ya da yaymak için kullanılırlar. Şekil 1.5'te de görüldüğü gibi prensip olarak katıdan sıvıya ve ya sıvıdan katıya geçiş gibi faz değişikliklerinde ısısıl enerji değişimleri sergilemektedirler (Mattila, 2006, s.22).



Şekil 1.5 Katı-sıvı ve sıvı-katı değişimleri gösteren faz değiştiren malzemelerdeki ısı değişim karakteristiği

Kaynak: Mattila, 2006, s.35.

Tekstil malzemedeki faz değiştirme özelliği, tekstil yapılarının faz değiştirme özelliğine sahip mikro kapsüller içeren Şekilde geliştirilmesi ile gerçekleşmektedir. Böylece tekstillerdeki ısısıl performans geliştirilebilmektedir (Görsel 1.5). Faz değişimi sırasında meydana gelen ısı alışverişi giysi ile etkileşim içindeki kullanıcı için çevresel ısı etkilerine karşı ısı enerjisi depolamaya ve yaymaya imkân vermekte böylece ısı korunumunu sağlamaktadır (Mattila, 2006, s.22).

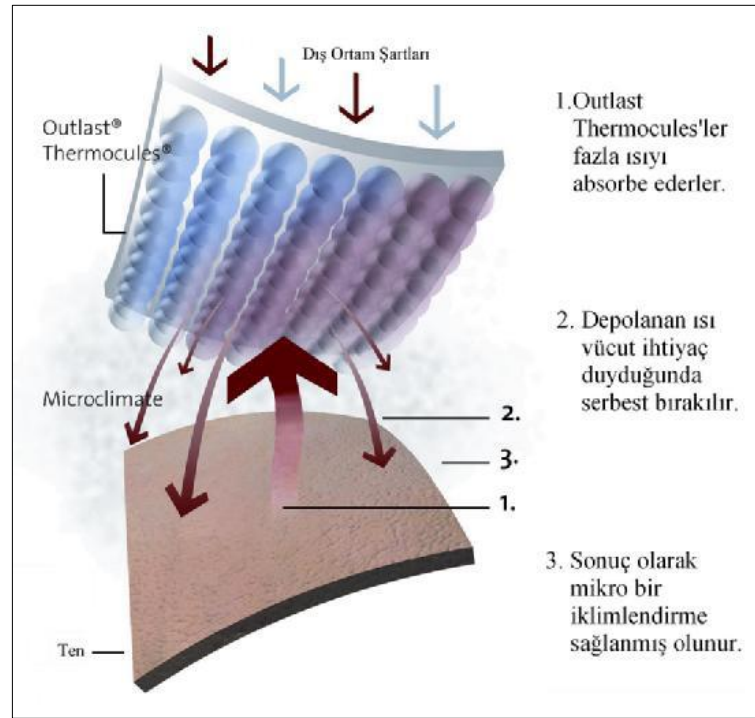


Görsel 1.5 Faz değiştirme zelliğli kumaşlarda mikrokapsüller (Outlast Europe)

Kaynak: Mattila, 2006, s.24.

Faz değiştirebilme özelliğine sahip mikro kapsül uygulamaları, tekstil yüzeyi üzerine kaplama yöntemiyle yapılabildiği gibi (şekil 1.6) bu mikro kapsülleri içeren çoğunluğu akrilik içerikli liflerin tekstil üretiminde kullanılmasıyla da yapılabilmektedir (Chapman, 2006 s.31-32).

Faz değiştiren malzemelerin kullanımında ısı depolama ve transfer özellikleri büyük rol oynamaktadır. Bu malzemeler ile ortam sıcaklığındaki artış ve düşüşe göre serin ya da sıcak tutabilen giysiler üretilebilmektedir. Spor giysileri ve günlük giysilerdeki kullanımlar çoğunlukla dış giyim, iç giyim, ayakkabı, çorap ve eldiven gibi ürünlerde yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte yatak tekstilleri, oturma birimleri ve otomotiv sektöründe kullanılan tekstillerde de kullanım söz konusudur (Chapman, 2006 s. 31-32).



şekil 1.6 Faz Değiştiren Malzemelerde çalışma prensibi

Kaynak: Mattila, 2006, sf.25.

Outlast Teknolojisi otomobil koltuk döşemeleri, yatak takımları, ceket, yelek, kayak eldiveni, çorap ve bot gibi ürünlerde kullanım alanı bulmuştur (Görsel 2.6) Outlast, dünya çapında Bugatti, Burton, Gordini, New Balance, Obermeyer, Rukka,

Serat vb. 200'den fazla markanın tedarikçileri tarafından kullanılmaktadır (Süpüren, 2007, s.39).



Görsel 1.6 Outlast teknolojisi ile geliştirilmiş tekstil ürünlerinden örnekler

Kaynak: https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2009/ch_4.html

Görsel 1.7'de NASA sponsorluğunda geliştirilen uzayda çalışırken ellerin donmasını engellemek için geliştirilmiş astronot eldiveni Outlast teknolojisi ile geliştirilen örnek çalışmalardan biridir.



Görsel 1.7 NASA sponsorluğunda geliştirilen astronot eldiveni

Kaynak: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20020076122.pdf>

Faz değiştiren malzemelerin ticari tekstildeki uygulamalarında Outlast'ın yanı sıra Frisby Technologies Inc. Firmasının geliştirdiği ürünlere de rastlanmaktadır. Bu teknoloji ile üretilen ürünlerin yapısında, içerisinde faz değiştiren malzeme içeren

köpükler kullanılmaktadır. Görsel 1.8’de görülen eldivenin yapısında, içerisinde faz değiştiren madde bulunan köpük bulunmaktadır. Bu köpük, piyasada “ConforTemp” adı ile bilinmektedir (Süpüren, 2007, s.39).



Görsel 1.8 Frisby teknolojisi ile üretilen eldiven

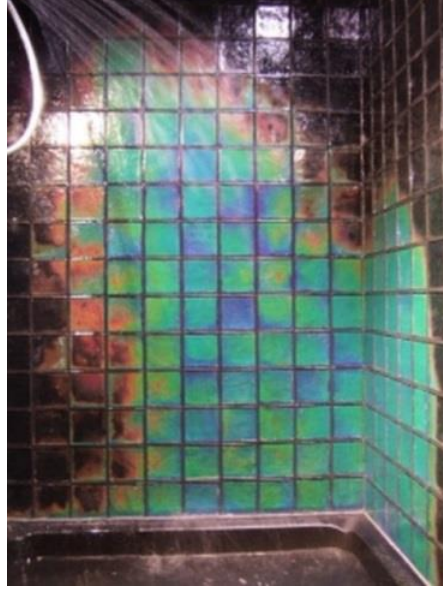
Kaynak: <http://www.cyclingnews.com/tech.php?id=tech/2004/newarrivals/may06>

1.2.1.3 Kromik özellik gösteren akıllı tekstiller:

Kromik özellik gösteren malzemeler, uygulanan çevresel etki doğrultusunda molekül yapılarındaki kimyasal bağların kırılması ya da değişimleri sonucu ortaya çıkan elektron eşitlenmelerindeki değişimlerin yansıtma, emme, yayma, iletme gibi optik modifikasyonlara sebebiyet verdiği malzemelerdir (Ferrera ve Bengisu, 2014, s.55).

Molekül yapısındaki elektronik değişimlere dayanan kromizm dışsal etkilerin elektron yoğunluğunu değiştirmesi sonucu oluşan maddesel bir durumdur. Çok sayıda doğal bileşikte kromik özellikler gözlemlenmekle beraber, aynı zamanda yapay bileşiklerde de özelleşmiş kromik özelliklerin oluşumu olasıdır (Meuliner vd., s.92).

Uzun yıllardır seramik, gözlük camı, pencere gibi alanlarda kullanılan ve dış etki ile renk değiştiren kromik malzemeler son yıllarda akıllı tekstil malzemelerinde de kullanım alanı bulmaktadırlar. Görsel 1.9’deki örnekte cam banyo fayansları termokromik özellik göstermekte ve duştaki su sıcaklığına göre renk değiştirmektedir.



Görsel 1.9 “Install” sıcaklığa duyarlı cam banyo fayansları

Kaynak: <http://www.architecturendesign.net/25-cool-shower-designs-that-will-leave-you-craving-for-more/>

Görsel 1.10’da ise Lebedev’in “Battery” kupası önündeki gösterge ile içindeki sıvının ne kadar sıcak olduğu hakkında bilgi vermektedir. Yeşil gösterge kupada kalan sıvı miktarını gösterirken aynı zamanda sıvı tamamen soğuduğunda da siyaha dönmektedir.



Görsel 1.10 Lebedev’in “Battery” Kupası.

Kaynak: <http://www.slipperybrick.com/2010/04/art-lebedevs-battery-mug-tells-you-how-hot-your-coffee-is/#comments>

Kromik malzemeler Termokromik (ısı ile renk değiştiren), Fotokromik (ışık ile renk değiştiren), Hidrokromik (sıvı ile renk değiştiren), Elektrokromik (elektrik ile renk

değiştiren), Piezokromik (mekanik etki ile renk değiştiren), Kemokromik (kimyasal etkiler ile renk değiştiren), Biyokromik (biyolojik etkiler ile renk değiştiren) malzemeler olarak sınıflandırılırlar (Ferrara ve Bengisu, 2014, s.55-56).

Fotokromik malzemeler, yüzeyine gelen ışık yoğunluğuna göre renk değişimleri gösteren malzemelerdir. Işık Emilimi prensibi ile çalışan fotokromik malzemeler, ultraviyole ve kızılötesi ışınların kullanım alanlarında solar kontrol ya da koruma sağlayan çeşitli akıllı ürünlerin geliştirilmesinde kullanılmaktadırlar. Fotokromik malzemeler, konvansiyonel malzemelerin pigmentleri ile genel olarak renk değiştirebilme özelliğine sahip olan boya ve ya mürekkep pigmentlerinin birleşimi ile şekillenir. Görsel 1.11'deki Defacto örneğinde de görüldüğü gibi fotokromik malzemeler ile üretilen tişörtler gün ışığında renklenmekte iç mekânlarda ise siyah-beyaz özellik göstermektedirler. Fotokromik malzemelerin bu ve buna benzer uygulamaları çeşitli giysi tasarımlarında kullanılmaktadır ve Türkiye'de seri üretim ve satışı bulunmaktadır (Görsel 1.12).



Görsel 1.11 Defacto'nun satışa sunduğu fotokromik tişört örneği

Kaynak: <https://plus.google.com/+defacto/posts/9qRA28MCpBM?pid=6021753753231040290&oid=102231514713334061329>



Görsel 1.12 LC Waikiki firmasının satışa sunduğu fotokromik tişörtler

Kaynak: <https://www.sonmoda.com/haber/lc-waikiki-renk-degistiren-tisortleriyle-gencleri-cagiriyor-gunesecik-5182>

Termokromik malzemeler, belirli sıcaklık aralıklarında renk değişimleri gösteren malzemelerdir. Termokromik malzemelerin esas olarak iki tipi bulunmaktadır. Bunlar sıvı kristal ve leyko boyalardır. Bu iki boya arasındaki en temel farklılık leyko boyaların tek renk geçişine sahip olması, sıvı kristal boyaların ise tanımlı bir renk paleti üzerinden geçiş yapabilmeleridir. Öte yandan sıvı kristal boyaların ısıl kararlılıklarının kötü olması, uygulama işleminin zor olması, bazı durumlarda toksik etki gösterebilmeleri olumsuz yönleridir. Termokromik malzemeler ilerleyen bölümlerde detaylı olarak incelenmiştir. Örneğin Görsel 1.13'deki Mi-Jeong Baek tasarımı çocuk giysisi çocuk giysisi sarılma ile oluşan vücut ısı transferi ile desen değiştirmektedir.



Görsel 1.13 Termokromik baba çocuk giysisi

Kaynak: <http://www.yankodesign.com/2007/08/29/kinda-like-hypercolor-for-babies/>

Hidrochromik malzemeler, su ya da belirli bir sıvı teması sonucunda renk değişimi gösteren malzemelerdir. İçeriğindeki kromik özellik gösteren mikro kapsüller su ya da tanımlanmış sıvı ile etkileşime girdiğinde aktif hale gelirler ve renk değişimlerine sebebiyet verirler. Çeşitli yağmur giysilerinde, plaj kıyafetlerinde vb. kullanım alanlarında ki örnekleri mevcuttur. . Kuru iken monokromik ıslandığında ise renkli özellik gösteren Squid London renk değiştiren yağmur giysileri hidrochromik özellik gösteren tekstillere örnek gösterilebilir (Görsel 1.14).



Görsel 1.14 Squid London hidrochromik yağmur giysileri.

Kaynak: <http://fashioningtech.com/profiles/blogs/squidlondon-s-playful-color-changing-raincoats>

Elektrokromik malzemeler, redoks bir akım uygulandığında bileşiklerinde oluşan geri dönüşümlü renk değişikliği gösteren malzemelerdir. Bu değişime sebep olan ise

oksidasyon-redüksiyon akımıdır. Renk değişimleri, iki farklı renk arasında oluşan geçişler ya da bir rengin saydam hale gelmesi şeklinde gözlemlenebilmektedir. Bu optik değişimler, düşük DC voltajlı küçük redüksiyon-oksidasyon reaksiyonu akımlarından etkilenmektedir (0-5 Volt arası) (Meuliner vd., s.92).

Mekanokromik / Piezokromik malzemeler, mekanik bir değişiklik sonucu renk değişimi gösteren malzemelerdir. Malzemeler üzerindeki stres yoğunluğu, aşınma, kırılabilirlik vb. gibi etkileri ölçmek adına birçok ölçüm çalışmasında kullanılmaktadır.

Kemokromik malzemeler, çevresel etmenler tarafından oluşan pH değerlerindeki ya da iyon değerlerindeki değişimler gibi kimyasal değişimler sonucu renk değişimi gösteren malzemelerdir.

Solvatokromik malzemeler, tanımlı bir (sıvı ya da gaz) solvante karşı renk değişimi gösteren malzemelerdir. *Hidrookromik malzemeler*, ise herhangi bir su teması ya da nem durumunda renk değişimi özelliklerini gösterirler. Bu gruptaki malzemeler içindeki kromofor (renk veren) gruplar tanımlı solvent ya da sıvı ile kutuplaşma etkisi göstererek bir elektriksel alan oluşumuna sebebiyet verirler. Bunun sonucunda ise çeşitli renk değişimleri gözlemlenir.

Biyokromik malzemeler, çeşitli patojenlerin tespiti ve raporlanması için geliştirilmiş malzemelerdir. Gıda zehirlenmesi ya da biyolojik terörizm gibi durumların tespitinde kullanılmaktadır.

Tekstil uygulamalarında ise çoğunlukla termokromik, fotokromik ve hidrookromik malzemeler kullanılmaktadır (Maleki, 2013, s.9). Bu çalışmada özellikle termokromik malzemeler üzerinden kromik malzemelerin çalışma prensipleri ve bu malzemelerin tekstil ve moda tasarımındaki edinebileceği potansiyel alan örnekler üzerinden incelenmeye çalışılmıştır.

1.2.1.4 Elektronik özelliklere sahip akıllı tekstiller

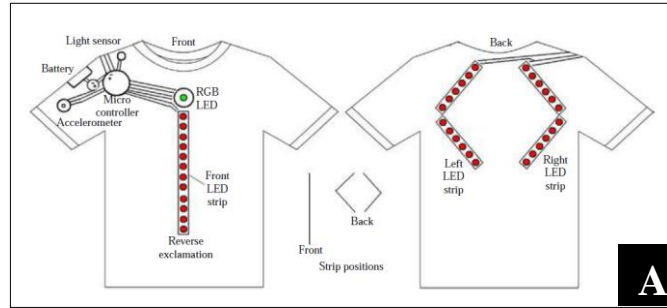
İlk giyilebilen bilgisayar 1955 yılında Edward Thorpe ve Claude Shannon tarafından geliştirilmiştir. Fakat giyilebilen bilgisayarlarda elektronik sistem ile tekstil yapı birbirinden ayrıdır ve entegrasyonu söz konusu değildir. Akıllı giysi kapsamında değerlendirilen ve elektronik işlevleri sağlayan sistemlerin giysilere entegrasyonu

konusundaki gelişmeler 1990'lı yılları takiben giyilebilen bilgisayarların gelişimi ile hız kazanmıştır (Cherenack and Pieteron, 2012, s.112).

Elektronik özelliklere sahip akıllı tekstiller, üç yöntemle üretilebilirler (Cherenack ve Pieteron, 2012,s.091301-4). Bunlar;

- Tekstil liflerine elektriksel ya da optik özellikler eklenerek
- Devre ya da LED sistemlerini tekstil yüzeyleri ile bütünleştirerek ve
- Ticari ve tekstil kaynaklı işlevsellik kaygılarını birleştiren hibrit yaklaşımlar geliştirerek

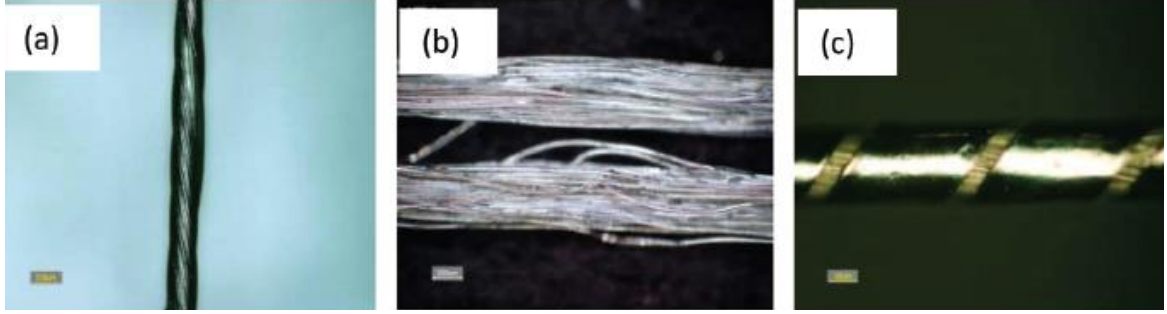
Şenol ve diğerlerinin (2011) İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi'nde gerçekleştirdiği "Active Tshirt" projesi tekstil mühendisliği ve elektronik mühendisliği disiplinlerinin ortak çalışmasına örnek gösterilebilir niteliktedir. Projede kullanıcının hareketleri doğrultusunda değişiklik gösteren bir tişört geliştirmek hedeflenmiştir. Tişört üstüne yerleştirilmiş ses, ışık, titreşim gibi uyarılar için özelleşmiş çeşitli sensörler ile kullanıcı hareketleri saptanmakta ve yerleştirilen LED'ler uyarılar doğrultusunda yanıp sönmektedir. Projede kullanılan modüller kumaş yüzeyine monte edilmiş ve iletken iplikler ile birbirine bağlanmıştır (Görsel 1.15).



Görsel 1.15 A) "Active Tshirt" projesi tasarım çizimleri B) A) "Active Tshirt" projesi prototipi

Kaynak: Şenol vd.,2011, s.251,254.

İletken iplikler elektronik özelliklere sahip akıllı tekstillerin geliştirilmesinde büyük rol oynamaktadır. İletken iplikler metal tellerle üretilebildikleri gibi metalize tekstil lifleri ile de üretilebilmektedirler. Bu özelleşmiş iplikler monofilament (tek lifli yapı) ve ya multifilament (çok sayıda liften oluşan) yapıda olabilmektedir. İletken iplik şekilleri Görsel 1.15’de örneklendirilmiştir.



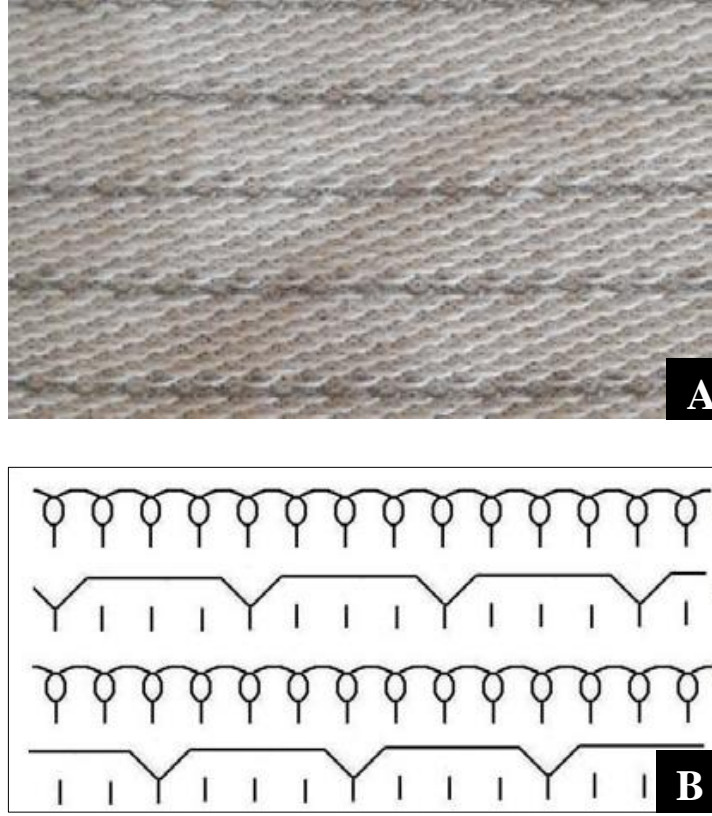
Görsel 1.16 İletken iplik örnekleri. a) tamamen metal, gümüş lamine bakır tel b) gümüş kaplama poliyamid multifilament iplik c) metal folyo ile sarılmış Kevlar multifilament iplik

Kaynak: K. H Cherenack ve L. Van Pieteron , 2012, s. 091301-5.

Dokuma, örme, nakış, kaplama, baskı, yapıştırma, applike, dikiş gibi yöntemler elektronik tekstillerin üretiminde kullanılmaktadır. İstenilen özellikler iletken ipliklerle sağlanabildiği gibi, tekstil yüzeyinin iletken hale getirilmesi ile de gerçekleştirilebilmektedir (Cherenack and Pieteron, 2012, s.091301-5).

Elektronik tekstil ürünlerinin geliştirilmesinde örme kumaş teknolojisi ümit vaat etmektedir. Örme yöntemi ile büyük parçalar hızlı ve ekonomik biçimde üretilebilmektedir. Elektronik tekstillerde iletkenliğin kumaşa uygulanan kimyasal işlemlere ve göreceği fiziksel etkilere karşı dayanım gösterebilmesi gerekmektedir. Kayacan ve diğerleri (2015) çalışmalarında boyama prosesi, yıkama ve boncuklanma testinin iletkenliğe etkisini belirleyebilmek amacıyla yuvarlak örme makinesinde pamuk iplikleri ile birlikte çelik tel kullanarak iletken devre oluşturmuşlardır (Görsel 1.17). İki iplik yapısında oluşturulan kumaşta iletken iplikler kumaşın arkasına farklı aralıklarda askı yapısında yerleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre boyama ve yıkama işlemleri iletkenlik değerlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum iletken ipliklerin su ile teması sonucunda oluşan oksitlenmeden kaynaklanmaktadır. Kumaşın karşılaştığı fiziksel etkiler de iletkenliği olumsuz etkilemekle birlikte yaş işlemler kadar kötü etkiye sebep olmamaktadırlar. İletken ipliklerin yerleştirme biçimleri de iletkenliği önemli

derecede etkilemektedir. İletken iplikler (metal teller) kullanılarak geliştirilen elektronik tekstillerde bu hususlar göz önünde bulundurularak tasarımların gerçekleştirilmesi önemli bir gerekliliktir.



Görsel 1.17 A) İletken örme kumaş örneği B) İletken örme kumaş yapısı

Kaynak: Kayacan vd., 2015, s.154.

Giysi, aksesuar, ev tekstili, mobilya gibi birçok kullanım alanında elektronik özelliklere sahip tekstillerin kullanımına dair örnekler mevcuttur. Tera fitness matı (Görsel 1.18), SEIL çanta (Görsel 1.19), Nemen LED ceket (Görsel 1.20) ve Liquid light serisi optik lifli tekstiller (Görsel 1.21) akıllı tekstillerin bu grubuna örnek olarak gösterilebilecek ürünlerdendir.

Lunar Europe için Roman Gebhard, Matthis Hamann, Christian Moser, Claudia Weedermann, Florian Wuebert ve Yoo Haneul tarafından tasarlanan, ev içinde halı olarak kullanılabilen Tera, aynı zamanda yüksek teknoloji bir yoga matı olarak da kullanılabilir. Akıllı yüzeyi sayesinde, hareket figürlerini tanımlayan halı,

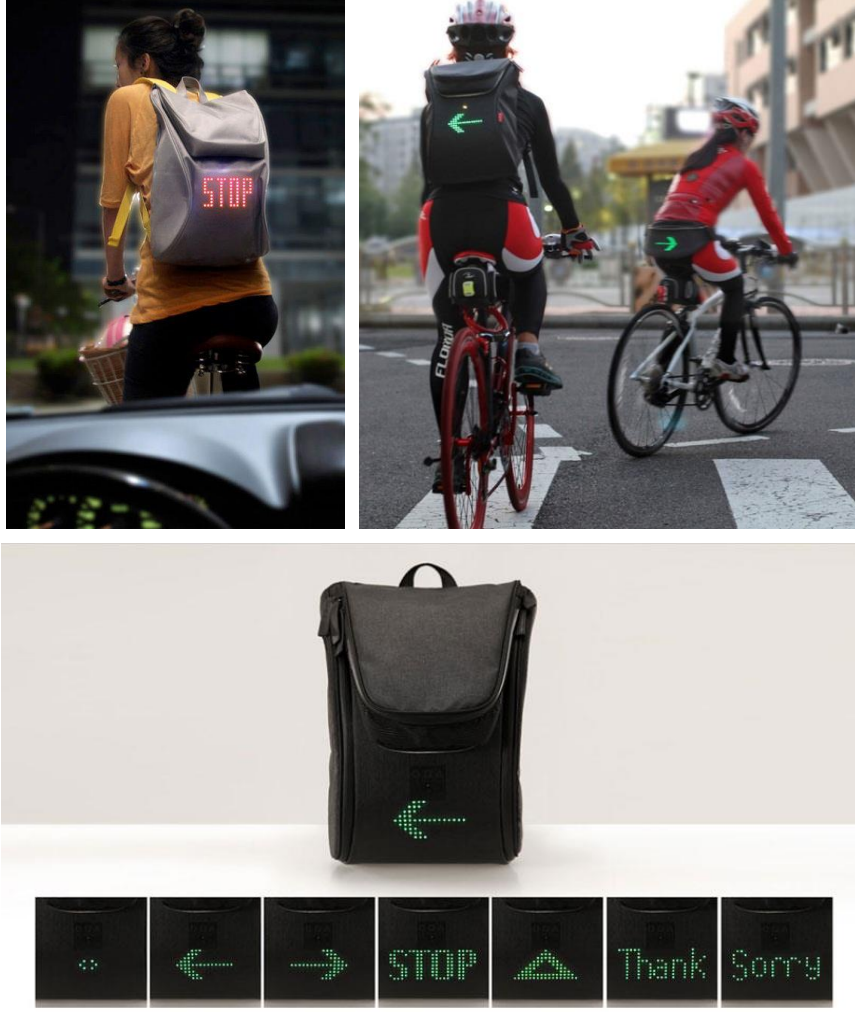
dikişsiz yüzeyi ile bir egzersiz matı olarak kullanılabilmekte ve bir egzersiz uygulaması ile uyumlu olarak çalışmaktadır.



Görsel 1.18 TERA fitness matı

Kaynak: <http://www.yankodesign.com/2015/02/05/terafic-fitness/>

Bir diğer örnek ise Lee Myung Su, Park Geun Wan & Park Okhee tarafından Leemyungsu Designlab için tasarlanan SEIL sırt çantasıdır. Bisikletçiler için tasarlanmış sırt çantasının ön yüzeyinde LED bir yüzey (esnek PCM) bulunmaktadır. Çantanın sürüş modu ve hissiyat modu olmak üzere iki modu bulunmaktadır. Sürüş modunda trafikteki hareketleri kolaylaştırıcı sağ-sol sinyalleri gibi özellikler bulunmaktadır. Hissiyat modunda ise kendini ifade için çeşitli emoticonlar bulunmaktadır. Tasarımın ayrıca hız ölçümü acil durum sinyali gibi çeşitli özellikleri de bulunmaktadır ve dijital uygulamalar ile yönetilebilmektedir.



Görsel 1.19 SEIL çanta

Kaynak: <http://www.yankodesign.com/2010/09/23/emotional-backpack-for-cyclists-what-fun/>

Deneysel bir proje olarak geliştirilen Nemen LED ceket ise markanın tekstildeki gelişmeler ve spor giyim de işlevsellik konularındaki ARGE çalışmalarının bir ürünüdür. Kumaş içine dokunan optik lifler entegre edilmiş on iki LED ve iki şarj edilebilir pil ile sekiz saate kadar performans sergileyebilmektedir. Dış kumaş LED görünürlüğü açısından naylon ve çelik mikro filamentlerden oluşan şeffaf yapıdadır. İç astar ise vücut ısını yansıtan böylece soğuk hava, rüzgâr gibi etmenlerden koruyan özel bir alüminyum kaplamadan oluşmaktadır. Üründe amaçlanan şehir içi ya da dışı kullanımında maksimum koruma ve görünürlüğü sağlamak ve konforu artırmaktır.



Görsel 1.20 *Nemen LED Ceket*

Kaynak: <http://www.nemen.it/led/>

Malin Bobeck tasarımı su ve ışık etkileşiminden esinlenilerek tasarlanmış “Liquid light” serisi deneysel optik lifli tekstiller ise dokuma alanında gösterilebilecek örneklerden biridir.



Görsel 1.21 *LIQUID LIGHT* elektrolif dokuma tekstil

Kaynak: <http://www.malinbobek.se/optical-fiber-textile/liquid-light/>

1.2.2 Kullanım alanlarına göre akıllı tekstiller

Akıllı tekstillerin özellikleri doğrultusunda çeşitli kullanım alanlarında özelleştikleri görülmektedir. Malzeme türleri ve işlevlerine göre çeşitlilik gösteren akıllı tekstiller, ayrıca pazar segmentlerinde de işlevleri doğrultusunda çeşitli uygulama

alanları oluşturmaktadırlar (Chapman,2006, sf.11). Tablo.1.3’de Pazar segmentlerine göre akıllı tekstillerin sınıflandırılması, uygulama örnekleri ile birlikte, sunulmuştur.

Tablo 1.3 Akıllı kumaşların temel uygulama alanları ve pazar segmentleri

| Pazar Segmenti | Uygulama Örnekleri |
|--|--|
| İletken iplikler ve bağlayıcılar | Akıllı giysilerdeki iletken yapılar ve parçalar |
| Elektromanyetik koruma kalkanları | Elektro-duman korumaları |
| Isıtıcı kumaşlar ve giysiler | Spor giysileri, Araba koltukları, Eldivenler ve Çoraplar |
| Giyilebilen elektronikler | Giysiler, çantalar vb. için geliştirilmiş dokunmatik yüzeyler ve esnek klavyeler |
| Sağlık hizmetleri ve spor aktiviteleri için geliştirilen ürünler | Monitör sistemleri; yaşlılar için uzaktan izleme sistemleri, telefon vasıtasıyla tedavi sistemleri, ani bebek ölümü sendromu izleme sistemleri vb. Biyolojik geribildirimler, İlaç salınım kontrolü, Rehabilitasyon amaçlı vücut hareket kontrolü, Elektriksel uyarım |
| Ev tekstil ve mobilyaları | Akıllı halılar ve perdeler, İç mekan için geliştirilmiş renk ve desen değiştirebilen duvar kağıtları ,Aydınlatmalar için yumuşak anahtarlar |
| Görsel teşhir ve aydınlatmalar | Görüntü ve mesajları sergileyebilen ve renk değiştirebilen giysi ve kumaşlar |
| Güç kaynakları | Askeri kullanım amaçlı giyilebilen sistemler |
| Güneş enerjili (solar) tekstiller ve giysiler | Çadırlar, tenteler, brandalar vb. |
| Rahatlık ve performans geliştirme amaçlı geliştirilen giysiler | Vücut sıcaklığını sabit tutan giysiler, Uç sıcaklıklara karşı koruma sağlayan giysiler; metal işçileri, soğuk hava deposu çalışanları, itfaiyeciler vb. Yüksek görülme özellikli giysiler, Koku tutmayan giysiler, Kendinden ütülü giysiler |
| Vericiler | Giysilerle birleştirilmiş vericiler |

Kaynak: *Chapman,2006, s.11.*

Büyük bütçeli ve uzun süren Ar-Ge çalışmalarının ve aynı zamanda nitelikli ve kapsamlı araştırma ekiplerinin gerekliliği sebebi ile geliştirilen ürünler çoğunlukla askeri çalışmalar, uzay çalışmaları gibi devlet destekli ve yeterli maddi kaynaklara sahip kurumların projeleri olarak şekillenmiştir. Gelişim süreçlerinde de gözlemlenebileceği

üzere işlevsel özellikleri ile ön plana çıkan akıllı tekstiller zamanla gündelik birçok alanda da yer almaya başlamış ve kullanım alanlarındaki çeşitlilik de giderek artmıştır.

Akıllı tekstiller kullanım alanlarına göre genel bir gruplandırma içinde incelendiğinde aşağıdaki yedi farklı alanda gruplandırılabilir. Bu gruplar aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

1.2.2.1 Askeri amaçlı kullanılan akıllı tekstiller

Askeri amaçlı kullanılan akıllı tekstiller, işlevsellik odaklı kullanımının en belirgin örneklerini içermektedirler. Performans, hafiflik, koruma gibi özellikler ile birlikte teknolojinin gelişimi ile iletişim, uydu üzerinden takip gibi birçok özellik de geliştirilen ürünlerde gözlemlenebilmektedir.

2004 yılında U.S. Army Natick Soldier Center tarafından Amerikan ordusu için geliştirilen “Future Force Warrior” isimli askeri üniforma bu alanda gösterilebilecek en iyi örneklerden birisidir (Görsel 1.22). Gelecekte askeri kıyafetlerin hangi özellikleri içereceği, bu alandaki araştırmaların hangi konulara odaklandıkları bu üniforma prototipinden anlaşılabilir. Yıllar süren AR-GE çalışmaları sonucunda tasarlanan geleceğin askeri, çok sayıda ve çok çeşitli endüstri ortaklarının da katkısıyla geliştirilmiştir.

Projedeki nihai hedef tekstil tabanlı çözümler ile askerin taşıdığı ağırlığı 120 pounddan (yaklaşık 54,43 kg.) 40 pounda (yaklaşık 18,14 kg.) indirerek hareket kabiliyeti, etkinlik ve hayatta kalabilme yetilerini geliştirmektir. Bu tekstil tabanlı çözümlerin çoğu koruma (balistik, kesikler ve aşınma, biyokimyasal tehditler ve aşırı hava koşulları gibi), takım haberleşme ağı sistemlerinde iyileştirmeler, durumsal farkındalık artırma ve görsel ya da elektromanyetik imza gizleme gibi işlevler ekleyerek giysinin etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca fizyolojik izleme ve acil durum bakımı için entegre sensör sistemleri de mevcuttur. Akıllı tekstillerdeki gelişme süreçlerinin sonucu olarak ortaya çıkan işlevsellik kavramı; hafiflik, az hacim kaplama, çok işlevlilik gibi etmenler ile bu tür ürünlerde realize edilmiştir.



Görsel 1.22 “Future Force Warrior” askeri kıyafet

Kaynak: McQuaid, 2005, s.210.

Günümüzde ise teknolojik gelişmeler doğrultusunda görünmezlik giysileri, yer bildirim ve takip özellikli giysiler gibi birçok proje bu alanda yürütülmektedir. Görsel 1.23’deki görünmezlik kalkanı çalışması bu alanda geliştirilen ürünlere örnek olarak gösterilebilir.



Görsel 1.23 Görünmezlik kalkanı oluşturan akıllı tekstil yüzeyi

Kaynak: <http://www.ecouterre.com/real-life-invisibility-cloak-claims-to-make-soldiers-virtually-undetactable/>

1.2.2.2 Uzay çalışmalarında kullanılan akıllı tekstiller

Askeri çalışmaların bir yansıması olarak işlevsellik odaklı bu ürünlerin bir diğer kullanım alanı uzay çalışmaları olmuştur. Uzay çalışmaları konusunda yetkin kurumlardan olan NASA (National Aeronautics and Space Administration)'nın geliştirdiği uzay giysileri de akıllı tekstillerin kullanıldığı alanlardan biridir.

NASA'nın 1960'lardan günümüze geliştirdiği pek çok uzay giysisi mevcuttur. Geliştirilen programlar kapsamında çeşitli fiziksel şartlar ve ihtiyaçlar doğrultusunda koruma, performans, konfor vb. gereklilikleri sağlamak adına çeşitli uzay giysileri geliştirilmiştir. Görsel 1.24'de Mercury programı için tasarlanmış ilk uzay giysisi görülmektedir. Amerikan yüksek irtifa uçakları için tasarlanmış basınca dayanıklı giysinin üst versiyonu olan giysinin iç katmanı Neoprene-naylon dış katmanı ise alüminize naylondan oluşmaktadır.



Görsel 1.24 Mercury programı için tasarlanmış ilk uzay giysisi.

Kaynak: http://www.nasa.gov/externalflash/spacesuit_gallery/hi-resjpgs/1.jpg

NASA'nın geliştirdiği en yeni prototip olan Z serisi incelediğinde ise teknolojinin gelişimi ile varılan bu yeni nesil uzay giysisi ile sadece uzay aracı içinde giyilen özelleşmiş bir giysinin çok ötesine geçildiği görülmektedir. Prototip Z-1 Times dergisi tarafından 2012 yılının en iyi icatlarından biri seçilmiştir (Görsel 2.25). Z-2 ise nihai uçuş yeteneğine en çok yaklaşmış modeldir.



Görsel 1.25 Nasa'nın 2012 de geliştirdiği Z-1 prototip astronot giysisi

Kaynak: http://www.nasa.gov/content/the-z-1/#.V39fx_mLRD8

Z-2, gezegen yüzeyine göre özelleşmiş vakum sistemine sahip, 3D lazer tarama ve 3D yazıcı teknolojisi ile geliştirilip beden ölçülendirilmesi yapılmış ilk uzay giysisidir. Alt ve üst gövdede darbelere dayanıklı kompozit yapılar kullanılmıştır ve geliştirildiği tarihe kadarki en konforlu ve bedeni ölçülendirilebilir sert üst gövdeli uzay giysisi olarak tanımlanmıştır (Görsel 1.26).



Görsel 1.26 Halk oylamasına sunulan Z-2 prototip astronot giysisi konsept çizimleri

“Biomimicry, Technology ve Trends in society” (soldan sağa)

Kaynak: <https://jscfeatures.jsc.nasa.gov/z2/>

Z serisinin enteresan yönlerinden biri de geliştirilecek Z-2 için NASA'nın 3 farklı konsept sunarak internet üzerinden oylama ile, geliştireceği prototipin görsel tasarımını seçmesidir. Yapılan oylama sonucu ikinci seçenek olan “Technology” geliştirilmek

üzere seçilmiştir (Görsel 1.27). İşlevsellik odaklı ve özelleşmiş bir alan için tasarlanan bir giysinin gelişim süreçlerinde halk oylamasının rol oynaması teknoloji ve teknolojinin getirdikleri ile kullanıcılardaki malzeme algısının günümüzde nasıl şekillendiğine ve adapte olduğuna bir örnek varsayılabilir.



Görsel 1.27 Halk oylaması sonucu seçilen Z-2 prototip astronot giysisi “Technology”

Kaynak: <http://mashable.com/2014/05/01/nasa-spacesuit-z-2/?crlt.pid=camp.Lt3atxyioa5S#As1tBef8wPqV>

Diğer bir enteresan örnek ise MIT Uzay ve Uçak Bilimleri Bölümünde profesör olan Dava Newman tarafından geliştirilen “Biosuit” dir. Ağır ve hareket kabiliyeti düşük, geleneksel uzay giysilerinin aksine Biosuit daha hafif ve vücudu saran bir yapıya sahip bir uzay giysisi olarak tasarlanmıştır. Giyside Newman’ın MIT deki ekibi tarafından geliştirilen nikel-titanyum şekil hafızalı alaşımlar kullanılmıştır. Alaşımlar sayesinde hayati ihtiyaçlardan ödün vermeden astronotun bedeni etrafındaki alan genişletilebilmekte ve hareket kabiliyeti ve konfor artmaktadır (Görsel 1.28).

Geleneksel uzay giysilerine nazaran Biosuit’te mekanik bir basınç sistemi ile gaz basıncı engellenmektedir. Pasif elastikler ile aktif malzemelerin kombinasyonu ile geliştirilen tasarımın avantajı ileri hareket kabiliyeti ve hafiflik olmuştur. Newman ve ekibi aynı zamanda bu sistemi celebral palsi olan, kas ve beyin hasarı olan, motor kabiliyetleri etkilenmiş, genç hastalarda kullanmak adına geliştirmek için çalışmalarına devam etmektedir.



Görsel 1.28 MIT’de geliştirilen “Biosuit” uzay giysisi

Kaynak: <http://www.fastcoexist.com/3023128/futurist-forum/this-sleek-spiderman-spacesuit-could-take-astronauts-to-mars/2>

1.2.2.3 İş giysilerinde kullanılan akıllı tekstiller

İş giysileri akıllı tekstillerin ön plana çıktığı diğer bir kullanım alanıdır. Güvenlik, konfor gibi önceliklerin yer aldığı iş giysisi kullanımlarında işlevsel özellikleri ile yer alan bu malzemeler geliştirilen birçok ürün için potansiyel teşkil etmektedir.

Danimarka kökenli ve denizcilik ve yangın güvenlik ekipmanları alanında dünya pazar lideri VIKING firmasının ürettiği itfaiyeci ceketleri içerdiği doğrudan kumaşa entegre Termal Sensör Teknolojisi (TCT) ile dünya genelinde profesyonel olarak itfaiyeciler tarafından kullanılan akıllı iş giysilerine bir örnek olarak değerlendirilebilir. National Fire Protection Association (NFPA) tarafından yangın söndürme ekipmanları standartlarına uygun olarak geliştirilen ceket, kumaş katmanları entegre termal sensör teknolojisi, eylem halindeki itfaiyeci ve diğer ekip arkadaşlarına kritik seviyedeki sıcaklık seviyesini görülür hale getirerek çok geç olmadan müdahale edebilme avantajı sağlar. Termal sensörler çevredeki sıcaklığı ve vücut sıcaklığını izlemek için kaplamanın iç ve dış katmanları içine entegre edilmiştir ve kolda ve sırtta bulunan su geçirmez plastik ile kaplanmış iki LED yüzeye bağlıdır.

Üst sol omuzdaki LED yüzey ekipteki itfaiyecilere potansiyel kritik durumları gösterir. Alt kol LED yüzey ise iç ve giysi dışındaki tehlikeli ısı seviyelerini göstermektedir. İç astar içinde pil ve bir kontrol çipi içeren sıcaklığı hesaplamaya ve

LED yüzeyleri aktive etmeye yarayan küçük bir kutu bulunmaktadır. Dış sıcaklık 482°F (250°C) ye ulaştığında LED yüzeydeki dış çember yavaş yavaş yanıp sönmeye başlamakta, 662°F (350°C) de hızla yanıp sönmektedir. İç sıcaklık 122°F (50°C) ye ulaştığında ekranda uzun hat yanıp sönmeye başlamakta 156°F (67°C) ulaştığında ise hızlanmaktadır ve de 174°F (79°C) de ekran ışığı en hızlı yanıp sönmeye seviyesine gelerek kritik durumları göstermektedir (Görsel 1.29).



Görsel 1.29 VIKING firmasının termal sensör teknolojili itfaiyeci ceketi tasarımı

Kaynak: <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/390>

Cute circuit tasarım ekibinin Easy jet havayolları için tasarladığı uçuş ekibi ve mühendis üniformaları ise iş kıyafetleri tasarımına farklı bir bakış açısı getirmiştir. Cute Circuit'in imzası haline gelen programlanabilir LED teknolojisi ile kabin ekibi için tasarlanan ceketin omuzlarında ve kenar kıvrımlarında çeşitli detaylar tasarlanmıştır. Ceket klapalarında oluşturulan LED yüzeyler de uçuş numarası ve varış yeri gibi bilgiler geçmektedir. Ayrıca üniformalar uçuş ekibinin birbiri ile iletişimini sağlayacak bir mikrofon sistemine sahiptir. Mühendisler için tasarlanan kapüşonlu ceket ise eller serbest özelliğine sahip ve karanlıkta uçuş denetimlerinde kullanılacak özelliktedir.

Üniformada geniş alanlarda görünürlüğü sağlayan yansıtıcı bantlar ve mesafeli tanılar için yerleştirilmiş dâhili kameralar bulunmaktadır (Görsel 1.30 ve Görsel 1.31).



Görsel 1.30 Easy jet havayolları için Cute Curcuit tarafından tasarlanmış kabin ekibi üniformaları

Kaynak: <http://fashioningtech.com/profiles/blogs/cute-circuit-designs-illuminated-uniforms-for-airline-easy-jet>



Görsel 1.31 Easy jet havayolları için Cute Curcuit tarafından tasarlanmış mühendis üniformaları

Kaynak: <http://fashioningtech.com/profiles/blogs/cute-circuit-designs-illuminated-uniforms-for-airline-easy-jet>

1.2.2.4 Sağlık ürünleri alanında kullanılan akıllı tekstiller

Akıllı tekstil malzemeleri gösterdikleri özellikler sayesinde sağlık alanında geliştirilen ürünler için de bir potansiyel oluşturmuş ve yeni ürünlerin gelişimine katkıda bulunmuştur. Tüm tıbbi durumlarda geçerli olan tedavi aşamaları; koruma, doğrudan bakım, rehabilitasyon ve uzun vadeli destek içermekte; hastalıkları tedavi ve önleme konusunda tüm bu aşamalarda önemli bir rol oynamaktadır. Akıllı giysilerin

günlük hayata entegrasyonu, akıllı telefonlar ve elektronik cihazlar ile bağlantılı hale gelmesi bunun doğal bir sonucudur.

Etkili kullanıcı geri dönüş uygulamaları doğrultusunda, Bireyi motive edici sağlıklı yaşam ve bakımı teşvik eden bir potansiyel oluşmaktadır. Hastalık durumunda, akıllı giysiler genel bir hastalık tablosu sunarak medikal bir destek sunabilmekte ve uzaktan takip sayesinde klinik kontrol ziyaretlerine gerek kalmamaktadır. Rehabilitasyon esnasında ise akıllı bir giysi hastanın tekrar kötüleşmesini ya da hastalığın nüksetmesini engelleyebilmektedir. Gelecekte ise akıllı giysilerin tedavi işlevleri olabilir ve hasta bakımı konusunda esnek ve adapte olabilen bir potansiyel sergileyebilir (Kirstein, 2013, s.439).

Ayrıca akıllı tekstillere entegre edilen sensörler yardımı ile ölçülebilen fizyolojik işaretlerde çeşitli ölçümler yapılabilmekte ve tıbbi amaçlı olarak kullanılabilir. Tablo 1.4’de kullanılan sensörler kullanım bölgeleri alınan sonuçlar ve kullanım alanlarına dair yapılan bir çalışmadan elde edilen veriler gösterilmiştir.

Tablo 1.4 *Tekstil bazlı sensörler ile ölçülebilen fizyolojik değerler*

| Fizyolojik Ölçümler | Tekstile Entegre Sensör Çeşitleri | Sinyal Kaynakları | Tipik Sensör Yerleşimleri |
|-----------------------------|---|---|---|
| Nefes Ölçümü | piezo dirençli esneme sensörleri, endükleyici pletismografi, empedans pletismografi, fiber lifler | nefes alışverişi esnasında göğüs kafesindeki genişleme ve büzülme | göğüs-abdominal gölgesi |
| Kalp Aktivitesi | dokuma/örme elektrotlar | kalpteki elektriksel aktiviteler | göğüs bölgesi |
| Kas Aktivitesi | dokuma/örme elektrotlar | kaslardaki elektriksel aktiviteler | ilgili kas üzerindeki deri yüzeyi |
| Kandaki Oksijen Doygunluğu | optik algı bileşenleri, plastik optik lifler, | kandaki hemoglobinlerde ışık emilimi | parmak ucu, kulak memesi gibi kan perfüzyonuna uygun bölgeler |
| Kan Basıncı | fotopletismografik (PPG) sinyal özellikleri | arteriyel basınç nabız atışları | parmak, bilek ve kulak memesi |
| Vücut Hareket Pozisyonu | Piezo dirençli gerilme/basınç sensörleri, ivmeölçerler, caryoskoplar, optik lif sensörler | vücut hareketleri | analiz edilebilen harekete tabi bölgeler |
| Elektrodermal Aktivite | dokuma elektrotlar | derideki elektriksel iletkenlik | parmak uçları |
| Vücut Sıvıları Kompozisyonu | elektrokimyasal sensörler, ph renölçer kumaşlar | | sıvı örnekleme sistemi gerekleri |

Kaynak: *Kirstein, 2013, s.422.*

Akıllı tekstillerin sağlık alanındaki çok çeşitli örneklerini görmek mümkündür. Örneğin; “Babyglow” isimli termokromik özelliğe sahip akıllı giysi, bebeklerdeki yüksek ateşin tespitini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiş ticari bir üründür (Görsel 1.32). Kritik vücut sıcaklığına göre kodlanmış termokromik pigment boyaların kullanımı ile üründe herhangi bir elektronik aksam ya da batarya sistemi olmaksızın vücut sıcaklığı gözlemlenebilir hale gelmiştir.



Görsel 1.32 “Babyglow” termokromik bebek giysisi

Kaynak: <http://www.babyglow.uk.com/>

“Beagle” atkı akıllı tekstil teknolojilerinin potansiyelleri ile sağlık alanında sunduğu çözümlere örnek olabilecek ürünlerden bir diğeridir. Canada’daki Emily Carr Enstitüsü Endüstriyel Tasarım Bölümü 2008 mezuniyet projelerinden biri olan “Beagle” atkı, otistik çocukların değişik çevrelerdeki ihtiyaçları doğrultusunda his ve duyarlılıklarını uyarabilmek ya da baskılayabilmek için otistik çocuklar ve aileleri için tasarlanmıştır (Görsel 1.33). Ses, koku, doku gibi uyarıların entegre edilebildiği Beagle, çeşitli değişken ortamlarda otistik çocuklar için sakinleşmeye yardımcı, giyilebilir ve taşınabilir medikal yardımcı cihaz olarak geliştirilmiştir.



Görsel 1.33 Otizmliler için tasarlanmış “BEAGLE” atkı

Kaynak: <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/3839>

EMBRACE, permatüre yeni doğanlar için geliştirilmiş bir uyku ve taşıma çantasıdır. İnkübatöre sahip olmayan ya da elektriği olmayan hastaneler için geliştirilmiş bu ısıtıcı özellikli tasarım, yeni doğan bebekleri yaşamda tutabilmek için yalın bir çözüm önerisi sunmaktadır (Görsel 1.34). Teknolojik özelliklerin eklenmesi ile taşıma çantasına uyumlu kol bandı ile bebeğin kontrolü açısından sağlık ölçümleri ve verilerinin doktorlara ulaştırılması mümkün kılınmış, içeriden ölçüm yapan bir termometre ve uzaktan kontrol sistemi ile de bebeğin sıcaklığını uzaktan kontrol etme sağlanmıştır.

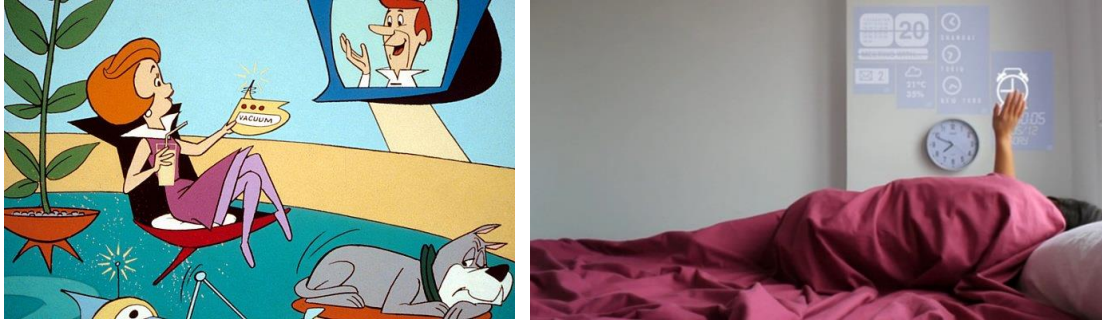


Görsel 1.34 EMBRACE Prematüre bebekler için tasarlanmış taşıma çantası

Kaynak: <https://tr.pinterest.com/pin/488077678343097030/>

1.2.2.5 İç mekân tasarımı ve ev tekstili alanında kullanılan akıllı tekstiller

50 yıl öncesine dayanan bilim kurgu senaryolarında yer alan geleceğe dair senaryolar; günümüzde bir evin güvenlik sistemini, ışıklarını ya da elektronik ev aletlerini açıp kapamayı, ısıtma sistemini ayarlamayı, müzik sistemini kontrol etmeyi bir tablet ya da akıllı telefona taşıyarak yaşamı kolaylaştırmanın dışında enerjiyi daha verimli kullanıp tasarruf da sağlayan yeni akıllı ev sistemleri ile ortaya çıkmaktadır (Görsel 1.35).



Görsel 1.35 Gelecek temalı çizgi film Jetgillerden bir sahne ve günümüz konsept akıllı ev tasarımı görseli

Kaynak: <http://www.arkitera.com/haber/22332/jetgillerin-ucan-arabalari-hala-hayal-olabilir-ama-akilli-evleri-degill>

Akıllı tekstillerle ilgili araştırmalardaki gelişmeler doğrultusunda akıllı tekstil malzemeleri de potansiyellerine dair farkındalığın artması ile iç mekân tasarımı ve ev tekstili alanlarında gözlemlenmeye başlamış ve yeni ürünler ve kullanım senaryoları için de ilham kaynağı olmuştur. Halı, perde, duvar kaplaması, mobilya gibi birçok örnekte kullanılmaya başlayan akıllı tekstiller gündelik hayata adapte olabilen ürünler olarak da iç mekân tasarımı ve ev tekstili alanında da yer almaya başlamıştır.

Malzemelerin gerek kullanıcı gerekse mekân ile etkileşimleri ürünlerin şekillenmesinde rol alan en önemli etkenlerdendir. Görsel 1.36 ve Görsel 1.37'deki iki örnekte de olduğu gibi bu etkileşimler ürünlerin kullanım senaryolarında gözlemlenebilir noktalardır. Hidrokromik paspas ve duş perdesi örneğinde günlük kullanımdaki konvansiyonel bir ürünün malzemesi gereği gösterdiği kromik özellik ile farklılaştığı ve kullanıcı ile etkileşiminin ürünün kullanım senaryosunda etkileyici olduğu görülmektedir. Anders Ernevi, Margot Jacobs, Ramia Mazé, Carolin Müller, Johan Redström ve Linda Worbin tarafından İnteraktif Enstitü için tasarlanmış solar enerji depolayıp kullanabilen “Energy Curtain/Enerji Perde” projesinde ise solar enerji

depolama ve depolanan enerjiyi aydınlatma olarak kullanabilme teknolojisinin ev tekstili ürünlerinden perde ile bütünleştirildiğinde ortaya çıkan ürün görülmektedir. Kullanım senaryosu gereği gün ışığı ile etkileşim halinde olan perdenin bu potansiyeli solar enerji depolama sistemi ile birleştirilerek yeni bir aydınlatma anlayışı içeren bir ürün ortaya çıkmıştır.



Görsel 1.36 Islanmışta kırmızı renge dönen hidrokromik özellikli paspas ve duş perdesi

Kaynak: <http://removeandreplace.com/2013/05/28/ridiculous-products-stupid-strange-funny-and-weird-things-you-can-actually-buy/>



Görsel 1.37 "Energy Curtain/Enerji Perde" projesi

Kaynak: <http://www.envirogadget.com/lamps-and-lights/energy-curtain-providing-shade-and-light/>

Görsel 1.38’teki 2001 yılında Elisabeth de Senneville tarafından tasarlanan METEO BLIND, havadaki nem ve sıcaklığa tepki gösteren mikro kapsüller içeren boya kullanımıyla yapılmış baskılardan oluşan bir nevresim tasarımıdır. Baskı için tasarlanan renk kodları günlük hava durumuna dair kullanıcıya bilgi vermekte ve konvansiyonel kullanımı dışında farklı bir işlevle daha kullanıcı ile ürün arasında bir etkileşim oluşturmaktadır.



Görsel 1.38 “METEO BLIND” hava sıcaklığı ve nem durumuna göre renk değiştiren nevresim

Kaynak: Seymour, 2008, s.195.

Akıllı tekstiller aynı zamanda köklü firmaların da araştırma alanlarına ve konsept projelerine konu olmuş ve çeşitli ürünlerin gelişiminde rol sahibi olmuştur. Philips tarafından 2000’li yılların başında geliştirilen Lumalive teknolojisi tekstil yüzeylerin aynı zamanda elektronik ara yüzler olarak kullanımına olanak sağlamış giysi, mobilya gibi kullanımlar ile ışık yayma özellikli bu tekstilleri ürünleştirmiştir. Tekstil yüzeylerinin çeşitli bilgilendirme alanları olarak kullanılabilirdiği LUMALIVE Kanepeler; ev, ofis, otel gibi mekânlarda kullanımı öngörülen iç mekân kullanımı için geliştirilmiş bu teknolojiye sahip olan ürünlerden biridir (Görsel 1.39) (Harold, 2006, s.9).



Görsel 1.39 İç mekân kullanımı için tasarlanmış Philips Lumalive kanepesi

Kaynak: Harold, 2006, s.9.

1.2.2.6 Spor/Outdoor ve serbest zaman aktivitelerinde kullanılan akıllı tekstiller

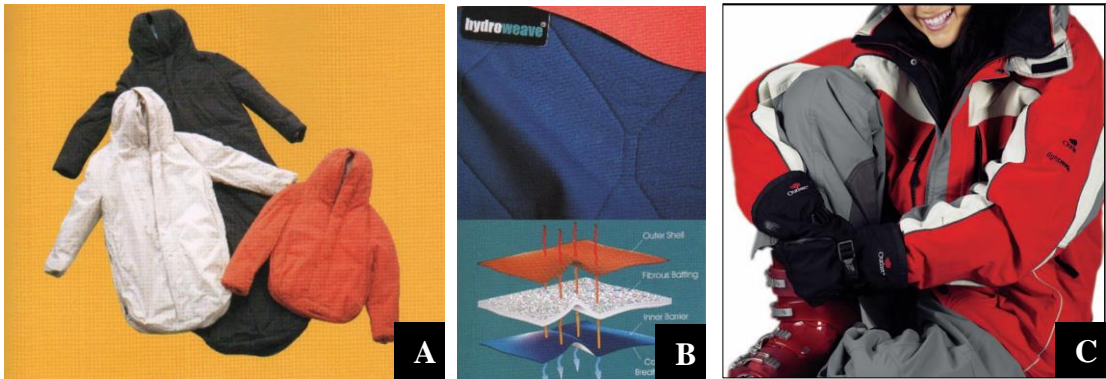
Serbest zaman aktiviteleri için ayrılan zamanların çoğalması, iç ve dış mekân spor aktivitelerindeki gelişmeler ve çeşitliliğin artması, sağlıklı yaşam ve spor konularındaki farkındalığın çoğalması gibi sosyal etkenler spor aktivitelerine olan ilginin artmasına ve bu alanlar için geliştirilen ürünlerin çeşitliliğine olumlu etkide bulunmuştur. Yeni teknolojiler, özelleşmiş tanımlı kullanım grupları, kullanıcı deneyimlerinin etkileri bu alanda gelişen tekstil sektörüne yön veren etmenlerden bazılarıdır. Bu doğrultuda spor ve serbest zaman aktiviteleri için geliştirilen yüksek performanslı ürünler, tekstil ürünlerindeki teknolojik ilerlemeler ve akıllı tekstillerin kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Bu alanda ön plana çıkmak adına da spor malzemeleri üreticileri yeni ürün geliştirme amacıyla radikal çalışmalarını hayata geçirmeye başlamıştır.

Küresel pazarda büyük paya sahip olan Adidas, Nike gibi spor markaları bu alanda geliştirilmiş çeşitli akıllı ürünlerini piyasaya sürmeye başlamıştır. Yüksek değer kategorisine giren bu ürünlerde performans, kalite, tasarım gibi değerler farklılık yaratan belirleyici özellikler olarak ortaya çıkmıştır (Shishoo, 2005, s.1-9).

Tüm bu ilgi çekici gelişmeler akıllı tekstillerin spor ve serbest zaman ürünleri pazarındaki potansiyelini artırmış; ürün, kullanıcı ve çevre arasındaki etkileşimin ön

plana çıktığı ürünler devreye girmiş ve görülmeye başlamıştır. Vücut sıcaklığını koruma ve konfor amaçlı kullanılan faz değıştiren malzemeler, şekil hafızalı alaşım ve polimerler, çeşitli ölçüm ve veri toplamaya yardımcı entegre sensörler bu alanda gözlemlenen akıllı tekstil malzemelerinden bazılarıdır. Ayrıca özelleşen bu ürünler kendi karakteristiğinde; performans, konfor, ergonomi ve estetik başlıkları altında geliştirilen özelliklere sahip ürünler haline gelmektedir (Mahony ve Braddock, 2002). Kayak, motor sporları, dağcılık, yüzme gibi özelleşen spor aktiviteleri için değişik gereksinimler doğrultusunda çeşitli ürünler geliştirilmiş ve geliştirilmektedir.

Günümüzde spor ve zorlu şartlar için tasarlanmış ürünlere bakıldığında akıllı tekstillerin realize edilmiş birçok örneğini görmek mümkündür. 60'lardan bu yana İngiltere'de kültürel bir kod haline gelen Griffin'in "Parka", faz değıştiren malzeme ile üretilmiş Schofell's Project 3000 kayak montu, Aquatex tarafından geliştirilen "hydroweave" kumaş örnek gösterilebilecek projeler arasındadır (Görsel 1.40).



Görsel 1.40 A) Griffin parka, B) Aquatex için geliştirilen "hydroweave" kumaş, C) Schofell's Project 3000 kayak montu

Kaynak: Mahony ve Braddock, 2002, s.95, 117, 114.

Adidas tarafından tasarlanan "adiStar Fusion" kalp atışı ölçümü ile hız, mesafe gibi performans ölçümlerinin analizini yapan ve kaydeden bir sistem olarak tasarlanmıştır. (Görsel 1.41) AdiStar Fusion tişört ve sütyenlerine entegre edilmiş sensörler ile ölçülen kalp atışı verileri, vericiler yardımı ile bilgisayar sistemine aktarılabilmekte ve veri analizi yapılabilmektedir.



Görsel 1.41 (soldaki) Adidas tarafından tasarlanan ölçümleme yapabilen “adiStar Fusion Sistem”

Kaynak: Seymour, 2008, s.101.

Görsel 1.42’deki Stella McCartney’ nin koleksiyonundan bir parça olan “Tenis Performans Sütyeni” de entegre sensör pedler sayesinde kalp atış ölçümü yaparken, elde edilen veriler Adidas miCoach Fitness Sistem uygulamasına aktarılabilmektedir.



Görsel 1.42 Adidas tarafından geliştirilmiş kalp atışı ölçümlemesi yapabilen tenis performans sütyeni

Kaynak: <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/5668>

Spor ayakkabı ile etkileşim içinde çalışan elektronik cihazlara yüklenen uygulama ile spor ayakkabılara entegre edilmiş sensörlerin etkileşimi sayesinde veri analizi

yapabilen ölçüleme sistemi olan Nike+ ise ürün kullanıcı etkileşimini ön plana çıkaran diğer bir örnek olarak gösterilebilir (Görsel 1.43).



Görsel 1.43 “Nike+” uygulaması ve uyumlu spor giysileri ile mobil cihazlar

Kaynak: <http://www.fastcodesign.com/1671437/nike-launches-a-tech-accelerator-to-develop-nike-apps>

1.2.2.7 Tekstil ve moda tasarımına yönelik yaratıcı ve artistik uygulama alanlarında kullanılan akıllı tekstiller

İşlevsellik odaklı bir gelişim süreçlerinin akabinde akıllı tekstil malzemeleri, tekstil ve moda tasarımcılarının kullanım alanlarında yer almaya başlamış ve bu potansiyeller doğrultusunda çeşitli tasarım örnekleri ortaya çıkmıştır.

Yin Gao, Hüseyin Çağlayan gibi tasarımcıların çalışmaları ile öne çıkan akıllı tekstil malzemeleri giyilebilen sanat ve performans sanatı kavramları ile bir arada kullanılmaya başlanmıştır (Görsel 1.44, Görsel 1.45). Ayrıca sahne kostümü ya da gösteri ve tanıtım amaçlı kullanımları da söz konusudur.



Görsel 1.44 Ying Gao Tasarımı Akıllı Giysi Örnekleri

Kaynak: <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/5219>



Görsel 1.45 Hüseyin Çağlayan Tasarımı Akıllı Giysi Örnekleri

Kaynak: <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/5219>

Bunun bir yansıması olarak da bu malzemeler son dönemde günlük kullanım amacıyla bir moda unsuru olarak tasarlanan ürünlerde gözlemlenmeye başlamıştır (Görsel 1.46). Tekstil ve Moda Tasarımı alanlarında kullanılan akıllı tekstiller bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde detaylı olarak incelenmiştir.



Görsel 1.46 Rainbow Winters markasının satışa sunduğu fotokromik özellik gösteren giysi tasarımları

Kaynak: <http://www.rainbowwinters.com/project1.html>

2 AKILLI TEKSTİL MALZEMELERİ İLE ÜRÜN TASARIMI

“Başarılı tasarımcı, eski nesil malzemelerle ilişkilenen yaklaşımdan uzaklaşan ve yeni malzemelerin özel nitelikleri ve tasarım özgürlüğünden istifade edendir.”

Profesör Mike Ashby, 1992

(Van Bezooeyen, 2013, s.279)

Akıllı tekstil malzemelerindeki gelişmeler ile bu malzemelerin kullanımı ile geliştirilen ürünler ortaya çıkmıştır. Bu akıllı giysilerin geliştirilmesi maliyetli bütçeler ve zaman gerektiren çalışmalar olduğu için öncelikle askeri, tıbbi çalışmalar ve uzay çalışmaları gibi alanlarda kullanımı söz konusu olmuş, takip eden süreçlerde ise spor amaçlı performans ürünleri ve özelleşmiş medikal ürünlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Takip eden süreçlerde gerek gelişen teknolojilerin üretim yöntemleri ve maliyet gibi kısıtlarda yapıcı rol oynaması gerekse teknolojik etkiler ile gündelik kullanım senaryolarının ve kullanıcı özelliklerinin şekillenmesi ile akıllı tekstil ürünleri daha geniş bir kullanım alanına yayılmaya başlamıştır.

Ariyatum ve Holland çalışmalarında akıllı giysi uygulamalarının ilk örneklerinin 70’lerde geliştirilen giyilebilen bilgisayar sistemlerine dayandığından bahsetmektedirler. Teknolojinin gelişimi ile ivme kazanan bu süreçte son kullanıcı ya da moda tasarımı kavramlarından öte teknolojik ürün gelişimi doğrultusunda konsept projeler gerçekleştirilmiştir. Akademik çalışmaların yanı sıra NASA ve Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı gibi devlet destekli askeri veya uzay çalışmaları da akıllı giysi gelişim süreçlerinde ivme katan etmenlerden olmuştur. İlerleyen süreçlerde ileri teknoloji odaklı firmalar kendi araştırma laboratuvarları ve ekipleri ile projelerini sürdürmeye başlamıştır. Böylece bu ileri teknoloji ürünleri kullanıcı etkileşimi ön planda yeni jenerasyon teknolojik cihazların bir yorumu olarak şekillenmiştir.

Çalışmalarına öncelikle giyilebilen elektronikler odaklı yaklaşan ve söz konusu gelişim sürecinde yönlendirici etkenleri dört gruba toplayan Ariyatum ve Holland bu etkenleri;

- Hareket kabiliyeti
- Ürün boyutlarındaki küçülme

- Giysiye bütünleşmiş elektronik sistemler dolayısıyla yaşanan karmaşıklık problemleri ve
- Akıllı tekstil ve mikro elektroniklerdeki ileri teknoloji içeren gelişmeler şeklinde sıralanmışlardır.

Bu bakış açısıyla akıllı giysi gelişim sürecinin genel değerlendirmesini;

- Öncelikli olarak sağlık, eğlence, spor ve iletişim alanlarına odaklanan,
- Teknolojik gelişim odaklılıktan kullanıcı odaklılığa doğru gelişim gösteren,
- Gelişim sürecinde teknik yanların önemli bir etkiye sahip olduğu,
- Moda kavramının etkisinin gün geçtikçe arttığı,
- Sınırlı sayıda üretilen ve özelleşmiş kullanıcı kitlesine sunulan ürünler olarak yapmışlardır (Ariyatum ve Holland, 2003, s.3).

Suh ve diğerleri ise akıllı giysi tarihsel sürecini incelerken Ariyatum ve Holland'ın çalışmalarından yararlanmışlardır. Çalışmalarında akıllı giysilerin tarihsel sürecini birbirini takip eden dört dönem olarak tanımlamaktadırlar (2010,s.3). Tablo 2.1'de çalışma doğrultusunda yapılan örneklendirme gösterilmiştir.

Birinci dönem (1980'lerden 1997'ye kadar); akıllı giysi tanımının giyilebilir bilgisayar fikri ile birlikte ortaya çıktığı dönemdir. Öncelikle taşınabilirlik odaklı yaklaşımdan dolayı giysi taşıyıcı, bilgisayar donanımı ise taşınabilmesi için geliştirilen bölümleri oluşturmaktadır. Bu dönemde giyilebilirlik ve pazarlanabilirlikten öte taşınabilirlik ön plandadır.

İkinci dönem (1998'den 2001'e kadar); moda ve tekstil sektörünün ürün tasarımına dahil olduğu dönemdir. Philips Electronics ile Levi Strauss' un ortak çalışmaları yapılan ilk ticari giyilebilir elektronik giysi olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde giyilebilirlik kavramı daha ön plana çıkmıştır fakat teknolojik yetersizliklerden kaynaklı olarak ortaya çıkan ürünler ilksel düzeyde kalmışlardır.

Üçüncü Dönem (2002'den 2005'kadar); ürün geliştirme süreçlerinde pazarlanabilirliğin daha fazla role sahip olduğu bir dönemdir. Ürün geliştirme süreçlerinde moda endüstrisi ve kullanıcı ihtiyaçları girdi olarak ön plana çıkmıştır. Yaklaşımlar teknik kaygılardan öte kullanıcı odaklılığa doğru yönelmeye başlamıştır.

Teknolojik gelişmelerinin etkisi ile elektronik cihazların boyutlarındaki küçülme, hareket kabiliyeti ve konfor olarak ürünlere yansımaya başlamıştır.

Dördüncü dönem (2006'dan 2010'a kadar); öncü moda markalarının akıllı giysi geliştirme süreçlerinde yer aldığı bir dönemdir. Akıllı giysi potansiyeli kişisel bir cihaz yönetimiyle sınırlı kalmaktan öte kullanıcı ile çevre etkileşimi olarak da rol almaya başlamıştır. Giyilebilir teknoloji çevreden gelen uyarıcıları farkedip, analiz etmekte ve kullanıcıya yardımcı olacak şekilde dönüştürmektedir. Bu bağlamda solar enerji yada kinetik enerji kaynakları gündeme gelmeye başlamıştır.

Tablo 2.1 ARGE ve Pazar Açısından Akıllı Giysi Tarihçesi

| | 1980 | 1997 | 2001 | 2005 | 2010 |
|-----------------------|------|---|--|---|---|
| | | 1. dönem | 2. dönem | 3.dönem | 4.dönem |
| AR&GE | | <ul style="list-style-type: none"> Steve Mann, Cyberman Projesi MIT Media Lab, Lizzy Projesi Sensatex, US Askeri Projesi Philips Research, Geleceğin Vizyonu Projesi Bristol Üniversitesi, Duyarlı Kumaş Projesi | <ul style="list-style-type: none"> Alexandra Fede (Du Pont ve Mitsubishi ile) SoftSwitch, Softswitch Technology Tampere Üniversitesi, Akıllı Tekstil Araştırması Georgia Tech., Giyilebilir Anakart Eleksen, Kumaş Klavye | <ul style="list-style-type: none"> Infineon Technologies, MP3 Çalar Ceket Tokyo Üniversitesi, Giysi Projesi Information S°Ciety Technologies, Wealthy Projesi | <ul style="list-style-type: none"> Konarka Technologies & Techtronics, Giyilebilir Güç Üretici Idaho National Laboratory, Solar Enerji Kumaşı |
| Akıllı Tekstil Pazarı | | | <ul style="list-style-type: none"> Softswitch, Kumaş Klavye | <ul style="list-style-type: none"> Eleksen, Logitech Anahtarlık | <ul style="list-style-type: none"> Fibretronic, Connectedwear |
| Akıllı Giysi Pazarı | | <ul style="list-style-type: none"> Philips&Levis, ICD+ Ceket | <ul style="list-style-type: none"> Sensatex, Akıllı Gömlek North Face, Kendiliğinden Isınan Ceket Burton, MD Ceket Burton, AMP Ceket GapKid, FM Radyo Gömlek Adidas, Adapte Olabilen Ayakkabı | <ul style="list-style-type: none"> Levis, iPod Jean Zegna, Bluetooth Ceket Zegna, Solar Ceket Metallica, Metallica M4 Ceket Oakley, Solar Plaj Çantası | |

Kaynak: Suh vd., 2010, s.2.

Akıllı giysilerin teknolojik özellikler ile giysinin bir arada yorumlandığı ürünler olmasından; kullanıcı faktörü ile birlikte ürün karakteristiği iki bileşenin de özelliklerini barındırır şekilde gelişmek durumundadır. Cho ve diğerleri çalışmalarında bu iki

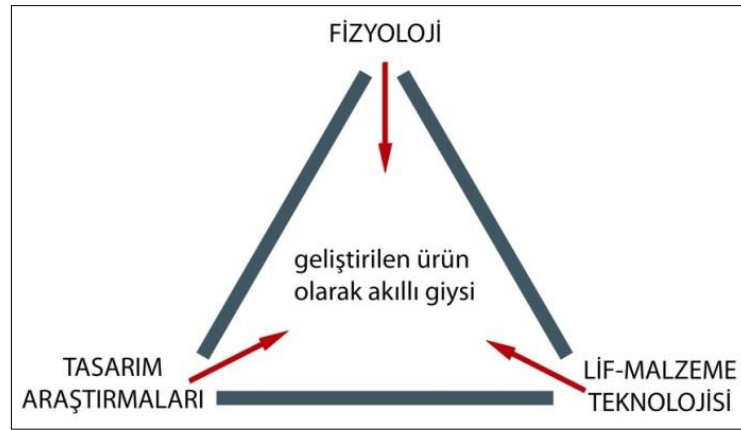
bileşenin gerektirdiklerini gruplamış ve teknolojik özelliklerin getirdiği kullanılabilirlik, fonksiyonellik, dayanıklılık ve güvenlik ile giysi tanımıyla beraber konfor, moda, sağlamlık ve güvenlik kavramlarının üzerinde durmuşlardır (2009, s.594-601).

2005'te Finlandiya'da düzenlenen Ambiance'05 bilim konferansında akıllı tekstillerin gelecekte ticari olarak hangi alanlarda hangi teknolojilerle ve ne kadar sürelik zaman dilimlerinde hayata geçebileceğine dair öngörüler oluşturmak adına çeşitli anket çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada akıllı tekstiller faz değiştiren, şekil hafızalı, kromik ve elektronik tekstiller başlıkları altında incelenmiş; gelişebileceği alanlar olarak ise spor ve zorlu şartlar için geliştirilen ürünler, medikal amaçlarla geliştirilen ürünler, belli bir iş grubu için özelleşen ürünler, taşımacılık sektörü için geliştirilen ürünler ve teknik tekstiller grupları oluşturmuştur. Ankete katılan ve konu üzerine çalışmaları bulunan 200 katılımcının %50,8'lik bir oranla, akıllı tekstil kullanımının tasarlanmış ürünler bazında gündelik yaşamda 1-5 yıl içinde rol sahibi olacağı düşüncesinde olduğu görülmüştür. Ayrıca çıkan sonuçlarda spor ve zorlu şartlar için geliştirilen ürünler %40,2'lik oranla ilk sırada yer almıştır. Faz değiştiren malzeme kullanımı ise % 50,8'lik bir oranla 1-5 yıl içinde kullanılma olasılığı en yüksek akıllı tekstil yöntemi olarak saptanmıştır (Mattila, 2006, s.4).

Akıllı tekstil ürünleri tasarım süreçleri incelendiğinde çoklu disiplin kavramının önemli bir rol oynadığı gözlemlenmektedir. Bu konudaki çoklu disiplin çalışmalarına örnek olarak MeMoGa projesi gösterilebilir. Finlandiya Kuopio Üniversitesi tarafından ortaklaşa yürütülen Akıllı Konfeksiyon Tasarım Araştırma, Yöntem ve Modelleri Projesi (MeMoGa), Finlandiya Proaktif Bilgisayar Programı Akademisi tarafından finanse edilmiştir. Projenin amacı, giysi üzerine yapılan teorik tabanlı araştırmaları sunulan kavramsal çerçevede analiz etmek ve bu araştırmaların yaygın işlemler, hizmetler, etkinlikler ve sosyal durumlarda uygulanabilirliğini tespit etmek olarak belirlenmiştir. Yaygın işlemler ve çevresel zekâ üzerine yapılan araştırmalar yoğun çalışmalar gerektirdiğinden bireysel ya da küçük grup araştırmaları ile yürütülmesi mümkün olmamaktadır. Araştırmacıların akıllı giysilere bir araştırma nesnesi olarak yaklaşımı ve farklı disiplinlerin akıllı ürün ve hizmetleri farklı araştırma örneklerine temellendirmesinin incelenmesi çoklu disiplinli bir yönelim açısından önemlidir. Projede amaç, giyilebilir zekâ ürünü veya akıllı giysinin sosyal ve kültürel çevrelerde görünürlüğünü artırmaktır ve bu çerçevede kullanıcı bağlamları ve kullanıcının kimlik

anlamları teknolojinin kullanımı ve etkilerini şekillendirmekte rol oynamaktadır (Mattila, 2006, s.6-12).

Sonuç olarak projede geliştirilen bir ürün olarak akıllı giysiyi oluşturan üçayaktan bahsedilmektedir ve akıllı giysi tasarımı ürün geliştirme süreci; tasarım, fizyoloji ve malzeme-teknoloji disiplinleri üzerine oturtulmuştur (Şekil 2.1). Bunlar; fizyoloji, lif-malzeme teknolojisi ve tasarım araştırmalarıdır. Çalışmalara derinlemesine bakıldığında sosyoloji, psikoloji, pazarlama, estetik, mühendislik, semiyotik gibi daha birçok alanın süreç içine dâhil olabileceğini gözlemlemek mümkündür.



Şekil 2.1 Akıllı giysinin temellendirildiği üç temel disiplin

Kaynak: Mattila, 2006, sf.9.

Nihai ürün, göz önünde bulundurulmuş tüm bu etmenler, sürece katkısı olacak disiplinlerin projenin planlaması doğrultusunda çok disiplinli bir takım çalışması ve disiplinler arası etkileşim sonucu ortaya çıkar. Sonuç olarak açıktır ki akıllı giysiler hibrit ürünlerdir ve interdisipliner iş birliği gücü olan ve itimat edilebilir sosyal ve kültürel olarak teknolojinin kabul edilebilir giyim ürünlerine entegrasyonunu sağlamışlardır. Bunun bir yansıması olarak da tasarım süreçleri ve ürün karakterleri bu entegrasyon doğrultusunda şekillenmeye başlamıştır. Tekstil ve moda tasarımcısının yüz yüze geldiği ise bu alışılmadık yeni hibrit ürünlerin kullanıcı beklentilerine, işlevlerine göre kullanım alanlarına ve kullanıcı kitlesine adaptasyonunu sağlamaktır (Steffen vd., 2009, s.79-80). Bu adaptasyon sürecinde tartışılması gereken ise tasarlanan akıllı giysilerin inovatif karakterlerini yansıtmaları adına farklı görünümlere sahip olmaları mı yoksa konvansiyonel giysiler ile paralellik göstermelerinin gerekliliğini olmalıdır.

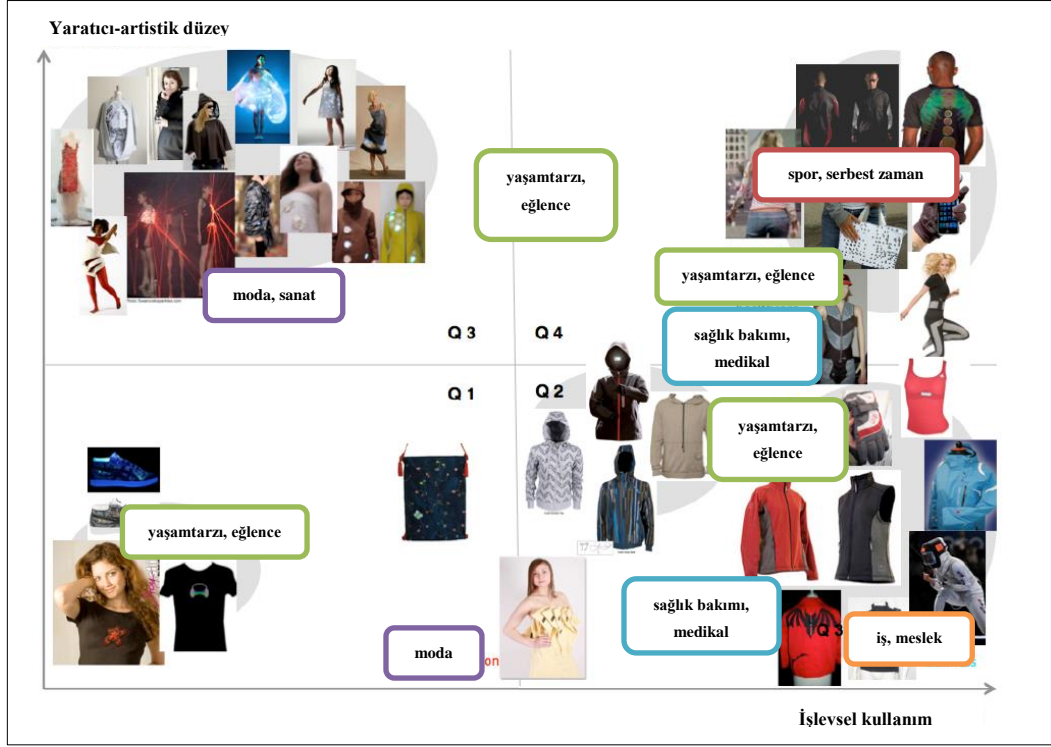
Bu noktada akıllı ürünlerin anlatımsal ifadeleri bakımından üç grupta toplandığı gözlemlenmektedir.

- İlk grupta; seçilen teknoloji ya da akıllı malzemenin kendi doğal gösterge bildirimleri ile akıllı giysilerin yenilikçi karakterleriyle doğrudan bilgi vermektedir.
- İkinci grupta; akıllı teknolojilerin görünür olmadığı durumlarda konvansiyonel ürünlerden farklılığı belirtmek adına bilinçli olarak tasarlanmış yapay gösterge bildirimleri yenilik hakkında bilgi vermektedir.
- Üçüncü grupta ise; akıllı giysinin ürün dili ürünün alışılmışın dışındaki karakterini ve sahip olduğu artı değeri yansıtmamaktadır ve anlamsal ifade biçimi açısından konvansiyonel ürünlerden farklılık göstermez (Steffen vd., 2009, s.82).

Sonuçta; teknolojiye bağlı olarak akıllı tekstil uygulaması ve hedef kitlesi bakımından özel kriterlerden bahsetmek gerekmektedir.

- Temel prensip olarak akıllı bir giysinin kullanımı, bakımı ve açıklamaları çok kolay olmalı ve tüm bileşenlerinin tasarımı doğru kullanıma yönlendirmelidir.
- Akıllı giysiler yüksek fiyat aralığında satılan ürünler olduğu için, ürün karakteri tümüyle yüksek kalite referansı vermelidir.
- Akıllı giysilerde var olan gömülü teknolojinin işlev fazlalığına bağlı olarak – Akıllı giysilerin anlamsal ifade biçimleri son derece bölümlenmiş hedef kitlenin beğeni ve beklentileri ile uyumlu olmak zorundadır. Dahası, çeşitli kavramsal tarzlara(iş elbisesi, outdoor giyim, spor giyim, iç çamaşırı vb.) dair tipik özellikler dikkate alınabilmektedir (Steffen vd., 2009, s.83).

Steffen ve diğerleri çalışmalarında pazarda yer alan ya da kavramsal olarak geliştirilen akıllı giysileri yaratıcılık ve artistik değer ile işlevsellik bakımından inceleyerek bir akıllı giysi haritası çıkarmışlardır (Şekil 2.2) (2009, s.81). Hazırlanan bu giysi haritasında akıllı tekstil malzemeleri kullanılarak moda ve sanat, yaşam tarzı ve eğlence, spor ve serbest zaman, sağlık bakımı ve medikal, iş ve meslek gibi gruplar için geliştirilmiş ürünlerin yaratıcı-artistik düzey ve işlevsel kullanım açısından konumlanma şekli incelenmiştir.



Şekil 2.2. Yaratıcı-artistik düzey ve işlevsel kullanım parametrelerine göre düzenlenmiş akıllı giysi haritası

Kaynak: Steffen vd., 2009, sf. 81.

Bu tez çalışması kapsamında akıllı tekstil malzemelerinin kullanım alanları;

- İşlevsellik odaklı uygulamalar ve
- Tekstil ve moda tasarımına yönelik yaratıcı ve artistik uygulamalar

olmak üzere iki ana başlık altında incelenmiştir.

2.1 Akıllı Tekstil Malzemelerinin Kullanımında İşlevsellik Odaklı Uygulamalar

“Akıllı teknolojiler, kusursuz bir şekilde çalıştığında ve onları kullanmayı öğrenebildiğimizde; memnuniyeti artıran, yaşamı kolaylaştıran ve güvenlik katan bir kapasiteye sahiptir.”

(Norman, 2009, s.156)

Norman’ın da belirttiği üzere akıllı teknolojiler sağladığı fayda ve işlevler ile hayatımızda yer almakta ve yaşam pratiklerimizde rol edinmektedirler. Bu akıllı teknolojilerin bir yansıması olan akıllı giysiler de birçok örnekte de gözlemlenebildiği üzere kullanıcı ihtiyaçlarını ve çevresel şartları algılayıp, kullanıcının asgari çabayla

yönetebileceği, doğru yer ve zamanda uygun hizmeti sağlamak amacıyla tasarlanmış ürünlerdir (Ariyatum vd., 2005).

Yeni bir malzeme olarak devreye giren akıllı tekstiller tasarım süreçlerinde de sahip oldukları potansiyeller doğrultusunda farklılıklar getirmiş ve bu farklılıklarla gerek ürün işlevleri gerekse kullanım senaryolarında önemli bir rol edinmişlerdir. Akıllı tekstil malzemelerinin getirdiği bu yeni nesil tasarım süreçlerinde tasarımcılar farklı malzemeler ve malzeme birleşimlerini anlamak ve bu malzemelere adapte olmak durumundadırlar. Çünkü tasarımcı için malzemeyi anlayabilmek deneyimlenen özellikler (yoğunluk, sertlik, parlaklık, doku, renk, süreç özellikleri, koku vb.) ile bilgi ve beceriyi geliştiren bir keşif süreci olarak şekillenmektedir (Van Bezooeyen, 2013, s.282).

Yeni malzemelerin beraberinde getirdiği yeni özellikler, bu yeni malzemelerin kullanıldığı tasarım süreçlerinde de yeni işlev tanımlamalarına ve yeni anlamsal ifade biçimlerine yol açmıştır.

Akıllı giysilerin anlamsal ifade biçimleri ile ilişkili olarak yapılacak örneklemede tasarımsal açıdan inovatif karakterini yansıtan ürünler olarak kromik özellikleri sayesinde gündüz, gece ve sıcaklık değişimine bağlı olarak desen değişimi yapabilen “STARFLAKE” ve “CLAW” yerinde örnekler olacaktır (Görsel 2.1).



Görsel 2.1 STARFLAKE(üstte) ve CLAW(altta) çocuk güvenliği için tasarlanmış akıllı ceketler

Kaynak: Steffen vd., 2009, s.86.

Ürünler incelendiğinde malzemenin potansiyeli doğrultusunda ürünlere kattığı değer son derece açıktır. Kız ve erkek çocuklar için özelleştirilmiş, etkileyici ve eğlenceli hale getirilmiş olan bu tasarımlar aynı zamanda getirdiği işlev ile ebeveynleri de hedef kitle olarak almaktadır. Güvenlik amaçlı tasarlanan bu ürünlerde görünürlüğü sağlayan şeritler tasarımsal açıdan sadece bir güvenlik bandı olma işlevinin ötesine geçmiş kullanılan desenlendirmeler ve yeni kullanım senaryosu ile aynı zamanda kullanıcı ile etkileşime giren bir ürün olarak yorumlanmıştır (Steffen vd.,2009, s.87).

Sonuç olarak akıllı malzemelerin devreye girdiği bu yeni tasarım süreçlerinde ihtiyaç olan; kesinlik, iş ciddiyeti ve mühendislik bilgisini, sosyal etkileşim ve sanat estetiği anlayışı ile birleştirdiğimiz yeni bir yaklaşımdır (Norman, 2009, s.173).

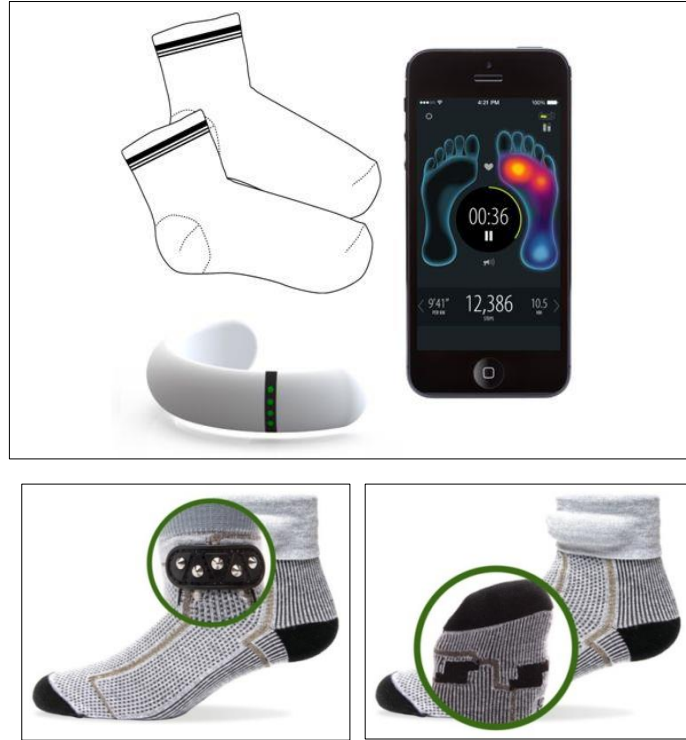
Kromik özelliğin işlevleri doğrultusunda gündelik hayatta kullanılan ürünlere entegrasyonuna örnek olarak gösterilebilecek diğer bir ürün ise “Chameleon mod şalları” olabilir (Görsel 2.2). Neffa Studio’nun ürün açıklamasına göre; ürünlerdeki faz değiştiren boyalardan oluşan değişik katmanlar çevresel etkilere göre tepki göstermekte ve değişmekte, böylece değişik durumlara göre farklı desenler ortaya çıkmaktadır. Üründe siyah desenler kullanıcının vücut sıcaklığına göre değişkenlik gösteren termokromik baskılar ile oluşturulmuştur. Korku, stres gibi durumlarda yükselen vücut ısısı ile desenler kaybolmakta ve kullanıcıyı daha az göze çarpan bir görünüme getirmektedir. Bununla birlikte fotoluminesans etkili baskılar ile oluşturulmuş açık renk desenler karanlık ortamlarda görünürlüğü artıracak ışık ve parlaklık etkisi vermektedir. Beyaz yüzeylerde kullanılan fotokromik boyalar gün ışığı etkisi ile beyazdan turuncuya dönüş yaparak dış mekân kullanımında kullanıcı modunu yükseltmesi hedeflenmiştir.



Görsel 2.2 Neffa Studio tarafından tasarlanmış Chameleon Mod Şalları

Kaynak: <http://fashioningtech.com/2015/07/29/chameleon-mood-scarf/>

Günümüz dünyasında değişen ihtiyaçlar doğrultusunda ürünlerden beklenen işlevlerde de değişimler gözlemlenmektedir. Ayak konforu, üşüme terleme vb. durumların etkilerini azaltma gibi işlevler beklenen konvansiyonel bir çorabın yanında, teknolojik gelişmeler ve günümüz ihtiyaçlarının değişimleri doğrultusunda artık hızı ve mesafeyi ölçebilen ve koşu analizi yapabilen ve telefon uygulamaları ile uyumlu çalışabilen akıllı spor çorapları gibi ürünler üretilmeye başlanmıştır (Görsel 2.3).



Görsel 2.3 *Sensoria tarafından geliştirilen akıllı çorap tasarımı*

Kaynak: <http://www.sensoriafitness.com/technology>

Değişen ihtiyaçlara göre şekillenen işlevlere bir diğer örnek ise rehabilitasyon ve fiziksel terapi özelliği taşıyan giysi tasarımları sunulabilir. Gündelik yaşamdaki ihtiyaçların değişimi ile spor, sağlık, kişisel bakım gibi konulardaki ihtiyaçların öncelik kazanması ve değişim göstermesi, bu alanlardaki tasarım çalışmalarına yoğunluk kazandırmıştır. Eindhoven Teknoloji Üniversitesi ve Eindhoven Tekstil Müzesi ortak çalışması ile geliştirilen akıllı giysi “VIGOUR” kullanıcı hareketlerini ölçümleyebilen esnek sensörler ile örülmüş bir hırka olarak tasarlanmıştır (Görsel 2.4).

Hasta verileri mobil bir uygulama yardımıyla toplanmakta böylece rehabilitasyon süreci terapist ve bakıcılar tarafından gözlemlenebilmektedir. Ayrıca uygulama giysi

kullanımı için yönlendirme yaparken, örme yüzeylerden oluşan tasarım ise kullanım kolaylığı sağlamaktadır.



Görsel 2.4 Pauline van Dongen tasarımı “VIGOUR” rehabilitasyon ve fiziksel terapi giysisi

Kaynak: <http://fashioningtech.com/2014/12/18/vigour-a-gorgeous-wearable-for-rehabilitation-and-physical-therapy/>

İşlevsellik odaklı bu yeni nesil ürün geliştirme süreçlerinin akademik düzeydeki yansımaları açısından konuya yaklaşıldığında ise birçok araştırmacının konu üzerinde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. Çeşitli alternatif çözümler ile akıllı tekstil malzemeleri ile geliştirilen ürünlerdeki işlevsellik odağının günün ihtiyaçlarına yönelik olarak nasıl şekillenmesi gerektiğini tartışan birçok çalışma mevcuttur. Kuusk’un Eindhoven Teknoloji Üniversitesi’nde tamamladığı “Sürdürülebilir Akıllı Tekstil Hizmetleri Üretimi” konulu doktora tezinde de görüldüğü üzere akıllı ürünler güncel teknolojik etkiler ve kullanıcı etkisi ile gelişme göstermektedir. Kuusk’un da dediği gibi gerekli olan kısıtlara karşı kullanıcı kültürünün de etkisiyle şekillenerek geliştirilmiş temel sürdürülebilir çözümlerdir. Sürdürülebilirlik ve akıllı malzeme teknolojilerinin birleşimi ile ortaya çıkan ürün konsepti ise yeni potansiyeller ve olasılıklar sunmaktadır. Çalışmasında “Üretim ve sürdürülebilirlik nitelikleri nelerdir ve bu nitelikler akıllı tekstil hizmetleri tasarımında nasıl kullanılabilir?” sorusuna yanıt arayan Kuusk’un tez çalışması kapsamında geliştirdiği ürünlerden biri de yatak takımları ile etkileşim içinde kullanılarak etkileşimli masallara dönüşebilen tablet uygulamalarıdır (Görsel 2.5) (Kuusk, 2016, s.59).



Görsel 2.5 Kristi Kuusk tasarımı tablet uygulamaları ile etkileşimli masallara dönüşebilen çocuk yatak takımları

Kaynak: Kuusk, 2016, s.59.

Ülkemizde de akıllı tekstillerin kullanımı ile geliştirilen işlevsellik odaklı uygulamalara örnek olabilecek çalışmalar bulunmaktadır. Arzu Kaprol tasarımı Vodafone işbirliği ile geliştirilmiş akıllı ceket de bulunan Vodafone Locate ürünü ile ceketin nerede olduğu takip edilebilmekte, panik butonu sayesinde kullanıcının seçeceği üç kişiye SMS gönderilebilmektedir (Görsel 2.6). Ceket ayrıca çeşitli hava koşullarına adapte olabilmektedir. Soğuk hava koşullarında ceketin boyu otomatik olarak uzamakta ve kapüşon kapanması, yaka yükselmesi, sırttan ısıtma gibi özellikleri ile kullanıcıyı soğuk hava koşullarına karşı korumaktadır. Sıcak hava koşullarında ise ceket boyu otomatik olarak kısaltmakta ve kapüşon açılması, yaka açılması, sırttan soğutma, bilekten soğutma gibi özellikleri ile kullanıcıyı soğuk hava koşullarına karşı korumaktadır.



Görsel 2.6 Arzu Kaprol tasarımı Akıllı Ceket.

Kaynak: <http://www.premierevision-istanbul.com/future-fashion-by-arzu-kaprol-area-discover-the-hi-tech-jacket-2/?lang=tr>

2.2 Akıllı Tekstil Malzemelerinin Kullanımında Tekstil ve Moda Tasarımına Yönelik Yaratıcı ve Artistik Uygulamalar

Günümüz kullanım alanları incelendiğinde dikkat çeken diğer bir grup ise tekstil ve moda tasarımına yönelik yaratıcı ve artistik uygulamalardır. Birçok araştırma projesi ile yeni işlevlerin gelişmesine yol açan ve ürünleşmeye başlayan akıllı tekstil ürünlerinin potansiyellerinin keşfi ile tekstil ve moda tasarımcıları moda gösterilerinde, giyilebilir sanat ve performans sanatı çalışmalarında, tasarladıkları sahne giysilerinde ve daha birçok alanda yeni ifade biçimleri geliştirmişlerdir. Daha önceki bölümde de belirtildiği gibi Hüseyin Çağlayan, Ying Gao gibi tasarımcılar çalışmaları ile bu alanda öncü olmuş ve akıllı giysi kavramına farklı bir bakış açısı getirmişlerdir.

Günümüz modern dünya modasında stil, elbise, süsleme, dekorasyon, giysi gibi kavramlar paralel anlamlar ile ilerlemektedir ve bir iletişim aracı olarak sınırsız bir potansiyele sahiptir. Birçok moda takipçisi ise moda işleyişleri arasında teknolojiye ilgi duymaktadır. Ancak giyilebilir teknolojiyle bütünleşmiş moda ürünleri, salt moda kavramından daha fazlasını içermektedir. Bu ürünler içerdikleri teknolojik unsurlar ile aynı zamanda etkileşimli ara yüzlere dönüşmektedirler. Giyilebilir teknolojilerin ilk örnekleri işlevsel fakat görünüş ve kullanım açısından kaba bir görüntüye sahipken, moda dünyasının bu ürünlerle tanışması ile ortaya daha şık zarif ve kullanışlı giysiler ortaya çıkmıştır. Ayrıca giyilebilir teknolojiler, potansiyelleri sayesinde sağladıkları yeni kişisel-ifade biçimleri ile moda dünyasında kitlelere hitap etmek adına önemli bir etken olan kişiselleştirme kavramını destekler bir rol üstlenmiştir (Seymour, 2008, s.12-13).

Hüseyin Çağlayan akıllı malzemelerin giysi ile etkileşim potansiyelini tasarladığı ürünler ile giyilebilir performans sanatına dönüştürmüş ve pek çok başarılı örneğe imza atmış öncü tasarımcılardandır. İnovatif malzemeler ve teknolojileri tasarımlarında yorumlayan Çağlayan, 1999 ve 2000 yıllarında yılın İngiliz tasarımcısı olarak ödüllendirilmiştir. 1994-2010 yılları arasındaki tasarımlarından oluşan bir seçki Londra Tasarım Müzesi gibi birçok saygın müzede sergilenmiş aynı zamanda İstanbul 2010 Avrupa Kültür Başkenti programı kapsamında İstanbul Modern’de düzenlenen sergiyle izleyicisine sunulmuştur.¹

¹ http://www.istanbulmodern.org/tr/basin/basin-bultenleri/huseyin-caglayan-1994-2010_589.html

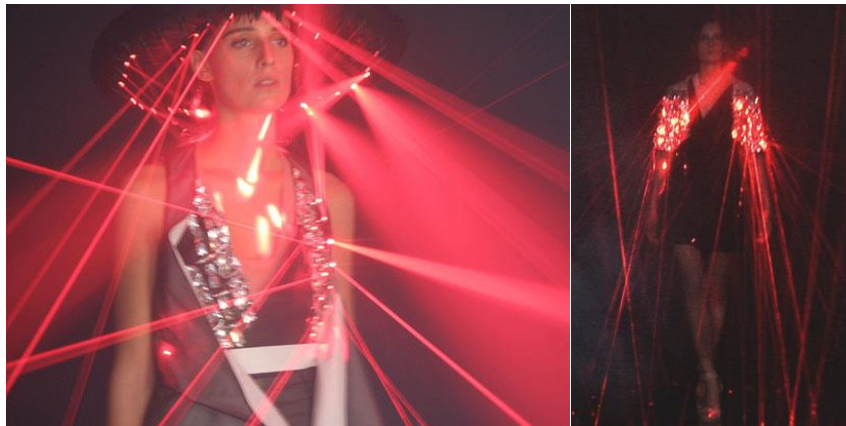
İnsan doğa ve teknoloji arasındaki ilişkiye odaklandığı “BEFORE MINUS NOW” bu örneklerden biri olarak gösterilebilir. Koleksiyondaki elbiseler düzensiz geometrik şekillere sahip sert ve hareketli panellerden oluşmaktadır. Bir uzaktan kumanda sistemi ile çalışan giyside hareket sonucu sert panellerin içinden tül doku ortaya çıkmaktadır (Görsel 2.7) (Seymour, 2008, s.31).



Görsel 2.7 Hüseyin Çağlayan tasarımı “BEFORE MINUS NOW” (İlkbahar/yaz 2000)

Kaynak: Seymour, 2008,s.31.

Alışlagelmiş bir moda gösterisi yerine bir kısa film şeklinde sunulan İlkbahar/yaz 2008 koleksiyonu “READINGS / OKUMALAR” da sergilediği tasarımı “LASER DRESS” diğer etkileyici tasarımlarından biridir. Antik çağlardaki Güneş tanrıları ve güneşe tapanlar ve günümüz şöhret kültürünün bir yorumlanması olarak tasarladığı koleksiyonda giysi üzerinde çok sayıda swarovski taş kullanılmış ve lazer etkisi ile kitle ile ikon arasındaki ilişki simgelenmiştir (Görsel 2.8) (Teunissen vd., 2014, s. 90- 91).



Görsel 2.8 Hüseyin Çağlayan tasarımı “LASER DRESS” (İlkbahar/yaz 2008)

Kaynak: <http://www.designboom.com/design/hussein-chalayan-at-the-design-museum/>

Yaratıcı ve artistik uygulamalar açısından moda tasarımında öne çıkan bir diğer isim ise Ying Gao'dur. Ying Gao giysi hakkındaki varsayımlarımızı kentsel tasarım, mimari ve medya tasarımı ile kombinleyerek sorgulamaktadır. Sosyal ve kentsel çevrenin dönüşümlerinden ilham alarak giysi yapısını açıklama yoluna giden Gao, uluslararası birçok müze ve galeride bu çalışmalarını sergilemiştir. Gao'nun çalışmalarında tasarım, teknoloji tarafından şekillenen bir araç olarak giysi kavramını daha esprili ve etkileşime açık bir hale getirmektedir.²

Moda tasarımı ve medya sanatları arasındaki alanda konumlanan, Origami ve Archigram'dan etkilenerek tasarladığı "WALKING CITY" çalışması, buldukları çevreye tepki gösterebilen üç elbise tasarımına odaklanmıştır. İlk giyside, giysi arkasına yerleştirilmiş dokunmaya duyalı sensörler bulunmaktadır. İkincide kullanıcının nefes alışverişine göre aktive olan bir sese duyarlı sensör mevcuttur. Üçüncü giysi ise yaklaşıldığında hareketlenmektedir. Tüm giysilerde bulunan hava basınçlı sistem, kullanıcının hareketlerini, çıkardığı sesleri ve nefes alışveriş hızını analiz etmektedir (Görsel 2.9).

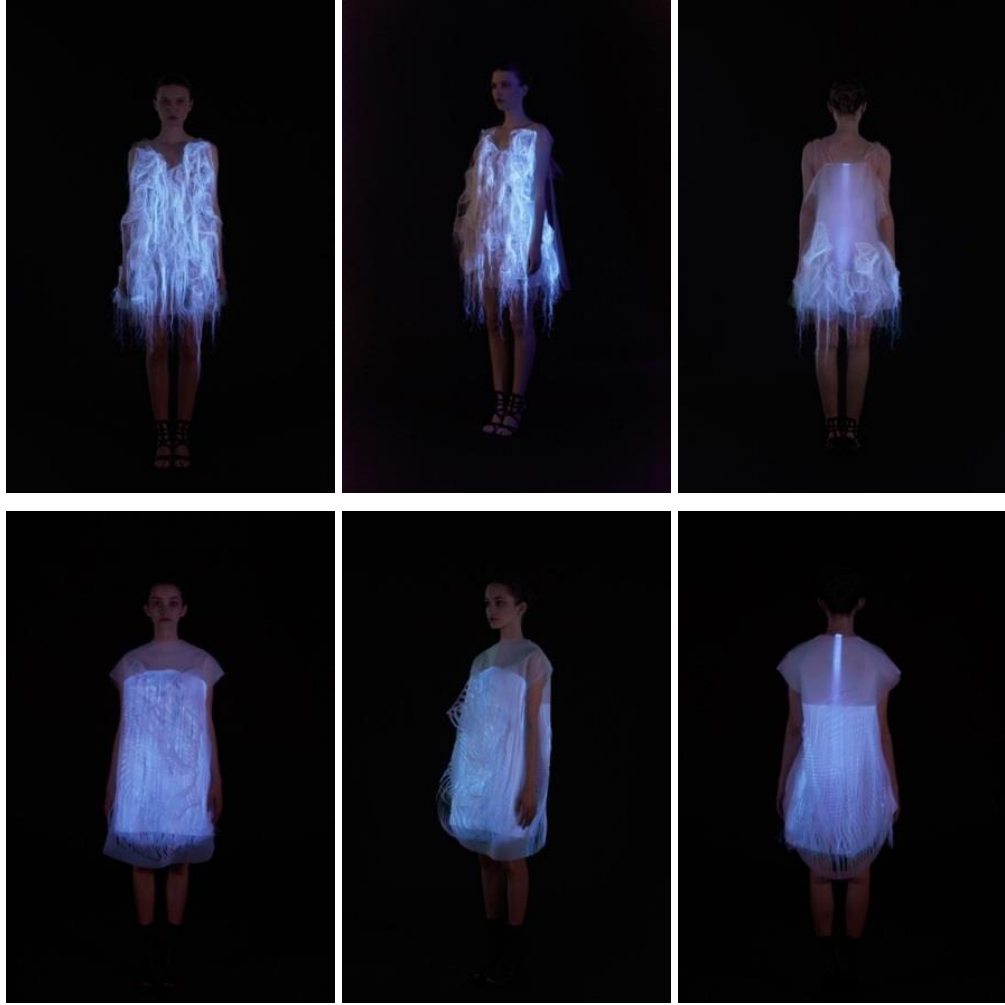


Görsel 2.9. Ying Gao tasarımı "WALKING CITY"

Kaynak: <http://fashioningtech.com/2009/01/28/ying-gao-interactive-fashion-exhibit/>

² <http://yinggao.ca/eng/info/profile/>

Gao'nun örnek tasarımlarından bir diğeri ise “(NO)WHERE (NOW)HERE” çalışmasıdır. İki etkileşimli giysi tasarımından oluşan çalışma, Paul Virilio tarafından 1979 yılında kaleme alınan Görünmezliğin estetiği adlı makaleden esinlenilerek tasarlanmıştır. Fotolüminesans iplik ve entegre göz izleme teknolojisi kullanılan giysi serisi, izleyicinin bakışları ile aktive olmaktadır (Görsel 2.10).



Görsel 2.10 Ying Gao tasarımı “(NO)WHERE (NOW)HERE”

Kaynak: <http://yinggao.ca/eng/interactifs/nowhere-nowhere/>

Akıllı tekstil ve giysi tasarımındaki bu etkilerin ve oluşumların etkisi sahne ve gösteri sanatlarına da yansımış, dünyaca ün yapmış birçok isim kostümlerinde bu yeni nesil etkileşimli tasarımları tercih etmeye başlamıştır (Görsel 2.11).



Görsel 2.11 Katy Perry' nin tavus kuşu temalı LED efektli sahne kostümü

Kaynak: <https://www.venuemagic.com/katy-perry-peacock-costume/>

Cute Circuit firması tarafından Katy Perry'nin American Idol 2011 performansı için tasarlanan sahne kostümü bu alan için yerinde bir örnek olacaktır. Sanatçının şarkısından esinlenilerek tasarlanan kostümde müziğin etkisini artırmak ve çarpıcı bir görsel sunum sergilemek hedeflenmiştir. Perry birçok performansında akıllı teknolojilerden ilham alınarak geliştirilmiş sahne kostümlerine yer vermektedir. New York Ed Sullivan Tiyatrosu' ndaki David Letterman Show'da giydiği tavus kuşu temalı kostüm de bir diğer örnek olarak sunulabilir. Led efektlerinin kullanıldığı bu kostüm tasarımı ise J&M Costumers of Hollywood, CA and Funhouse Productions, Oakland imzalıdır (Görsel 2.12).



Görsel 2.12 Katy Perry CATSUIT American Idol 2011 Kostümü

Kaynak: <http://dressim.blogspot.com.tr/2010/05/wearable-technology-light-up-dress.html>

Akıllı giysilerin gerek tekstil ve moda tasarımcıları ile sanatçıları tarafından kullanımının artması, gerekse çeşitli gösteriler ve kostüm amaçlı kullanımlarının sıklaşması çeşitli moda etkileşimlerinde de kendini gösterir örneklerle sebebiyet vermiştir. Örneğin kendine has bir üslup sergileyen Japon Sokak Modası bu süreç içerisinde akıllı giysilerdeki teknolojik gelişmeleri ve bu gelişmelerin malzemelere yansımalarını kendi karakteristiği ile yorumlamıştır. Kısa sürede Japonya’da popülerlik kazanmış olan aydınlatma etkisi taşıyan Hikaru Etekleri bu süreç içerisinde ürünleşmiş olan örneklerden biridir (Görsel 2.13).



Görsel 2.13 Teknolojik etkilerin japon modasına bir yansıması Hikaru Etekler

Kaynak: <http://en.rocketnews24.com/tag/hikaru-skirt/>

Pauline van Dongen'in 2013 yılında Christiaan Holland ve Gert Jan Jongerden'dan oluşan çok disiplinli bir takım ile birlikte tasarladığı "WEARABLE SOLAR" serisi güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürebilen entegre solar panellerden oluşan elbise ve ceketten oluşmaktadır.

Gizlenmiş bir şekilde tasarlanan solar paneller sadece bu bölmenin açılması ile gözlemlenebilir. Bir elektrik çıkışı ile cep telefonu gibi mobil cihazlarımıza bağlanabilen bu paneller güneşli bir havada standart bir cep telefonunu iki saat içinde şarj edebilme özelliğine sahiptir.

Alternatif enerji kaynaklarının gündeme geldiği şu günlerde Güneş, Dünya için en büyük enerji kaynağıdır ve bu kaynağın potansiyeli Van Dongen'in tasarımı ile kullanılabilir bir giyilebilir teknolojiye dönüştürülmüştür. Van Dogen'in bakış açısına göre moda tümüyle yenilikçilik ile ilgidir ve tümüyle tekrar eden malzeme ve üretim yöntemlerinin aksine yeni teknoloji ve malzeme kullanımlarıyla günümüz dünyasına adapte olabilen ürünlerin ortaya çıkması söz konusu olabilir (Görsel 2.14) (Teunissen vd., 2014, s.36-37).



Görsel 2.14 Pauline van Dongen tasarımı "WEARABLE SOLAR" elbise ve ceket

Kaynak: <http://paulinevandongen.nl/projects/wearable-solar/>

Artut'un da söylediği gibi teknolojinin getirdiği karmaşa ve düzenin yapısı, toplum hayatının ritmini değiştirmekte ve hayatın renklerini oluşturan sanatın anlatım yapısını etkileyerek, ortaya çıkan yeni tanımlarla yeni sanat dillerinin gelişmesine neden olmaktadır (2014, s.13). Teknolojinin yansımaları doğrultusunda akıllı giysilerin bu potansiyelleri sanatsal açıdan yeni ifade yöntemlerinin gelişmesine ön ayak olmuş ve giyilebilir sanat adına çok çeşitli performansların geliştirilmesinde ve sergilenmesinde rol sahibi olmuştur.

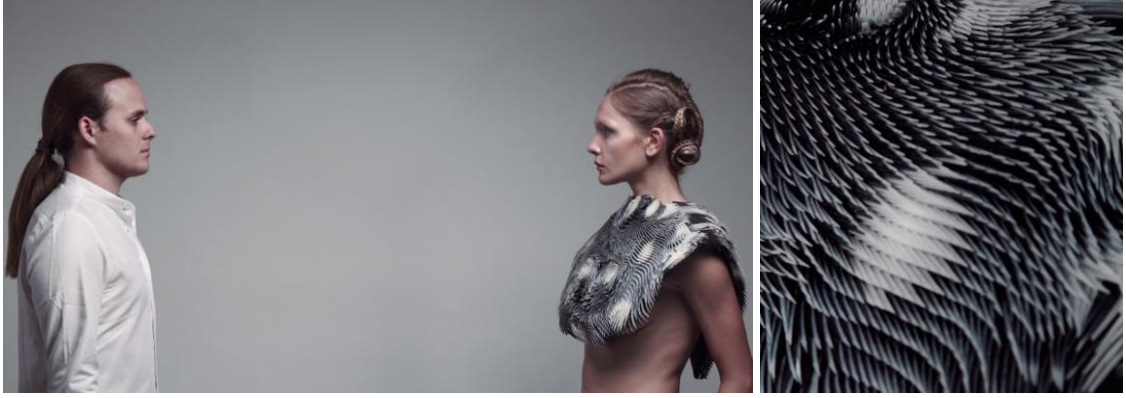
New Yorklu sanatçı Daniel Rozin'in tasarımı interaktif bir yerleştirme olan "Pom Pom Mirror" yüzeyi tamamen kürk topçuklarından oluşan bir çeşit "ayna" olarak tasarlanmıştır. Aynanın üzerindeki siyah ve bej renkli topçukların hareketi yüzlerce motorun kontrolüyle sağlanmakta ve alıcıları sayesinde karşısındaki hareketlere senkronize olan ayna, hareket değişimlerini takip ederek, ayna karşısındakinin silüetini oluşturmaktadır (Görsel 2.15).



Görsel 2.15 "POM POM MIRROR" karşısında duran kişinin hareketlerine senkronize olarak desenlenen kürk ayna

Kaynak: <http://bigumigu.com/haber/karsisinda-duran-kisiyle-senkronize-olan-kurklu-ayna/>

Autodesk'in "Pier 9 Artists in Residence" programının bir parçası olarak hazırlanmış 3D baskı yöntemiyle üretilen interaktif giysi ise giyilebilir performans objelerine bir örnek olarak gösterilebilir. Etkileşim tasarımcısı Behnaz Farahi'nin imzasını taşıyan giysi sivri uçlarıyla bir zırhı ya da yeniçağın insanların hayali kürkünü andırmakta ve karşısında durup ona bakan gözleri algılayarak giysinin sivri uçları senkronize bir şekilde büyük estetik içinde hareketleriyle karşılık vermektedir (Görsel 2.16).



Görsel 2.16 Karşısındakinin bakışlarını algılayıp tepki gösterebilen interaktif giysi tasarımı

Kaynak: <http://bigumigu.com/haber/uzerine-dikilen-bakislara-duyarsiz-kalmayan-interaktif-giysi/>

Sıra dışı bir örnek olan “THE PRECENCE OF MYSELF” ise beden imajının sosyal normlara uyumu arzusundan alınan fiziksel ve duygusal bir intikam olarak yorumlanmış bir performans sanatı ürünüdür. Vücut gün geçtikçe kendi kendini utandırmaya ve kendi kusurları ile bir savaş içine girmeye başlamaktadır. Hissiyatı bu düşünceler etrafında şekillenen takıntılar yaratarak kendi bedenini oluşturan parçalardan oluşan bir tiksintiye dönüşmektedir. İşte tam da bu noktada bu çalışma bu duyguları barındırmanın öz bilincini araştırmak ve vurgulamak adına tasarlanmıştır. Teşvik etmeye çalıştığı nokta ise yavaşlatılmış bir keşif ile vücudu ve arkasında gizlenen hisleri anlamlandırmaktır. (Görsel 2.17)



Görsel 2.17 “THE PRECENCE OF MYSELF” performans sanatı çalışması

Kaynak: <http://fashioningtech.com/2015/06/08/in-the-presence-of-myself/>

Reklam ajansları ise bu giyilebilir teknolojileri hızla benimseyerek kampanyalarında kullanmaya başlamışlardır. 2013 yılında Londra’da Cadbury firması için başlatılan reklam kampanyası için Golin Harris PR ajansı ve tasarım danışmanlık hizmeti veren Hirsch&Mann ortaklığında, kullanıcı Cadbury marka çikolata yediğinde etrafa konfeti saçan ve ışıkları yanan interaktif bir ceket tasarlanmıştır. Teknolojik altyapısında RaspberryPi kontrol cihazları kullanılan ceket, çikolataya dair bir işaret aldığı anda ışıkları yanmakta ve sonrasında müzik eşliğinde ceketin yakasından konfetiler saçılmaktadır (Görsel 2.18). Giysi kullanıcı etkileşiminin birçok ifadesel yöntemde kullanılabilir olduğunu gösteren bu çalışmada giysiye bedenle senkronize olarak tepki gösterebildiği diğer anlamlarda yüklenmiştir.



Görsel 2.18 Cadbury Eğlence Ceketi

Kaynak: <https://www.hirschandmann.com/portfolio/cadbury-joy-jacket/>

Akıllı tekstil malzemeleri ile geliştirilen yaratıcı ve artistik uygulama örnekleri ülkemizde de geliştirilmektedir. Çeşitli lisansüstü akademik çalışmalarda ve moda tasarımcılarının geliştirdiği ürünlerde bu örneklere rastlanmaktadır. Görsel 2.19’da Serna Uçar’ın sanatta yeterlik çalışması için geliştirdiği ÜTOPYA temalı tasarımlarda geleneksel desenlerin Luminex malzeme kullanımı ile kaftan formu üzerinde yorumlanmıştır.



Görsel 2.19 Serna Uçar'ın *Sanatta Yeterlik* tezi kapsamında tasarladığı
“ÜTOPYA” temalı Luminex kaftanlar

Kaynak: Uçar, 2012, s.50,53.

3 AKILLI TEKSTİL MALZEMELERİNE BİR ÖRNEK OLARAK TERMOKROMİK BOYALAR VE BAZI UYGULAMALAR

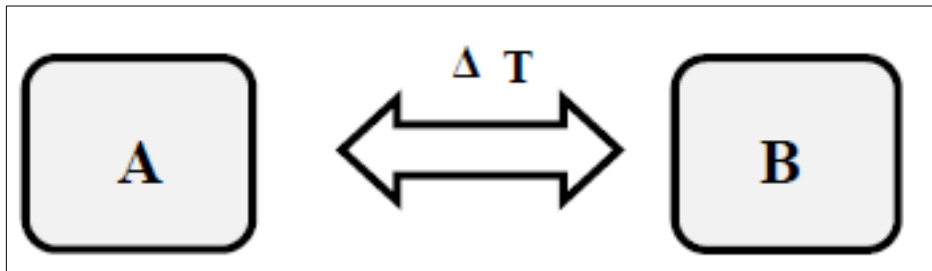
“Renk değiştiren malzemeler yeni özellikleri sayesinde potansiyel olarak, tasarım odaklı inovasyon için ümit vericidir. Zekâ, özerklik ve çoklu işlevselliğin entegrasyonu ile bu malzemeler geleneksel sistemlere göre enerji tasarrufu sağlarken imkân dâhilinde benzer fonksiyonel yeteneklere sahip ürünlerin gerçekleştirilmesine olanak vermektedir.”

(Ferrara ve Bengisu, 2014, s.57)

Kromik özellik gösteren malzemelerin bir alt grubu olan termokromik boyalar, daha önceki bölümlerde de değinildiği gibi, ısı etkisi ile renk değişimi gösterme özelliğine sahip malzemelerdir (Bkz. s.33). Bu bölümde termokromik boyaların tanımı çeşitleri ile termokromik özellik gösteren akıllı tekstiller detaylı olarak incelenmiştir. Termokromik malzemelerin çalışma prensipleri araştırılmış, bu alandaki akademik çalışmalardan örnekler incelenmiş ve termokromik malzemelerin tekstil ve moda tasarımındaki edinebileceği potansiyel pozisyona dair çeşitli çalışmalar örneklendirilmiştir.

3.1 Termokromik Boyaların Tanımı ve Çeşitleri

Termokromizm sıcaklık değişimi ile birlikte oluşan geri dönüşümlü renk değişiklikleri olarak tanımlanabilir. Bu sıcaklık değişiklikleri gözle görülür ve etkileyici değişimler olup, çok düşük sıcaklık aralıklarında dahi gözlemlenebilmektedir. Termokromik malzemelerde geri dönüşümlü renk değişimi prensibi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Termokromik malzemelerde geri dönüşümlü renk değişiminin prensibi

Kaynak: Chowdhury vd., 2014, s.115.

Başlangıcı 1970'lere dayanan termokromizm çalışmaları doğrultusunda, termokromik malzemeler dört farklı grupta toplanmıştır. Bu dört grup;

- Organik bileşikler,
- İnorganik bileşikler
- Polimerler ve
- Sol-jeller olarak sıralandırılabilir (Chowdhury vd., 2014, s.115).

Organik termokromik sistemler lifler, optik sistemler ve sensörler gibi birçok uygulama alanında kullanılabilir. Organik bileşiklerdeki gözlemlenen termokromik değişiklikler sıcaklık kontrolüne bağlıdır. Organik termokromiklerin molekül yapılarındaki farklılıklara bağlı olarak gözlemlenen üç farklı çalışma prensibi ise;

- Kristal yapıdaki değişimler,
- Uzameşizlik (bir molekülü oluşturan atomları uzaydaki konumlarını değiştirerek elde edilen eşizlikler) ve
- Moleküler yeniden düzenlemeler olarak sıralandırılabilir.

Kristal yapıdaki değişimler ve moleküler yeniden düzenlemeler yapıları bakımından tekstil uygulamalarına uygun iken; uzameşizlik ise tekstil uygulamaları için uygun değildir.

Termokromik davranış özellikleri aynı zamanda katı ya da sıvı halde bulunan metal ve inorganik bileşiklerin bazılarında da gözlemlenebilmektedir. İnorganik termokromiklerde görülen çalışma prensipleri ise;

- Faz geçişleri,
- Ligand geometrisindeki değişimler,
- Moleküler yapılar arasındaki eşitlenmeler ve
- Koordinasyon küresindeki solvent molekülerinin sayısındaki değişimler şeklinde gruplandırılabilir (Chowdhury vd., 2014, s.116).

İnorganik termokromikler, davranışsal özelliklerini solüsyon halinde ve yüksek sıcaklıklarda gösterdikleri için tekstil endüstrisindeki kullanımlar için uygun özellikte değildir (Maleki, 2013, s.10).

Termokromik baskı boyaları termokromik boya pigmentleri ve binder (pat) karışımından oluşmaktadır. Tekstil yüzeylerindeki baskılarda kullanılan bu boyalar sıcaklık değişimi ile kimyasal açıdan uyarılarak aktive olmaktadır (Sarley, 2011, s.8). Termokromik boya pigmentlerinin oluşumunda ise mikro kapsülleme yöntemi kullanılmaktadır. Geri dönüşür termokromik sistemler uçucu olmayan organik bir solvent içerisinde çözülmüş halde bulunan renksiz bir boya ön maddesi ve renk geliştiriciden oluşmakta ve bu solüsyon bütün bu bileşimi kapalı bir sistem halinde tutmak adına da kapsül haline getirilmektedir. Isıtma sürecinde organik solventin erimesi renk oluşumunu ya da kayboluşunu sağlar. Soğutma sürecinde ise solvent sistemi orijinal rengine dönüştürür. Termokromik boyalardaki renk değişim mekanizmasının çalışma prensibi bu şekildedir. Termokromik sıvı kristaller ya da organik renk karışımlarının renklendirme amaçlı olarak direkt kullanımları söz konusu değildir ve bu sebeple bağ kurmak için gerekli yapıya sahip olmadığından mikro kapsüllemeye ihtiyaç duyulur. Küresel parçacıklar olarak tanımlanan mikro kapsüller, kabuk görevi gören bir katkı polimeri ve aktivasyonu başlatacak olan ana materyalden oluşmakta ve boyutları 50 nm den yaklaşık 2µm ye kadar değişkenlik göstermektedir. Mikro kapsülleme hassas olan bu renk ajanlarını dış çevreden korur ve çeşitli termokromik boyaların birlikte kullanımı ile bileşimler oluşturmasını ve böylece çeşitli yakın geçişli renklerin oluşumunu sağlar. Mikro kapsülleme için uygulanan farklı süreçlerde tersinir yığılma (Coacervation) ve ara yüzey polimerizasyonu gibi fizyokimyasal ve kimyasal olan yöntemler uygulanmaktadır. Kullanılacak yöntem, uygulama ve parçacık boyutu, kabuk kalınlığı, sızdırmazlık, termal kararlılık ve çevredeki kimyasallara tutunmaya uygunluk ve son kullanım gibi faktörlere bağlı olarak şekillenir (Sarley, 2011, s.9). Mikro kapsülleme ile termokromik boya sistemlerinin gelişimi ile bu uygulamalar çok geniş bir malzeme çeşitliliğinde uygulama alanı bulmuştur. Fakat bu ilk gelişim döneminde özellikle tekstil malzemeleri için tasarlanmış ya da geliştirilmiş bir grup bulunmamaktadır (Robertson vd., 2011, s.98).

Belirli bir sıcaklıkta renk değiştiren termokromik boyaların esas olarak yaygın kullanılan iki tipi bulunmaktadır. Bunlar sıvı kristal ve leyko boyalardır.

3.1.1 Sıvı kristal termokromik boyalar

Sıvı kristal termokromik boya sistemlerinin estetik açıdan kullanımına dair ilk literatür çalışması 1968 yılında Rein Lemberg tarafından yayınlanmıştır. Çalışma sıvı

kristal boyaların renk özelliklerini bukalemun efektli renk değişimi olarak açıklamakta ve yüzey uygulama süreçlerine dair bilgi vermektedir. Sanatçı ve fizikçi olan David Makow 1972 yılında sıvı kristalleri bir sanat aracı olarak kullanmaya başlamış ve soyut resimlerinde bu malzemeye yer vermiştir. Sıvı kristal özellikli polimerler kullanan Makow, farklı bakış açılarından renk değişikliği gösteren çalışmalar yapmıştır. Aynı zamanda resimlerdeki siyah zemin üzerinde kapsüllenmemiş sıvı kristal kullanımları ile de bir sanatsal araç olarak yaratıcı kullanıma bir örnek teşkil etmiştir. 1974 yılında Yves Charnay sıvı kristallere renk, sıcaklık ve yanardönerlik açısından açıklama getirmiştir. 1980'lerin başlarında ise küçük bir grup sanatçı bu malzemelerle çalışarak ortaya çıkan sonuçları yayınlamışlardır (Robertson vd., 2011, s.98).

Sıvı kristal termokromik boyalar, uygulanan ısı değişimleri doğrultusunda belli bir renk paleti üzerinden renk geçişi yapabilmektedirler çünkü yapılarında değişik ışık dalga boylarını yansıtabilmektedirler. Bu boyaların sıcaklık değişimleri doğrultusunda sürekli devam eden bir renk değişimi göstermesi söz konusudur.

Tekstil uygulamaları için uygun özellik taşıyan ticari amaçlı geliştirilmiş iki çeşit sıvı kristal termokromik boya mevcuttur. Bunlar; kolesterik (doğal oluşumlu malzemeler) ve kiral nematik (sentetik) malzemelerdir. İkinci grubun tekstil uygulamalarındaki yaygınlığı üstün kararlılığı ve renk oyunlarına uygunluğuna rağmen diğer grubu nazaran pahalı olması sebebi ile düşüktür. Ticari açıdan kullanımı olan sıvı kristal termokromik boyalar özelleşmiş sıcaklık aralıklarına göre programlanabilmektedir. Sıcaklık eşiği sıvı kristal tarafından sağlanan renk değişiminin aktif olduğu başlangıç sıcaklığına referans vermektedir (Robertson vd., 2011, s.99). Sıvı kristallerin en büyük avantajı güzel görünümlü renk geçişleri sergileyebilmesi olurken, öte yandan ısıl kararlılıklarının kötü olması, uygulama işleminin zor olması, bazı durumlarda toksik etki gösterebilmeleri olumsuz yönleridir (Maleki, 2013, s.11).

3.1.2 Leyko termokromik boyalar

Yeniden düzenlenen moleküler boyalar olarak bilinen leyko termokromik boyalar, temel olarak tekli bir renk değişimi göstermektedir. Bu gruptaki renk değişimleri iki renk arasındaki geçiş ya da bir rengin görünür ve görünmez olma durumu şeklinde oluşmaktadır. En yaygın olarak görülen leyko boya mekanizmaları;

- Keto-enol devingen eşizlik (bir eşitlemede iki organik izomerin birbirine dönüşümü) ve
- Halka açılımı şeklinde sıralanabilir.

Leyko termokromik bir boya bileşenler olarak organik bir boyarmadde, asidik bir aktivatör ve kutuplaşmamış bir co-solvent araçtan oluşmaktadır. Kullanılan solvent düşük erime noktasına sahip ester ve ya alkol gibi bir katıdır. Solventin erime noktasından düşük sıcaklıklarda renk şekillendirici ve geliştirici ilişki içerindedir ve bu durum rengi görünür hale getirmektedir. Isı uygulaması ile erime noktasının üstüne çıkıldığında renk şekillendirici ve geliştirici herhangi bir elektron etkileşiminde bulunmadığından renk görünmez hale gelmektedir. Solventin faz değiştirdiği bu nokta aktivasyon sıcaklığı olarak tanımlanır. Leyko boyaların çalışma prensibi bu şekildedir. Bazı leyko boyalar ise iki boya bileşimi ve sıcaklığa duyarlı tuz içeren bir solvent çözeltilisi şeklinde bulunmaktadır. Prensip olarak bir boya elektron alıcı diğeri ise elektron verici görevindedir. Sıcaklık artışında tuz, boya etkileşimini engellemekte sıcaklık düşüşünde ise tersi etki yapmaktadır (Maleki, 2013, s.12-13).

Leyko boyalar ofset, litografi, tip, gravür, fleksografi veya serigrafi (şablon baskı) yoluyla basılabilmekte ve su bazlı yada UV-işlemlili boyalar olarak kullanılabilir. Leyko boyaların işlevini yerine getirebilmesi için boyalar ile aynı anda çalışan kimyasal bir sistem gerekmektedir. Bu özel sistemdeki mikro kapsüller boyalara renk değiştirme özelliği kazandırmaktadır. Yaklaşık 5 mikron boyutunda ve ortalama bir renk pigmentinin 10 katı büyüklüktedir ve bu büyük parçacıkların şablon baskı uygulamalarında yön, kasnak gözenek örgüsü ve boya ağırlığı önemlidir. Kararlılıkları sıvı kristal termokromik boyalara göre daha verimli ve uygulama işlemleri daha kolay ve yaygındır. Leyko boyaların avantajları sıvı kristallerden uygulama açısından daha yaygın bir grup olmasını sağlamıştır (Sarley, 2011, sf.9).

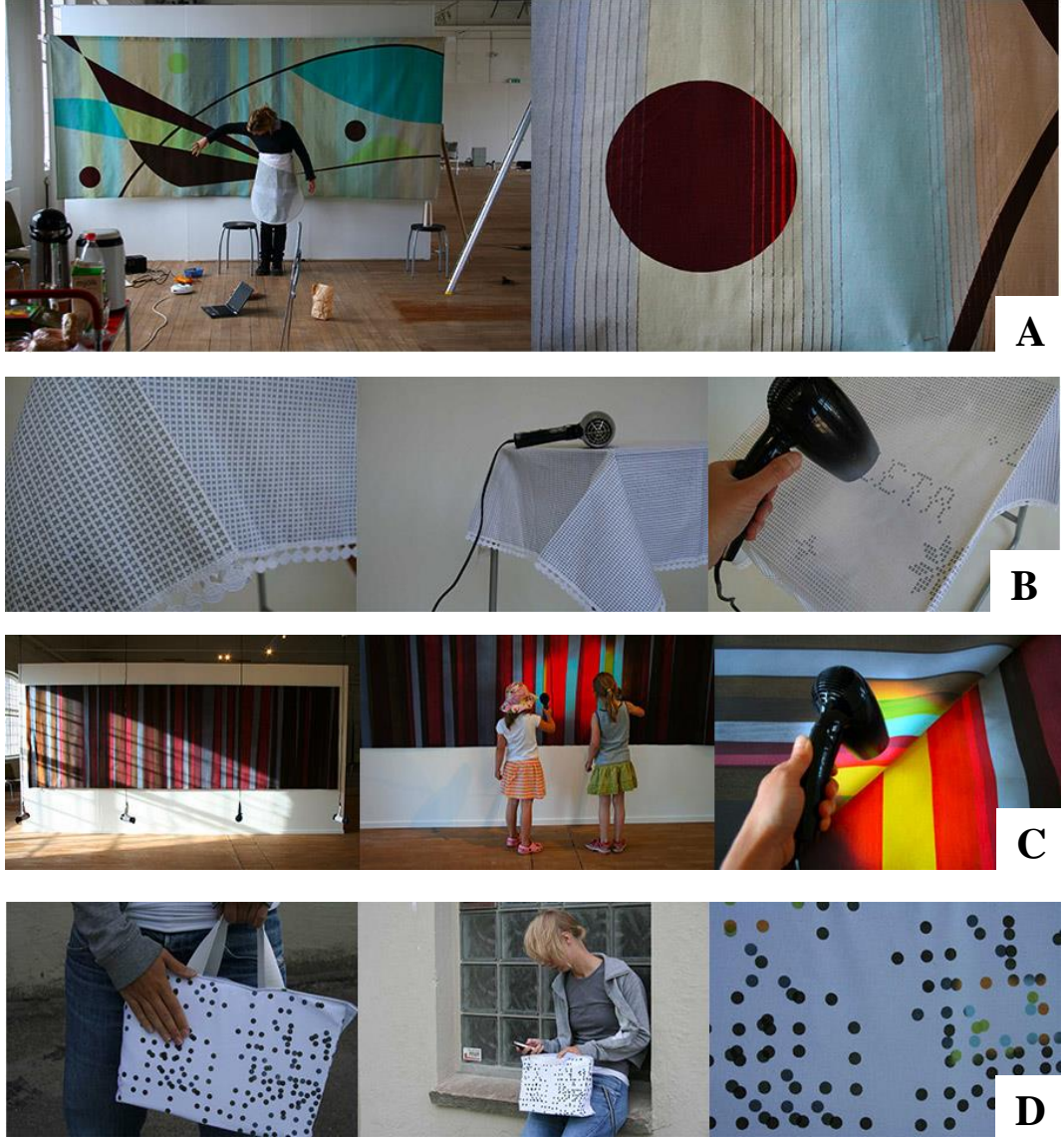
Bu tez çalışmasının uygulama aşamasında leyko termokromik boyalar kullanılarak çalışmalar yürütülmüştür. İlerleyen bölümlerde tez kapsamında yapılan çalışmalara detaylı olarak değinilmektedir.

3.2 Termokromik Özellik Gösteren Tekstil Malzemeleri ve Kullanım Alanlarına İlişkin Literatür Araştırması

Worbin (2010), “Dinamik Tekstil Desenleri Tasarlamak” isimli doktora çalışmasında dinamik tekstil desenleri tasarımı için bir yöntem sergilemeyi ve tartışmayı hedeflemiştir. Kimya, lif ve polimer teknolojisi gibi alanlardaki gelişmeler tekstil tasarımcıları için yeni anlamlar içeren malzemeler sağlamış ve aynı tekstil malzemesi üzerinde farklı ifadelerin şekillenebileceği dinamik tekstil desenlerinin tasarımını mümkün hale getirmiştir.

Tekstil tasarımcısı çalışmasında işlevsel bağlamda hali hazırda tasarlanmış, geliştirilmiş ya da programlanmış yeni bir hammaddeye yani dinamik tekstillere değinmiştir. Bu tez çalışması ile tekstil tasarımına katkıda bulunmak adına dinamik tekstil desenleri için bir temel olacak yeni tasarım değişkenlerini, yöntemlerini ve tekniklerini tanımlamak ve karakterize etmeye katkı sağlayan tasarım deneylerine odaklanmıştır.

Çalışma ayrıca ticari çabalar için sanatsal bir ifadeyle geliştirilmiş içerik olarak farklı deneysel ve kavramsal prototiplerden oluşan projeler içermektedir. Görsel 3.1’de *Worbin*’in bu kapsamda geliştirdiği projelerden örnekler (sırasıyla *Costumes*, *Rather Boring*, *Graffiti Cloth* ve *Fabrication Bag*) sunulmuştur. Örneklendirilen bu projelerin ortak özelliği ısıya duyarlı desenlerin renk değişimlerine odaklanılması ve kullanıcı-ürün-çevre etkileşiminin ürün senaryolarında önemli bir nokta olmasıdır.



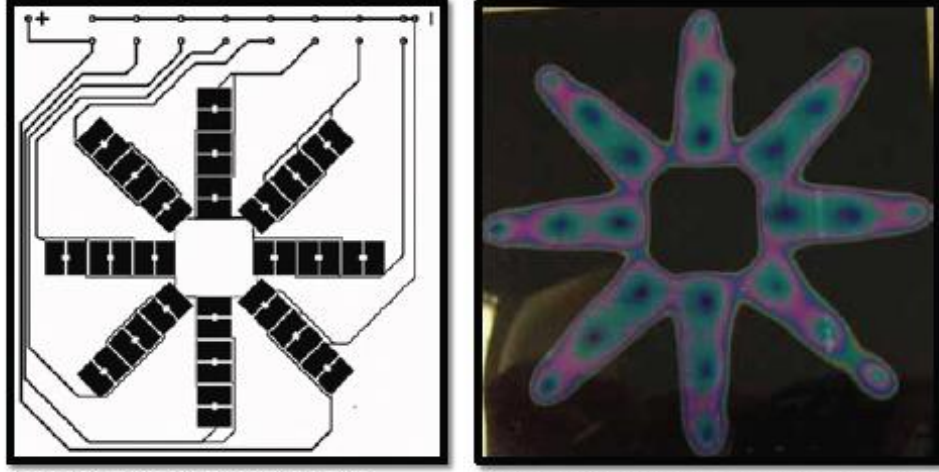
Görsel 3.1 Worbin'in termokromik boya kullanımı ile gerçekleştirdiği uygulama örnekleri

A)Costumes, B)Rather Boring, C)Grafitti Cloth, D) Fabrication Bag

Kaynak: Worbin, 2010, s. 139, 83,161, 103.

Robertson (2011), doktora çalışmasında termokromik boya imalatçısı AHCR ve LCR Hallcrest'in de desteği ile termokromik boyalar üzerinde uygulamalı çalışmalar yapmıştır. Leyko boya ve sıvı kristal termokromik tekstil boyaları ile yapılan çalışmada sıvı kristal tekstil boyaları ile yapılan baskı çalışmalarına ağırlık verilmiştir. Boyaların tekstil yüzeyleri üzerindeki etkilerini gözlemlemek, kontrol etmek ve çeşitlendirmek adına elektronik sistemler kullanılmıştır. Termokromik etki ile desen kullanımını

birleştirek tekstil üzerindeki yansımaları incelenmiştir. Görsel 3.2’de çalışma kapsamında yapılan desen uygulamalarından bir örnek görülmektedir.



Görsel 3.2 Robertson 'ın *Ambiance* '11 konferansında sunduğu çalışmasındaki sıvı kristal termokromik boya renk değişimi ile desen çalışmalarından bir örnek

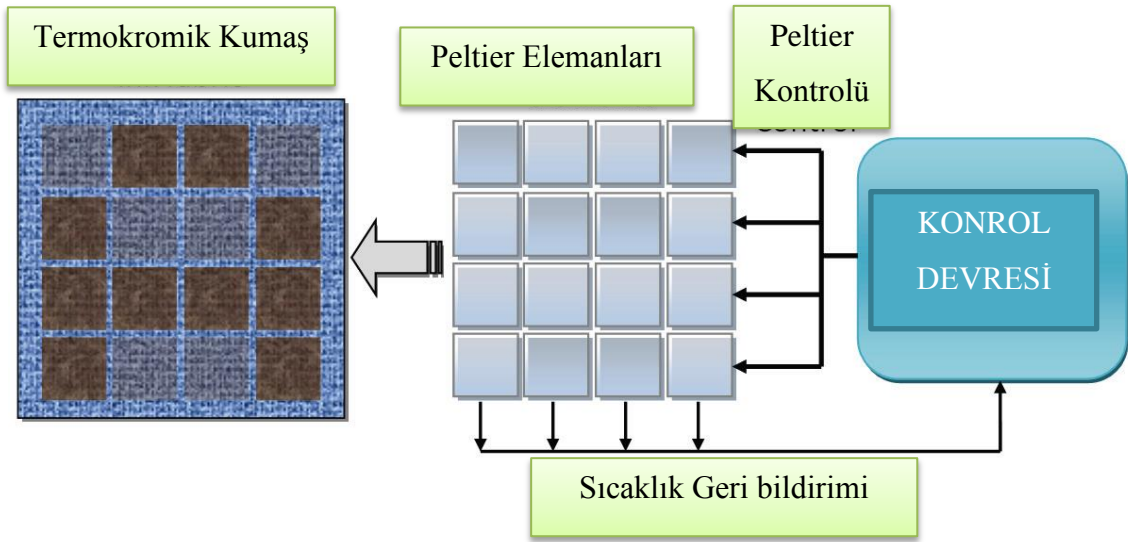
Kaynak: Robertson ve arkadaşları, 2011, s.98.

Termokromik boya uygulamalarının yanı sıra çok disiplinli olarak ilerleyen çalışma tasarım, renk kimyası ve elektronik alanlarında köprü oluşturmuştur. Çalışma termokromik boyama teknikleri hakkında bilgilendirme ve uygulama çalışmalarıyla birlikte tasarım araştırmaları yönelimleri açısından da çeşitlilik sunmuştur.

Peiris ve Arkadaşları (2012), geliştirdikleri AmbiKraft projesi ile kumaş yüzeylerinde alışılmadık dışında hareketli görseller sunmaya olanak sağlayan hızlı, dayanıklı ve dağılmayan renk değişimi teknolojisi üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Çalışmada kumaşa yeni bir anlamsal ifade katmak adına geliştirilen teknolojinin giysi, dekoratif mobilya ve hatta geleneksel tekstil sanatlarına entegre edilen uygulamaları örneklendirilmiştir. Temel amaç; karmaşık teknolojiler ile tekstil sanat ve uygulamalarının kaynaşmasını sağlayan ve etkileşime girebilecekleri hazır platformlar sağlamaktır.

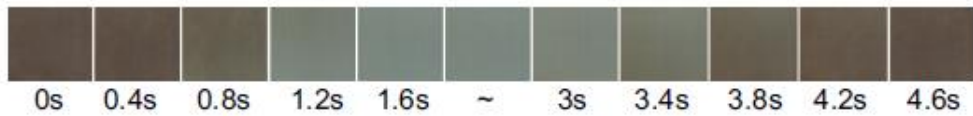
Şekil 3.2’de Ambikraf sistemi çalışma prensibi şematize edilmiştir. Projede hızlı renk değiştiren bir ara yüz elde edebilmek için, Peltier yarı iletken modüller ve termokromik leyko termokromik boya teknolojileri bir arada kullanılmıştır. Bu iki teknoloji doğru Peltier sıcaklığını ve böylece rengini kontrol etmek için kapalı döngü

bir kontrol düzeni kullanılarak birleştirilmiştir. Görsel 3.3’de uygulama esnasında belirli zaman aralıklarıyla gözlemlenen renk değişiklikleri sunulmuştur. Kullanılan termokromik boyanın aktivasyon sıcaklığı 31 °C’dir ve düzenli kullanımda dayanıklılığını artırmak için tekstil binderi (pat) ile karıştırılarak şablon baskı yöntemi ile tekstil yüzeylerine uygulanmıştır. Projede kullanılan boyutları 3mm x 3mm’den 6mm x 6mm’ye değişen, yarı iletken öğeler termal aktivatör olarak kullanılmıştır. Bu iki öğeyi birleştirmek için sıcaklık düzenleyiciler her yarı iletken parçanın sıcaklığını kontrol etmekte böylece kumaştaki renk seviyesi kontrolünü sağlamaktadır.



Şekil 3.2 Ambikraf sistemi çalışma prensibi

Kaynak: Peiris ve arkadaşları, 2012, s.214.



Görsel 3.3 Uygulama sırasında sistemdeki belirli zaman aralıklarındaki renk değişimleri

Kaynak: Peiris ve arkadaşları, 2012, s.215.

Uygulamada çeşitli kuş desenleri kullanılarak ısı değişimleri ile hareketli bir desen sağlanmıştır. Görsel 3.4’te kullanılan kuş desenleri ve uygulama sırasındaki sıcaklık değişimleri ile oluşan desen değişimi görülmektedir.



Görsel 3.4 AmbiKraft Projesi uygulama örnekleri

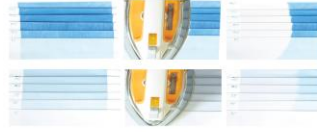
Kaynak: Peiris ve arkadaşları, 2012, s.215.

Kooroshnia (2013), Leyko termokromik boyalar ile ilgili çalışmasında bu boyaların özelliklerine değinmiş, dinamik yüzey desenlerini anlayabilmek ve tasarlayabilmek için termokromik boyaların farklı sıcaklıklardaki renk değişimlerini çeşitli uygulamalar ile örneklendirmiştir. Çalışmada uygulama esaslı bir tasarım metodu seçilmiştir.

Aktivasyon sıcaklığı 27 °C ve 15 °C olan, su bazlı iki farklı leyko termokromik boya kullanılmıştır. Sonuç olarak tekstil yüzeylerinin tasarımı için bir rehber olarak kullanılacak tarifleri içeren ölçeklere ulaşılmıştır.

Çalışmanın amacı renk değişimi süreçlerini anlaşılır hale getirmek, tekstil ve moda tasarımı uygulamaları için leyko termokromik boyaların farklı sıcaklıklardaki gerçek etkilerini uygulamalı olarak göstermek ve bu sayede tasarımcıların daha gelişmiş tekstil yüzeyleri elde etmesini kolaylaştırmaktır. Çalışma sonucu elde edilen veriler ve uygulama örnekleri Görsel 3.5’de detaylı olarak belirtilmiştir.

| T.C. Percentage | Extender Percentage | Result Color at ambient temperature For 27°C ink | Result Color at ambient temperature For 15°C ink |
|--------------------|------------------------|---|---|
| 99 % | 1 % | | |
| 75 % | 25 % | | |
| 50 % | 50 % | | |
| 25 % | 75 % | | |
| 10 % | 90 % | | |
| 1 % | 99 % | | |



| T.C. Percentage | Extender Percentage | Result Color For 27°C ink | Result Color For 27°C ink at 15°C | Result Color For 15°C ink | Result Color For 15°C ink at 27°C |
|--------------------|------------------------|------------------------------|---|------------------------------|---|
| 99 % | 1 % | | | | |
| 75 % | 25 % | | | | |
| 50 % | 50 % | | | | |
| 25 % | 75 % | | | | |
| 10 % | 90 % | | | | |
| 1 % | 99 % | | | | |

| T.C. Percentage | Extender Percentage | Result Color at ambient temperature For 27°C ink | Result Color at ambient temperature For 15°C ink |
|--------------------|------------------------|---|---|
| 99 % | 1 % | | |
| 75 % | 25 % | | |
| 50 % | 50 % | | |
| 25 % | 75 % | | |
| 10 % | 90 % | | |
| 1 % | 99 % | | |



| T.C. Percentage | Extender Percentage | Result Color at ambient temperature For 27°C ink | Result Color at ambient temperature For 15°C ink |
|--------------------|------------------------|---|---|
| 99 % | 1 % | | |
| 75 % | 25 % | | |
| 50 % | 50 % | | |
| 25 % | 75 % | | |
| 10 % | 90 % | | |
| 1 % | 99 % | | |



| T.C. Percentage | Extender Percentage | Yellow pigment + extender | Result Color For 27°C ink | Result Color For 27°C ink at 15°C | Result Color For 15°C ink | Result Color For 15°C ink at 27°C |
|--------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|---|
| 99 % | 1 % | 4 % + 96 % | | | | |
| 75 % | 25 % | 4 % + 96 % | | | | |
| 50 % | 50 % | 4 % + 96 % | | | | |
| 25 % | 75 % | 4 % + 96 % | | | | |
| 10 % | 90 % | 4 % + 96 % | | | | |
| 1 % | 99 % | 4 % + 96 % | | | | |

Görsel 3.5 Kooroshnia'nın 13. Autex Dünya tekstil konferansında sunduğu Leyko Termokromik boyalar ile ilgili çalışmasında sunduğu veriler ve uygulama örnekleri

Kaynak: Kooroshnia, 2013, s.3,5.

3.3 Termokromik Boyaların Tekstile Yönelik Uygulama Örnekleri

Termokromik boya uygulamaları, gelişim sürecinde öncelikle araştırma ve tasarım grupları tarafından malzeme ve kavramsal ürün geliştirme odaklı projelerde kullanılmıştır. Günümüz teknolojik gelişmelerinin tekstil malzeme ve tekstil ürünlerine güçlü bir etkisi olmuş, tekstil yüzeylerindeki renk kullanım senaryolarında değişimlere örnek olacak ürünlerin gelişimi mümkün olmuştur.

Termokromik malzemeye dair ilk giysi uygulama örnekleri genellikle bezeme özelliği gösteren termokromik örnekler olsa da Görsel 3.6'da da görüldüğü gibi teknolojik gelişmelerin gündelik hayata adapte olması ile birlikte akıllı giysilerin temel hedeflerinden biri olan işlevsellik kavramıyla çeşitli ürün tasarımlarına dönüşmüş örnekler de mevcuttur.



Görsel 3.6 Termokromik boyaların tekstil yüzeylerinde kullanımına örnek temel çalışmalar.

Kaynak: (sağdaki) <http://www.stylebutcher.com/style-butcher-feature-interview-with-naked-famous-founder-brandon-svarc/>

(soldaki) <http://www.doyouremember.co.uk/memory/global-hypercolor-t-shirts>

Günümüz örnekleri incelendiğinde ise termokromik özellikli, kitle üretimine uygun ve günlük kullanıma uyarlanabilir tasarımlarla karşılaşmak mümkündür Görsel 3.7'de sunulan STONE ISLAND ICE Ceket, günlük kullanıma örnek olabilecek seri üretimi yapılan bir ürünlerdendir.



Görsel 3.7 STONE ISLAND ICE Ceket, Sonbahar/Kış 2011

Kaynak: <https://www.nittygrittystore.com/blogs/stone-island-ice-jacket-aw-2011>

Termokromik tekstil ve moda tasarımı ürünlerinin kullanım senaryolarının geliştirilmesi ile ürün-kullanıcı ve ürün-çevre etkileşimi potansiyelleri doğmuş böylece tasarlanan ürünlerde kullanımda çevre ve kullanıcı ile etkileşim içinde olma duyarlılığı ön plana çıkmaya başlamıştır (Meriç ve Üreyen, 2015). 2003 yılında Zane Berzina tarafından tasarlanan ısıya duyarlı duvar kâğıdı bir iç mekân enstalasyonu olarak geliştirilmiştir. Vücut sıcaklığı ile aktive olan termokromik boyaların kullanıldığı enstalasyonda duvara dokunan kişinin yüzey üzerinde kendi özgün desenini oluşturması amaçlanmıştır. Duvar üzerinde bırakılan izler duvar oda sıcaklığına düştüğü zaman eski haline dönmektedir (Görsel 3.8) (Seymour, 2008, s.184).



Görsel 3.8 Zane Berzina tasarımı “TOUCH ME/DOKUN BANA” duvar kağıdı
Kaynak: <http://www.mymodernmet.com/profiles/blogs/2100445:BlogPost:40374>

TOUCH ME örneğinde de gözlemlendiği üzere termokromik özelliğin getirdiği potansiyeller ile gündelik hayatta kullanılan konvansiyonel ürünler kullanıcı ürün etkileşiminin devreye girmesi ile farklı ifade sel anlatımlar kazanmaya başlamıştır. İngiliz tasarımcı Shi Yuan tarafından tasarlanan ve satışı mevcut olan ısıya duyarlı duvar kağıtlarında ise termokromik boyalara ait bu potansiyellerin gündelik hayatta kullandığımız ürünlere yansımalarının bir örneği görülmektedir (Görsel 3.9).



Görsel 3.9 Shi Yuan tasarımı ısıya duyarlı dijital baskı duvar kağıtları
Kaynak: <http://www.brit.co/heat-reactive-digital-wallpaper-let-you-redecorate-on-the-fly/>

2009 yılında İsveç Boras Tekstil ve Moda okulunda öğrenci olan Marjan Kooroshnia'nın tasarladığı vücut sıcaklığına göre renk değiştiren özelliğe sahip hasta maskeleri işlevsellik odaklı yaklaşım doğrultusunda konvansiyonel bir ürüne akıllı

tekstil malzemesi ile katılan artı değerlere örnek olacak niteliktedir. Termokromik baskılar ile görsel etkiler oluşturulan bu medikal maskeler, hastanın vücut sıcaklığındaki değişimler açısından bir uyarı sistemi olarak çalışmaktadır. Kooroshnia tekstil baskı konusunda ağırlık gösteren çalışmalarında genellikle termokromik ve fotokromik etkilere odaklanmakta ve renk değişimi teknolojisinin kullanıcı ile etkileşimini ve duygusal yönünü irdelemektedir (Görsel 3.10).



Görsel 3.10 Marjan Kooroshnia tasarımı renk değiştiren hasta maskeleri

Kaynak: www.talk2myshirt.com/blog/archives/3113

J. Mayer H. tasarımı kullanıcının vücut sıcaklığı ile iz bıraktığı “Lie” yatak çarşafı ise gündelik hayata uyum sağlayan termokromik uygulamalara örnek teşkil edecek yapıda bir üründür. Pamuklu zemin üzerine ısıya duyarlı desen çalışmalarının yapıldığı yatak çarşafı kullanım esnasında kullanıcının özgün baskısının ürüne yansması ile ürün ile kullanıcı arasında bir etkileşim sağlamakta, aynı zamanda oluşan bu özgün ve değişken desenler ile kullanıcıya sahip olduğu ürünü kişiselleştirebilme fırsatını sunmaktadır (Görsel 3.11).



Görsel 3.11 J. Mayer H. tasarımı “Lie” yatak çarşafı

Kaynak: <http://www.jmayerh.de/50-0-Lie.html>

Termokromik tekstil uygulamalarının yaygınlaşması ile ısıya duyarlı tekstil malzemeler önde gelen moda tasarımcıların koleksiyonlarında da yer almaya başlamıştır ve sezon lansmanlarında dikkat çeken parçalar olarak dikkat çekmektedir. Tasarımcılar için yenilik döngüsünde tekstil ve malzemenin tasarımsal açıdan yeri büyük olduğundan bu yeni malzemeler tasarımcılara özgünlük ve yenilik adına yeni imkânlar sağlamaktadır. Görsel 3.12’de sunulan Alexander Wang Sonbahar/Kış 2014 koleksiyonu bu konuda yerinde bir örnek olacaktır. Koleksiyonunda termokromik özellik gösteren parçalara yer veren Wang, üretim yöntemi olarak lazer kesim ve akıllı dokuma ve örme yöntemleri ile termokromik etkiyi destekleyecek formlar üzerinde çalışmıştır.



Görsel 3.12 Alexander Wang Sonbahar/Kış 2014 koleksiyonundan termokromik tasarım örnekleri

Kaynak: <http://thecuttingclass.com/post/76326786466/thermal-colour-change-fabrics-at-alexander-wang>

Ayrıca termokromik tekstil malzemesi ile kullanıcı arasındaki etkileşime örnek olabilecek çalışmalar arasında Joanna Berzowska'nın tasarımı olan dokunma eylemine referans veren “spotted dresses” çalışması gösterilebilir. XS LABs Tasarım Araştırmaları Stüdyosunun kurucusu ve araştırma direktörü olan Berzowska çoğunlukla elektronik tekstiller ve reaktif giysiler üzerine çalışmaktadır. “Spotted dresses” ise elektronik tekstiller ile termokromik özelliğin bir arada kullanılması ile birden fazla akıllı tekstil malzemesinin bir arada kullanılabilmesine dair örnek teşkil eden bir çalışma olmuştur. Sarılma uyarını ile sensörler tarafından algılanan etki tepki olarak termokromik değişimler ve yeni desen oluşumları olarak gözlemlenmektedir. Ayrıca

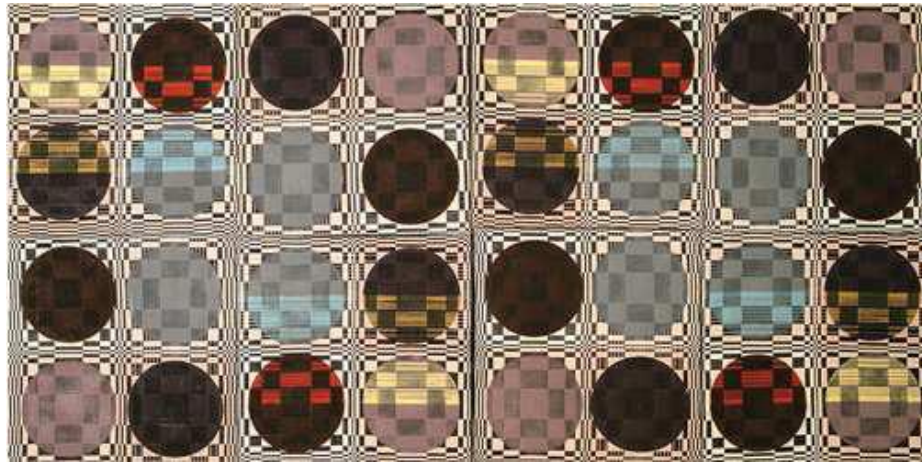
beden, eylem ve his kavramlarını da sorgulatan bu tasarım, ürün kullanıcı etkileşiminin anlamlandırılması açısından heyecan verici bir noktayı vurgulamaktadır (Görsel 3.13).



Görsel 3.13 Joanna Berzowska tasarımı “Spotted Dresses”

Kaynak: Berzowska, 2006, s.448.

Termokromik malzemeler ile elektronik özelliğe sahip tekstil malzemelerinin bir arada kullanılması ile geliştirilmiş enteresan diğer bir örnek ise Maggie Orth tasarımı “Dynamic Double Weave” isimli çalışmadır. İletken lifler ve termokromik boyar maddeler ile renklendirilmiş tekstil liflerinin bir arada dokunması ile oluşturulmuş yüzeylerde özel bir yazılım yardımıyla ısı uygulaması ile değişken desenler oluşturulmaktadır (Görsel 3.14).



Görsel 3.14 Maggie Orth tasarımı, Dynamic Double-Weave, 2007

Kaynak: http://www.maggieorth.com/art_DDW.htm

4 MATERYAL VE METOD

4.1 Termokromik Boyalar ile Yapılan Baskı Uygulamaları

Çalışma kapsamında 31°C’de değişkenlik gösteren üç farklı renkte (kırmızı, mavi ve siyah) termokromik boya kullanılmıştır. Bu boyaların baskı boyaları ile etkileşimini görmek amacıyla aşağıda liste halinde verilen ana renklerde reaktif baskı boyaları DyStar firmasından temin edilmiştir:

- Procion Yellow PX-6GN,
- Procion Blue PX-5R,
- Procion Red PX-6B

Baskı uygulamaları akrilik esaslı açık zemin baskı patı (Inkuin-RB 2030) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kumaş gramajı, kumaş rengi ve kullanılan lif tipinin termokromik boyanın çalışmasına etkisini görmek amacıyla 70 gr/m², ağartma yapılmış %100 pamuklu kumaş ve 140 g/m², mavi renkli %100 polyester kumaş temin edilmiştir. Bu kumaşlara ilave olarak rotasyon baskı yapılmış 75 g/m², desenli polyester kumaş da deneme yapmak üzere alınmıştır.

Termokromik boyamaların baskı patı ile uyumluluğu, reaktif boyalar ile göstereceği etkileşimin belirlenmesi, istenen özelliklerin elde edilmesi için gerekli boya, pat ve uygulama parametrelerinin belirlenebilmesi için dört farklı grup uygulama gerçekleştirilmiştir.

- UYGULAMA I: Termokromik boya ve pat miktarı sabit tutulmuş, fiksaj süreleri ve yöntemi değiştirilerek etkisi incelenmiştir. Bu amaçla iki farklı sürede kuru ısı ve buharla fiksaj denemeleri gerçekleştirilmiştir.
- UYGULAMA II: Termokromik boya ve pat oranı değiştirilerek etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda üç farklı oranda boya uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kumaş tipinin etkisini görmek amacıyla her bir uygulama üç farklı kumaşa uygulanmıştır.

- UYGULAMA III: Termokromik boyalar birbirleri ile karıştırılarak farklı renk etkileri elde edilmeye çalışılmıştır. Her bir renk üç farklı oranda matriks biçiminde uygulanarak dokuz farklı karışım elde edilmiştir.
- UYGULAMA IV: Üç farklı oranda termokromik boya tek bir oranda üç farklı reaktif boya ile karıştırılarak etkileşimleri anlaşılmasına çalışılmıştır.

Uygulama I ve Uygulama II de kullanılmak üzere 7 cm x 7 cm büyüklüğünde kare baskı şablonu Uygulama III ve IV'te kullanılmak üzere ise 32 cm x 6 cm büyüklüğünde dikdörtgen 3 yatay ve 3 dikey şeridin kesiştiği bir baskı şablonu hazırlanmıştır.

Aşağıda yapılan bu dört farklı uygulama hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

4.1.1 Uygulama I

Bu uygulama kapsamında seçilen baskı patı ile termokromik boya arasındaki uyumluluğu görmek, termokromik etkiyi olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde patın yeterli şeffaflığı elde etmesi için gerekli fiksaj koşullarını belirlemek amacıyla çeşitli uygulama denemeleri yapılmıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda ağırlıkça %70 baskı patı, %30 termokromik boya olacak şekilde karışım hazırlanmasına karar verilmiştir.

Fiksaj için ilk olarak sıcaklık, basınç ve süre ayarı yapılabilen transfer baskı presi kullanılmıştır. Pres sıcaklığı 130 °C'ye ayarlanmış, üç farklı uygulama süresinde baskı yapılan kumaşlara presleme yapılmıştır. Bir diğer grup kumaşa sanayi tipi ütü ile buharlama yaparak iki farklı sürede fiksaj uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tablo 4.1'de uygulama planı detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.1 Fiksaj süresi ve yönteminin termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA I).

| Örnek no | Fiksaj uygulama süresi ve yöntemi | Renk | Termokromik Boya Yüzdesi | Pat Yüzdesi |
|----------|-----------------------------------|---------|--------------------------|-------------|
| 1-1 | 0 sn. | Siyah | %30 | %70 |
| 1-2 | 60 sn. /ısı tablası | Siyah | %30 | %70 |
| 1-3 | 120 sn./ısı tablası | Siyah | %30 | %70 |
| 1-4 | 180 sn./ısı tablası | Siyah | %30 | %70 |
| 1-5 | 60 sn. /buharlı ütü | Siyah | %30 | %70 |
| 1-6 | 120 sn./buharlı ütü | Siyah | %30 | %70 |
| 2-1 | 0 sn. | Mavi | %30 | %70 |
| 2-2 | 60 sn. /ısı tablası | Mavi | %30 | %70 |
| 2-3 | 120 sn./ısı tablası | Mavi | %30 | %70 |
| 2-4 | 180 sn./ısı tablası | Mavi | %30 | %70 |
| 2-5 | 60 sn. /buharlı ütü | Mavi | %30 | %70 |
| 2-6 | 120 sn./buharlı ütü | Mavi | %30 | %70 |
| 3-1 | 0 sn. | Kırmızı | %30 | %70 |
| 3-2 | 60 sn. /ısı tablası | Kırmızı | %30 | %70 |
| 3-3 | 120 sn./ısı tablası | Kırmızı | %30 | %70 |
| 3-4 | 180 sn./ısı tablası | Kırmızı | %30 | %70 |
| 3-5 | 60 sn. /buharlı ütü | Kırmızı | %30 | %70 |
| 3-6 | 120 sn./buharlı ütü | Kırmızı | %30 | %70 |

4.1.2 Uygulama II

Termokromik boya oranının etkisini görmek amacıyla farklı oranlarda boya/pat karışımları hazırlanmış ve baskı denemeleri gerçekleştirilmiştir. Kumaş tipinin etkisini görmek amacıyla da uygulama hem pamuklu hem de PES kumaşlara ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

4.1.2.1 Pamuklu kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları

31 °C’de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar kullanılarak 70 gr/m², ağartma yapılmış %100 pamuklu kumaş zemin üzerinde, çeşitli pat ve boya oranlarında şablon baskı çalışması yapılmıştır.

Fiksaj işlemi transfer presi ile 130 °C’de 120 sn. uygulama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Sonrasında 31 °C’den düşük ve yüksek sıcaklıklardaki renk değişimleri gözlemlenmiştir. Tablo 4.2’de uygulama planı detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.2 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA II).

| Örnek no | Renk | Boya Yüzdesi | Pat Yüzdesi |
|----------|---------|--------------|-------------|
| 1 | Siyah | % 10 | %90 |
| 2 | Siyah | %20 | %80 |
| 3 | Siyah | %30 | %70 |
| 4 | Mavi | % 10 | %90 |
| 5 | Mavi | %20 | %80 |
| 6 | Mavi | %30 | %70 |
| 7 | Kırmızı | % 10 | %90 |
| 8 | Kırmızı | %20 | %80 |
| 9 | Kırmızı | %30 | %70 |

4.1.2.2 PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları

31 °C’de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar kullanılarak 140 g/m², mavi renkli %100 polyester kumaş zemin üzerinde, çeşitli pat ve boya oranlarında şablon baskı çalışması yapılmıştır. Fiksaj işlemi transfer presi ile 130 °C’de 120 sn. uygulama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Sonrasında 31 °C’den düşük ve yüksek sıcaklıklardaki renk değişimleri gözlemlenmiştir. Tablo 4.3’de uygulama planı detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.3 %100 PES kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA II).

| Örnek no | Renk | Boya Yüzdesi | Pat Yüzdesi |
|----------|---------|--------------|-------------|
| 1 | Siyah | % 10 | %90 |
| 2 | Siyah | %20 | %80 |
| 3 | Siyah | %30 | %70 |
| 4 | Mavi | % 10 | %90 |
| 5 | Mavi | %20 | %80 |
| 6 | Mavi | %30 | %70 |
| 7 | Kırmızı | % 10 | %90 |
| 8 | Kırmızı | %20 | %80 |
| 9 | Kırmızı | %30 | %70 |

4.1.2.3 Rotasyon baskılı PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları

31 °C’de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar kullanılarak 75 g/m², rotasyon baskılı %100 polyester kumaş zemin üzerinde, çeşitli pat ve boya oranlarında şablon baskı çalışması yapılmıştır.

Fiksaj işlemi transfer presi ile 130 °C’de 120 sn. uygulama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Sonrasında 31 °C’den düşük ve yüksek sıcaklıklardaki renk değişimleri gözlemlenmiştir. Tablo 4.4’de uygulama planı detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.4 %100 PES rotasyon baskılı kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA II).

| Örnek no | Renk | Boya Yüzdesi | Pat Yüzdesi |
|----------|---------|--------------|-------------|
| 1 | Siyah | %10 | %90 |
| 2 | Siyah | %20 | %80 |
| 3 | Siyah | %30 | %70 |
| 4 | Mavi | %10 | %90 |
| 5 | Mavi | %20 | %80 |
| 6 | Mavi | %30 | %70 |
| 7 | Kırmızı | %10 | %90 |
| 8 | Kırmızı | %20 | %80 |
| 9 | Kırmızı | %30 | %70 |

4.1.3 Uygulama III

Termokromik boya oranının etkisini görmek amacıyla farklı oranlarda boya/pat karışımları hazırlanmış ve baskı denemeleri 3 yatay ve 3 dikey şeridin kesiştiği şablon baskı çalışmaları şeklinde uygulanmıştır. Kumaş tipinin etkisini görmek amacıyla da uygulama hem pamuklu hem de PES kumaşlara ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

4.1.3.1 Pamuklu kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları

31 °C’de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar kullanılarak 70 gr/m², ağartma yapılmış %100 pamuklu kumaş zemin üzerinde, %10 boya %90 pat , %20 boya %80 pat , %30 boya %70 pat oranlarındaki karışımlar ile 3 yatay ve 3 dikey şeridin kesiştiği baskı çalışmaları yapılmıştır.

Fiksaj işlemi transfer presi ile 130 °C’de 120 sn. uygulama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Sonrasında 31 °C’den düşük ve yüksek sıcaklıklardaki renk değişimleri gözlemlenmiştir. Tablo 4.5’de uygulama planı detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.4.5 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA III).

| Örnek no | Renk | Boya Yüzdesi | Pat Yüzdesi |
|----------|---------|--------------|-------------|
| 1 | Siyah | % 10 | %90 |
| | Siyah | %20 | %80 |
| | Siyah | %30 | %70 |
| | Kırmızı | % 10 | %90 |
| | Kırmızı | %20 | %80 |
| | Kırmızı | %30 | %70 |
| 2 | Siyah | % 10 | %90 |
| | Siyah | %20 | %80 |
| | Siyah | %30 | %70 |
| | Mavi | % 10 | %90 |
| | Mavi | %20 | %80 |
| | Mavi | %30 | %70 |
| 3 | Kırmızı | % 10 | %90 |
| | Kırmızı | %20 | %80 |
| | Kırmızı | %30 | %70 |
| | Mavi | % 10 | %90 |
| | Mavi | %20 | %80 |
| | Mavi | %30 | %70 |

4.1.3.2 PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları

31 °C’de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar kullanılarak, 200 g/m², mavi renkli %100 polyester kumaş zemin üzerinde, %10 boya %90 pat , %20 boya %80 pat , %30 boya %70 pat oranlarındaki karışımlar ile 3 yatay ve 3 dikey şeridin kesiştiği baskı çalışmaları yapılmıştır.

Fiksaj işlemi transfer presi ile 130 °C’de 120 sn. uygulama yapılmıştır. Sonrasında 31 °C’den düşük ve yüksek sıcaklıklardaki renk değişimleri gözlemlenmiştir. Tablo 4.6’de uygulama planı detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.6 %100 PES kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi (UYGULAMA III).

| Örnek no | Renk | Boya Yüzdese | Pat Yüzdese |
|----------|---------|--------------|-------------|
| 1 | Siyah | % 10 | %90 |
| | Siyah | %20 | %80 |
| | Siyah | %30 | %70 |
| | Kırmızı | % 10 | %90 |
| | Kırmızı | %20 | %80 |
| | Kırmızı | %30 | %70 |
| 2 | Siyah | % 10 | %90 |
| | Siyah | %20 | %80 |
| | Siyah | %30 | %70 |
| | Mavi | % 10 | %90 |
| | Mavi | %20 | %80 |
| | Mavi | %30 | %70 |
| 3 | Kırmızı | % 10 | %90 |
| | Kırmızı | %20 | %80 |
| | Kırmızı | %30 | %70 |
| | Mavi | % 10 | %90 |
| | Mavi | %20 | %80 |
| | Mavi | %30 | %70 |

4.1.4 Uygulama IV

Bu uygulamada termokromik ve termokromik olmayan farklı renkte boyaların üst üste basılması ile farklı renk geçişi efektleri elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu efekti elde etmek için termokromik boyalar önce veya sonra basılabilir. Bu iki tip uygulamanın farkını görebilmek amacıyla ilk olarak kumaş üzerine termokromik özelliğe sahip boyalar ile baskı yapılmış, bu baskının üzerine termokromik olmayan boyalarla baskı gerçekleştirilmiştir. İkinci bölümde ise ilk olarak termokromik olmayan boyalar basılmış, onun üzerine termokromik boyalar kullanılarak baskı uygulanmıştır.

Kullanılan mavi, kırmızı ve siyah termokromik boya karışımları %10 boya %90 pat, %20 boya %80 pat ve %30 boya %70 pat olacak şekilde seçilmiştir. Termokromik özellik göstermeyen boya karışımları ise % 0,5 sarı boya %99,5 pat, %0,2 cyan boya %99,8 pat ve %0,2 magenta boya ve % 99,8 pat oranlarındadır.

31 °C’de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar ile reaktif termokromik özellik göstermeyen sarı, magenta ve cyan renkte tekstil boyalarının 70 gr/m², ağartma yapılmış %100 pamuklu kumaş zemin üzerinde uygulaması yapılmıştır.

Fiksaj için transfer presi ile 130 °C’de 120 sn. uygulama yapılmıştır. Sonrasında 31 °C’den düşük ve yüksek sıcaklıklardaki renk değişimleri gözlemlenmiştir.

Baskı denemeleri 3 yatay ve 3 dikey şeridin kesiştiği şablon kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.1.4.1 Pamuklu kumaşlara yapılan alt termokromik, üst termokromik özellik göstermeyen baskı uygulamaları

Bu uygulamada önce termokromik özellik gösteren boyalar ile baskı ve fiksaj uygulaması yapılmış sonrasında ise termokromik özellik göstermeyen boyalar ile baskı ve fiksaj uygulaması tamamlanmıştır.

3 yatay ve 3 dikey şeridin kesiştiği baskı çalışmaları şeklinde yapılan uygulamada öncelikle kesişim noktalarında oluşan renkler gözlemlenmiş devamında ısı uygulaması yapıldığında termokromik özellik gösteren ve göstermeyen boyaların kesişme noktalarında meydana gelen renk değişimleri belirlenmiştir. Tablo 4.7’de uygulama planı detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.7 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik özellik gösteren ve göstermeyen boyaların renk geçişlerine etkisi (UYGULAMA IV)

| Örnek no | Termokromik Özellik | Renk | Boya Yüzdesi | Pat Yüzdesi |
|----------|---------------------|---------|--------------|-------------|
| 1 | Var | Siyah | %10 | %90 |
| | Var | Siyah | %20 | %80 |
| | Var | Siyah | %30 | %70 |
| | Yok | Sarı | %0,5 | %99,5 |
| | Yok | Magenta | %0,2 | %99,8 |
| | Yok | Cyan | %0,2 | %99,8 |
| 2 | Var | Kırmızı | %10 | %90 |
| | Var | Kırmızı | %20 | %80 |
| | Var | Kırmızı | %30 | %70 |
| | Yok | Sarı | %0,5 | %99,5 |
| | Yok | Magenta | %0,2 | %99,8 |
| | Yok | Cyan | %0,2 | %99,8 |
| 3 | Var | Mavi | %10 | %90 |
| | Var | Mavi | %20 | %80 |
| | Var | Mavi | %30 | %70 |
| | Yok | Sarı | %0,5 | %99,5 |
| | Yok | Magenta | %0,2 | %99,8 |
| | Yok | Cyan | %0,2 | %99,8 |

4.1.4.2 Pamuklu kumaşlara yapılan alt termokromik özellik göstermeyen, üst termokromik baskı uygulamaları

Bu uygulamada önce termokromik özellik göstermeyen boyalar ile baskı ve fiksaj uygulaması yapılmış sonrasında ise termokromik özellik gösteren boyalar ile baskı ve fiksaj uygulaması tamamlanmıştır. 3 yatay ve 3 dikey şeridin kesiştiği baskı çalışmaları şeklinde yapılan uygulamada öncelikle kesişim noktalarında oluşan renkler gözlemlenmiş devamında ısı uygulaması yapıldığında termokromik özellik gösteren ve göstermeyen boyaların kesişme noktalarında meydana gelen renk değişimleri belirlenmiştir. Tablo 4.8’de uygulama planı detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.8 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik özellik göstermeyen ve gösteren boyaların renk geçişlerine etkisi (UYGULAMA IV)

| Örnek no | Termokromik Özellik | Renk | Boya Yüzdesi | Pat Yüzdesi |
|----------|---------------------|---------|--------------|-------------|
| 1 | Yok | Sarı | %0,5 | %99,5 |
| | Yok | Magenta | %0,2 | %99,8 |
| | Yok | Cyan | %0,2 | %99,8 |
| | Var | Siyah | %10 | %90 |
| | Var | Siyah | %20 | %80 |
| | Var | Siyah | %30 | %70 |
| 2 | Yok | Sarı | %0,5 | %99,5 |
| | Yok | Magenta | %0,2 | %99,8 |
| | Yok | Cyan | %0,2 | %99,8 |
| | Var | Kırmızı | %10 | %90 |
| | Var | Kırmızı | %20 | %80 |
| | Var | Kırmızı | %30 | %70 |
| 3 | Yok | Sarı | %0,5 | %99,5 |
| | Yok | Magenta | %0,2 | %99,8 |
| | Yok | Cyan | %0,2 | %99,8 |
| | Var | Mavi | %10 | %90 |
| | Var | Mavi | %20 | %80 |
| | Var | Mavi | %30 | %70 |

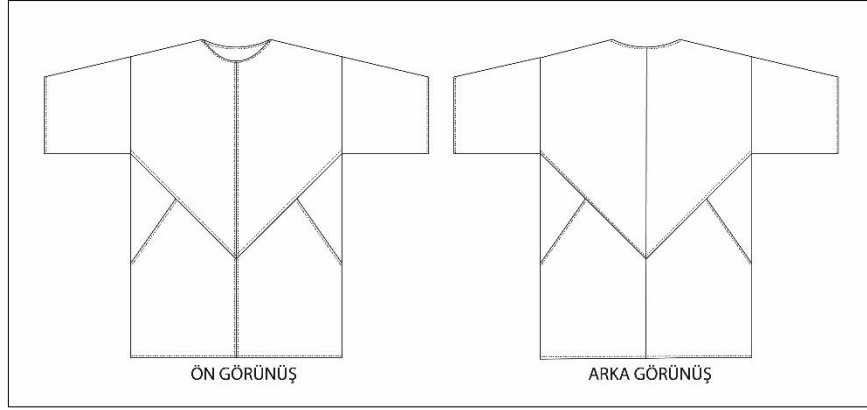
4.2 Termokromik boyalar ile giysi üzerinde baskı uygulamaları

Bu uygulama kapsamında, UYGULAMA I-II-III ve IV'ten elde edilen sonuçlar doğrultusunda temel beden formlarındaki giysiler üzerinde çeşitli deneysel baskı çalışmaları yapılmıştır. Aşağıda bu çalışmaların detayları sunulmuştur.

4.2.1 Uygulama V

Bu kapsamda ilk dört uygulamada yapılan çalışmalar sonucunda belirlenen uygun değerlerdeki termokromik boya ve pat oranları ile fiksaj süreleri kullanılarak, 140 gr/m² ağırlıklı %100 pamuklu dokuma kumaştan çalışma kapsamında üretilen ceket üzerinde çeşitli deneysel desen ve şablon baskı çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Üzerinde baskı uygulaması yapılan ceket modelinin teknik çizim ön ve arka görünüşleri Şekil 4.1'de sunulmaktadır.



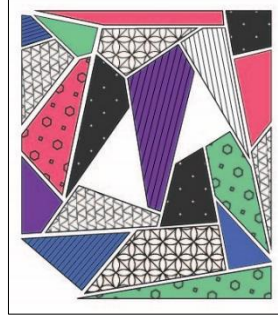
Şekil 4.1 *Ceket teknik çizimi*

Çalışmada 31 °C’de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar ile reaktif termokromik özellik göstermeyen sarı, magenta ve cyan renkte tekstil boyalarının çeşitli karışımlardaki varyasyonlarıyla elde edilen 5 farklı renk kullanılarak şablon baskı yöntemi ile çeşitli desenlendirme uygulamaları yapılmıştır. Uygulamada kullanılan boya çeşitleri, boya pat oranları ve termokromik özellik gösteren ve göstermeyen boyaların karışım oranlarına dair bilgi Tablo 4.9’da detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 4.9 *Giysi üzerine yapılan termokromik desen ve şablon baskı uygulamalarındaki boya/pat oranları (UYGULAMA V)*

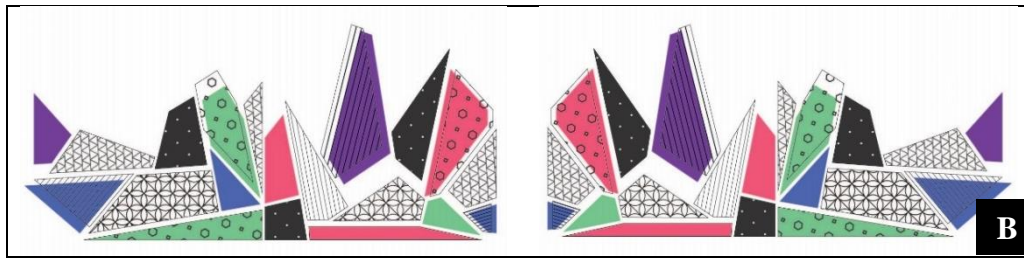
| Elde Edilen Renk | Kullanılan Renk | Elde Edilen Renkteki Yüzde | Termokromik Özellik | Boya Yüzdesi | Pat Yüzdesi |
|------------------|-----------------|----------------------------|---------------------|--------------|-------------|
| Mavi | Mavi | %100 | Var | %30 | %70 |
| Kırmızı | Kırmızı | %100 | Var | %30 | %70 |
| Siyah | Siyah | %100 | Var | %30 | %70 |
| Mor | Magenta | %50 | Yok | %0,2 | %99,8 |
| | Mavi | %50 | Var | %30 | %70 |
| Yeşil | Sarı | %50 | Yok | %0,5 | %99,5 |
| | Mavi | %50 | Var | %30 | %70 |

Tüm renk geçişlerini gözlemlemek için elde edilen tüm renklerin üzerinde konumlandırıldığı temel bir birimden yola çıkılarak tasarlanan desen çalışmasında tüm renk değişimlerinin gözlemlenebilmesi amaçlanmıştır. (Görsel 4.1)



Görsel 4.1 Termokromik baskı desen çalışması için tasarlanan temel birim

Görsel 4.1'deki birimin yatay, dikey ve diyagonal olarak çeşitli yollarla parçalanması ile desen çalışmasında çeşitliliğe gidilmiş, ceket üzerinde beden ile ilişkilenen yüzeylerin formu ile bağlantılı olarak desen yerleştirmeleri yapılmıştır. Kol ve etek baskılarında ise sağ ve sol desenlerde ayna etkisi kullanılmıştır. Uygulanan desen Görsel 4.2'de sunulmuştur.

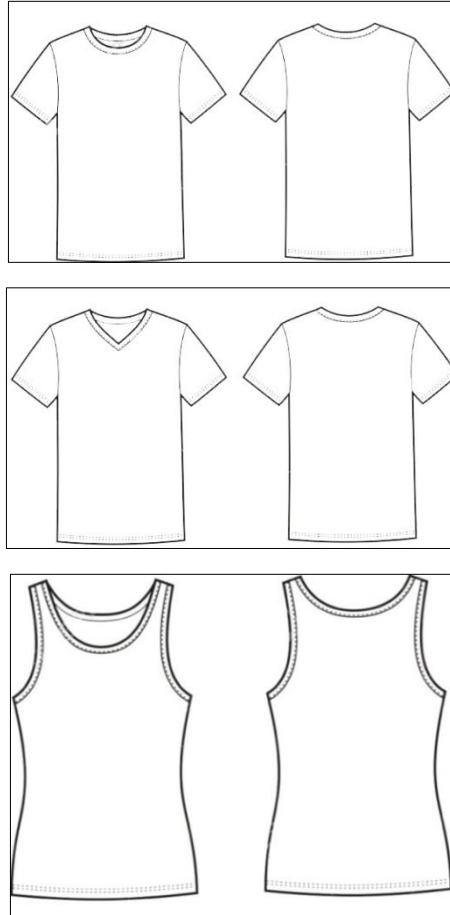


Görsel 4.2 Termokromik baskı desen çalışmaları A)Temel birimden elde edilmiş ön-arka beden desen çalışması B)Temel birimden elde edilmiş kol ve ön-arka etek desen çalışması

Baskı uygulamalarının devamında fiksaj için transfer presi ile 130 °C’de 120 sn. uygulama yapılmıştır. Sonrasında 31 °C’den düşük ve yüksek sıcaklıklardaki renk değişimleri gözlemlenmiştir. Sonuç olarak ceket üzerinde yapılan baskı uygulama çalışmasında amaçlanan, iç ve dış kullanım ile beden sıcaklığında ve çevresel sıcaklıktaki değişimlerin termokromik desenler üzerindeki etkilerini gözlemlemektir.

4.2.2 Uygulama VI

Bu kapsamda ilk dört uygulamada yapılan çalışmalar sonucunda belirlenen uygun değerdeki termokromik boya ve pat oranları ile fiksaj süreleri kullanılarak %100 pamuk, ağartılmış, süprem örme kumaştan üretilmiş hazır tişört ve atlet modelleri üzerinde çeşitli deneysel baskı çalışmaları yapılmıştır. Kullanılan tişört ve atlet modelleri teknik çizim ön ve arka görünüşleri Şekil 4.2.’de sunulmaktadır.



Şekil 4.2 Termokromik baskı çalışmasında kullanılan tişört ve atlet modelleri.

31 °C’de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar ile reaktif termokromik özellik göstermeyen sarı, magenta ve cyan renkte tekstil boyalarının çeşitli karışımlardaki varyasyonları modeller üzerinde uygulanmıştır. Fiksaj için transfer presi ile 130 °C’de 120 sn. uygulama yapılmıştır. Sonrasında 31 °C’den düşük ve yüksek sıcaklıklardaki renk değişimleri gözlemlenmiştir.

Tişört ve atletler üzerinde yapılan deneysel baskı çalışmasında, elde edilen renklerin baskı uygulaması esnasındaki tesadüfi karışımlarının beden sıcaklığındaki ve çevresel sıcaklıktaki değişimlere paralel olarak gösterdiği renk değişimlerini gözlemlemek amaçlanmıştır.

Baskı uygulamalarında kullanılan renklerin boya çeşitleri, boya pat oranları ve termokromik özellik gösteren ve göstermeyen boyaların karışım oranlarına dair bilgi Tablo 4.10’da detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 4.10 *Giysi üzerine yapılan termokromik desen ve şablon baskı uygulamalarındaki boya/pat oranları (UYGULAMA VI)*

| Elde Edilen Renk | Kullanılan Renk | Elde Edilen Renkteki Yüzde | Termokromik Özellik | Boya Yüzdesi | Pat Yüzdesi |
|------------------|-----------------|----------------------------|---------------------|--------------|-------------|
| Mavi | Mavi | %100 | Var | %30 | %70 |
| Kırmızı | Kırmızı | %100 | Var | %30 | %70 |
| Siyah | Siyah | %100 | Var | %30 | %70 |
| Mor | Mavi | %50 | Yok | %0,2 | %99,8 |
| | Magenta | %50 | Var | %30 | %70 |
| Mor | Kırmızı | %50 | Var | %30 | %70 |
| | Cyan | %50 | Yok | %0,2 | %99,8 |
| Yeşil | Mavi | %50 | Var | %30 | %70 |
| | Sarı | %50 | Yok | %0,5 | %99,5 |

5 BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

5.1 Termokromik Boyalar ile Yapılan Baskı Uygulamalarının Sonuçları























































5.1.1 Uygulama I'den elde edilen sonuçlar

Fiksaj süresi ve yönteminin termokromik özelliğe etkisini görmek amacıyla yapılan UYGULAMA I'den elde edilen sonuçlar Tablo 5.1'de sunulmuştur. Siyah, mavi ve kırmızı termokromik boya için sabit pat ve boya oranları (%30 boya, %70 pat) ile oluşturulan örnekler renklerine göre 3 gruba ayrılmış ve her gruba kendi içinde 70 gr/m², ağartma yapılmış %100 pamuklu kumaş yüzeyinde şablon baskı yöntemi ile uygulama yapılmıştır.

Termokromik etkinin gözlemlenebilmesi için numune yüzeylerinin sıcaklığını ön çalışmalarda belirlenen geçiş sıcaklığı olan 31 °C'nin üzerine çıkarabilmek amacıyla sıcak hava uygulanmıştır. Uygulama esnasında siyah, mavi ve kırmızı gruplara ısı uygulanmadan önce, ısı uygulandıktan hemen sonra ve ısı uygulandıktan yaklaşık 15 sn. sonraki görüntüler fotoğraflanmış ve ısı geçişi karakteristiği gözlemlenmiştir. Tüm örnekler aynı anda, aynı ısı kaynağı ile yapılan ısı uygulamalarında renk geçişlerinde farklılık gözlemlenmemiştir. Fakat fiksaj sürelerinde ve yöntemlerindeki farklılıkla paralel olarak kullanılan patın kumaş üzerindeki görünürlüğünde ve sertliğinde değişiklikler oluşmuştur.

Fiksaj uygulaması yapılmayan örnek 1-1 de ısıya bağlı renk değişimleri olsa bile kullanılan pat baskı yapılan yüzeyde bir tabaka olarak kalmıştır. Örnek 1-2, 1-3, 1-4 de 130 °C sıcaklıktaki ısı tablasıyla sırasıyla 60, 120 ve 180 sn. fiksaj uygulaması yapılmış 60 sn. yapılan uygulamada baskı yüzeyindeki pat izinde azalma olsa da yine de doku olarak gözlemlenebilir olarak kalmıştır. 120 sn. ve sonrasındaki uygulamalarda ise pat izinin azaldığı ve örnekler arasında bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Örnek 1-5 ve 1-6 da ise buharlı ütü kullanılarak sırasıyla 60 sn. ve 120 sn. fiksaj uygulaması yapılmıştır. Fakat buharlı ütü uygulamasında aynı anda ve kontrollü bir ısı uygulaması yapmak çok mümkün olmamıştır. Aynı uygulama yöntemi örnek 2 ve örnek 3 gruplarında da uygulanmıştır ve aynı paralellikteki sonuçlara ulaşılmıştır. Bununla birlikte siyah, mavi ve kırmızı renk grupları içerisinde renk geçişi performansında kırmızı grubun daha hızlı renk geçişi sağladığı ve diğer gruplara göre ısı uygulamasındaki görünmezliğinin daha belirgin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.1 Fiksaj süresi ve yönteminin termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA I).

| Örnek no | Renk | < 31 °C Sıcaklık | >31 °C Sıcaklık | Sıcaktan soğuga geri dönüş |
|----------|---------|---|---|---|
| 1-1 | Siyah |  |  |  |
| 1-2 | Siyah |  |  |  |
| 1-3 | Siyah |  |  |  |
| 1-4 | Siyah |  |  |  |
| 1-5 | Siyah |  |  |  |
| 1-6 | Siyah |  |  |  |
| 2-1 | Mavi |  |  |  |
| 2-2 | Mavi |  |  |  |
| 2-3 | Mavi |  |  |  |
| 2-4 | Mavi |  |  |  |
| 2-5 | Mavi |  |  |  |
| 2-6 | Mavi |  |  |  |
| 3-1 | Kırmızı |  |  |  |
| 3-2 | Kırmızı |  |  |  |
| 3-3 | Kırmızı |  |  |  |
| 3-4 | Kırmızı |  |  |  |
| 3-5 | Kırmızı |  |  |  |
| 3-6 | Kırmızı |  |  |  |

5.1.2 Uygulama II'den elde edilen sonuçlar

Farklı pat oranlarının siyah, mavi ve kırmızı renkteki leyko termokromik boyaların %100 pamuklu ağartılmış kumaş zeminde şablon baskı uygulamalarındaki renk doygunluğunu ve ısı aktarımı sırasındaki renk geçişlerine etkisini görmek amacıyla yapılan UYGULAMA II'den elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

5.1.2.1 Pamuklu kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları

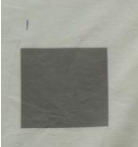


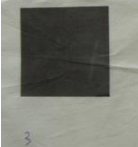






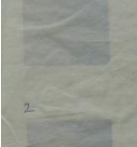

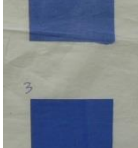
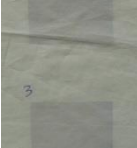

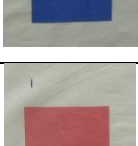

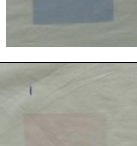









%10 boya %90 pat, %20 boya %80 pat ve %30 boya %70 pat oranlarındaki siyah mavi ve kırmızı termokromik boyalar ile 70 gr/m², ağartma yapılmış %100 pamuklu kumaş zeminine şablon baskı yöntemi ile 6cm x 6cm boyutunda uygulamalar yapılmıştır. UYGULAMA I'den elde edilen sonuçlar doğrultusunda 130°C sıcaklıktaki ısı tablasıyla sırasıyla 120 sn. fiksaj uygulaması yapılmıştır.

Sonrasında termokromik etkinin gözlemlenebilmesi için numune yüzeylerinin sıcaklığını ön çalışmalarda belirlenen geçiş sıcaklığı olan 31 °C'nin üzerine çıkarabilmek amacıyla sıcak hava uygulanmıştır. Uygulama esnasında siyah, mavi ve kırmızı gruplara ısı uygulanmadan önce, ısı uygulandıktan hemen sonra ve ısı uygulandıktan yaklaşık 15 sn. sonraki görüntüler fotoğraflanmış ve ısı geçişi karakteristiği gözlemlenmiştir. Pamuklu kumaşlara yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlar Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Tüm örnekler aynı anda, aynı ısı kaynağı ile yapılan ısı uygulamalarında renk geçişlerinde farklılık gözlemlenmemiş ve 31 °C'nin üzerine çıkan örneklerin tümünde kendi renk grubu (siyah, mavi ya da kırmızı) ile aynı geçiş özelliklerini gösterdiği saptanmıştır. 15 sn. sonraki renk geri dönüşlerinde ise sıcak hava uygulamasının homojen bir şekilde yapılamaması sonucu dönüşümlerde anlık renk farklılıkları gözlemlenmiştir.

Siyah, mavi ve kırmızı renk grupları birbirlerine göre karşılaştırıldıklarında ise siyah ve mavi renkteki grupları geçişler ve geçiş süreleri konusunda birbirlerine benzer performanslar sergilerken, renk geçişi performansında kırmızı renkteki grubun daha hızlı renk geçişi sağladığı ve diğer gruplara göre ısı uygulamasındaki görünmezliğinin daha belirgin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.2 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA II).

| Örnek no | Renk | < 31 °C Sıcaklık | >31 °C Sıcaklık | Sıcaktan soğuğa geri dönüş |
|----------|---------|---|--|---|
| 1 | Siyah |  |  |  |
| 2 | Siyah |  |  |  |
| 3 | Siyah |  |  |  |
| 4 | Mavi |  |  |  |
| 5 | Mavi |  |  |  |
| 6 | Mavi |  |  |  |
| 7 | Kırmızı |  |  |  |
| 8 | Kırmızı |  |  |  |
| 9 | Kırmızı |  |  |  |

5.1.2.2 PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları

%10 boya %90 pat, %20 boya %80 pat ve %30 boya %70 pat oranlarındaki siyah mavi ve kırmızı termokromik boyalar ile 140 g/m^2 , mavi renkli %100 polyester kumaş zeminine şablon baskı yöntemi ile 6cm x 6cm boyutunda uygulamalar yapılmıştır. UYGULAMA I'den elde edilen sonuçlar doğrultusunda $130 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki ısı tablasıyla sırasıyla 120 sn. fiksaj uygulaması yapılmıştır.

Sonrasında termokromik etkinin gözlemlenebilmesi için numune yüzeylerinin sıcaklığını ön çalışmalarda belirlenen geçiş sıcaklığı olan $31 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerine çıkarabilmek amacıyla sıcak hava uygulanmıştır. Uygulama esnasında siyah, mavi ve kırmızı gruplara ısı uygulanmadan önce, ısı uygulandıktan hemen sonra ve ısı uygulandıktan yaklaşık 15 sn. sonraki görüntüler fotoğraflanmış ve ısı geçişi karakteristiği gözlemlenmiştir. PES kumaşlara yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlar Tablo 5.3'de gösterilmiştir.

Tüm örneklere aynı anda, aynı ısı kaynağı ile yapılan ısı uygulamalarında renk geçişlerinde farklılık gözlemlenmemiş ve $31 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerine çıkan örneklerin tümünde kendi renk grubu (siyah, mavi ya da kırmızı) ile aynı geçiş özelliklerini gösterdiği saptanmıştır. 15 sn. sonraki renk geri dönüşlerinde ise sıcak hava uygulamasının homojen bir şekilde yapılamaması sonucu dönüşümlerde anlık renk farklılıkları gözlemlenmiştir. Uygulamada % 100 pamuklu kumaş zeminine yapılan bir önceki uygulamaya göre pat görünürlüğü daha fazla olmuş ve baskı alanlarının aktivasyon sıcaklığının üstüne çıkması durumunda dahi fark edilebilir görünürlükte olduğu saptanmıştır.

Bir önceki uygulama sonuçlarına paralel olarak; siyah, mavi ve kırmızı renk grupları birbirlerine göre karşılaştırıldıklarında ise siyah ve mavi renkteki grupların geçişler ve geçiş süreleri konusunda birbirlerine benzer performans sergiledikleri görülmüştür. Kırmızı renkteki grupta ise renk geçişi performansında nispeten daha hızlı renk geçişi sağlandığı ve diğer gruplara göre ısı uygulamasındaki görünmezliğin daha belirgin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.3 %100 PES kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA II).

| Örnek no | Renk | < 31 °C Sıcaklık | >31 °C Sıcaklık | Sıcaktan soğuğa geri dönüş |
|----------|---------|---|--|---|
| 1 | Siyah |  |  |  |
| 2 | Siyah |  |  |  |
| 3 | Siyah |  |  |  |
| 4 | Mavi |  |  |  |
| 5 | Mavi |  |  |  |
| 6 | Mavi |  |  |  |
| 7 | Kırmızı |  |  |  |
| 8 | Kırmızı |  |  |  |
| 9 | Kırmızı |  |  |  |

5.1.2.3 Rotasyon Baskılı PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları

%10 boya %90 pat, %20 boya %80 pat ve %30 boya %70 pat oranlarındaki siyah mavi ve kırmızı termokromik boyalar 75 g/m^2 , rotasyon baskılı %100 polyester kumaş zemin üzerine şablon baskı yöntemi ile 6cm x 6cm boyutunda uygulamalar yapılmıştır. UYGULAMA I'den elde edilen sonuçlar doğrultusunda $130 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki ısı tablasıyla sırasıyla 120 sn. fiksaj uygulaması yapılmıştır.





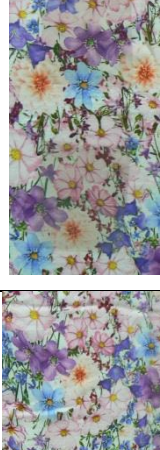






















Sonrasında termokromik etkinin gözlemlenebilmesi için numune yüzeylerinin sıcaklığını ön çalışmalarda belirlenen geçiş sıcaklığı olan $31 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerine çıkarabilmek amacıyla sıcak hava uygulanmıştır. Uygulama esnasında siyah, mavi ve kırmızı gruplara ısı uygulanmadan önce, ısı uygulandıktan hemen sonra ve ısı uygulandıktan yaklaşık 15 sn. sonraki görüntüler fotoğraflanmış ve ısı geçişi karakteristiği gözlemlenmiştir.

Tüm örneklere aynı anda, aynı ısı kaynağı ile yapılan ısı uygulamalarında renk geçişlerinde farklılık gözlemlenmemiş ve $31 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerine çıkan örneklerin tümünde kendi renk grubu (siyah, mavi ya da kırmızı) ile aynı geçiş özelliklerini gösterdiği saptanmıştır. 15 sn. sonraki renk geri dönüşlerinde ise sıcak hava uygulamasının homojen bir şekilde yapılamaması sonucu dönüşümlerde anlık renk farklılıkları gözlemlenmiştir.

Uygulamada % 100 pamuklu kumaş zeminine yapılan ve %100 PES kumaş zeminine yapılan diğer iki uygulamaya göre pat görünürlüğü daha az olmuş ve baskı alanlarının aktivasyon sıcaklığının üstüne çıkması durumunda fark edilemez olduğu saptanmıştır.

Siyah, mavi ve kırmızı renk grupları birbirlerine göre karşılaştırıldıklarında ise siyah ve mavi renkteki grupların geçişler ve geçiş süreleri konusunda genel çerçevede birbirlerine benzer performanslar sergilerken, renk geri dönüşü performansında siyah renkteki grubun geri dönüş hızının mavi ve kırmızı renkteki diğer iki gruba göre daha hızlı ilerlediği belirlenmiştir. Uygulamada elde edilen sonuçlar Tablo 5.4'de detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 5.4 %100 PES rotasyon baskılı kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA II).

| Örnek no | Renk | < 31 °C Sıcaklık | >31 °C Sıcaklık | Sıcaktan soğuğa geri dönüş |
|----------|---------|---|--|---|
| 1 | Siyah |  |  |  |
| 2 | Siyah |  |  |  |
| 3 | Siyah |  |  |  |
| 4 | Mavi |  |  |  |
| 5 | Mavi |  |  |  |
| 6 | Mavi |  |  |  |
| 7 | Kırmızı |  |  |  |
| 8 | Kırmızı |  |  |  |
| 9 | Kırmızı |  |  |  |

5.1.3 Uygulama III'den elde edilen sonuçlar

Siyah, mavi ve kırmızı renkteki leyko termokromik boyaların birbirleri ile karıştırılarak farklı renk etkileri elde edilmesi amaçlanan UYGULAMA III'den elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur. Her bir rengin üç farklı oranda matriks biçiminde uygulanarak dokuz farklı karışım elde edilen uygulama çeşitli özelliklerdeki kumaş zemininde yapılan şablon baskı yöntemiyle gerçekleştirilmiş ve farklı yapıdaki kumaşların boya kesişimlerine etkisi gözlemlenmiştir.

5.1.3.1 Pamuklu kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları

%10 boya %90 pat, %20 boya %80 pat ve %30 boya %70 pat oranlarındaki siyah mavi ve kırmızı renkteki leyko termokromik boyalar ile 70 gr/m², ağartma yapılmıştır. %100 pamuklu kumaş zeminine şablon baskı yöntemi ile 32 cm x 6 cm büyüklüğünde dikdörtgen 3 yatay ve 3 dikey şeridin kesiştiği bir baskı sistemi uygulanmıştır. UYGULAMA I'den elde edilen sonuçlar doğrultusunda 130 °C sıcaklıktaki ısı tablasıyla sırasıyla 120 sn. fiksaj uygulaması yapılmıştır.

Sonrasında termokromik etkinin gözlemlenebilmesi için numune yüzeylerinin sıcaklığını ön çalışmalarda belirlenen geçiş sıcaklığı olan 31 °C'nin üzerine çıkarabilmek amacıyla sıcak hava uygulanmıştır. Uygulama esnasında siyah-kırmızı, siyah-mavi ve mavi-kırmızı renk kesişimlerinden oluşan gruplara ısı uygulanmadan önce, ısı uygulandıktan hemen sonra ve ısı uygulandıktan yaklaşık 15 sn. sonraki görüntüler fotoğraflanmış ve ısı geçişi karakteristiği gözlemlenmiştir.

Tüm örnekler aynı ısı kaynağı ile yapılan ısı uygulamalarında, 31 °C'nin üzerine çıkan örneklerin tümünde kendi renk grubu (siyah-kırmızı, siyah-mavi ve mavi-kırmızı) ile aynı geçiş özelliklerini gösterdiği saptanmıştır. Uygulama esnasında renk geçişlerinde farklılık gözlemlenmezken, renk geri dönüşlerindeki farklılık baskı uygulamalarında önce basılan şeritlerdeki renk geçişlerinin daha hızlı ilerlediği yönündedir.

Siyah-kırmızı, siyah-mavi ve mavi-kırmızı renk grupları birbirlerine göre karşılaştırıldıklarında siyah ve mavi renkteki şeritlerin tüm gruplarda geçişler ve geçiş süreleri konusunda birbirlerine benzer performanslar sergilemişlerdir. Kırmızı renkteki şeritlerin ise renk geçişi performansında daha hızlı renk geçişi sağladığı ve diğer gruplara göre ısı uygulamasındaki görünmezliğinin daha belirgin olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca her grubun uygulamasında farklı pat oranlarındaki 9 farklı renk kesişimi gözlemlenme olanağı bulunmuştur. Uygulamada elde edilen sonuçlar Tablo 5.5’de detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 5.5 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA III).



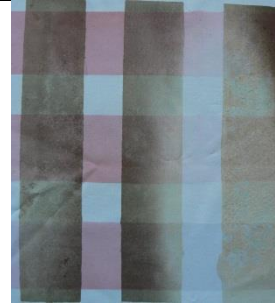

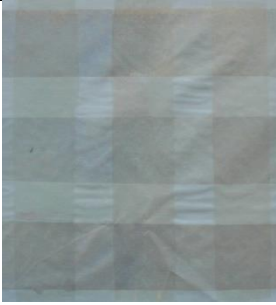




| Örnek no | Renk | < 31 °C Sıcaklık | >31 °C Sıcaklık | Sıcaktan soğuga geri dönüş |
|----------|-----------------|------------------|-----------------|----------------------------|
| 1 | Siyah / Kırmızı | | | |
| 2 | Siyah / Mavi | | | |
| 3 | Kırmızı / Mavi | | | |

5.1.3.2 PES kumaşlara yapılan termokromik baskı uygulamaları sonuçları

%10 boya %90 pat, %20 boya %80 pat ve %30 boya %70 pat oranlarındaki siyah mavi ve kırmızı renkteki leyko termokromik boyalar kullanılmıştır. 140 g/m², mavi renkli %100 polyester kumaş zeminine şablon baskı yöntemi ile 32 cm x 6 cm büyüklüğünde dikdörtgen 3 yatay ve 3 dikey şeridin kesiştiği bir baskı sistemi uygulanmıştır. UYGULAMA I’den elde edilen sonuçlar doğrultusunda 130 °C sıcaklıktaki ısı tablasıyla sırasıyla 120 sn. fiksaj uygulaması yapılmıştır.

Sonrasında termokromik etkinin gözlemlenebilmesi için numune yüzeylerinin sıcaklığını ön çalışmalarda belirlenen geçiş sıcaklığı olan 31 °C'nin üzerine çıkarabilmek amacıyla sıcak hava uygulanmıştır. Uygulama esnasında siyah-kırmızı, siyah-mavi ve mavi-kırmızı renk kesişimlerinden oluşan gruplara ısı uygulanmadan önce, ısı uygulandıktan hemen sonra ve ısı uygulandıktan yaklaşık 15 sn. sonraki görüntüler fotoğraflanmış ve ısı geçişi karakteristiği gözlemlenmiştir. Uygulamada elde edilen sonuçlar Tablo 5.6'de detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 5.6 %100 PES kumaşlarda termokromik boya/pat oranının termokromik özelliğe etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA III).

| Örnek no | Renk | <31 °C Sıcaklık | >31 °C Sıcaklık | Sıcaktan soğuğa geri dönüş |
|----------|-----------------|---|--|---|
| 1 | Siyah / Kırmızı |  |  |  |
| 2 | Siyah / Mavi |  |  |  |
| 3 | Kırmızı / Mavi |  |  |  |

Bir önceki uygulamaya paralel olarak tüm örneklere aynı ısı kaynağı ile yapılan ısı uygulamalarında, 31 °C'nin üzerine çıkan örneklerin tümünde kendi renk grubu (siyah-kırmızı, siyah-mavi ve mavi-kırmızı) ile aynı geçiş özelliklerini gösterdiği

saptanmıştır. Uygulama esnasında renk geçişlerinde farklılık gözlemlenmezken renk geri dönüşlerindeki farklılık baskı uygulamalarında önce basılan şeritlerdeki renk geçişlerinin daha hızlı ilerlediği yönündedir. Siyah-kırmızı, siyah-mavi ve mavi-kırmızı renk grupları birbirlerine göre karşılaştırıldıklarında siyah ve mavi renkteki şeritlerin tüm gruplarda geçişler ve geçiş süreleri konusunda birbirlerine benzer performanslar sergilemişlerdir. Kırmızı renkteki şeritlerin ise renk geçişi performansında daha hızlı renk geçişi sağladığı ve diğer gruplara göre ısı uygulamasındaki görünmezliğinin daha belirgin olduğu belirlenmiştir.

Bununla birlikte %100 pamuklu zemine yapılan diğer uygulamaya kıyasla aktivasyon sıcaklığının üzerine çıkıldığında pat görünürlüğü daha fazladır. Ayrıca her grubun uygulamasında farklı pat oranlarındaki 9 farklı renk kesişimi gözlemlenme olanağı bulmuştur.

5.1.4 Uygulama IV'den elde edilen sonuçlar

Termokromik özellik gösteren pigment ve termokromik özellik göstermeyen reaktif boyaların kesişimlerinde oluşan renk çeşitleri ve uygulama sırasının uygulamaya etkisini gözlemlenmenin amaçlandığı uygulama iki gruptan oluşmaktadır. İlk grupta önce termokromik boyaların ardından termokromik özellik göstermeyen boyalar, ikinci grupta ise önce termokromik özellik göstermeyen boyalar sonrasında termokromik özellik gösteren boyalar ile şablon baskı uygulaması yapılmıştır. Grupların her birinden dokuz farklı kesişime sahip üçer örnek elde edilmiştir.

Isı geçişi karakteristiği ile termokromik etki gösteren ve göstermeyen boya gruplarının uygulanma sırasındaki değişikliklerinin uygulamaya etkilerini gözlemlenen tüm örneklere yapılan ısı uygulamalarında, 31 °C'nin üzerine çıkan örneklerin tümünün (Siyah ve sarı, magenta cyan; mavi ve sarı, magenta cyan; kırmızı ve sarı, magenta cyan) aktivasyon sıcaklığının üstüne çıkıldığında benzer geçiş özelliklerini gösterdiği saptanmıştır. Uygulama esnasında renk geçişlerinde farklılık gözlemlenmezken, 15 sn. sonraki renk geri dönüşlerinde ise sıcak hava uygulamasının homojen bir şekilde yapılamaması sonucu anlık renk farklılıkları gözlemlenmiştir.





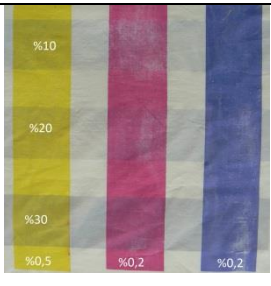
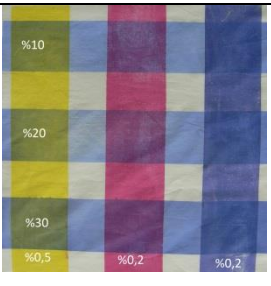



Uygulama IV' te gerçekleştirilen bu iki uygulama doğrultusunda termokromik özellikli olan ve olmayan boyaların baskı önceliğinin oluşan renk kesişimlerinde ve

renk geri dönüşlerinde etkili olmadığı saptanmıştır. UYGULAMA IV’den elde edilen sonuçlar aşağıda detaylı olarak sunulmuştur.

5.1.4.1 Pamuklu kumaşlara yapılan alt termokromik, üst termokromik özellik göstermeyen baskı uygulamaları sonuçları

Önce termokromik boyaların sonrasında ise termokromik özellik göstermeyen boyaların uygulandığı gruptan elde edilen sonuçlar Tablo 5.7’de detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 5.7 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik özellik gösteren ve göstermeyen boyaların renk geçişine etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA IV)

| Örnek no | Renk | < 31 °C Sıcaklık | >31 °C Sıcaklık | Sıcaktan soğuğa geri dönüş |
|----------|-----------------------|---|--|---|
| 1 | Siyah (termokromik) |  |  |  |
| | | *Sa *M *C | *Sa *M *C | *Sa *M *C |
| 2 | Mavi (termokromik) |  |  |  |
| | | *Sa *M *C | *Sa *M *C | *Sa *M *C |
| 3 | Kırmızı (termokromik) |  |  |  |
| | | *Sa *M *C | *Sa *M *C | *Sa *M *C |

*Sa: Sarı, *M: Magenta, *C: Cyan (termokromik özellik göstermeyen reaktif boya)

5.1.4.2 Pamuklu kumaşlara yapılan alt termokromik özellik göstermeyen, üst termokromik baskı uygulamaları sonuçları

Önce termokromik özellik göstermeyen boyaların sonrasında ise termokromik boyaların uygulandığı gruptan elde edilen sonuçlar Tablo 5.8’de detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 5.8 %100 pamuklu kumaşlarda termokromik özellik göstermeyen ve termokromik boyaların renk geçişine etkisi çalışmasından elde edilen sonuçlar (UYGULAMA IV)

| Örnek no | Renk | < 31 °C Sıcaklık | >31 °C Sıcaklık | Sıcaktan soğuğa geri dönüş | | | | | | |
|----------|--------------------------|------------------|-----------------|----------------------------|-----|----|----|-----|----|----|
| 1 | Siyah (termokromik) | | | | | | | | | |
| | | *Sa | *M | *C | *Sa | *M | *C | *Sa | *M | *C |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 2 | Mavi (termokromik) | | | | | | | | | |
| | | *Sa | *M | *C | *Sa | *M | *C | *Sa | *M | *C |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 3 | Kırmızı (termokromik) | | | | | | | | | |
| | | *Sa | *M | *C | *Sa | *M | *C | *Sa | *M | *C |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

*Sa: Sarı, *M: Magenta, *C: Cyan (termokromik özellik göstermeyen reaktif)

5.2 Termokromik Boyalar ile Giysi Üzerinde Baskı Uygulamaları Sonuçları

Bu uygulamada, UYGULAMA I-II-III ve IV'ten elde edilen sonuçlar doğrultusunda temel beden formlarındaki giysiler üzerinde çeşitli deneysel baskı çalışmaları yapılarak giysi üzerinde konumlandırılan termokromik desenlerin ve renk uygulamalarının çevresel ve bedensel ısı etkisine gösterdikleri tepkileri gözlemlemek amaçlanmıştır. Aşağıda bu uygulamaların sonuçları detaylı olarak sunulmaktadır.

5.2.1 Uygulama V'ten elde edilen sonuçlar

Çalışmada 31 °C'de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar ile reaktif termokromik özellik göstermeyen sarı, magenta ve cyan renkte tekstil boyalarının çeşitli karışımlardaki varyasyonlarıyla elde edilen 5 farklı renk kullanılarak şablon baskı yöntemi ile çeşitli desenlendirme uygulamaları yapılmıştır. Bu uygulamanın süreçleri Görsel 5.1'de sunulmuştur.



Görsel 5.1 Uygulama V aplikasyon süreçleri

Sırt, göğüs, etek ve kol ağızlarına yapılan baskı çalışmalarında bedenle temas alanlarının kısıtlılığı sebebi ile bedensel ısı etkisine karşılık gözlemlenen renk değişimleri belirgin olmamıştır. Çevresel ısı etkisine karşılık gözlemlenen renk değişimi ise ilk dört uygulamadaki sıcak hava uygulaması ile 31 °C olan aktivasyon sıcaklığının üzerine çıkılması ile gözlemlenmiş ve fotoğraflanmıştır. Uygulama sonrasında ceket üzerindeki renk değişimlerine dair detaylı sonuçlar Görsel 5.2'de detaylı olarak sunulmaktadır.



Görsel 5.2 Ceket üzerinde termokromik boyaların gösterdiği renk değişimleri

Isı uygulaması sonrası termokromik özellik gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkteki desenlerde renk görünürlüklerinde azalma ve kaybolma gözlemlenmiştir. Termokromik özellik göstermeyen sarı reaktif ve termokromik özellik gösteren mavi boyanın karışımı ile elde edilen yeşil desenlerde ısı etkisi ile sarıya dönüş, termokromik özellik göstermeyen magenta reaktif ve termokromik özellik gösteren mavi boyanın karışımı ile elde edilen mor desenlerde ise ısı etkisi ile magentaya dönüş görülmüştür.

5.2.2 Uygulama VI'dan elde edilen sonuçlar

Çalışmada 31 °C'de değişim gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkte termokromik boyalar ile pigment özellikli termokromik özellik göstermeyen sarı, magenta ve cyan renkte tekstil boyalarının çeşitli karışımlardaki varyasyonlarıyla elde edilen 6 farklı renk kullanılarak şablon baskı yöntemi ile deneysel baskı uygulamaları yapılmıştır.

Beden ile termokromik yüzeyler arasındaki ısı alışverişi sonucu oluşan renk değişimlerinin gözlemlenmesi amaçlanan %100 pamuklu ağartılmış süprem hazır tişört ve atlet modellerinin ön ve arka yüzeylerine yapılan deneysel baskılardan elde edilen sonuçlar Görsel 5.3, Görsel 5.4 ve Görsel 5.5'te görülmektedir.



Görsel 5.3 Bisiklet yaka % 100 pamuklu süprem tişört üzerine yapılan termokromik baskılarda renk değişimi

Belirgin renk değişimlerinin gözlemlenememesi ile beraber beden ile ısı etkileşimi içine giren termokromik özellik gösteren deneysel baskılarda belirlenen değişimler aşağıdaki gibidir:

Bisiklet yaka tişörtte;

- Beden ile etkileşim sonucu kol ön ve arka baskılarındaki mavi rengin görünürlüğünde azalma gözlemlenmiştir.
- Ense hizasındaki mavi renkteki desenlerin görünürlüğünde belirgin bir azalma gözlemlenmiştir.
- Tişört ön yüzündeki kırmızı renklerde açılma ve dolayısı ile sarı renklerde baskınlık oluştuğu gözlemlenmiştir.
- Tişört arka yüzündeki baskılarda ise renk tonunda genel bir azalma gözlemlenmiştir.



Görsel 5.4 Yuvarlak yaka % 100 pamuklu süprem atlet üzerine yapılan termokromik baskılarda gösterdiği renk değişimi

Yuvarlak yaka atlette;

- Beden ısısının etkisi ile atlet ön yüzünde bulunan turuncu renkteki desenler sarıya ve mor renkteki desenler ise maviye dönüşmüştür.
- Atlet arka yüzünde bulunan siyah renkteki desenler görünürlüğünü yitirmiş, yeşil renkteki desenler ise sarı renge dönüşme eğilimi göstermiştir.



Görsel 5.5 V yaka % 100 pamuklu süprem tişört üzerine yapılan termokromik baskılarda renk değişimi

V yaka tişörtte;

- Tişört ön yüzünde göğüs altındaki bölgede belirgin olarak gözlemlenebilen bir renk açılması oluşmuş ve sarı, cyan ve magenta şeritlerin görünürlüğü artmıştır.
- Tişört ön yüzü omuz ve kol bölgelerinde diğer bölgelere oranla daha az bir renk açılımı gözlemlenmiştir.
- Tişört arka yüzeyine uygulama yapılmamıştır.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Akıllı tekstil malzemelerinin çeşitli tıbbi, askeri, sportif alanlardaki bilimsel çalışmalar ile başlayan süreçleri, günümüz dünyasının teknoloji ile ilişkisinin de etkisi ile günlük hayattaki kullanım senaryolarına ilham kaynağı olmaya başlamış ve bu konuda örnek olacak ürünlerin ortaya çıkması da söz konusu olmuştur. Araştırmalar sonucu geliştirilen bu akıllı tekstil çözümleri ise günümüz tekstil sektörüne yön veren yeni etmenlerden biri haline gelmiştir. Öyle ki; teknolojinin geliştirilmesi adına yapılan deneysel çalışmaların yanı sıra son yıllarda tasarlanan ürünlerde gündelik hayata adapte olabilen teknolojiler olarak gözlemlenebilmektedir ve bu değişimlerin tekstil ve hazır giyim sektörü için büyük rol oynadığını söylemek mümkündür.

Artut'un da söylediği gibi uzak olanı yakınlaştıran, görünmeyeni gösteren teknoloji, insanların yaşamlarında radikal değişikliklere yol açmıştır. Bedenlerimizle sürekli bir etkileşim içinde olan teknoloji, bedenlerimizin içinde veya dışında yer alarak, adeta bedenlerimizin bir uzantısı haline gelmiştir (2014, s.12). Akıllı tekstil sınıfına giren bir malzemenin akıllı bir giysi olarak gündelik yaşama girmesi yeni farklı parametreleri ön plana çıkarmıştır. Kullanıcı dostu, pratik, ergonomik olmak gibi arananların yanı sıra bu teknolojilerin ürünün tekstil yüzeylerindeki yerleşimleri, kullanım şekilleri hem teknolojik altyapı hem de kullanım senaryosu olarak çözülmesi gereken birçok odak noktasını gündeme getirmiştir. Bilgi odaklı toplumlar, bilim ve teknolojinin yaşamdaki ürün, servis ve kullanıcı ihtiyacına olan etkilerinin artışı ile karşı karşıya gelmektedirler.

Akıllı tekstiller alanı da bilim, teknoloji, tasarım ve sosyal bilimleri bir çatıda toplayan disiplinler arası bir çalışma olarak; oluşan bu tabloda yerini almıştır ve gelecekte daha birçok teknolojinin ortak çalışması ile beslenebilecek bir potansiyele sahiptir. Akıllı tekstillerin getirdiği fonksiyonelliği ve verimliliği arttıran, koruyucu özelliklerinin yanı sıra, bu etkilerle geliştirilen yeni kullanım senaryoları ile kullanıcı ihtiyacının tanımı yeniden şekillenmekte ve yüksek değerli bir ürün olmakla beraber kullanıcıyı duygusal ve yaratıcılığa dair tatminini sağlayan ürünler ortaya çıkmaktadır.

Tez kapsamında yapılan araştırmalar doğrultusunda akıllı tekstil malzemeleri örnekleri ve gelişim süreçleri incelendiğinde daha önce de belirtilen süreçlere paralel olan gelişmeler yaşandığı görülmüştür. Bunun yanı sıra günümüz kullanım alanlarında

konfor, güvenlik, sağlık gibi alanlardaki kullanım ihtiyaçlarını ozmek adına geliştirilen ürünlerle birlikte yaratıcı ve sanatsal alanlarda da işlev kavramını sorgulayan ve bu kavrama dair yeni tanımlamalar getiren çok çeşitli örneklerin geliştirildiği gözlemlenmiştir. Tarihsel süreçlerin de gösterdiği üzere yeni form ve estetik anlayışları tasarımcıların fikirlerini gerçekleştirebilmek için malzeme ve üretim süreçlerindeki gelişimler ile yeni ve alişıldık olmayan malzeme kullanımlarının sonucunda ortaya çıkmaktadır. Yani malzeme ve tasarım birlikte gelişmektedir (Van Bezooeyen, 2013, s.277).

Akıllı tekstil malzemelerinin bir türü olan kromik malzemeler ve termokromik tekstil uygulamaları ise gelişen teknolojiler ve bunun doğrultusunda ortaya çıkan yenilikçi malzeme yaklaşımları tekstil ve moda tasarımı alanlarında yeni potansiyeller doğurmakta ve yeni bakış açılarının oluşumu ile yaratıcı ürünlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Tekstil ve moda tasarımcısının önemli bir aktarım aracı olan renk, özellikle kromik malzemelerin gelişimi ile yeni potansiyeller doğurmuş ve yeni bakış açılarına zemin hazırlamıştır. Malzeme karakteristiğinin bir getirisi olarak dış etkilere karşı tepki gösterebilen bu akıllı malzemeler, ürün evre ve kullanıcı etkileşimi bazında tekstil tasarımı ve moda endüstrisinde farklı ve yenilikçi olanaklar sağlayabilecek bir potansiyele sahiptir (Meriç ve üreyen, 2015, s.59).

Tekstil ve moda tasarımında önemli potansiyellere sahip akıllı tekstil malzemelerine dair Türkçe kaynak sıkıntısı yaşanmakta, son zamanlarda geliştirilen az sayıdaki akademik çalışma ve lisans üstü tez çalışması dışında Türkçe literatür maalesef bulunmamaktadır. Bu çerçevede bu tez çalışmasının amaçlarından birisi akıllı tekstil malzemeleri ve uygulamaları konusunda Türkçe güncel bir kaynak oluşturmak olmuştur.

Chowdhury ve diğerlerinin de belirttiği gibi renk değiştiren tekstiller kullanıcıların mod, stil gibi değişkenler ile kıyafetlerinin estetik unsurlarında dinamik değişimler yapmalarına ve çeşitli yollardan yaratıcı ifadelerine olanak sağlamaktadır. Yeni yaratıcı tasarımların gelişmesi olanakları ile renk değiştiren akıllı malzemeler sanatçılar ve tasarımcılar arasında etkileşim, tepki ve temel işlevsellik konularında üretici olabilmek adına yoğun ilgi görmekte ve böylece renk değişimi teknolojileri tasarımcılara özgün ve sınırları zorlayan fırsatlar sunmaktadır (2014, s.107). Bu bakış açısına paralel bir yaklaşımla kromik özellik gösteren akıllı tekstiller, günümüz ve

gelecek kullanımlarına dair taşıdığı potansiyel ile yeni özgün ve heyecan verici bir malzeme grubudur. Bu sebeple yeni tekstil ve giysi tasarımında, yeni ürün tasarımı olanaklarından yararlanabilmek için malzeme özelliklerinin ve kullanım alanlarının detaylı olarak araştırılması ve incelenmesi gerekliliği bulunmaktadır.

Tez çalışmasında termokromik boyalara; özellikleri, kullanım alanları ve sahip oldukları ürün potansiyelleri doğrultusunda bir akıllı tekstil malzemesi örneği olarak yer verilmiştir. Termokromik boyaların kimyasal özellikleri ve çeşitleri hakkında bilgilendirme yapılmış, tekstil kullanımına dair malzeme ile ilgili yapılan akademik çalışmalar ve ürün uygulamaları örneklendirilerek incelenmiştir. Tüm bu sürecin ana hedeflerinden birisi bir akıllı tekstil malzemesi ürün grubu olan termokromik özellikli tekstiller hakkında yol gösterecek güncel, detaylı ve bütün bir araştırma elde etmek olmuştur. Bu araştırmalar ışığında leyko termokromik boya grubundan 31 °C’de renk değişimi gösteren siyah, mavi ve kırmızı renkteki örnekleri ile çeşitli uygulamalar yapılarak boya karakteristiği ve tekstil uygulamalarındaki etkinliği incelenmiştir. Yapılan uygulamalar ile bu malzeme grubunun kullanımına kılavuz olacak sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında termokromik boyaların uygun değerdeki boya/pat oranları, fiksaj yöntem ve süreleri, farklı yapıdaki kumaşlarda uygulanma performansları, birbirleriyle olan karışımları sonucu ulaşılan renk değerleri, termokromik özellik göstermeyen boyalar ile birlikte kullanımlarında sergiledikleri davranış gibi birçok sonuca, uygulamalar üzerinden örneklendirmelerle, ulaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıca termokromik boyaların giysi üzerindeki lekesele ve desen boyutundaki uygulamalarının kullanıcı ürün ısı alış verişi ve etkileşimi ile gösterdiği değişimler de yapılan çeşitli uygulamalar ile incelenmiştir. İlerleyen çalışmalarda hedeflenen bu malzemelerdeki yıkama dayanımı ve renk geçişlerinin devam etme süresi ile ürün ömrünü belirlemeye dair yapılacak uygulamalar çalışmayı daha da ileri götürecektir.

Ayrıca yapılan araştırmalarda termokromik boyaların tekstil yüzeylerinde kullanımının kısa ve uzun vadede sağlık açısından etkilerine yönelik özelleşmiş bir çalışmaya rastlanmamıştır. İnsan- ürün etkileşimi açısından büyük bir potansiyel taşıyan bu akıllı tekstil grubuna dair bu yöndeki çalışmalara da ağırlık verilmesi gerekmektedir.

Son olarak, tez çalışmasında da değinildiği gibi akıllı tekstil malzemelerine dair araştırma ve ürün geliştirme projelerini içeren çalışmalar, disiplinler arası çalışmalar

olup farklı alanlardan araştırmacıların ortak çalışması ile sürdürülebilecek kapsamda büyük ve karmaşık yapıdadırlar. Bu hususta sonuç olarak değinilebilecek nokta bu yapıdaki çalışmalarda işlevsel, verimli ve profesyonel sonuçlar elde edebilmek ve daha hızlı ilerleyebilmek için bu tarz çok disiplinli grupların birlikte çalışmasının faydalı olduğudur.

KAYNAKÇA

- Akardeniz, E. ve Kır aç, F. (2015). Rekabet ve yoğunlaşma düzeyinin  l lmesi; Gaziantep teknik tekstiler piyasası. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3 (10), 451-472.
- Ariyatun, B. ve Holland, R. (2003). A strategic approach to new product development in smart clothing. 6. *Asya Tasarım Konferansı*'nda sunulan bildiri. Tsukuba, Japonya.
http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/conferences/CD_doNotOpen/ADC/final_paper/135.pdf (Erişim tarihi: 08.07.2016).
- Ariyatun, B., Holland, R., Harrison, D., Kazi, T. (2005). The future design direction of smart clothing development. *Journal of the Textile Institute*, 96(4), 199-210.
- Artut, S. (2014). *Teknoloji-insan birlikteliği*. (1000). İstanbul: Ayrıntı Yayınları.
- Behl, M. ve Lendlein, A. (2007). Shape-memory polymers. *Materials Today*, 10(4), 20-28.
- Bryne, C., (2002). Technical textiles market – an overview. A.R. Horrocks, ve S. Anand (Eds.), *Handbook of technical textiles* içinde (1-23). Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.
- Chapman, R., (2006) *Development in smart fabrics*. United Kingdom: Pira International Ltd.
- Cherenack, K. ve Pieterse, L. (2012). Smart textiles: challenges and opportunities. *Journal of Applied Physics*, 112(9), 091301.
- Cho, G., Lee, S. ve Cho, J. (2009). Review and reappraisal of smart clothing. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(6), 582-617.
- Chowdhury, M.A., Joshi, M. ve Butola, B.S. (2014). Photochromic and thermochromic colorants in textile applications. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 9(1), 107-123.
- Coşkun, E. (2007). *Akıllı tekstiler ve genel  zellikleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Adana:  ukurova  niversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ferrara, M. ve Bengisu, M. (2014). Intelligent design with chromogenic materials. *Journal of the International Colour Association*, 13, 54-66.
- Harold, P. (2006). Creating a magic lighting experience with textiles, *PASSWORD Philips Research Technology Magazine*, 28, (7-11).
- Hu, J.L. ve Lu, J. (2013). Shape memory polymers in textiles. *Advances in Science and Technology*, 80, 30-38.
- HU, J., & MENG, Q. (2011). Functional shape memory textiles. N. Pan ve G. Sun (Eds.), *Functional Textiles for Improved Performance, Protection and Health* içinde (s. 131-162). Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.

- Kayacan O., Kayacan Ö., Bulgun E., Eser B. ve Pamuk M. (2015). Design methodology and performance studies of a flexible electrotextile surface, *AUTEX Research Journal*, 15(3), 153-157.
- Kooroshnia, M. (2013). Leuco dye-based thermochromic inks: recipes as a guide for designing textile surfaces. *13th AUTEX Dünya Tekstil Konferansı*'nda sunulan bildiri, Dresden, Germany.
<http://hb.diva-portal.org/smash/get/diva2:887704/FULLTEXT01> (Erişim tarihi: 08.07.2016)
- Maleki, L. (2013). *How to get changing patterns on a textile surface by using thermochromic pigments and an inherently conductive polymer*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sweden: Boras Textile School.
- Mattila, H. (Ed.). (2006). *Intelligent textiles and clothing* içinde Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.
- Meuliner, L., Cochrane, C. ve Koncar V. (2011). A new type of colour change in smart textile. *Ambience'11*, Boras, Sweden. (92-96).
- McIntyre, J.E. & Daniels, P. N. (1995). *Textile terms and definitions*. Manchester, United Kingdom: Textile Institute.
- McQuaid, M. ve Beesley, P. (2005). *Extreme textiles: Designing for high performance*. New York: Princeton Architectural Press.
- Nilsson, L., Vallgård, A. ve Worbin, L. (2011). Designing with smart textiles: a new research program. *4. Nordik tasarım Araştırmaları Konferansı*'nda sunulan bildiri. Helsinki, Finland: School of Art and Design, Aalto University.
- Norman, D. (2009). *The Design of Future Things*. New York: Basic Books.
- Nørstebø, C.A. (2003). Intelligent textiles, soft products.
http://faculty.mu.edu.sa/public/uploads/1333565753.9991CarLAN_PD9article%208jan2004%20version%20to%20print.pdf (Erişim tarihi: 08.07.2016)
- O'Mahony, M. ve Braddock, S. E. (2002). *Sport Tech, revolutionary fabrics*. New York: Thames & Hudson.
- Özdizdar, A. (2004). *Teknik Tekstil Sektör Araştırması*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.
- Peiris, R.L., Tharakan, M.J., Fernando, O.N.N. ve Cheok, A.D. (2010). AmbiKraf - Ubiquitous fabric display. *ICAT 2010 20th International Conference on Artificial Reality and Telexistence* da sunulan bildiri. Adelaide, Australia.
- Ritter, A. (2007). *Smart materials in architecture, interior architecture and design*. Berlin, Germany: Birkhäuser – Publishers for Architecture.
- Robertson, S. (2011). *An Investigation of the Design Potential of Thermochromic Textiles used with Electronic Heat-Profiling Circuitry*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Edinburgh: İngiltere, Heriot-Watt University, School of Textiles and Design.

- Robertson, S., Christie, R., Taylor, S. ve Ibrahim, W. (2011) Virtual Colour: Additive colour mixing on textiles with liquid crystal dye systems. *Ambience'11*, Boras, Sweden. (98-103).
- Sarley, A. (2011). *Implications of thermochromic ink*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, College of Liberal Arts.
<http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1055&context=grcsp> (Erişim tarihi: 08.07.2016)
- Schwarz, A., Van Langenhove, L., Guermonprez, P. ve Deguillemont, D. (2010). A roadmap on smart textiles. *Textile Progress*, 42(2), (99-180).
- Seymour, S. (2008). *Fashionable technology: The intersection of design, fashion, science, and technology*. Viyana: Springer Publishing Company.
- Shishoo, R. (Ed.). (2005). Introduction. R. Shishoo (Ed.), *Textiles in sport* içinde (s. 1-8). Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.
- Steffen, D., Adler F. ve Marin, A.W. (2009). Smart semantics: Product semantics of smart clothes, *IASDR, Seoul, Korean Society of Design Science*, (79-88).
- Suh, M., Carroll, K.E. ve Cassill, N.L. (2010). Critical review on smart clothing product development. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 6(4), (1-18).
- Süpüren, G. (2007). *Faz değiştiren maddelerle kombine edilen tekstil ürünlerinin geliştirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şenol Y., Akkan T., Bulgun E.Y. ve Kayacan O., (2011), Active t-shirt, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 23(4), 249 – 257.
- Tang, S.L.P., ve Stylios G.K. (2006). An overview of smart technologies for clothing design and engineering. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 18(2), 108-128.
- Tao, X.M. (2001). Smart technology for textiles and clothing-introduction and overview. X.M. Tao (Ed.), *Smart fibres, fabrics and clothing: fundamentals and applications* içinde (s. 1-7). Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.
- Teunissen, J., Nefkens, H., Arts, J. ve Voet, H.V.D. (2014). *The future of fashion is now*, Rotterdam: Museum Boijmans Van Beuningen.
- Uçar, S. (2012). *Teknik ve akıllı tekstil malzemelerinin geleneksel (konvansiyonel) tekstil ürünleri, formları ve desenlerinde uygulanması*. Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekstil ve Moda Tasarımı Anasanat Dalı Tekstil ve Moda Tasarımı Programı.
- Van Bezooyen, A. (2013). Materials driven design. *Materials experience: Fundamentals of materials and design* içinde E. Karana, O. Pedgley ve V. Rognoli (Eds.), (s. 277-286). UK: Elsevier Ltd.

Worbin, L. (2010). *Designing Dynamic Textile Patterns* Yayınlanmamış Doktora Tezi. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology Department of Computer Science and Engineering,

<http://bigumigu.com/haber/karsisinda-duran-kisiyle-senkronize-olan-kurklu-ayna/>
(Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.fastcoexist.com/3023128/futurist-forum/this-sleek-spiderman-spacesuit-could-take-astronauts-to-mars/2> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.nemen.it/led/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.yankodesign.com/2007/08/29/kinda-like-hypercolor-for-babies/>

<http://yinggao.ca/eng/interactifs/nowhere-nowhere/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<https://tr.pinterest.com/pin/488077678343097030/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<https://www.venuemagic.com/katy-perry-peacock-costume/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.cyclingnews.com/tech.php?id=tech/2004/newarrivals/may06> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

http://entven.com/wp-content/uploads/2014/02/Article-Password_Philips-Research-Technology-Magazine_Oct2006.pdf (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://bigumigu.com/haber/uzerine-dikilen-bakislara-duyarsiz-kalmayan-interaktif-giysi/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://dressim.blogspot.com.tr/2010/05/wearable-technology-light-up-dress.html>
(Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://en.rocketnews24.com/tag/hikaru-skirt/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://fashioningtech.com/2009/09/08/interactive-fashion-gets-personal/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://fashioningtech.com/2009/01/28/ying-gao-interactive-fashion-exhibit/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://fashioningtech.com/2014/12/18/vigour-a-gorgeous-wearable-for-rehabilitation-and-physical-therapy/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://fashioningtech.com/2015/06/08/in-the-presence-of-myself/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://fashioningtech.com/2015/07/29/chameleon-mood-scarf/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://fashioningtech.com/profiles/blogs/cute-circuit-designs-illuminated-uniforms-for-airline-easy-jet> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://fashioningtech.com/profiles/blogs/squidlondon-s-playful-color-changing-raincoats> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://mashable.com/2014/05/01/nasa-spacesuit-z-2/?crlt.pid=camp.Lt3atxyioa5S#As1tBef8wPqV> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20020076122.pdf> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://paulinevandongen.nl/projects/wearable-solar/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<https://plus.google.com/+defacto/posts/9qRA28MCpBM?pid=6021753753231040290&oid=102231514713334061329> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://removeandreplace.com/2013/05/28/ridiculous-products-stupid-strange-funny-and-weird-things-you-can-actually-buy/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2009/ch_4.html (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://thecuttingclass.com/post/76326786466/thermal-colour-change-fabrics-at-alexander-wang> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.architecturendesign.net/25-cool-shower-designs-that-will-leave-you-craving-for-more/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.arkitera.com/haber/22332/jetgillerin-ucan-arabalari-hala-hayal-olabilir-ama-akilli-evleri-degill> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.babyglow.uk.com/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.brit.co/heat-reactive-digital-wallpaper-let-you-redecorate-on-the-fly/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.designboom.com/design/hussein-chalayan-at-the-design-museum/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.doyouremember.co.uk/memory/global-hypercolor-t-shirts> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.ecouterre.com/real-life-invisibility-cloak-claims-to-make-soldiers-virtually-undetactable/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.envirogadget.com/lamps-and-lights/energy-curtain-providing-shade-and-light/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.fastcodesign.com/1671437/nike-launches-a-tech-accelerator-to-develop-nike-apps> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.gradozero.eu/gzenew/index.php?pg=oricalco&lang=en> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.gradozero.eu/gzenew/index.php?pg=oricalco&lang=en> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

http://www.istanbulmodern.org/tr/basin/basin-bultenleri/huseyin-caglayan-1994-2010_589.html (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.jmayerh.de/50-0-Lie.html> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.kristikuusk.com/wp-content/uploads/2016/02/Kristi-Kuusk-PhD-thesis.pdf> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

http://www.maggieorth.com/art_DDW.htm (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.malinbobeck.se/optical-fiber-textile/liquid-light/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.mymodernmet.com/profiles/blogs/2100445:BlogPost:40374> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

http://www.nasa.gov/content/the-z-1/#.V39fx_mLRD8 (Erişim tarihi: 04.07.2016)

http://www.nasa.gov/externalflash/spacesuit_gallery/hi-resjpgs/1.jpg (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.premierevision-istanbul.com/future-fashion-by-arzu-kaprol-area-discover-the-hi-tech-jacket-2/?lang=tr> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.rainbowwinters.com/project1.html> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

https://www.researchgate.net/figure/282556673_fig4_Fig-5-An-intelligent-window-curtain-application-George-K-Stylios-and-Taoyu-W-2007 (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.sensoriafitness.com/technology> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.slipperybrick.com/2010/04/art-lebedevs-battery-mug-tells-you-how-hot-your-coffee-is/#comments> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<https://www.sonmoda.com/haber/lc-waikiki-renk-degistiren-tisortleriyle-gencleri-cagiriyor-gunesecik-5182> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.stylebutcher.com/style-butcher-feature-interview-with-naked-famous-founder-brandon-svarc/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<https://www.talk2myshirt.com/blog/archives/3113> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/3839> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/390> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/5219> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/5219> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/5668> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://www.yankodesign.com/2015/02/05/terafic-fitness/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<http://yinggao.ca/eng/info/profile/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<https://jscfeatures.jsc.nasa.gov/z2/> (Erişim tarihi: 04.07.2016)

<https://www.hirschandmann.com/portfolio/cadbury-joy-jacket/> (Erişim tarihi:
04.07.2016)

<https://www.nittygrittystore.com/blogs/stone-island-ice-jacket-aw-2011> (Erişim tarihi:
04.07.2016)