

# İTFAİYE ELBİSELERİ TASARIMINDA SON GELİŞMELER

Ender YAZGAN BULGUN

Müge YILMAZ

Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

İtfaiyeci elbiseleri; personeli ısıya, aleve ve eriyen metallerin sıçramalarına karşı koruma amaçlı imal edilen termal koruyucu giysilerdir. Isıya ve aleve dayanıklı lif ve karışımlarından, çok katmanlı bir kumaş yapısı oluşturularak üretilmektedirler. Genellikle dış katman, nem bariyeri ve termal astar olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır. İtfaiyecilerin maruz kaldıkları yüksek ısı ve alevin sağlıklarını ciddi derecede tehdit ettiği göz önüne alındığında, etkili bir koruyucu giysi yapısının çoğu durumda yeterli gelmediği anlaşılmaktadır. Örneğin termal koruyucu giysi yanmadığı halde itfaiyecilerin vücudunda yanık yaraları oluşabilmekte ya da vücut sıcaklığının hızla yükselmesinden kaynaklı birçok rahatsızlıklar ortaya çıkabilmektedir. Son yıllarda; tekstil ve elektronik bilimlerinin ortak çalışmalarıyla, tekstil katmanlarına yerleştirilen elektronik algılama sistemlerine rastlanmaktadır. Bu çalışmada; itfaiyeci giysi yapısına, termal koruma performansı değerlendirme testlerine ve itfaiyeci giysi tasarımında geliştirilen son yeniliklere değinilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İtfaiyeci koruyucu elbiseleri, elektronik algılama sistemleri, yanık yaraları, termal koruma performans testleri

## LATEST DEVELOPMENTS OF DESIGN FOR FIREFIGHTERS' PROTECTIVE CLOTHING

### ABSTRACT

Fire fighters' clothes are professional thermal protective clothes, which are manufactured to protect against heat, flame and splashing of the melted metals. Their fabrics are manufactured from the fibers and blends that are resistant to heat and flame, by producing multi-layered structure clothes. Generally it consists of 3 layers as outer shell, moisture barrier and thermal lining. When the fire fighter is exposed to high temperature and flame, it's seen that an effective and protective clothing structure is not enough for many conditions. Although the thermal protective cloth doesn't burn, some skin burn injuries can occur or many troubles can emerge due to quickly increasing body temperature. In recent years, with the help of textile engineering and electrical and electronics engineering, there are new sensor systems that are integrated in to textile layers, so it's easy to help fire fighter at the right time and in the right place. In this study, the structure of fire fighters' protective clothing, thermal protective performance evaluations and electronic equipments, which are integrated in fire fighter' clothing are examined.

**Keywords:** Firefighters' protective clothing, temperature sensors, burn injuries, thermal protective performance test

## 1. GİRİŞ

Kişinin zararlı maddelere, kötü çevre koşullarına maruz kalma riskini önlemek, bu riskten korunmasını sağlamak ve bu riski azaltmak için giyilen giysilere koruyucu giysi denilmektedir[1]. Bu koruma etkisi; genellikle biyolojik, nükleer, kimyasal ya da termal koşullara karşı olmaktadır.

Termal koruyucu giysiler; ısıdan, alevden, eriyen metallerin sıçramalarından, soğuktan ve radyasyon kaynaklarından korumayı sağlayan koruyucu giysilerdir. Bu giysilerden iyi yalıtım sağlarken kolay deforme olmamaları beklenmektedir[1]. İtfaiyeci üniformaları da birer termal koruyucu giysidir ve alev, yüksek sıcaklığa, eriyen metallerin sıçramalarına karşı koruma sağlamaktadırlar. Bu özelliklerin yanı sıra; giyen kişinin sağlığı açısından teri dışarıya atmaya yardımcı ve su geçirmez özellikte olmaları da çok önemlidir.

İtfaiyecilerin görevi günümüzde; uzaktan yangın söndürme çalışmasından ziyade bir kurtarma çalışmasına dönüşmüştür. Yangınlardaki, depremlerdeki ve taşıt kazalarındaki mağdurların çıkarılmasını, terörist saldırıları ve yıkımdan kurtarma çalışmalarını içeren arama ve kurtarma operasyonlarına ilk müdahale eden kurumsal ekip itfaiyecilerdir. Bu nedenle itfaiyeci giysileri, ısı ve alev karşı korumakla beraber birçok fonksiyonu gerçekleştirmek amacıyla tasarlanmalıdır[2].

İtfaiyeci koruyucu giysilerinin bazıları etkin bir ısı ve alev koruması sağladığı halde teri dış ortama yeterince atamadıkları için, yüksek sıcaklığa ulaşan ter ve buhar itfaiyecilerin ciltlerinde zamanında fark edemedikleri yanıklara sebep olabilmektedirler. Son yıllarda bu durumu önleyebilmek için, itfaiyeci giysilerinin kumaş katmanlarına sıcaklık sensörleri yerleştirilerek itfaiyecinin zamanında uyarılması sağlanmaktadır.

Bu çalışmada itfaiyeci giysi yapısı ile bu giysi yapısında kullanılan kumaş ve lif türleri kısaca incelenerek, Türkiye'deki itfaiye teşkilatında giyilen itfaiyeci elbise ve ekipmanları detaylı olarak ele alınmıştır. Ayrıca, itfaiyeci yaralanma ve ölüm nedenleri sıralanmış; bu sebepleri en aza indirmek; özellikle vücut ve cilt sıcaklık artışını önceden fark edebilmek için geliştirilmiş ve itfaiyeci giysisine entegre edilmiş sensör sistemleri anlatılmıştır.

## 2. TERMAL KORUYUCU GİYSİLERDE KULLANILAN LİFLER VE İTFAİYECİ GİYSİ YAPISI

Aleve, temas ısı, radyan ısı, erimiş metallerin sıçramaları, sıcak buhar ve gazlara karşı koruyucu giysilerin tasarımı ve üretiminde ısı ve alev dayanıklı birçok lif veya karışımları kullanılmaktadır. Tablo 1'de bu liflerin; kendiliğinden yüksek sıcaklığa dayanıklı lifler ve kimyasal modifikasyonla elde edilen güç tutuşur lifler olmak üzere iki gruba ayrıldığı görülmektedir[1].

**Tablo 1.** Termal Koruyucu Giysilerde Kullanılan Isı ve Alev Dayanıklı Lifler [3]

| 1. Kendiliğinden Yüksek Sıcaklığa Dayanıklı Lifler   | 2. Kimyasal Modifikasyonla Elde Edilen Güç Tutuşur Lifler   |
|--|---|
| Aramid Lifleri<br>Polibenzimidazol lifleri (PBI)<br>Poliamid-imid lifleri<br>Poliimid lifleri<br>Novoloid lifleri<br>Polifenilen sülfür lifleri<br>Klor lifleri<br>Poliakrilat lifleri<br>Yarı karbon lifleri<br>Melamin lifleri | Güç tutuşur viskoz lifleri<br>Güç tutuşur polyester lifleri<br>Güç tutuşur akrilik/modakrilik lifleri<br>Güç tutuşur pamuk lifleri<br>Güç tutuşur yün lifleri |

Tablo 1'de görülmekte olan lif gruplarından itfaiyeci giysilerinde en çok kullanılan lifler; Aramid lifleri, Polibenzimidazol lifleri (PBI), güç tutuşur viskoz lifleri ve bunların çeşitli karışımlarıdır.

Aramid lifleri; 400 °C 'nin üzerinde erimeden kömürleşmekte; 700 °C 'ye kadar kısa süreli etkilere dayanabilmektedirler[4]. Bu lifler, alev maruz kaldıklarında kömürleştikleri için, alevden korunma zamanını bir miktar uzatabilmektedirler[3]. Aramid lifleri Tablo 2.'de görüldüğü gibi meta-aramid ve para-aramid olmak üzere iki çeşittir.

**Tablo 2.** Aramid Lifleri[4]

| Meta-aramid Lifleri   | Para-aramid Lifleri   |
|---|---|
| Meta-aramid liflerinin çok etkili bir yüksek sıcaklık dayanımı bulunmaktadır. Meta-aramid lifleri üretilen ticari isimlerine göre aşağıdaki gibidir:<br>• Nomex DuPont (İlk Aramid Lifi 1962)<br>• Fenilon Russian<br>• Apyeil Unitika (Japonya)<br>• Teijin Conex Teijin (Japonya) | Para-aramid lifleri çok yüksek dayanıma sahiptirler. Termal ve diğer koruyucu giysilerde fiziksel özellikleri arttırmak amacıyla karışım olarak kullanılmaktadırlar. Önemli para-aramid lifleri aşağıdakilerdir:<br>• Kevlar (DuPont)<br>• Twaron (Akzo 1969)<br>• Technora (Teijin 1974) |

Polibenzimidazol (PBI) Lifleri ise; yüksek sıcaklığa dayanıklıdır ve konfor özelliği çok iyidir. Kısa süreli temaslarda (3-5 sn.) 600 °C' ye, daha uzun sürelerde ise 300-350 °C'ye kadar dayanıklıdır[4].

Güç tutuşur viskoz (FR) lifleri halojen, azot ve fosfor bileşikleri içeren birçok katkı maddeleri ile güç tutuşur yapılmaktadırlar. Ayrıca; Nomex ve PBI lifleri ile belirli oranlarda karışım yapılarak da kullanılmaktadırlar[1].

Bu liflerin bazılarının çeşitli oranlardaki karışımları ile farklı lifler elde edilmiştir. Ticari isimleri ile birlikte bu liflerden bazıları şunlardır;

Nomex III: %95 Nomex + %5 Kevlar 29

Nomex Delta A : %93 Nomex + %5 Kevlar + %2 P140 (antistatik lif)

Nomex Delta T (Nomex Outershell Tough): %77 Nomex + %23 Kevlar

Nomex Delta C: %93 Nomex + %5 Kevlar + %2 P140

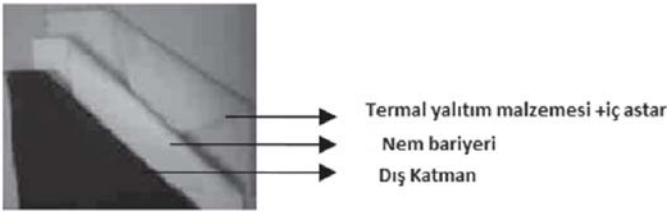
Nomex Delta FF: %100 ince lif Nomex

X-Fire (Teijin) : Teijin Conex + Technora (1200 °C 'ye kadar 50 s. dayanabilir.)

Karvin (DuPont): %30 Nomex + %65 FR viskoz + %5 Kevlar [1, 3, 4]

İtfaiyeci giysilerinin, görevdeki itfaiyeciye ısıya, aleve, darbelere, suya ve sıcak gazlara karşı koruyucu özellikte olması gerekmektedir. Giyside istenilen tüm bu özelliklerin sağlanabilmesi ancak çok katmanlı giysi yapısı ile mümkün olmaktadır. İtfaiyeci giysileri Şekil 1'de görüldüğü gibi tipik olarak 3 katmanlı bir giysi yapısından oluşmaktadır;

- Dış katman
- Nem bariyeri
- Termal astar (termal yalıtım malzemesi ve iç astar)



Şekil 1. İtfaiyeci Giysi Yapısı[5]

## 2.1. Dış Katman

Dış katman; bozulma ve yanma olmadan alev ve ısı ile direkt temasa girmek üzere tasarlanmış malzemelerden oluşan en dış tabakadır. 195-270 g/m<sup>2</sup> ağırlığında genellikle dimi dokuma kumaşlardır[2]. Giysinin tüm koruma etkinliğinin %25-30'unu sağlamaktadırlar. Bu tabakaya su iticilik bitim işlemi uygulanmaktadır; ancak asıl nem ayarlamasını orta tabaka sağlamaktadır[6].

Günümüzde itfaiyeci giysilerinin dış katman malzemesi olarak daha çok, kendiliğinden aleve dayanıklı lifler (aramidler ve PBI gibi) kullanılmaktadır. Ayrıca, Rhone-Poulenc firmasının piyasaya sunduğu bir poliamidimid lifi olan Kermel de karışımlarda kullanılabilir[2].

Dayanımı arttırmak için para-aramid lifler, genellikle meta-aramidlerle birlikte dış katman malzemesi olarak kullanılmaktadırlar. Nomex III, Nomex Antistatic (IIIA), Nomex Outersell Tough (Delta T), Kermel HTA, PBI Gold (Ibena) gibi ticari isimdeki malzemeler bu karışımlara örnektir[2].

Mellena; Nomex ve Kevlar kombinasyonundan oluşan Advance; Basofil ve Kevlar karışımlarından oluşan Basofil en yeni dış katman malzemelerinden bazılarıdır[6].

Güç tutuşur viskoz/güç tutuşur yün/Nomex ve güç tutuşur viskoz/Kermel karışımlarıyla da dış katman materyali elde edilebilmektedir [2].

## 2.2. Nem Bariyeri

Nem bariyeri; kullanıcının görmediği ancak giysi yapısındaki en önemli kumaşı oluşturan, dış katman kumaşının

içine lamine edilmiş veya kaplanmış tekstil malzemesidir[2,6]. Bu tabakanın esas amacı, termal astarı kuru tutmaktır; çünkü termal astar yüksek nem içerirse ısı iletkenliği artacak ve astarın yalıtım yeteneği ortadan kalkacaktır. Bu tabaka su geçirmeyen, ısı ve nem yerleşimini engelleyip ısı ve nem çıkışına izin vererek nefes alabilen malzemelerden oluşmaktadır. Dokuma veya dokusuz zemin kumaşa lamine edilmiş geçirgen bir film bariyeri içermektedir[6].

Politetrafloretlen (PTFE) ve poliüretan esaslı üretilen mikro gözenekli bariyerler; neopren kaplamayla oluşturulan monolitik bariyerler, monolitik ve mikro gözenekli formlarla kombine olan Bi-Komponent bariyerler, poliüretandan meydana getirilen ve yüksek termal dayanıma sahip olan nem bariyeri Crosstech-W.L. Gore ve diğer bir versiyonu olan RT7100-W.L.Gore, en yeni teknolojilerden biri olan Stedair 3000-Stedfast kullanılabilir nem bariyerlerindendir[6].

## 2.3. Termal Astar

Termal astar, tüm üç tabakanın sağladığı termal korumanın %75'ini karşılamaktadır ve kullanıcıyı kondüksiyon, konveksiyon ve radyan ısıyı yalıtması mümkündür. Bu tabaka; termal koruma, giyen kişinin cildinde konfor ve nem yönetimi sağlayabilmelidir. Termal astar iki ana bileşenden oluşmaktadır; bir termal yalıtım malzemesi (non-woven batting) ve cilde yakın olan bir iç astar (face cloth) tabakası. İç astar; giyen kişinin cildiyle temas halindedir ve Nomex gibi bir dokuma astar kumaş veya güç tutuşur pamuktan yapılmaktadır. Bu malzeme bir dokusuz yüzey termal yalıtım malzemesine lamine edilmekte veya dikilmektedir. Termal dayanıklılık; yalıtkan iplikler ve yalıtım malzemesi içindeki hava boşlukları ile sağlanmaktadır. Yalıtım malzemesi genellikle aramid ve karışımlarından çoğunlukla Nomex/Kevlar karışımından yapılmaktadır. Termal yalıtım malzemesinin kalınlığı termal performansla doğru; nefes alabilirlikle ters orantılıdır[6].

Günümüzde kullanılan Caldura-S.L.Platinum; mükemmel hava geçirgenliği olan, hızlı kuruma sağlayan, hafif bir termal astar malzemesidir. Ayrıca iki kat basofil tabakasının dikilmesiyle meydana gelen Synergy- 2-Layer Basofil Quilt ve Kevlar iplikleri kullanılarak elde edilen Aralite Quilt de kullanılmakta olan termal astarlardır[6].

## 3. İTFAİYECİ GİYSİLERİ TERMAL PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Isı veya aleve maruz kalma sonucu, bir koruyucu giysinin ya da kumaşın oluşturduğu yanıkların derecesi ve yanıkların oluşması için gerekli etki süresi o materyalin termal koruma performansını (TPP) belirtmektedir. İtfaiyeci giysisi termal performansı küçük skala testleri ve büyük skala testleri ile değerlendirilmektedir:

### 3.1. Küçük Skala Testleri (Bench Test Scala)

Küçük skala testleri termal koruyucu giysi kumaşlarına uygulanan termal koruma performans testleridir. Kumaş koruma düzeyini değerlendiren ucuz bir yöntemdir; ancak bu testin çok dezavantajları bulunmaktadır. Her küçük skala testinde, parça halinde kumaşlar durağan ve kuru test edildiği için gerçek yangın senaryolarındaki giysileri doğru temsil etmemektedirler[6].

### 3.2. Büyük Skala Testleri

Büyük skala testleri ile koruyucu giysi sisteminin sadece bileşen malzemelerinin özelliklerini değil, tümünün konforunu ve performansını değerlendirmek de önemlidir. Bu nedenle koruyucu giysi sistemlerinin performansını değerlendirmek üzere standart büyük skala test metodlarında, insan boyutunda termal mankenler kullanılmaktadır[2]. Gerçek boyuttaki bir mankene itfaiyeci giysisi giydirilerek ve manken yangın ortamına maruz bırakılarak yapılmaktadır. Tam bir giysi takımı; küçük bir parça tekstil malzemesinden daha güvenli test edebileceği için daha avantajlıdır[6].

Termal mankenler, giysi sistemlerinin termal direncini ve buhar direncini ölçmek için birçok araştırmacı tarafından kullanılmaktadır. Bu direnç değerleri, giyen kişinin aktivitesiyle ve kısmi çevresel koşullarla ilişkili olan konforu ve termal stresi öngörmek amacıyla biyofiziksel modellemede kullanılmaktadır. Günümüzde ABD, Kanada, Fransa, İsveç, Finlandiya, Danimarka, Almanya, İngiltere, İsviçre, Macaristan, Çin, Kore ve Japonya'da üretilen termal mankenler büyük skala testleri için kullanılmaktadır[6].

Koruyucu giysi termal performansını değerlendirmek üzere uygulanan büyük skala testleri çok çeşitlidir: Pyroman, Alberta Üniversitesi Testi, RALPH, Manikin Pit Test ve Thermo-Man.

#### Pyroman

The Center for Research on Textile Protection and Comfort at North Carolina State University; DuPont Thermo-Man testine benzer bir manken testi oluşturmuştur. Tüm ısı akışı; koruyucu giysili veya giysisiz manken üzerine yerleştirilen sensörlerden elde edilir. Test materyali boyunca ısı transferi ölçülür; cildin tepkisi öngörülür ve yanık hasarı tahmin edilir[6].

#### Alberta Üniversitesi Testi

Alberta Üniversitesi testleri için bir cam elyaf manken kullanılmaktadır. Manken; kalsiyum, alüminyum, silikat, asbest lifleri ile bir binderden oluşan Colorceran inorganik malzemesi ve termokapıl ile yapılan 110 adet sensörden oluşur. Henrique yanık hasarı integrali kullanılarak, cildin uğradığı yanık hasarı tahmin edilir[6].

#### Ralph

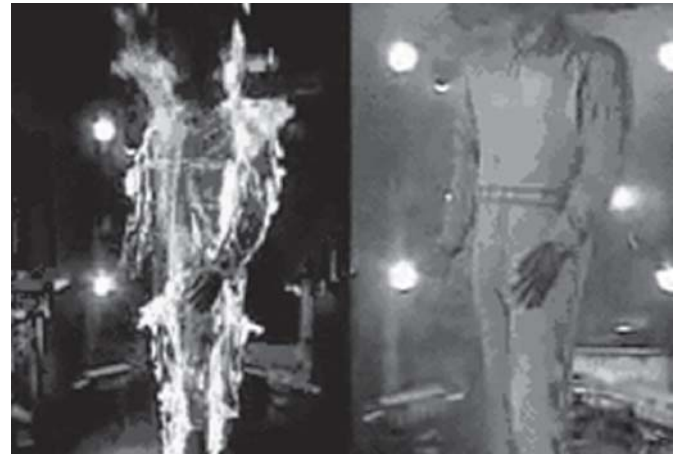
(Research Aim Longer Protection Against Heat, Fire Technology Services in Altrincham, Cheshire) İngiltere'de geliştirilen bir ısı algılama mankenidir. RALPH, kol, bacak ve gövde yüzeyinde (manken vücudunun %80'ini oluşturan bölgelerde) bulunan toplam 56 sensöre sahiptir. Test esnasında, koruyucu giysi giydirilen mankene iki adet yanıcı tertibat ile 80 kW/m<sup>2</sup> ısı verilir[6].

#### Manikin Pit Test

US Navy Clothing and Textile Research Facility (NCTRF); ASTM F 1930 standardını modifiye etmiştir. Bu testte, manken 84 kW/m<sup>2</sup>'e kadar bir heptan gazı ile oluşturulan ısıya maruz bırakılır; istenen maruz kalma süresinde, hesaplanan hızda belli bir yolda yürütülür. Test esnasında elde edilen veriler, bir zaman fonksiyonu olarak cilt yanığı gelişimini ölçmek için kullanılır[6].

#### Thermo-Man

122 adet ısı sensöründen oluşan bir termal manken sistemidir. Test edilecek koruyucu giysi mankene giydirilir ve 1000° C sıcaklığa ulaşan alevli bir yangına 4 saniye maruz bırakılır. Bu manken ilk olarak; DuPont giysilerinin, özellikle Nomex'in termal koruma özelliklerinin kapsamını değerlendirmek için kullanılmıştır. Test sonuçları %100 pamuk ya da polyester/pamuk giyen kişilerin vücutlarındaki ciddi yanık oranının %100'e yakın olduğunu, Nomex ile korunan işçilerin ise vücutlarındaki yanık oranının %40 olduğunu göstermiştir[7]. Şekil 2'de soldaki resimde pamuklu, sağdaki ise Nomex'ten üretilmiş giysilerin test esnasındaki koruyuculuk etkileri görülmektedir.



Şekil 2. Thermo-Man Testi [7]

Koruyucu giysilerin termal performansını değerlendirmek amacıyla çeşitli standartlar mevcuttur. Bunların bazıları NFPA 2112 ve ASTM F 1930'dur.

#### NFPA 2112

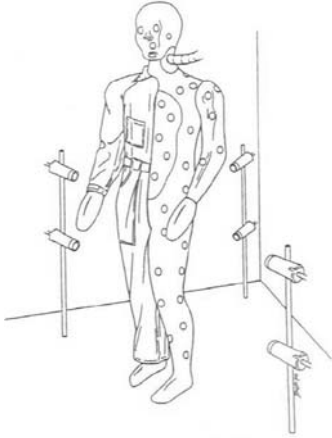
NFPA'nın manken testlerine hitaben yayımladığı bir standarttır. (NFPA 2112 Standard on Flame-Resistant Garments for Protection of Industrial Personnel Against Flash Fire 2001 Edition) Bu test; mankeni 3 saniye

boyunca 84 kW/m<sup>2</sup> ısı akısına maruz bırakarak yapılır. Üç giysi numunesi için vücut yanık derecelendirmesi rapor edilir[6].

### ASTM F1930

(The ASTM Standard Test Method for Evaluation of Flame Resistant Clothing for Protection Against Flash Fire Simulations using an Instrumental Manikin, ASTM F 1930) Bu standartta, termal mankenin elleri ve ayakları dışında bedenine yerleştirilen 100 ısı akışı sensörü bulunur. Isı akışı sensörleri, 167 kW/m<sup>2</sup> ısı akışına kadar dayanıklı olmalı ve doğru ölçüm yapabilmelidir.

Bu testte, Henrique'nin yanma integrali kullanılarak ikinci ve üçüncü derece yanıkların tüm yüzdesi kaydedilir. Şekil 3'te görüldüğü gibi havayı yanmaya sevk eden endüstriyel tipteki sekiz adet propan yakıcı odanın dört köşesine mankenin kalça ve diz hizasına yerleştirilir. Bu yakıcıların yakıtları; minimum maruz kalma süresi olan 5 saniyenin üzerinde en az 84 kW/m<sup>2</sup> düzenli bir ısı akışı sağlamak zorundadır[6].



Şekil 3. ASTM Test Mankeni [6]

Koruyucu giysilerin termal özelliklerini test etmek üzere termal mankenler kullanılarak yapılan bazı çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Song (2007), çalışmasında; bir test mankenin vücut yüzeyi ile mankene giydirilen tek katmanlı kumaş yapısına sahip koruyucu giysi arasındaki hava boşluğu tabakasının dağılımını ölçmek için üç boyutlu bir vücut tarama sistemi kullanmıştır. Kumaş malzemesinin ve giysinin bedeninin; giysi-cilt arasındaki hava boşluğu tabakasına etkisini analiz etmiştir. Çalışma sonucunda, cilt yanıklarının giysi-cilt arasındaki hava boşluğunun en az olduğu alanlarda meydana geldiği görülmüştür. Havanın en iyi termal yalıtım malzemesi olduğu esas alınarak kullanılan sayısal modelleme ile bu hava boşluğunun optimum kalınlığının 7-8 mm. olduğu öngörülmüştür.

Li ve diğ. (2007), yaptıkları çalışmada bir terleyen manken test sistemi ile itfaiyecilerinin malzeme bileşenlerinin

ve tasarım özelliklerinin giysi-çevre ısı transferi üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Buna göre; giysi ağırlığı ve kalınlığı, yangın söndürme koşullarında itfaiyecinin metabolik ısı üretimini arttırmakta; vücut ve çevre arasındaki ısı değişimini kısıtlamaktadır. Ayrıca; boyun, el ve ayak bilekleri bölgelerinin giysi ile tamamen kapalı yani korumalı olduğu durumlarda, dış ortama karşı termal yalıtım önemli derecede artmış; nem geçirgenliği çoğu giyside azalmıştır.

## 4. İTFAİYECİLERİN ÖLÜM NEDENLERİ ve OLUŞAN TERMAL YANIKLAR

### 4.1. İtfaiyecilerin Ölüm Nedenleri

Günümüz itfaiyecilerinin görev başındayken ölümüne sebep olan durumlar sırasıyla aşağıda belirtilmiştir.

1. Enkaz çökmesi
2. CO gazı zehirlenmeleri (solunum cihazını doğru kullanmamak)
3. Meslek hastalıkları (uzun vadede kalp hastalıkları ve akciğer kanseri)
4. Cilt yanıkları genellikle uzaktan müdahalelerde değil de anlık alev maruz kalma durumlarında veya buhar yanıklarında meydana gelmektedir.
5. Vücut sıcaklık artışının itfaiyeci tarafından zamanında fark edilmemesi sonucu vücutta su kaybı, kan basıncının artması, elektrolit kaybı, bulanık görme, algıda zayıflık, şok vs.

Karter ve Molis (2009) yaptıkları çalışmada 2008 yılında ABD'de meydana gelen itfaiyeci yaralanmalarının % 45.9'unun yangın söndürme çalışmaları anında meydana geldiğini belirtmişlerdir. Gerilim, burkulma ve kas ağrıları da % 48.8 'lik bir oranla yangın ortamında en çok karşılaşılan yaralanma türleri olarak kaydedilmiştir.

### 4.2. Termal Yanıklar

Termal yanık, ısı uygulamasının insan dokusunu tahrip etmesi olarak tanımlanmaktadır.

Yanık yaralarının dereceleri şu şekilde sınıflandırılır:

- 1.Derece yanık: Geriye dönebilen minimal hücre bozulması vardır. Deri hafif ödemli; ağrılıdır.
- 2.Derece yanık: Epidermis ve dermisin bir kısmı yanmıştır.
- 3.Derece yanıklar: Deri bütün tabakalarıyla yanmıştır[11].

Cilt yanıkları ve tahribatları kısaca Tablo 3'te görüldüğü gibi belirli cilt sıcaklıklarında meydana gelmektedir :

Tablo 3. Yanık Yaralarının Ciltte Oluşum Sıcaklıkları [12]

| Yara tipi            | Cilt Sıcaklığı |
|----------------------|----------------|
| Konforsuzluk ve acı  | 44°C           |
| 1.Derece yanık       | 48°C           |
| 2.Derece yanık       | 55°C           |
| 3.Derece yanık       | >55°C          |
| Anlık cilt tahribatı | 72°C           |

Koruyucu giysi giymelerine rağmen; itfaiyecilerin ciltlerinde çeşitli sebeplerden dolayı yanık yaraları oluşmaktadır. Bu sebepler ve oluşma koşulları kısaca aşağıda belirtilmiştir.

### Islak Sıkıştırılmış Giysi Yanığı

Islak giysi, kuru giysiden daha büyük ısı transfer oranı gösterir. Çünkü hava ısıyı 10 birimde iletiyorsa, su aynı sıcaklıkta 210 birim ısı iletir. Terin giysinin dışına atılamaması durumunda yanıklar oluşacaktır[12].

### Kuru Giysi Yanığı

Buhar ile olan ısı kaybı yani terleme genellikle itfaiyeciyi soğuk tutmaya yardımcı olmalıdır. Ancak, itfaiyeci çok yüksek sıcaklıkta terleme anında kendini iyi hissettiğinden termal ortamdan gereken zamanda uzaklaşması gerektiğini fark etmeyebilir. Koruyucu giysi kurur ve soğuma durur. Kuruma meydana gelirken, koruyucu giysi sıcaklığı hızla artar. Giysi içindeki sıcaklık üretimi ciddi yanık yaralarına sebep olabilir[12].

### Buhar Yanığı

Buhar yanık yaraları genellikle yangın söndürmede kullanılan hortum suyunun ısı ile buhara dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Bu buhar, koruyucu giysinin geçirgen kısımlarından geçerek cildi hemen yakmaktadır[12].

### Haşlanma Yanığı

Yapının tavan ve duvarlarından akan veya sıçrayan sıcak bir likitle (su, sıvılaşmış katran veya endüstriyel likitler gibi) koruyucu giysinin ıslak olduğu ve giysinin sıkıştığı durumlarda, ısı hızla itfaiyecinin cildine iletilmekte ve haşlanma yanık yaraları oluşmaktadır[12].

Rabbitts ve diğ. (2005) "New-York Presbyterian/Weill Cornell Medical Center"deki yanık merkezinde 2000-2002 yılları arasındaki üç yıllık periyotta meydana gelen itfaiyeci yaralanmalarını yataklı ve ayaklı tedavi yaralanmaları olarak tanımlamışlardır. Bu tanımlamaya göre, 164 itfaiyecinin ayaklı tedavi gördüğü ve en çok boyun/baş bölgelerinin yandığı; 58 itfaiyecinin ise yataklı tedavi gördüğü, ön kol ve bacak bölgelerinin daha çok yandığı belirtilmiştir.

## 5. İTFAİYECİ GİYSİLERİ

Dünyada her ülkede farklı itfaiye elbise modelleri kullanılmaktadır. Türkiye'de ise farklı şehirlerde farklı giysi modelleri ve farklı lif konstrüksiyonları karşımıza çıkmaktadır.

Bir itfaiyecinin yangın söndürme esnasında giydiği üniforma; ceket, pantolon, baret, eldiven ve çizmeden meydana gelmektedir.

### 5.1. İtfaiyeci Ceket

Türkiye'de bazı şehirlerde şu anda kullanılmakta olan itfaiyeci ceketinin yapısının dış katmanı su ve yağ iticilik kazandırılmış, antistatik Nomex Outershell Tough; nem

bariyeri poliüretan membrana lamine edilmiş alev almaz kumaştandır ve ısı bariyeri aramid keçe ve buna kapitone edilmiş Aramid / Viskoz FR iç astardan meydana gelmektedir. Dikiş iplikleri %100 Nomex'tir[14]. Şekil 4'te örnek bir itfaiyeci ceketini gösterilmektedir.



Şekil 4. İtfaiyeci Ceketini [14]

İtfaiyeci ceketlerinin model özellikleri şu şekildedir. Ceket boyu pantolon belinden 30 cm daha uzun olacak şekilde tasarlanmıştır. Ceket yakası dış katman kumaşından ve nem bariyerinden oluşmakta; yukarıya kaldırıldığında boynu etkili bir şekilde korumaktadır. Ceketin kol altlarında hareket kabiliyetini arttıran parçalar bulunmaktadır. Dış katman kumaşından üretilen cepler; ısıya dayanıklı kumaş fermuarı ile kapanmaktadır[14]. Cekte uygulanan tüm bu model özellikleri Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. İtfaiyeci Ceketinin Bazı Model Özellikleri [14]

İtfaiyeci ceketinde etkili bir ısı, alev, sıcak metal sıçraması ve sudan koruma sağlamak amacıyla da gerçekleştirilen bazı detaylar şu şekilde sıralanabilir. Ceketin ön kısmında 60 cm boyunda ısıya dayanıklı metal fermuar ve fermuarı örten, ısıya dayanıklı bir kumaş fermuarlı pat bulunmaktadır. Sıvıların ve yakıcı parçaların kol uçlarından içeriye girmesini engelleyen ve başparmağa geçebilen bir metaaramid bileklik tasarlanmıştır. Ayrıca, etek ve kol uçlarında dışarıdan su girmesini önleyen bir bant bulunmaktadır[14]. Şekil 6'da bu diğer model özellikleri görülmektedir.



Şekil 6. İtfaiyeci Ceketinin Diğer Model Özellikleri [14]

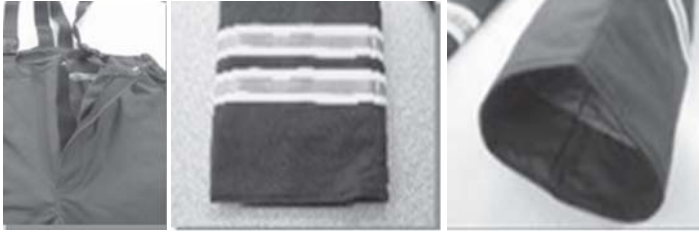
## 5.2. İtfaiyeci Pantolonu

Şekil 7'de görüldüğü gibi; Türkiye'de kullanılmakta olan itfaiyeci pantolonu; itfaiyeci ceketleriyle aynı kumaş türü ve yapısından oluşmaktadır[14].



Şekil 7. İtfaiyeci Pantolonu [14]

İtfaiyeci pantolonunda da model özellikleri şöyledir. Pantolonun önünde 25 cm boyunda kapaklı ve ısıya dayanıklı kumaş fermuarı ile çitçit bulunmaktadır. Paçaların genişliği en az 26 cm'dir. Dışarıdan su girmesini engellemek amacıyla pantolonun paçasında bir bant bulunmaktadır[14]. Model detayları şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8. İtfaiyeci Pantolonunun Bazı Model Özellikleri[14]

## 5.3. Alüminize Elbiseler

Şekil 9'da görülen alüminize elbiseler; yangın söndürme esnasında personelin yangın ortamından can ve mal kurtarma durumunda alev ve sıcaklığın olumsuz etkilerinden korunması için kullanılmaktadır. Alüminize elbiseler; başlık, giysi, eldiven ve çizmelerden oluşmaktadır. Tüm bu parçalar genellikle para-aramid veya cam elyaf esaslı üretilmektedir[14].



Şekil 9. Alüminize Elbise [15]

%100 para-aramid esaslı örgü kumaşların bir yüzüne yüksek sıcaklıklara dayanıklı çift yüzeyi alüminize kaplı

filmin kaplanmasıyla üretilmektedir. Cam elyaf alüminize elbise ise %100 cam elyaf esaslı kumaşın bir yüzüne yüksek sıcaklıklara dayanıklı çift yüzeyi alüminize kaplı filmin kaplanması yoluyla üretilmektedir[14].

## 5.4. İtfaiyeci Yağmurlukları

İtfaiyeci yağmurlukları; personeli üzerine gelen sudan, alev ve sıcaklığın olumsuz etkilerinden korumak amacıyla kullanılmaktadır. Genellikle yanması geciktirilmiş pamuklu kumaş üzerine alev almaz poliüretan kaplama ile üretilmektedir. Gece kolay fark edilmek amacıyla genellikle kollarda ve eteklerde reflektif şeritler bulunur. Dikiş iplikleri yüksek sıcaklığa dayanıklı %100 Kevlar'dır[14].

## 5.5. İtfaiyeci Baretleri

İtfaiyeci baretlerinin dış gövde kısmı genellikle cam elyaftır. Baretler gece maksimum görünürlük sağlamak için fotoluminesan özelliktedir. Darbe emici poliüretan iç kısım ve polikarbonat yüz siperi mevcuttur. Ayarlanabilir çene kayışı genellikle Nomex malzemedir yapılmıştır. Ensedan alev girmesini engelleyici deri veya Nomex malzeme kullanılmaktadır [14]. Şekil 10'da bir itfaiyeci bareti örneği görülmektedir.



Şekil 10. İtfaiyeci Bareti [14]






## 5.6. İtfaiyeci Eldivenleri

İtfaiyeci eldivenleri genellikle; %100 Kevlar ısı bariyeri; su geçirmez, nefes alabilir membran; elin dış tarafında dış kat malzemedir yapılmış ve dikişle sağlamlaştırılmış takviye şerit ile oluşturulur. Sıcak maddenin içeri girmesini engellemek amacıyla da Kevlar örgü bileklik mevcuttur[14]. Tablo 4'te çeşitli itfaiyeci eldivenleri görülmektedir:

## 5.7. İtfaiyeci Çizmeleri

İtfaiyeci çizmeleri lastik türevi olmasına karşın deri çizmeler de mevcuttur. Deri itfaiyeci çizmeleri çelik burunlu, antistatik ve yüksek ısıya dayanıklı nitril kauçuk tabanlıdır. Lastik çizmelerin su geçirmezlikleri deri çizmelere göre daha iyidir. Mekanik darbelere dayanımını artırmak için çelik taban ve çelik burundan imal edilmektedir. Çizme tabanı yüksek sıcaklığa dayanıklı özel malzemedir üretilir. İç kısmı alev almaz astarıdır. Çizmenin dış yüzeyinde ayak bileğini topuğunu ve kaval kemiğini korumak için kauçuk bileşenlerden takviye bulunmaktadır[14].

**Tablo 4.** İtfaiyeci Eldiveni Çeşitleri [16]

|   |  |
|---|--|
|  | Yüksek sıcaklık uygulamaları için tek parmaklı ve beş parmaklı Kevlar eldiven  |
|  | Dışı Nomex, ısı ve nem bariyeri Kermel , koncu ayarlanabilir (tekstil fermuarlı) itfaiyeci eldiveni  |
|  | Amerikan tipi, Kevlar bileklikli deri itfaiyeci eldiveni.  |
|  | Avuç içi deri, konç ve dış yüzey alüminize kumaşla oluşturulmuş alüminize itfaiyeci eldiveni,  |
|  | Tempex firmasının geliştirmiş olduğu 'Bombero' itfaiyeci eldiveni; avuç içi ve el sırtı silikon -karbon kaplamalı Kevlar dokuma kumaştan yapılmıştır. El ve parmak üstleri Nomex Delta-TA kumaşandır. İç eldiven Kevlar örgü kumaştır. Tüm dikişlerde Kevlar iplik kullanılmıştır. |

**Şekil 11.** Deri ve Lastik İtfaiyeci Çizmeleri [14]

### 5.8. Koruyucu Örmeye Başlıklar

Koruyucu örme başlıklar genellikle aramid veya karbon elyafından interlok örgü tekniği ile üretilmektedirler. Yüksek ısı ve direkt alev temasında yanmaya dayanıklıdır. Tüm dikişler aramid iplik ile yapılmaktadır[14]. Örnek bir koruyucu örme başlık şekil 12'de görülmektedir.

**Şekil 12.** Koruyucu Örmeye Başlıklar[14]

İtfaiyeci giysi üreticilerinin en önemlileri Globe Manufacturing Company, Fire-Dex ve Lion Apparel'dir. Globe, itfaiyeci kıyafeti üreticilerinin en büyüğüdür. 1887'de üretime başlamıştır ve bugün itfaiyeci giysilerinin dünyadaki ana üreticisidir. Fire-Dex; ABD'de kaynak eldiveni üreticisi olarak işe başlamış ve sonra itfaiyeci koruyucu giysisi üretimine de geçmiştir. Lion Apparel; dünya çapında güvenlik personeli için koruyucu giysi üreterek ticarete atılmıştır. Bu şirket ABD Ordu Mühendislik Teşkilatına; ABD Deniz Piyade Sınıfına ve Alman Silahlı Kuvvetlerine koruyucu giysi temin etmektedir[6].

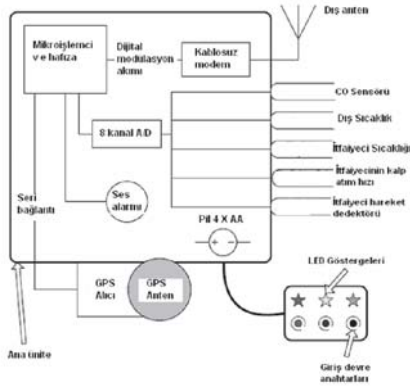
Türkiye'de kullanılan itfaiyeci giysileri TS EN 531 standardına göre üretilmektedir. TS EN 531 Standardında (Isıya Maruz Kalan Endüstri Çalışanları için Koruyucu Giyecekler) belirtilen A-Sınırlı alev koruması; B2-Konvektif ısı koruması; C4- Radyan ısı koruması (max. seviye olan 4); D2-Sıvı alüminyum sıçramasından koruma; E1- Sıvı metal sıçramasından koruma olmak üzere; Türkiye'de kullanılan itfaiyeci giysileri A kategorisiyle beraber B veya C kategorilerindeki koşullardan en az birini sağlamalıdır.

### 6. İTFAİYECİ GİYSİLERİ TASARIMINDA YENİLİKLER

Yangın söndürme çalışmalarında kullanılan bazı itfaiyeci giysilerinde herhangi bir yanma, deformasyon olmamasına rağmen, itfaiyecilerde kullanılan zamanında fark edil-meyen ani vücut sıcaklığı artışı ve cilt yanığı oluşabilmektedir. Son yıllarda, bu olumsuz durumları engellemek için vücut fonksiyonlarını algılamak üzere elektronik sensör sistemleri giysi yapısına entegre edilmektedir. Bu konuda yayınlanmış bazı akademik çalışmalar olduğu gibi geliştirilen ticari sistemler de bulunmaktadır.

Kremens ve diğ. (2005), geliştirdikleri sensör sistemini bir itfaiyeci ceketine entegre etmişlerdir. Geliştirilen bu sensör sistemi; itfaiyecinin çevresindeki CO gazı miktarını, itfaiyecinin hareket durumunu, giysinin dış ve iç sıcaklığını algılayabilmektedir. Şekil 13'te görüldüğü gibi sensörler ana üniteye bağlıdır. Algılanan verilere göre sistemin programı; itfaiyecinin tehlike boyutunu hesaplayarak son durumu itfaiyeci üzerindeki ekrana yansıtmakta ve LED lambalar yanmaktadır. Ayrıca kablosuz bağlantı ile itfaiyecinin durumu ana bilgisayara yollanarak denetim sağlanmaktadır.





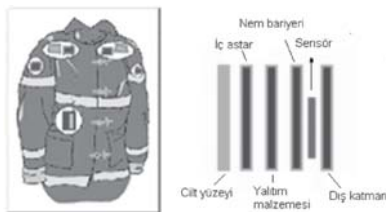
Şekil 13. Ana Ünite Ve Bağlantı Sistemi [17]

Viking firması da tasarladığı akıllı giysi ile meydana gelebilecek yanık risklerini azaltmayı amaçlamıştır. Termal sensörler; ceketin vücuda yakın olan iç kısmının sıcaklığını ölçmek için ceketin iç tabakasına, dış sıcaklığını ölçmek için ceketin dış kısmına entegre edilmiştir. Şekil 14'te gösterilen sensörler; biri kol diğeri sol omuz arkası olmak üzere 2 LED ekrana bağlanmıştır. Ceketin dışındaki sıcaklık; 250 °C'ye ulaştığında, dış LED halkası yavaş yanmaya başlamakta; 350°C' de hızlı hızlı yanıp sönmektedir. Giysi içindeki sıcaklık 50°C 'ye ulaştığında yavaş, 69°C 'ye ulaştığında da yine hızlı hızlı yanıp sönmektedir[18].



Şekil 14. İtfaiyeci İçin Akıllı Giysi Tasarımı [18]

Tasarlanan diğer bir akıllı ceket yapısında ise; 6 adet silikon kaplama ısı sensörü ceketin göğüs, sırt ve kol kısımlarına yerleştirilmiştir. Sensörlerin kumaş tabakalarına yerleştirildiği konum şekil 15'te görülmektedir. Mikroişlemci, ceket iç sıcaklığı 100°F'a ulaşana kadar her on saniyede bir, ulaştıktan sonra saniyede bir değerlendirme yapmakta ve görüntülemektedir. Ayrıca ceket iç sıcaklığı 150 °F sıcaklığa yaklaştığında, alarm sistemi devreye girmektedir[19].



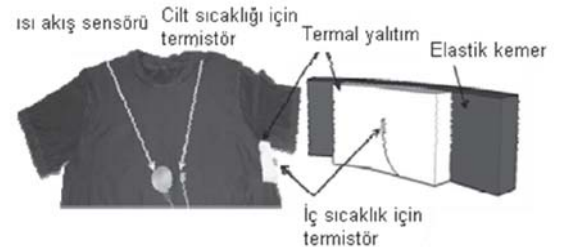
Şekil 15. Akıllı Ceket Yapısı [19]

Hertleer ve diğ. (2007); yaptıkları çalışmada, itfaiyeci vücudundan algılanan hayati sinyalleri bir baz istasyonuna iletmesi amacıyla tekstil malzeme esaslı bir anten geliştirmişlerdir. Şekil 16'da görüldüğü gibi, Aramid kumaş üzerine entegre edilen anten parçası; iç astar ve termal astar kumaşlarının arasına yerleştirilmiştir. Oluşturulan bu antenin itfaiyeci ceketinde en az kırışacak olan omuz veya üst kol kısmına yerleştirilmesi uygun bulunmuştur. Ceketin kıvrıldığı ve kırıştığı durumda bile bu anten; itfaiyeci ve baz istasyonu arasındaki bağlantıyı sağlayabilmektedir.



Şekil 16. İtfaiyeci Giysisinin Kumaş Katmanları Arasındaki Anten Yerleşimi [20]

Oliveira ve diğ. (2009), yaptıkları çalışmada, itfaiyeci sağlığını yangın söndürme çalışmasında güvence altına almak için, itfaiyeciye ve çevresine ait termal parametreleri ölçmeyi amaçlamışlardır. Bunun için ısı akış sensörleri ve sıcaklık sensörleri giysiye entegre edilmiştir. Şekil 17'de görüldüğü gibi itfaiyeci ceketinin içine giyilen bir tişörtün iç yüzeyine ciltle temas edecek bir ısı akış sensörü ve bir termistör yerleştirilmiştir. Tişörtteki sensörlerin üzerlerine de bir elastik kemer bağlanarak ciltle temasları etkinleştirilmiştir. İtfaiyeci ceketinin iç kısmına göğüs hizasındaki cep içine bir ısı akış sensörü entegre edilmiş; dışarıdan gelen ısı akış miktarının ölçülmesi hedeflenmiştir. Ayrıca dış sıcaklığı ölçmek amacıyla, itfaiyeci ceketinin dış katmanının altına bir termistör yerleştirilmiştir. İç sıcaklığı ölçmek ve görüntülemek için de yalıtılmış bir termistör vücut eksenine yerleştirilmiştir. Ayrıca, bir yangın ortamı yaratılarak; itfaiyeciler üzerindeki bu proto-tipten alınan termal parametreler test edilmiştir.



Şekil 17. Tişört Üzerindeki Sensör Yerleşimi [21]

## 7. SONUÇ

İtfaiyecilerin çalışma anındaki tehlike ve riskleri azaltabilmek için, giydikleri mesleki giysilerin çok iyi termal performans sağlamaları önemlidir. Bu giysilerin maksimum hareket kabiliyeti, optimum güvenlik, optimum

koruma, temel fonksiyonları sürdürme, hafiflik ve fiyat uygunluğu gibi özellikleri sağlamaları gerekmektedir. Bu amaçla, giysilerinin doğru tekstil malzemelerinden ve uygun tasarımla üretilmesi şarttır.

İtfaiyeci giysilerinde doğru malzeme seçimi ancak gerekli ve uygun özellikteki kumaşların çok katlı bir yapıda kullanılması ile mümkündür. Kumaşların katmanları arasında biriken durgun hava ısı yalıtımı sağladığı için çok katlı giysi yapısı oluşturmaya özen gösterilmelidir[22]. Nefes alabilir nem bariyeri; su itici, güç tutuşur, darbeye dayanıklı dış kaplama, ter emici ve teri dışarıya atabilen iç astar yüzeyi gibi. Ayrıca yoğunluğu az olan kumaş seçmek de önemlidir. Çünkü kumaş yoğunluğu az olursa iletim (kondüksiyon) yoluyla ısı transferi azalır ve iyi bir yalıtım sağlanır.

Koruyucu giysilerde konfor ve rahat hareket kabiliyeti ancak iyi bir giysi tasarımıyla sağlanabilir. Bu da kumaş ağırlığını arttırmadan gerekli noktalara (dirsek, dizkapağı, koltukaltı) kumaş eklenmesi ile mümkün olmaktadır. Giysi yapısı bu bölgeler dikkate alınarak tasarlanmalı ve kalıpları hazırlanmalıdır.

Doğru malzeme seçimi ve uygun tasarım uygulaması çoğu kez itfaiyecinin sağlığı için yeterli olmamaktadır. İtfaiyeci giysisi deforme olmadığı halde; itfaiyecinin cildinde yanıklar oluşabilmektedir. Giysi yapısına yerleştirilecek bir elektronik donanımın sağlığı açısından bu gibi riskli koşullara karşı itfaiyecinin uyarılması mümkün olabilir. Bu amaçla giysi sisteminin çeşitli bölgelerine yerleştirilecek sıcaklık, nem, ECG, CO<sub>2</sub>, CO gibi algılama sensörleri daha etkili bir koruma sağlayacaktır. Ayrıca itfaiye giysilerinin itfaiyecilerin vücut ölçüleri dikkate alınarak farklı beden numaralarının-da üretilmeleri ile giysi-vücut uyumunu arttırabilmek mümkün olabilecektir.

## TEŞEKKÜR

Türkiye'de kullanılmakta olan itfaiyeci koruyucu elbiseleri hakkında verdikleri destek için Kıvanç A.Ş.'ye ve İzmir İtfaiye Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. Cireli, A., (Aralık 2000), "Isıya ve Aleve Dayanıklı Koruyucu Giysiler", Tekstil & Teknik, 181-187.
2. Scott, R. A., (2005), "Textiles for Protection", CRC Press, New York Washington, DC., 622-647.
3. Kutlu, B., (2002), "Isıya Dayanıklı ve Isıdan Koruyucu Giysilerin Termal Analizi ve Performans Özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü.
4. Bajaj, P., (1998), "Heat and Flame Protection", Handbook of Textiles, 245-285.
5. Yen Lin-L., Jou G. T., "A Study on Total Heat Loss of Clothing Materials for Firefighters' Protective Clothing", <http://elearning.lib.fcu.edu.tw/bitstream/2377/3948/1/ce05atc902007000071.pdf>.
6. Ellison, D., Groch, T., Higgins, T., Verrochi, M., (April 27, 2006), "Thermal Manikin Testing of Fire Fighter Ensembles", Worcester Polytechnic Institute.

7. Thermo-Man Test ,<http://www.dpp-europe.com/-THERMO-MAN-R,2263.html?lang=tr>, Mayıs 2010.
8. Song G., (2004), "Clothing Air Gap Layers and Thermal Protective Performance in Single Layer Garmenty", Journal of Industrial Textiles, Vol. 36, no. 3-January 2007.
9. Li J., Barker R. L., Deaton A. S., "Evaluating the Effects of Material Component and Design Feature on Heat Transfer in Firefighter Turnout Clothing by a Sweating Manikin", Textile Research Journal, Vol 77(2): 59-66.
10. Karter M.J., Jr. , Molis J. L. , "U.S. Firefighter Injuries – 2008", 2009, National Fire Protection Association Fire Analysis and Research Division.
11. Sayek İ., "Temel Cerrahi", Güneş Kitabevi, İkinci Baskı, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anabilim Dalı, Genel Cerrahi Anabilim Dalı.
12. Lawson, J. R., "Thermal Performance And Limitations Of BunkerGear", <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire98/PDF/f98066.pdf> , Nisan 2010.
13. Rabbitts A., RN, MS, Alden N. E., RN, MPH, Scalabrino M., Yurt R.W., MD, FACS, "Outpatient Firefighter Burn Injuries: A 3-Year Review" Journal of Burn Care & Rehabilitation Volume 26, Number 4, 348-351
14. <http://www.kivancgroup.com/Itfaiye.html>, Mayıs 2010
15. <http://www.tempe.at/en/pdf/feuerwehr/einsatzbekleidung.pdf>, Nisan 2010
16. "Yangına Müdahale Ekipmanları", <http://www.durmanyangin.com/tr/e3.htm>, Nisan 2010.
17. Kremens, R. L., Faulring J., Philips D., (2005), "A Compact Device to Monitor and Report Firefighter Health, Location and Status", [www.iawfonline.org/summit/.../2005\\_posters/Kremens%20et%20al.pdf](http://www.iawfonline.org/summit/.../2005_posters/Kremens%20et%20al.pdf) (2005), Nisan 2010.
18. "Intelligent Clothing". [http://www.viking-fire.com/pdf\\_download/VIKING\\_TST.pdf](http://www.viking-fire.com/pdf_download/VIKING_TST.pdf), Haziran 2010
19. Gahide, S., "Smart Garment For Firefighters", <http://www.trizjournal.com/archives/1999/06/d/index.htm>, Haziran 2010
20. Hertleer, C., Langenhove L. V. , Rogier H., Vallozzi L. , "A Textile Antenna For Fire Fighter Garments" [www.proetex.org/.../2007%20AUTEX%20Paper%20Carla%20Hertleer.pdf](http://www.proetex.org/.../2007%20AUTEX%20Paper%20Carla%20Hertleer.pdf), Haziran 2010
21. Oliveira A., Gehin C., Delhomme G., Dittmar A., McAdams E., "Thermal Parameters Measurement On Fire Fighter During Intense Fire Exposition", 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS, (2009), Minneapolis, Minnesota, USA
22. Li J., Barker R.L., Deaton A.S., (2007), "Turnout Clothing by a Sweating Manikin Evaluating the Effects of Material Component and Design Feature on Heat Transfer in Firefighter", Textile Research Journal, Vol 77(2): 59-66.