



**GIYİM KONFORU VE KORUYUCU  
ÖZELLİKLERİ İYİLEŞTİRİLMİŞ  
YENİLİKÇİ İTFAİYECİ GİYSİSİ TASARIMI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Hilal SEVENCAN**

**Eskişehir 2019**

**GIYİM KONFORU VE KORUYUCU ÖZELLİKLERİ İYİLEŞTİRİLMİŞ  
YENİLİKÇİ İTFAİYECİ GIYSİSİ TASARIMI**

**Hilal SEVENCAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN**

**Eskişehir  
Eskişehir Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Temmuz 2019**

*Bu çalışma Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından kabul edilen 1706F395 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.*

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Hilal SEVENCAN'ın "GİYİM KONFORU VE KORUYUCU ÖZELLİKLERİ İYİLEŞTİRİLMİŞ YENİLİKÇİ İTFAİYECİ GİYSİSİ TASARIMI" başlıklı tezi 24/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Endüstriyel Sanatlar Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

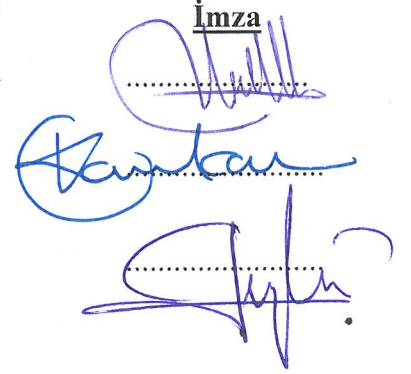
### Unvanı Adı Soyadı

Üye (Tez Danışmanı) : Prof. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ece KANIŞKAN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Özgür CEYLAN

### İmza



Prof. Dr. Murat TANIŞLI  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

### GİYİM KONFORU VE KORUYUCU ÖZELLİKLERİ İYİLEŞTİRİLMİŞ YENİLİKÇİ İTFAYECİ GİYSİSİ TASARIMI

Hilal SEVENCAN

Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2019

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN

İtfaiyeci giysilerinin termal koruyucu performansı birincil öneme sahiptir. Giysi performansı tasarımdan, boyuttan, aksesuardan ve bir giysinin nasıl giyildiğinden etkilenmektedir. Kullanıcı rahatlığı, giysi performansı için değerlendirme kriterlerini belirlemektedir. ISO 13688 Standardında önerilen boyutlar tüm kullanıcılar için uygun değildir. Bu çalışmada itfaiyeci giysilerinin uyum problemleri tespit edilmeye çalışılmış ve bu problemleri giderebilecek yeni tasarımlar ortaya koyulmuştur. Bu amaçla, iki farklı itfaiyede çalışan ve farklı beden özelliklerine sahip 20 erkek itfaiyeci ile çalışılmıştır. İtfaiyecilerin tüm vücut bölgeleri mezür ile elle ölçülmüştür. Her kişi için bir ölçüm tablosu hazırlanmıştır. Giysinin itfaiyecilere uygunluğu CLO | 3D Yazılımı ile değerlendirilmiştir. Yazılımda tüm itfaiyecilerin üç boyutlu (3D) avatarları oluşturulmuştur. Daha sonra, tüm itfaiyeci giysilerinin kalıp ölçüleri yazılıma aktarılmıştır. Hazırlanan kalıplar, itfaiyecinin giysi bedenine (S-M-L-XL-XXL) göre avatarlar üzerine giydirilerek 3D giysiler simüle edilmiştir. Bu aşamada ISO 13688 standardında tanımlanan ölçüler ile gerçek giysilerin boyutları karşılaştırılmıştır. Bir itfaiyecinin hareket halinde iken alabileceği dört pozisyon seçilmiştir. Fit kontrolü sonucunda her hareket için ayrı ayrı olmak üzere bölgesel kalıp problemleri belirlenmiştir. 20 itfaiyecinin tamamında genel uyum sorunları tespit edilmiş ve giysi kalıplarının düzenlemeleriyle birlikte tespit edilen problemler ortadan kaldırılmıştır. Elde edilen verilerle yeni giysi tasarımları oluşturulmuştur. Yeni tasarlanan giysilerin 3D simülasyonları yapılmış ve çalışmada incelenen giysiler ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak geliştirilen yeni kalıp ölçülerinin itfaiyeci giysilerinin uyum problemlerinin büyük bölümünü giderebildiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, daha rahat itfaiyeci giysisi tasarlarken uygun kalıp ölçüleri için bir kılavuz niteliğinde olacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Koruyucu giysi, İtfaiye kıyafeti ve kalıp tasarımı, Bilgisayar destekli tasarım, 3D, Fit kontrol



## ABSTRACT

### AN INNOVATIVE DESIGN OF THE FIREFIGHTER CLOTHING FOR IMPROVING COMFORT AND PHYSICAL PROPERTIES

Hilal SEVENCAN

Department of Industrial Art, Fashion Design Program

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, July 2019

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN

Thermal protective performance of firefighter's clothing is of primary importance. Clothing performance is also affected by design, size, accessory, and how a garment is worn. User comfort determines the evaluation criteria for clothing performance. The sizes recommended in ISO 13688 standard are not suitable for all users. In this work, the conformity problems of the firefighter clothing were tried to be determined and new designs that could solve these problems were introduced. For this aim, 20 male firefighters working in two different fire department with different body characteristics were selected. The human body was divided into 56 different areas such as neck circumference, shoulders, arms, thighs, calf, front and back knee area. All body parts of firefighters were measured manually by tape measure. A size chart was prepared for each person. Suitability of clothing for firefighters was evaluated by CLO | 3D Fashion Design Software. Three-dimensional (3D) avatars of all firefighters were created in the software. Then, the pattern dimensions of all firefighter clothing were also transferred to the software. Prepared garments by new pattern dimensions were dressed on the avatars according to each firefighter's clothing size (S-M-L-XL-XXL) and 3D clothes were simulated. At this stage, the size chart defined in the ISO 13688 standard and the measurements of the actual garments were compared. Four positions were selected for a firefighter to take while on moving. As a result of the fit control, regional pattern problems were determined separately for each movement. Common fit problems were identified in all 20 firefighters and these problems were eliminated by the developed new pattern sizes. New garment designs were developed based on the obtained data. The 3D simulations of the newly designed clothes were made and compared with the clothes examined in the study. As a result, it has been found that the new pattern dimensions developed in this work can solve most of the adaptation problems of firefighter clothing. The results obtained in this study will serve as a guideline for appropriate pattern dimensions when designing more comfortable firefighter clothing.

**Keywords:** Protective clothing, Firefighting clothing and pattern design, Computer aided design, 3D, Fit control

## TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenimim ve tez çalışmamın her aşamasında değerli deneyimleri, bilgi ve görüşleri ile birlikte her zaman yol gösterici olan, güler yüzü ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, çalışma disiplini daima örnek alacağım araştırmalarımın her aşamasında ve gerçekleşmesinde çok büyük emeği olan değerli danışmanım Prof. Dr. Mustafa Erdem ÜREYEN' e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Bu çalışmayı hazırlarken geçirdiğim süreçte benden yardımlarını esirgemeyen Kıvanç Grup'a ve Yusuf SAĞLAM başta olmak üzere tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Eskişehir Teknik Üniversitesi Havaalanı İtfaiyesinden İbrahim MERGEN ve ekibine, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi İtfaiyesinden Ahmet Duran ÇETİN başta olmak üzere çalışmaya katılan itfaiyecilere verdikleri destek, bilgi ve yardımları için teşekkürlerimi sunarım.

Eskişehir' deki eğitim hayatım boyunca yardım ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim manevi kardeşim Nihan UZUNER'e, sevgi, ilgi ve desteklerini hiç eksik etmeyen Sıdika UZUNER ve ailesine teşekkür ederim.


Sevgi, ilgi ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili aileme, eğitim ve hayatım boyunca en içten duygularıyla bana her zaman inanan ve destekleyen babam Yakup SEVENCAN'a, ablam Zülal Şahin'e, kardeşlerim Sümeyye ve Bilal SEVENCAN'a ve bu sürecimi görmesini çok istediğim bölüm ve eğitim hayatımı yönlendirmemin sebebi merhum annem Fatma SEVENCAN'a en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Hilal SEVENCAN

24/07/2019

## 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 edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla 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 sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Hilal SEVENCAN  


## İÇİNDEKİLER

Sayfa

GİYİM KONFORU VE KORUYUCU ÖZELLİKLERİ İYİLEŞTİRİLMİŞ YENİLİKÇİ İTFAİYECİ GİYSİSİ TASARIMI .....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
GÖRSELLER DİZİNİ .....	xviii
KISALTMALAR DİZİNİ .....	xix
1. GİRİŞ .....	1
2. KORUYUCU GİYSİLER .....	3
2.1. Isı ve Alev Karşı Koruyucu Giysiler ve Gereksinimleri.....	5
2.2. Isı ve Alev Koruması için Uygun Lif Seçimi ve Liflerin Termal Davranışı.....	8
2.2. İtfaiyeci Giysilerinde Kullanılan Güç Tutuşur Lifler .....	11
3. YANMA VE YANGIN .....	15
3.1. Yangınlar ve Termal Ortamlar .....	17
3.2. İtfaiyecilerin Maruz Kaldıkları Termal Ortamlar .....	19
3.3. İtfaiyecilerin Ölüm Nedenleri ve Oluşan Termal Yanıklar .....	21
4. İNSAN VÜCUDU ISIL KONFOR ŞARTLARI VE ISI STRESİ .....	25
5. İTFAİYE VE TARİHÇESİ.....	27
5.1. İtfaiyeci Kişisel Koruyucu Ekipmanları ve Tarihsel Gelişimi .....	28
6. İTFAİYECİ KORUYUCU GİYSİLERİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ .....	30

<b>6.1. Yapısal Yangınlarda Kullanılan İtfaiyeci Giysilerinin Yapısı ve Özellikleri .....</b>	<b>32</b>
6.1.1. Dış katman .....	35
6.1.2. Nem bariyeri .....	38
6.1.3. Isı bariyeri.....	41
<b>6.2. Arazi Yangınlarında Kullanılan İtfaiyeci Giysilerinin Yapısı ve Özellikleri .....</b>	<b>44</b>
<b>6.3. Alüminize İtfaiyeci Giysilerinin Yapısı ve Özellikleri .....</b>	<b>44</b>
<b>7. İTFAİYECİ GİYSİLERİNDE KULLANILAN AKSESUAR VE MALZEMELER .....</b>	<b>47</b>
7.1. Yansıtıcı Şerit Malzemeler (Reflektifler) .....	47
7.2. Takviye ve Destek Malzemeleri .....	49
<b>8. İTFAİYECİ GİYSİLERİNİN TERMAL PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>52</b>
8.1. Küçük Ölçekli Testler .....	52
8.2. Büyük Ölçekli Testler .....	52
<b>9. TS EN 469:2014 Standardında Belirtilen Performans Kuralları.....</b>	<b>54</b>
9.1. Alev Yayılması.....	54
9.2. Isı Transferi – Alev .....	55
9.3. Isı Transferi – Işıma.....	57
9.4. Işıma Yoluyla Yayılan Isıya Maruz Kalan Malzemenin Kopma Mukavemeti.....	59
9.5. Isı Direnci.....	59
9.6. Kopma Mukavemeti.....	60
9.7. Yırtılma Mukavemeti.....	61
9.8. Yüzey Islanması.....	62

	<u>Sayfa</u>
9.9. Boyut Değişimi.....	63
9.10. Sıvı Kimyasal Maddelerin Nüfuziyetine Direnç.....	64
9.11. Su Nüfuziyetine Direnç .....	65
9.12. Su Buharı Direnci.....	65
9.13. Komple Giyecek Parçaları İçin Deney Metodu .....	66
10. İTFAİYECİ GİYSİLERİNİN TASARIM ÖZELLİKLERİ.....	68
10.1. İtfaiyeci Ceket.....	70
10.2. İtfaiyeci Pantolonu .....	77
10.3. İtfaiyeci Eldiveni .....	82
10.4. İtfaiyeci Örme Başlığı .....	84
10.5. İtfaiyeci İç Çamaşırı.....	85
10.6. İtfaiyeci Bareti .....	86
10.7. İtfaiyeci Çizmesi .....	88
10.8. Alüminize Giysi Tasarımları.....	89
10.9. TSN 469 Standardına Uygunluk Süreci Ve Tasarımların Ergonomiye Etkileri .....	89
11. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	92
12. MATERYAL VE METOT.....	98
12.1. Mevcut Kullanılan İtfaiye Giysilerinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması.....	98
12.2. İtfaiye Birliklerinden Seçilen İtfaiyecilerin Ölçü Tablolarının Oluşturulması.....	111
12.3. Mevcut İtfaiye Giysilerinin Belirlenen Kişiler Üzerinde Giydirme Simülasyonlarının ve Hareket Pozisyonlarının Hazırlanması .....	114
13. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME .....	121
13.1. İtfaiyecilerin Simülasyon Görüntüleri .....	121

	<u>Sayfa</u>
13.2. İTF 1 Fit, Stres ve Gerginlik Analizi Sonuçları.....	124
13.3. İTF 2 Fit, Stres ve Gerginlik Analizi Sonuçları.....	131
13.4. İTF 1 ve İTF 2 İçin Yapılan Fit, Stres ve Gerginlik Analizlerine Göre Ölçü Tablolarının Değerlendirilmesi ve Yeni Ölçü Tablosunun Oluşturulması.....	139
13.5. İTF 1 ve İTF 2 İçin Yapılan Fit, Stres ve Gerginlik Analizlerine Göre Yeni Temel Kalıpların Hazırlanması.....	142
13.6. Kalıp Çalışmasının İTF 1 ve İTF 2 Üzerinden Fit, Stres ve Gerginlik Analizinin Değerlendirilmesi .....	144
13.7. Yeni Tasarımların Oluşturulması .....	154
13.8. Üç Boyutlu İtfaiyeci Giysi Tasarımlarının Oluşturulması .....	159
14. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	176
KAYNAKÇA.....	179
ÖZGEÇMİŞ	

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1.</b> Isı ve alev karşı koruma gerektiren meslek gruplarının maruz kaldığı tehlike derecelerinin değerlendirilmesi .....	6
<b>Tablo 2.2.</b> Liflerin termal ve güç tutuşurluk özellikleri .....	10
<b>Tablo 2.3.</b> Isı ve alev karşı koruyucu, güç tutuşur liflerin sınıflandırılması .....	11
<b>Tablo 9.1.</b> Isı transferi-alev performans seviyeleri .....	56
<b>Tablo 9.2.</b> Isı transfer-ışınım performans seviyeleri .....	58
<b>Tablo 9.3.</b> Kimyasal madde nüfuziyet deneyi.....	64
<b>Tablo 12. 1.</b> İtfaiyeci ceket kalıp ölçülerinin gruplandırılması .....	100
<b>Tablo 12. 2.</b> İtfaiyeci pantolon kalıp ölçülerinin sınıflandırılması.....	101
<b>Tablo 12.3.</b> İtfaiyeci ceketleri seri farkları tablosu .....	108
<b>Tablo 12.4.</b> İtfaiyeci pantolonu seri farkları tablosu .....	109
<b>Tablo 12.5.</b> İTF 1'de belirlenen kişilerin ölçü tabloları.....	112
<b>Tablo 12.6.</b> İTF 2'de belirlenen kişilerin ölçü tabloları.....	112
<b>Tablo 13.1.</b> İTF 1 fit analizi genel hata dağılımları .....	131
<b>Tablo 13.2.</b> İTF 2 fit analizi genel hata dağılımları .....	139
<b>Tablo 13.3.</b> Standard ölçü tablosu ile İTF 1 ve İTF 2 giysi ölçüleri karşılaştırılmış değerleri .....	140
<b>Tablo 13.4.</b> İTF 1 ve İTF 2 ölçü tablolarının ortalama tolerans payı değerleri.....	141
<b>Tablo 13.5.</b> Ortak saptanan sonuçlara göre değerlendirilen yeni ölçü tablosu .....	142
<b>Tablo 13.6.</b> İTF 1 yeni kalıp çalışması fit analizi genel değişim dağılımları.....	148



**Tablo 13.7.** İTF 2 yeni kalıp çalışması fit analizi genel değişim dağılımları.....152

**Tablo 13.8.** İTF 1 ve İTF 2 genel hata noktaları ve sonuçları.....153



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Koruyucu giysilerin sınıflandırılması.....	4
Şekil 2.2. Doğal liflerin oksijen ve yüksek sıcaklık altındaki davranışı.....	9
Şekil 2.3. Sentetik liflerin oksijen ve yüksek sıcaklık altındaki davranışları. ....	9
Şekil 2.4. İtfaiyeci giysilerinde kullanılan güç tutuşur lifler ve ticari isimleri.....	14
Şekil 3.1. Yanma reaksiyon denklemi .....	15
Şekil 3.2. Yangın üçgeni.....	16
Şekil 3.3. ABD’de 2013 ve 2016 yıllarında oluşan kontrolsüz yangınların dağılımı .....	19
Şekil 3.4. İtfaiyecilerin karşılaştıkları termal koşullar .....	20
Şekil 3.5. Termal yanıklar ve dereceleri .....	23
Şekil 6.1. Standart bir itfaiyeci giysisinin bileşenleri.....	33
Şekil 6.2. İtfaiyeci giysi yapısı koruyucu özellikleri .....	34
Şekil 6.3. Ticari dış katman kumaşı örnekleri (http-2).....	37
Şekil 6.4. Nem bariyeri örnekleri .....	40
Şekil 6.5. Ticari ısı bariyeri kumaş örnekleri ve özellikleri .....	43
Şekil 6.6. Alüminize giysi yapısı.....	45
Şekil 7.1. Reflektif örnekleri .....	49
Şekil 7.2. Destek malzemesinin giysi yapısında kullanımı .....	50
Şekil 7.3. Takviye malzemesi kullanım özellikleri .....	51

<b>Şekil 9.2.</b> Yüzey ıslanması-su iticilik dereceleri (TS 259 EN 24920, 2001).....	63
<b>Şekil 9.3.</b> Ölçme cihazları ve giysi yerleştirilmiş manken görünümü.....	67
<b>Şekil 10.2.</b> İtfaiyeci giysi örneği.....	68
<b>Şekil 10.3.</b> İtfaiye giysilerinde kullanılan dikiş çeşitleri .....	70
<b>Şekil 10.4.</b> İtfaiyeci ceket ön ve arka görünümü .....	71
<b>Şekil 10.5.</b> İtfaiyeci ceket yaka ve pat yapısı .....	72
<b>Şekil 10.6.</b> Omuz destek parçası ve fermuar yapısı.....	73
<b>Şekil 10.7.</b> İtfaiyeci giysisi cep tasarımları.....	74
<b>Şekil 10.8.</b> İtfaiyeci giysisi ceket arka beden (kurtarma kemeri, körukü sırt detayı) yapıları .....	75
<b>Şekil 10.9.</b> İtfaiyeci giysisi ceket ucu anti-wicking bant ve eldiven takma aparatı....	76
<b>Şekil 10.10.</b> İtfaiyeci giysisi ceket kol tasarım özellikleri.....	77
<b>Şekil 10.11.</b> İtfaiyeci pantolonu ön ve arka görünümü.....	78
<b>Şekil 10.12.</b> İtfaiyeci pantolonu bel tasarım özellikleri.....	79
<b>Şekil 10.13.</b> İtfaiyeci giysisi pantolon cep tasarımı .....	80
<b>Şekil 10.14.</b> İtfaiyeci giysisi pantolon diz bölgesi takviye parçaları .....	81
<b>Şekil 10.15.</b> İtfaiyeci giysisi pantolon paçası fermuar detayı.....	82
<b>Şekil 10.16.</b> İtfaiyeci eldiven tasarımları .....	83
<b>Şekil 10.17.</b> İtfaiyeci örme başlık tasarımları .....	84
<b>Şekil 10.18.</b> İtfaiyeci baret tasarım örnekleri .....	87
<b>Şekil 10.19.</b> İtfaiyeci bot tasarım örnekleri .....	88

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 12.1. İTF 1 giysi kalıplarının hazırlanması.....	102
Şekil 12.2. İTF 1 kalıp ölçü ve model uygulamalarının içeri aktarılması .....	103
Şekil 12.3. İTF 1 pantolon kalıbının programda hazırlanması .....	104
Şekil 12.4. İTF 1 pantolon kalıbı model uygulama ve ölçülendirme çalışması .....	105
Şekil 12.5. İTF 2 itfaiyeci ceket kalıbı .....	106
Şekil 12.6. İTF 2 itfaiyeci pantolon kalıbı.....	107
Şekil 12.7. İtfaiyeci ceket kalıbı sıçrama noktaları .....	110
Şekil 12.8. İtfaiyeci pantolon kalıbı sıçrama noktaları .....	110
Şekil 12.9. CLO 3D programında avatar ölçülerinin girilmesi .....	113
Şekil 12.10. CLO 3D programında girilen ölçü değerleriyle birlikte avatar oluşturulması .....	114
Şekil 12.11. Avatar simülasyonunun fit tespit bölümleri .....	115
Şekil 12.12. Fit analizi bölgesel dağılım noktaları ve renkleri.....	116
Şekil 12.13. Giysi kalıplarının avatarlar üzerine giydirilmesi.....	117
Şekil 12.14. İtfaiyeci giysi dikim ve materyal tanımlaması .....	118
Şekil 12.15. İtfaiyeci avatarlarına programda hareketlerin tanımlanması.....	119
Şekil 12.16. İtfaiyeci avatarlarına tanımlanan hareket pozisyonları .....	119
Şekil 12.17. Fit kontrolü değerlendirme ölçütleri.....	120
Şekil 13.1. İTF 1' de seçilen 10 kişinin avatar görüntüleri.....	121
Şekil 13.2. İTF 2' de seçilen 10 kişinin avatar görüntüleri .....	123
Şekil 13.3. İTF 1. kişi fit çalışması örnek paftası .....	125

	<u>Sayfa</u>
Şekil 13.4. İTF 1 genel fit analizi .....	126
Şekil 13.5. İTF 1 genel fit analizi bölgesel tespitler .....	128
Şekil 13.6. İTF 1 bedenler arası fit kontrolleri .....	129
Şekil 13.7. İTF 2 Kişi fit çalışması örnek paftası .....	132
Şekil 13.8. İTF 2 fit analizi.....	133
Şekil 13.9. İTF 2 genel fit analizi bölgesel tespitler .....	136
Şekil 13.10. İTF 2 bedenler arası fit kontrolleri .....	137
Şekil 13.11. İtfaiyeci giysisi yeni kalıp çalışması .....	143
Şekil 13.12. İTF 1. Kişi yeni kalıp fit çalışması örnek paftası .....	145
Şekil 13.13. İTF 1 yeni kalıp genel fit analizi .....	145
Şekil 13.14. İTF 2 Kişi yeni kalıp fit çalışması örnek paftası .....	149
Şekil 13.15. İTF 2 yeni kalıp genel fit analizi .....	150
Şekil 13.16. Moodboard çalışması .....	155
Şekil 13.17. İtfaiye kumaş renk ve dokuma raporlarının Kaledo Weave programında hazırlanması.....	156
Şekil 13.18. İtfaiye kumaş tasarımları .....	156
Şekil 13.19. Eskiz çalışma örnekleri .....	157
Şekil 13.20. Eskiz detay çalışma örnekleri.....	158
Şekil 13. 21. Eskiz çalışmaları QR kodu .....	158
Şekil 13.22. Yeni tasarlanan itfaiye giysileri (Tasarım 1).....	160
Şekil 13.23. Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 1) ...	161

## **Sayfa**

<b>Şekil 13.24.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 1) ...	162
<b>Şekil 13.25.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 1) ...	163
<b>Şekil 13.26.</b> İkinci Yeni tasarlanan itfaiyeci giysileri (Tasarım 2).....	164
<b>Şekil 13.27.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 2) ...	165
<b>Şekil 13.28.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 2) ...	166
<b>Şekil 13.29.</b> Yeni tasarlanan itfaiye giysileri (Tasarım 3).....	167
<b>Şekil 13.30.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 3) ...	168
<b>Şekil 13.31.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 3) ...	169
<b>Şekil 13.32.</b> Yeni tasarlanan itfaiye giysileri (Tasarım 4).....	170
<b>Şekil 13.33.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 4) ...	171
<b>Şekil 13.34.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 4) ...	172
<b>Şekil 13.35.</b> Yeni tasarlanan itfaiye giysileri (Tasarım 5).....	173
<b>Şekil 13.36.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 5) ...	174
<b>Şekil 13.37.</b> Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 5) ...	175
<b>Şekil 13.38.</b> Tasarım çalışmalarının QR kodu.....	175

## GÖRSELLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Görsel 6.1.</b> İtfaiyeci giysisi ve donanımları .....	30
<b>Görsel 6.2.</b> Alüminize giysi örneği .....	45
<b>Görsel 9.1.</b> Alev yayılması testi .....	55
<b>Görsel 9.2.</b> Isı transferi-alev testi .....	56
<b>Görsel 9.3.</b> Isı transferi-ışın testi .....	58
<b>Görsel 9.4.</b> Isı direnci fırın testi cihazı .....	60
<b>Görsel 9.5.</b> Çekme mukavemeti testi .....	61
<b>Görsel 9.6.</b> Yırtılma mukavemeti test cihazı.....	62

## KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM: American Society for Testing and Materials

CEN : European Committee for Standardization

ISO : International Organization for Standardization

İTF 1 : İtfaiye 1 (Eskişehir Teknik Üniversitesi Havaalanı İtfaiyesi)

İTF 2 : İtfaiye 2 (Eskişehir Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı)

KKE : Kişisel Koruyucu Ekipmanlar

KPa : Kilopaskal

K.K. : Kumaş Katı

LOI : Limit Oksijen İndeksi

NFPA : National Fire Protection Association

PBI : Polibenzimidazol

PPE : Personal Protective Equipment

SCBA : Self Contained Breathing Apparatus

2D : İki boyutlu

3D : Üç boyutlu



## 1. GİRİŞ

Koruyucu giysiler teknik tekstil ürünlerinin en önemli alanlarından bir tanesidir. Bunlar kişileri zararlı maddelere ve kötü çevre koşullarına karşı korumak veya zarar görme riskini azaltmak amacıyla kullanılan giysilerdir. Bu tip ürünlere ihtiyaç duyan itfaiyeciler, güvenlik personeli, otomobil yarışçıları, tıbbi personel, ağır sanayi işçileri vb. gibi çok sayıda iş grubu bulunmaktadır. Bu giysilerin özellikleri kullanıldıkları endüstrinin ihtiyaç ve beklentilerine göre değişmektedir.

Bu tip yapılar değerlendirildiğinde genellikle çok sayıda bileşenden oluştuğu ve pek çok faktör göz önünde bulundurularak tasarlandıkları görülmektedir. Isı ve alevden koruma koruyucu tekstillerin en büyük ve ilgi gören alanlarından bir tanesidir. Isı ve alevden koruma iki şekilde değerlendirilmek zorundadır. Bina ve eşyalarda koruma esas olarak tutuşmanın engellenmesi, duman oluşumunun azaltılması, termoplastikler için damlamanın azaltılması gibi temel beklentileri karşılamaya yöneliktir. Ancak itfaiyeci giysileri gibi ürünlerde bu korumanın kapsamı değişmektedir. İtfaiyeci ölümleri incelendiğinde kalp krizi sonucu ölümün en başlarda yer aldığı görülmektedir. Bunun nedeni termal şoktur. Dolayısı ile itfaiyecinin bu tip şoklara karşı korunması çok önemlidir. Giysi tasarımında mutlaka bu hususa dikkat edilmelidir. Giysinin yalıtkanlığı da itfaiye giysisi tasarımı açısından çok önemlidir. Giysinin hem yalıtkan olması, hem kişinin terini dışarıya atabilmesi yani nefes alabilir olması, hem de sıvı geçirmez olması gerekmektedir. Bunlara ilave olarak da ortamda oluşan kimyasal sızıntısı ve buharı gibi tehlikeli malzemelere karşı da dayanımı olmalıdır. Bunların yanında itfaiyecinin hareket kabiliyetini de mümkün olduğunca kısıtlamamalıdır. Tüm bunlar itfaiyeci giysisi tasarımının oldukça zor olduğunun göstergeleridir.

Tez kapsamında ilk olarak itfaiyeci giysilerini de kapsayan koruyucu giysiler hakkında genel bir bilgi verilmiştir. Daha sonra yanma ve yangın kavramları açıklanmış, yangınların sebep olduğu can ve mal kayıpları değerlendirilmiştir. Çalışmada bahsedildiği üzere yangınlar sırasında itfaiyeci ölümleri sanıldığı aksine yanma sonucu olmamaktadır. Bu nedenle itfaiyecilerin yangın sırasında karşılaştıkları sorunlar, özellikle termal etkiler, incelenerek itfaiyeci ölümlerinin sebepleri değerlendirilmiştir. Böylece itfaiyeci giysilerinin sahip olması gereken özellikler detaylı biçimde ortaya koyulmuştur. Bundan sonraki bölümde itfaiye ve tarihçesinden bahsedilerek itfaiyeci giysilerinin ilk kullanılmaya başladıkları dönemden günümüze kadar geçirdikleri aşamalar açıklanmaya çalışılmıştır.

Daha sonra günümüzde kullanılan itfaiyeci giysilerinin yapı ve tasarım özelliklerinin anlaşılabilmesi için Türkiye’de bu alanda faaliyet gösteren firmaların ürettikleri ürünler model, kalıp ve kullanılan malzemeler incelenmiştir. İlgili standartlar ve bazı teknik şartnameler temin edilmiş ve değerlendirilmiştir. Türkiye’de kullanılmakta olan itfaiyeci giysileri ve Dünya’daki bu alandaki yenilik ve eğilimler açıklanmaya çalışılmıştır. İtfaiyeci giysilerinde koruyucu özellikler kadar konfor özellikleri de çok önemlidir. İtfaiyecinin konforunu olumlu veya olumsuz yönde etkileyen parametreler ve sebepler malzeme ve tasarım açılarından araştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde Eskişehir’de bulunan iki farklı itfaiyede çalışan personel arasından belirlenen toplam 20 itfaiyeci üzerinden yapılan araştırmalar ile kalıp, malzeme ve tasarım sorunları değerlendirilerek araştırmalardan sağlanan bulgular ile karşılaştırılmıştır. İtfaiyecilerin kullandıkları giysilerin kalıpları çıkarılmış, CLO 3D yazılımı ile simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan 20 itfaiyecinin ölçüleri mezura ile alınmış, bu ölçüler kullanılarak avatarları oluşturulmuştur. Her itfaiyeciye kullandıkları giysiler sanal ortamda giydirilmiş, yazılımın modülleri aracılığı ile tek tek farklı pozisyonlarda giysi kalıbının sebep olduğu kullanım problemleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirilerek kalıplar modifiye edilmiş ve yeni kalıp önerileri hazırlanmıştır. Ayrıca kullanıcı deneyimlerinden yola çıkarak yeni itfaiye giysi tasarım önerileri hazırlanmıştır. Geliştirilen tasarımlar aynı şekilde çalışmaya katılan itfaiyeci avatarlarına giydirilerek yeni kalıp ve giysi önerilerinin tespit edilen tasarım problemlerini giderme oranları tespit edilmiştir.

## 2. KORUYUCU GIYSİLER

Koruyucu giysiler teknik veya endüstriyel tekstiller olarak sınıflandırılan tekstillerin önemli bir parçasıdır. Kişilerin zararlı maddelere, kötü çevre koşullarına maruz kalma riskini önlemek, bu riskleri azaltmak ve korunmasını sağlamak için giyilen giysi çeşitleridir. Koruyucu giysilerin üretiminde dokuma ve örme kumaşların yanında dokusuz yüzeyler de kullanılabilir.

Koruyucu tekstillerin belirli performans özellikleri olmalıdır. Kullanılan tekstil malzemeleri insan, giysi ve çevre koşullarına göre belirlenmektedir. Giysiler fonksiyonellik özelliğinin yanında konfor özelliklerine de sahip olmalıdır. Giysi insan vücudu ile çevre arasında bir ara yüz oluşturmaktadır ve kişinin zararlı tehlikelere maruz kalmasını önlemek için bir engel görevi görmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde koruyucu giysiler dört işlevi yerine getirmektedir:

- Koruma: kullanıcıyı çevresel tehlikelerden korumaktadır.
- Giysi konforu: dokunsal ve termal konfor dâhil olmak üzere insan rahatlığını sağlamaktadır.
- Hareketlilik: kullanıcı hareket halindeyken onu engellememelidir.
- Dayanıklılık: giysi kullanıcıyı korurken dış etkenlere karşı dayanımı da yüksek olmalıdır ve bozulma yaşamamalıdır (Ningtao, 2019).

Koruyucu giysiler, temel olarak estetik veya dekoratif özelliklerinden ziyade performans ve fonksiyonellik özellikleri ön planda tutulan tekstil bazlı ürünleri içeren teknik tekstillerin önemli bir parçasıdır (Byrne, 1997). Koruyucu giysiler çeşitli çevresel tehlikelere karşı gruplandırılmaktadır. Bu çevresel tehlikeler fiziksel durumlarına göre aşağıda listelenmiştir:

- Mekanik tehlikeler: aşınma, kesilme, delinme, yüksek hızlı mermi çarpması, düşük hızlı çarpma, patlama parçası.
- Isıl tehlikeler: alev, yangın, ısı (kızılötesi ısı, radyasyon ısı, sıcak gazlar, buhar, sıcak sıvı), ultraviyole (UV) maruziyeti ve soğuk (rüzgâr, buz, kar, derin deniz suyu, dış hava, sıvı gazlar, soğuk yüzey ve katı malzemeler).
- Su: yağmur, kar, deniz suyu, atık su, buz, su buharı.
- Kimyasal tehlikeler: yağ, benzin, çözücü, boya, alkali, asitler, tuz, ağır metaller, toksik, yanıcı, patlayıcı ve aşındırıcı kimyasallar.
- Biyokimyasal ve biyolojik tehlikeler: bakteri, virüs, kan, vücut sıvısı, ilaçlar.

- Elektrik tehlikeleri: yüksek voltaj, yüksek akım elektrik, yıldırım, elektrik kıvılcımı.
- Elektromanyetik dalga tehlikeleri: kızılötesi, UV, lazer, görünmez ışık, güneş ışığı, yüksek yoğunluklu ışık (SW, MW, LW, UH, UVW).
- Akustik tehlikeler: alçak ve yüksek frekanslı gürültü, ultrason, patlayıcı dalgalar, gök gürültüsü.
- Radyoaktif tehlikeler: X ışını, beta ışını, gama ışını, protonlar ve nötronlar, negatif elektron ışınları.
- Endüstriyel tehlikeler: Sıcak metal sıvılar, kaynak arkı ve kıvılcım (Ningtao, 2019).

Kişisel koruyucu giysiler bu tehlike ve koruma durumlarına göre Şekil 2.1'deki gibi sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırmalarda teknik ve koruma gereksinimlerine bağlı olarak mesleki ve uygulama alanları değişmektedir. Son kullanım alanlarına bağlı olarak; endüstriyel koruyucu tekstiller, tarımsal koruyucu tekstiller, askeri koruyucu tekstiller, sivil koruyucu tekstiller, tıbbi koruyucu tekstiller, spor koruyucu tekstiller ve uzay koruyucu tekstilleri olarak sınıflandırılmaktadır. Kişisel koruyucu tekstiller ayrıca termal (soğuk-sıcak) koruma, aleve karşı koruma, kimyasal koruma, mekanik darbe koruması, radyasyondan korunma, biyolojik koruma, elektrik koruması ve kullanıcı görünürlüğü gibi son kullanım fonksiyonlarına göre de sınıflandırılabilir (Jhaase, 2005).



Şekil 2.1. Koruyucu giysilerin sınıflandırılması

Koruyucu giysiler, genellikle uluslararası düzenleyici kurumlar tarafından öngörülen şart ve taleplere uyularak çalışanın güvenliğini arttırmak için tasarlanmaktadır. Giysi, insanları çevre ve çevre koşullarından korumada önemli bir rol oynamaktadır. Giysinin performansı bu noktada önemli bir faktördür. Kişisel koruyucu ekipmanlar (KKE) insan vücudunu çevresel tehlikelerden korumak için ceketler, pantolonlar, yelekler gibi koruyucu giysiler ve kask, maske, önlük, eldiven, çorap, ayakkabı gibi yardımcı ekipmanlardan oluşmaktadırlar. KKE kullanım sırasında fiziksel kısıtlamalara, elektriksel, ısı, kimyasal, biyolojik tehlikelere sebebiyet verebilmektedir. KKE rüzgâr, soğuk hava, yağmur, yangın ve benzeri çeşitli doğal tehlikelerden korunmak için gereklidir (Paul, 2019).

Bu giysilerin özellikleri kullanıldıkları endüstrinin ihtiyaç ve beklentilerine göre değişmektedir. Literatürde koruyucu giysilerin kullanım iş ve faaliyet tipleri; polis, güvenlik görevlileri, dağcılık, mağaracılık, tırmanma, kayak, uçak personeli (askeri ve sivil), askerler, denizciler, denizaltıcılar, dökümhane ve cam işçileri, itfaiyeciler, su sporları, kış sporları, ticari balıkçılar ve dağcılık, deniz dibi petrol ve benzin ekipmanı işçileri, sağlık ve bakım, yarış sürücülere, astronotlar, kömür madenciliği ve sağlık depo işçileridir. Koruyucu tekstil ürünleri mesleki tehlikelerin azaltılması, sağlık, güvenlik ve iş gücünün korunmasının güvence altına alınması açısından önemli bir alandır. Oluşabilecek riskleri aza indirirken insanların tehlikeye maruz kalma derecelerini azaltmaktadır. KKE'in, termal veya yangın tehlikesi altında yüksek termal koruma performansına sahip olması beklenmektedir. Aynı zamanda, çevre koşullarına göre kullanıcının vücudunu, metabolik ısıyı ve ter buharını etkili bir şekilde düzenlemelidir. Bu düzenleme, kullanıcıya yüksek termofizyolojik rahatlık sağlamaktadır. Bu işlevsel performansın yanı sıra, uygun renkler ve tasarımlar gibi bazı estetik özelliklere de sahip olması gerekmektedir (Horrocks ve Anand, 2000).

## **2.1. Isı ve Alev Karşı Koruyucu Giysiler ve Gereksinimleri**

Isı ve alev karşı koruyucu giysiler, kullanıcıların çalışma şartlarında ısı, alev ve radyan ısıya maruz kalabileceği durumlarda uzun süreli koruma sağlamaktadır. Güç tutuşur olduğu gibi insan vücudu arasında bir bariyer görevi görmektedir. Bu, kişilerin uzun süre alev maruz kalması durumunda önemli faktörlerdir. Bu tip giysiler genellikle mesleki giysilerde kullanılmaktadırlar. Aramid gibi kendiliğinden güç tutuşur veya güç tutuşur bitim işlemleri yapılmış malzemeler bu tip ürünlerde yaygın olarak

kullanılmaktadır. Isı ve alev karşı koruyucu giysilerin temel amacı kişilerin tepki verebilmesi ve kaçması için yeterli zamanı sağlamak ve insan vücudunun ısınma hızını azaltmaktır. Meslek gruplarının maruz kaldıkları ısı, alev koşulları ve çalışma ortamında üretilen ısı miktarı koruyucu giysilerin tasarımları için önemli faktörlerdir. Meslek gruplarının maruz kaldıkları ısı ve alev tehlike durumlarına göre gruplandırılması Tablo 2.1’de gösterilmiştir (Horrocks ve Anand, 2000).

**Tablo 2.1.** Isı ve alev karşı koruma gerektiren meslek gruplarının maruz kaldığı tehlike derecelerinin değerlendirilmesi

Endüstri	Alev	Isıl temas	Yayılan ısı ışınlanması
Dökümhane (çelik imalat, metal dökme, demircilik, cam imalat)	●	●●	●●
Mühendislik (kaynak, kazan kesim işi)	●	●	●
Yağ, gaz ve kimyasal maddeler	●	●	●
Cephane ve fişçilik	●	●	●
Havacılık ve uzay	●	●	●
Askeri	●●	●	●
İtfaiyeciler	●●	●	●

●● Tehlike    ● İkincil tehlike    ● Önemsiz - tehlikesiz

Meslek grupları değerlendirildiğinde tehlike durumunda askeri ve itfaiyecilerin en fazla aleve maruz kalan grup olduğu, dökümhane çalışanlarının ise ısıl temas ve yayılan ısı ışınlanmasına maruz kaldıkları görülmektedir. Çalışma sürecinde maruz kalınan termal tehlikeler kişilerin hastalanmasına veya ölümlerine sebebiyet vermektedir. İnsan cildi, konfor şartları, giysi ve insan arasındaki uyum ve çalışma ortamı önemli faktörlerdir. Isı ve alev karşı koruyucu giysiler çeşitli meslek gruplarını farklı tehlikelere karşı korumaktadır. İnsan derisinin yangın durumlarında maruz kaldığı meydana gelebilecek termal riskler genellikle şunlar olabilmektedir:

- Isı ve alev (konvektif ısı),
- Isıl temas,
- Radyan ısı,
- Kıvılcım ve erimiş metal damlaması,
- Sıcak gazlar ve buharlar (Bajaj, 1992).

Genellikle acil durum müdahalelerinde itfaiyeciler, askeri personel ile yangın, elektrik ve erimiş malzemelerin teması gibi tehlikelere maruz kalan çalışma

ortamlarındaki kişiler tarafından kullanılmaktadır. Bu meslek gruplarında kullanılan kumaş ve içerikler değişiklik göstermektedir. Koruyucu giysilerin termal performansını etkileyen belirli parametreler ve özellikleri vardır. Bunlar;

- Lif ve iplik,
- Kumaş yapısı (dokuma ve örme kumaşlar, dokusuz yüzeyler),
- Kompozit tekstil malzemeleri,
- Lamine ve kaplamalı kumaşlar,
- Tekstil takviyeli kompozit malzemeler,
- Bitim işlemleridir (Rossi, 2014).

Isı ve alevden koruyucu giysiler genellikle belirli katmanlardan ve özelliklerden oluşmaktadır. İtfaiyeciler gibi çalışma şartlarına sahip olanlarda üç katmandan oluşurken endüstriyel amaçlar için çalışılıyorsa iki katmandan oluşmaktadır. Çalışma şartlarına göre değişen ısı ve alev, mekanik ve sıvı koruması için gereklilikler performans özelliklerini etkilemektedir.

Isı ve alevle karşı koruyucu tekstil materyallerinin seçiminde aşağıdaki noktalar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Tekstil materyalinin termal veya yanma davranışı,
- Kumaş yapısının ve giysi şeklinin yanma davranışı üzerine etkileri,
- Zehirli olmayan, duman açığa çıkarmayan güç tutuşur katkı maddeleri veya kimyasalların seçimi,
- Koruyucu giysilerin kullanım ve rahatlık özelliklerine bağlı olarak tasarımları,
- Tutuşma kaynağının yoğunluğu,
- Oksijen tedarikidir (Horrocks ve Anand, 2000).

Isı ve alevle karşı koruyucu giysiler ISO, ASTM veya CEN 'in özel uluslararası veya bölgesel standartlarına göre tanımlanmaktadır. ISO'da ısı ve alevle karşı koruyucu giysi türleri teknik komite, alt komite, çalışma grupları tarafından geliştirilmektedir. Bu çalışma grupları kullanılan malzeme özelliklerini değerlendirmekte ve koruyucu giysiler için minimum performans gereksinimlerini sağlayacak standartlar geliştirmektedir (Rossi, 2014).

Isı ve alev koruma sürecinde ısı ve su buharı geçirgenliği olmadığı durumlarda vücut ısısı yükselebilmekte ve kişi ıslanabilmektedir. Termal parametreler insanlarda olumsuz psikolojik ve fizyolojik etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle herhangi bir

rahatsızlık oluşturmadan giyilebilecek termal performansı daha yüksek koruyucu giysiler geliştirmek için çalışmalar yapılmaktadır.

## **2.2. Isı ve Alev Koruması için Uygun Lif Seçimi ve Liflerin Termal Davranışı**

Isı, fiziksel ve kimyasal olarak tekstil materyalleri üzerine etki etmekte ve değişikliklere yol açmaktadır. Kimyasal değişiklikler termal parçalanmanın gerçekleştiği piroliz sıcaklığında oluşurken, fiziksel değişiklikler camlaşma noktası ve erime noktası sıcaklığında meydana gelmektedir. Tekstil liflerinin tutuşması ısınma, yakıt oluşumuna yol açan parçalanma, tutuşma ve alev ilerlemesini içeren karışık bir prosestir. Koruyucu giysilerde, alev kaynağının düşük tutuşma ve materyalin tutuşma sürecinde düşük ısı çıkışı ile yavaş yayılma eğilimi göstermesi beklenmektedir. Naylon, polyester ve polipropilen gibi termoplastik liflerden yapılmış kumaşlar bu gereksinimleri karşılamamaktadır. Çünkü lifler büzüşerek alevden uzaklaşmakta ve yayılma hızı düşük bir halde damlama yaparak ayrılmaktadır. Koruyucu giysilerde yalıtım ve ısıya karşı koruma önemli faktörlerdendir. Ama bununla birlikte yüksek boyutsal dayanım gibi gereksinimler de önemlidir. Isı akışı sırasında erime, çekme, bozuşma sonrasında kömürümsü bir kalıntı oluşması beklenmektedir. Tüm bu faktörler termoplastik lifler tarafından karşılanmamaktadır. Aramid lifleri (örneğin Nomex, Du Pont), güç tutuşur pamuk veya yün, modakrilik lifleri gibi güç tutuşur özelliğe sahip lifler kullanılmaktadır. Yüksek oksijen indekslerine ve yüksek termal dayanımlarına rağmen aramid liflerinin, yüksek iletkenlikleri sebebiyle, dökülme-metal eriyiği sıçramalarına karşı cilt yanıklarının oluşumunu engellemeye uygun olmadıkları da belirtilmektedir (Bajaj, 2000). Tüm bu özellikler:

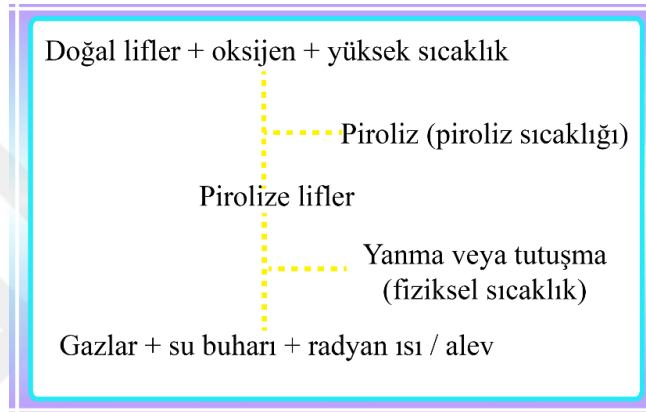
- Bozunma şekli,
- Bozunma ürünlerinin (katı, sıvı ve gaz) yapısı,
- Lifin kimyasal yapısı,
- Kumaşa uygulanan kaplama veya terbiye işlemlerinin cinsine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Oksijen varlığı alevli veya alevsiz bozunmaya sebep olmaktadır. Ortam ısısı termal bozunma için gerekli ısı seviyesinden daha yüksek olduğunda tutuşma ilerleyerek liflerin tamamen bozunmasına neden olmaktadır (Horrocks, Hall ve Roberts, 1997). Lif, kumaş ve terbiye özellikleri termal performansı etkilemektedir. Isı altında izole edici kömürümsü kalıntı bırakan pamuk, yün gibi diğer erimeyen liflerden yapılmış kalın



kumaşlar daha iyi termal koruma sağlarken, termoplastik liflerden yapılmış kalın kumaşlar önemli derecede yanıklar oluşturmaktadırlar.

Liflerin ortak özelliklerinden biri oksijen ve yüksek sıcaklık varlığında yanma reaksiyonu göstermesidir. Doğal ve sentetik lifler değerlendirildiğinde doğal lifler oksijen varlığında, yüksek sıcaklıklarda pirolize olmaya başlamaktadırlar. Oksijen kaynağının devam etmesi ve sıcaklığın artması durumunda bir süre sonra tutuşmaya ve yanmaya başlamaktadırlar. Yanma sırasında gaz halinde maddeler, su buharı, radyan ısı ve alev oluşturmaktadırlar (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Doğal liflerin oksijen ve yüksek sıcaklık altındaki davranışı

Sentetik lifler ise genellikle termoplastik yapıdadırlar ve yüksek sıcaklıklarda yumuşarlar. Bu durum camsı geçiş sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır. Lif erime sıcaklığında erir ve daha sonra piroliz sıcaklıklarında bozunur. Sentetik lifler yanma ve tutuşma sıcaklıklarında tutuşmakta ve yanmaktadırlar (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Sentetik liflerin oksijen ve yüksek sıcaklık altındaki davranışları.

Bir malzemenin tutuşması için gereken asgari oksijen oranı (%) limit oksijen indeksi (LOI)olarak ifade edilmektedir. Genel olarak doğal veya sentetik bir lifin LOI değeri > %25 ise bu lif güç tutuşur olarak kabul edilir. Doğal ve rejenere (yün, pamuk ve viskon gibi) veya sentetik (polyester, naylon ve akrilik gibi) lifler kolaylıkla bozunma veya yumuşama durumuna geçebilmektedir. Bu liflerin LOI değerleri yün dışında %25'ten daha düşüktür. Kimyasal modifikasyonlarla doğal lifler için piroliz sıcaklığı ve sentetik lifler için camsı geçiş sıcaklığı arttırılabilmektedir. Bu tür liflere kimyasal modifikasyonlarla oluşturulmuş güç tutuşur lifler denir (Bourbigot, 2008). Tablo 2.2'de yaygın kullanılan bazı liflerin termal ve güç tutuşurluk özellikleri (camlaşma, erime noktaları, piroliz ve tutuşma sıcaklıkları) verilmiştir.

**Tablo 2.2.** *Liflerin termal ve güç tutuşurluk özellikleri*

Lif	Tg (°C) Camlaşma	Tm (°C) Erime	Tp (°C) Piroliz	Tc (°C) Tutuşma	LOI (%)
Yün	-	-	245	600	25
Pamuk	-	-	350	350	18.4
Viskoz	-	-	350	420	18.9
Triasetat	172	290	305	540	18.4
Naylon 6	50	215	431	450	20-21.5
Naylon 6.6	50	265	403	530	20-21
Poliester	80-90	255	420-477	480	20-21.5
Akrilik	100	>320	290	>250	18.2
Polipropilen	-20	165	469	550	18.6
Modakrilik	<80	>240	273	690	29-30
PVC	<80	>180	>180	450	37-39
PVDC	-17	180-210	>220	532	60
PTFE	126	>327	400	560	95
Yükseltgenmiş akrilik	-	-	> 640	-	55
Nomex	275	375	310	500	28.5-30
Kevlar	340	560	590	>550	29
PBI	>400	-	>500	>500	40-42

Tg: camlaşma noktası  
Tm: erime noktası  
Tp: piroliz sıcaklığı  
Tc: tutuşma sıcaklığı

Isı ve aleve karşı koruyucu, güç tutuşur lifler iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Aramid, modakrilik, polibenzimidazol (PBI), Panox (Yükseltgenmiş akrilik) veya yarı

karbon, fenolik amyant, seramik vb. gibi kendiliğinden güç tutuşur lifler ve kimyasal olarak modifiye edilmiş lifler ve kumaşlar (güç tutuşur pamuk, yün, viskon ve sentetik lifler) olarak değerlendirilmektedir (Tablo 2.3).

**Tablo 2.3.** Isı ve alev karşı koruyucu, güç tutuşur liflerin sınıflandırılması

Kendiliğinden güç tutuşur lifler	Kimyasal modifikasyon ile elde edilmiş güç tutuşur lifler
Aramid Lifleri	Güç tutuşur viskoz lifleri
Polibenzimidazol lifleri (PBI)	Güç tutuşur polyester lifleri
Poliamid-imid lifleri	Güç tutuşur akrilik/modakrilik lifleri
Poliimid lifleri	Güç tutuşur pamuk lifleri
Novoloid lifleri	Güç tutuşur yün lifleri
Polifenilen sülfür lifleri	
Klor lifleri	
Poliakrilat lifleri	
Yarı karbon lifleri	
Melamin lifleri	

İtfaiyeci giysilerinin üretiminde kendiliğinden güç tutuşur lifler tercih edildiğinden aşağıda bu lifler hakkında genel bir bilgi sunulmuştur.

## 2.2. İtfaiyeci Giysilerinde Kullanılan Güç Tutuşur Lifler

Isı ve alev karşı koruyucu giysiler geliştirilirken yüksek performans özelliklerine sahip tekstil lifleri kullanılmaktadır. Bu liflerin en önemli özelliklerinden bir tanesi güç tutuşur olmalarıdır. Polyester, poliamid, viskon gibi kimyasal liflere de üretimleri sırasında veya sonrasında güç tutuşur katkı malzemeleri ile güç tutuşur özellik kazandırmak mümkündür. Ayrıca güç tutuşur apre kimyasalları ile doğal, kimyasal veya bunların karışımlarından yapıla kumaşlara güç tutuşur özellik kazandırılabilir.

Ancak bu şekilde üretilen kumaşların yıkama dayanımları düşüktür. Kendiliğinden güç tutuşur liflerin ise yıkanma dayanımı daha yüksektir ve güç tutuşurluk özelliklerini kaybetmemektedirler. Genel olarak kendiliğinden güç tutuşur liflerin LOI değerleri de apre ile güç tutuşur hale getirilmiş kumaşların LOI değerlerinden daha yüksektir.

Kimyasal modifikasyon ile elde edilen güç tutuşur lifler yavaş yanma özelliğine sahip olsalar da kendi kendilerine sönmezler. Bu yüzden itfaiyeci giysilerinde yoğun termal ortam ve durumlara maruz kalındığı için kendiliğinden güç tutuşur lifler kullanılır (Song , Mandal ve Rossi, 2017).

Genel olarak kullanılan kendiliğinden güç tutuşur lifler aramid, polibenzimidazol, poliamid-imid, poliimid, novoloid, polifenilen sülfür, klor, poliakrilat, yarı karbon ve melamin lifleridir. Cam ve seramik gibi doğal olarak kendiliğinden güç tutuşur lifler de vardır. Yüksek performanslı ısı ve alevden koruyucu giysi geliştirmek için lif özellikleri çok iyi değerlendirilmelidir (Serge ve Xavier, 2002).

Cam lifleri 450 °C'a ulaşan bir ısı dayanımına sahiptir. Eğrilebilirler, örgü veya şerit haline getirilebilirler ve kauçuk poliakrilat veya silikonlar ile kaplanabilirler. Fakat ciltte tahriş oluşturabildikleri için koruyucu giysi yapısında kullanımları pek mümkün değildir. Seramik lifleri ise SiC, silikon veya bor nitrit, polikarbosilikonlar, alümina vb. gibi liflerdir. Bu lifler 1000-1400 °C sıcaklığa kadar dayanıklıdır. Seramik liflerinin aşındırıcı olmaları ve işlendikleri makineleri çok hızlı şekilde yıpratmaları olumsuz yönleridir.

Güç tutuşur liflerin termal akış ve iletkenlik özelliğine sahip olması yalıtım için önemli faktörlerdir. Silika bazlı lifler yüksek termal iletkenliğe sahiptir. Bu özellikler bazı durumlarda ısıyı dağıtma açısından olumlu etkileyebilmektedir. Ancak ısının kişiye doğrudan iletim yoluyla aktarıldığı durumlarda cildi koruma yerine ciddi yanık yaralanmalarına yol açmaktadır. Bu sebepler göz önünde bulundurulduğunda ısı ve alevden koruyucu giysilerin yapımında kullanılacak lif seçimi iş alanı ve kişinin maruz kaldığı termal ortamlara bağlı olarak ısı iletim yöntemleri ile değerlendirilmektedir. Doğrudan iletim, konveksiyon ve radyasyon yoluyla gerçekleşme durumları önemli iletim yollarıdır. Bu faktörler lif seçimi, işleme ve estetik özellikleri kullanım alanlarını doğrudan etkilemektedir (Bajaj, 2000). Isı ve alev karşı koruyucu lifler aşağıda daha detaylı olarak incelenmiştir.

Aromatik poliamid (aramid) liflerinin sıcaklığa karşı dayanımları yüksektir. Meta-aramid lifleri yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve iyi mukavemet değerlerine sahiptir. İlk ticari liflerden birisi Nomex/DuPont'tur. Yüksek bozunma sıcaklığı olan bu lifler erimezler. 250 °C'ta 100 saat bırakılan bir Nomex lifinin kopma mukavemeti işlem öncesinin %65'i kadardır. 400 °C'da erime olmadan kömürleşme olmaktadır. Savaş pilotları, tank mürettebatı, astronotlar, itfaiyeciler, yarış pilotları gibi belirli endüstrilerde

çalışanların koruyucu giysileri için çeşitli meta-aramid lifleri geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak Nomex (Du Pont), Conex (Teijin), Fenilon (Rus) ve Apyeil (Unitika) verilebilir. Balistik ve alev koruyucu malzeme ve giysiler için para-aramid lifleri kullanılmaktadır. Para-aramid lifleri çok yüksek termal dayanıma sahiptir. Kesilme, aşınma, ısıya karşı dayanımı yüksek, konforlu ve hafiftirler. Bunlara örnek olarak Kevlar (Du Pont), Twaron (Akzo Nobel) ve Technora (Teijin) verilebilir. Sıcak gaz filtrasyonu ve termal yalıtım için meta aramid non-wovenlar kullanılmaktadır. Isıdan koruyucu giysi yapılarında da genellikle meta-aramidler kullanılmaktadır. Aramid karışımları da bu tip ürünlerde kullanılabilir. Örneğin X-fire® ticari isimli kumaş 1.200 °C'da 40-60 saniye süreyle dayanım gösteren Teijin Conex (meta-aramid) ve Technora (Para-aramid) liflerinin karışımından yapılır. Nomex, FR yün ve FR viskon karışımı kumaşlar da bulunmaktadır. Karvin (Du Pont), %30 Nomex, %65 FR viskon ve %5 Kevlar karışımından üretilen bir ticari kumaş örneğidir.

Poli (amid-imid) lifleri Kermel adı altında üretilmektedir. İtfaiyeciler ve yangın riskinin olduğu yerlerde çalışan askeri personel için bu liflerden yapılmış ürünler geliştirilmiştir. 250 °C' a kadar uzun süreli olarak dayanım sağlamaktadır. 250 °C' da 500 saat bekletilme durumunda %33 mekanik özelliklerinde kayıp görülmüştür. %25-50 Kermel-FR viskon lif ve %30-60 yün karışımları da bulunmaktadır. Metal endüstrisinde 50-50 karışımlar daha iyi sonuçlar vermektedir.

Polibenzimidazol (PBI) lifleri 3-5 sn. gibi kısa süreli temaslarda 600 °C'a, daha uzun sürelerde ise 300-350 °C' a dayanıklılık göstermekte ve pamuktan daha fazla nem absorblamaktadır. LOI değeri %41'dir ve diğer aramid liflere göre performans seviyesi daha yüksektir. Uçak koltuklarında kumaş ile sünger arasında, itfaiyeciler ve yarış arabaları sürücülerinin giysilerinde kullanılmaktadır. Yapılan giysilerin kullanımları değerlendirildiğinde %100 pamuğa eşdeğer giyim konforu gösterdiği gözlemlenmiştir. PBI Gold 950 °C ani alev koşullarına, yırtılma ve delinmeye karşı dayanıklıdır.

Poli (fenilensülfür) lifleri normal atmosfer koşullarında tutuşmayı desteklemez ve kimyasal dayanımı, fiziksel özelliklerini koruma yeteneği koruyucu giysiler için önemlidir.

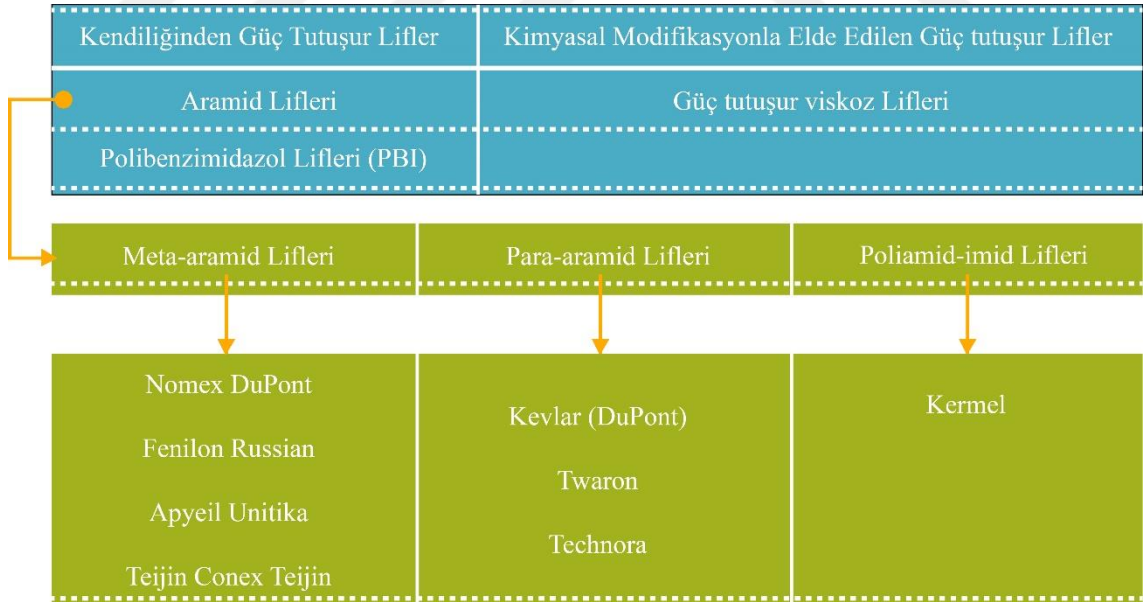
Poliakrilat lifleri aleve maruz kaldıklarında erimez ve tutuşmaz. Düşük mukavemet ve kırılma eğilimine sahip olduğu için dokusuz yüzeylerde kullanılırken kumaşların dayanımını etkilediği için bazı konfeksiyon ürünleri için uygun değildirler.

Yarı karbon lifleri viskon ve akrilik liflerinin termal işlemi ile üretilmektedir. Çok iyi ısı dayanımlarına sahiptirler, yanmaz, erimez ve kızgın metal sıçramalarına karşı dayanıklıdırlar.

Fenolik veya novoloid liflerden (Kynol) yapılmış kumaşlar duman ve zehirli gaz çıkarmadan yavaşça karbonize olmaktadır. Zayıf mukavemeti ve aşınma özellikleri yüzünden elbise yapımında kullanım için tercih edilmemektedir. Koruyucu giysi üretiminde mekanik özelliklerini yükseltmek için meta-aramid veya FR viskon lifleri ile karıştırılabilmektedir (Horrocks ve Anand, 2000).

Kimyasal modifikasyonla elde edilen güç tutuşur viskon liflerine halojen, azot ve fosfor içeren katkı malzemeleri ile güç tutuşur özellik katılmaktadır. Nomex ve PBI lifleri ile belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadırlar. Durvil, güç tutuşur viskon kesikli liflere örnek olarak verilebilir. Performans özellikleri güç tutuşur pamuktan % 70 daha yüksekken Nomex, PBI ve yün gibi liflere göre daha kötüdür.

İtfaiyeci giysilerinde tercih edilen lifler çoğunlukla aramid lifleri (örneğin Nomex ve Kevlar), güç tutuşur viskon lifleri, Poliamid-imid lifi (Kermel ), Polibenzimidazol lifleri (PBI) ve bu liflerin farklı kombinasyonlarıdır (Şekil 2.4.).

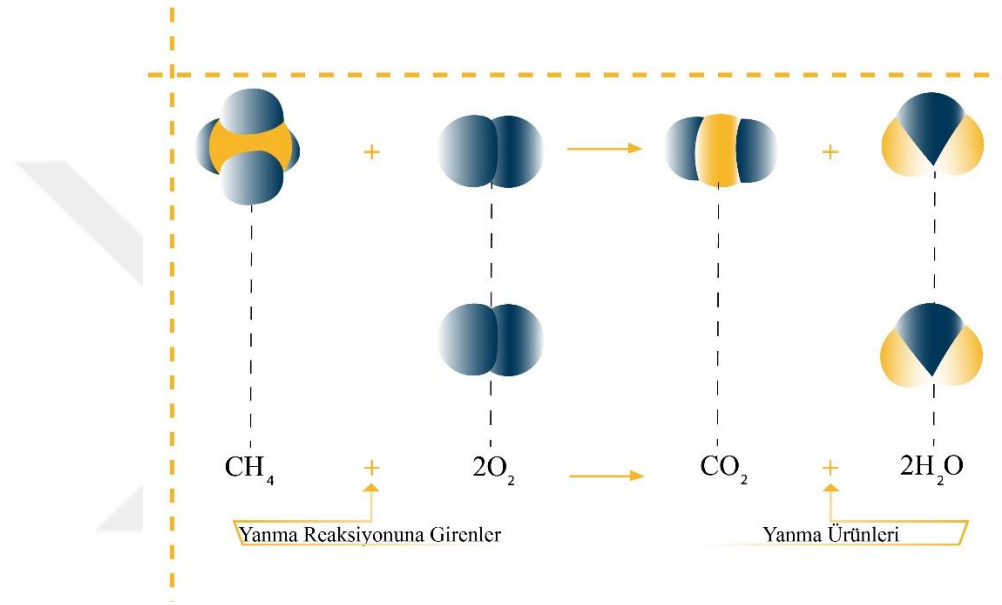


**Şekil 2.4.** İtfaiyeci giysilerinde kullanılan güç tutuşur lifler ve ticari isimleri

### 3. YANMA VE YANGIN

Yanıcı maddelerin, oksijenle birlikte yeterli ısı koşullarında kararlı bir ekzotermik zincirleme reaksiyonuna girmesine yanma denir. Kontrollü gerçekleşen yangın olarak da isimlendirilebilir. Pişirme, metal eritme, ısıtma vb. gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Yanma, ısı ve ışığın gözlemlendiği kimyasal olaylar olarak nitelendirilmektedir. Fakat yanma tepkimeleri maddelerin oksijenle verdikleri tepkimelerdir. Yanma reaksiyonu Şekil 3.1’de şematik olarak gösterilmiştir.



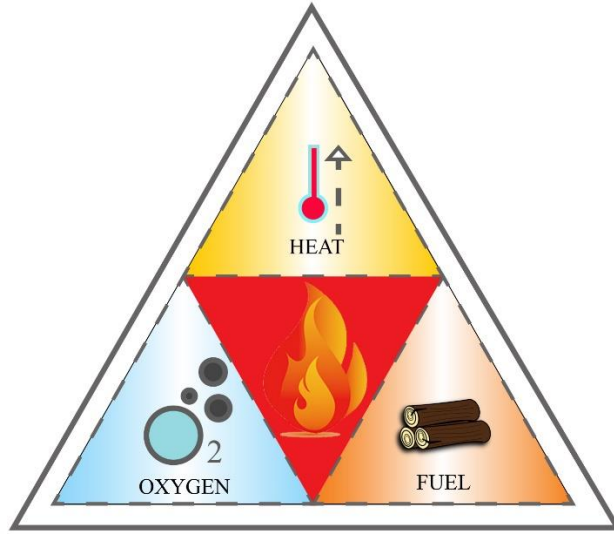
Şekil 3.1. Yanma reaksiyon denkleminin şematik gösterimi

Kontrollü alev yanıcı madde (katı, sıvı veya gaz), ısı ve oksijeni kapsayan üç bileşenin kimyasal reaksiyonu vasıtasıyla üretilir. Yanıcı maddenin tutuşma sıcaklığına kadar ısıtılıp ortamdaki oksijen ile tepkimeye girmesiyle oluşan ekzotermik bir reaksiyondur.

Reaksiyon hızı yanıcı maddeler ve oksijen miktarı ile birlikte artış göstermektedir. Çeşitli durumlarda yanıcı maddelerin fiziksel özellikleri bu hızı kontrol eder. Örneğin; yanıcı bir maddenin nem içeriği, özellikle kontrollü bir ateşin başlangıcında en önemli özelliklerden biridir. Hızlı tepki aşamasında, kontrollü ateş, çevredeki bölgelere doğru hızla yayılabilir ve kontrolsüz ateşli bir yangına dönüşebilir.

Yangın, yanıcı maddelerin (katı, sıvı ve/veya gaz halindeki maddelerin) çevresine değişik oranlarda ısı ve ışık yayarak kontrol dışı yanması olarak tanımlanmaktadır. Yangının meydana gelebilmesi ve sürebilmesi için üç ana unsurun bulunması

gerekmektedir. Yangın üçgenini oluşturan bu unsurlar Şekil 3.2’de de görüldüğü üzere; yakıt (yanıcı madde), ısı (ateşleme) kaynağı ve oksijendir.



Şekil 3.2. Yangın üçgeni

Yangın belirli aşamalarda gerçekleşmektedir. Bu aşamalar yangının evreleri olarak tanımlanmaktadır. Yangın evreleri başlangıç, gelişme ve sonuç safhalarında ayrı ayrı davranış biçimleri ve tehlikeler oluşturmaktadır.

Başlangıç safhasında oksijen yeterli fakat ısı yetersiz olduğundan tam yanma olmamaktadır. Yarım yanmış gazlar sıcaklıklarından dolayı yükselir ve uygun oksijen + sıcaklık oranını bulduklarında kısa süreli olarak alevli bir şekilde yanar. Yangının ilk 5 dakikasında sıcaklık 500 °C’ye çıkabilmektedir.

Denge safhasında ısı ve oksijen yeterlidir. Duman az ve hemen hemen tam yanma olmaktadır. 700-800 °C’lere yükselen sıcak hava konveksiyonla odada dolaşarak bütün yanıcı maddeleri tutuşma sıcaklığına yükseltmektedir. Tüm maddeler tutuşmaktadır. Yangının yayılması ile birlikte ortamdaki oksijen hızla azalmaktadır. Bu ani reaksiyon ‘yanıp sönme’ olarak tanımlanmaktadır ve bu reaksiyonun gerçekleşmesi için gereken süre takribi 4-6 dakikadır.

Alevli yanma safhası sıcaklığın 1.200 °C’ye ulaştığı yangının en kuvvetli ve müdahalesi en zor olan sürecidir.

Yangın patlaması tehlikesi olan sıcak tütme safhasında, sobanın gece uyutulmasına benzeyen ve korlaşma safhası da denilen bu aşamada ısı yüksektir. İlerleyen yangın oksijeni azalttığından oksijen yetersizdir ve yarım yanma yani sıcak tütme devam etmektedir. Yangının zayıflama evresinde ortam sıcaklığı bir süre sonra tekrar 700-800°C



civarına iner. Odayı basınçlı bir şekilde bu yarım yanmış gazlar doldurmakta ve kapı pencere açıldığında oksijen girmekte ve patlama gerçekleşmektedir. Müdahale esnasında çok dikkatli olunması gereken dönemdir. Bu aşamanın sonunda yangın sönmektedir.

Yangının oluşum ve bitim safhasına kadar olan süreç termal çevrenin yoğunluğunu etkiler. Genellikle termal yoğunluk, ortamda bulunan çeşitli yanıcı, yarı yanmaz veya yanıcı olmayan maddelerin moleküllerinin ortalama kinetik enerjisini ölçen sıcaklık ile tanımlanmaktadır. Termal çevrenin yoğunluğu herhangi bir yangın tehlikesinin üç aşamasında değiştiği, hem sıcaklığın ( $^{\circ}\text{C}$ ) hem de ısı akısının ( $\text{kW/m}^2$ ) zamana göre değişebileceğini göstermektedir (Barnett, 2002).

### 3.1. Yangınlar ve Termal Ortamlar

Yanma olayları kontrollü ve kontrolsüz olarak sınıflandırılmaktadır. Kontrollü yanma pişirme, metal eritme, ısıtma gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Yanıcı madde katı, sıvı, gaz olabilir ve oksijen içinde tutuşma sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta yanabilmektedir. Reaksiyon hızı, yüksek miktarda yanıcı madde ve oksijen beslenmesiyle artmaktadır. Yanıcı maddelerin fiziksel özellikleri reaksiyon hızını kontrol etmektedir. Hızlı reaksiyon aşaması sırasında, kontrol edilen yanma çevre bölgelere doğru hızla yayılabilmekte ve kontrolsüz yangına dönüşebilmektedir. Kontrol dışına çıkmış yanma olayına yangın denir. Yangın nedenleri genel olarak aşağıda listelenmiştir:

- Bilgisizlik
- Dikkatsizlik ve İhmal
- Tedbirsizlik
- Sıçrama (Çevredeki Yangından Sirayet)
- Sabotaj
- Tabiat Olayları
- Kazalar

Yangınlar dört şekilde sınıflandırılmaktadır. Bunlar A (katı), B (sıvı), C (gaz), D (hafif metal) olarak değerlendirilmektedir.

- A sınıfı yangınlar, metaller dışında odun, tekstil malzemeleri, ham mamul, kağıt, pamuk ve saman gibi korlu yanan katıların yangınlarını kapsamaktadır. Yanma yangınların bir kısmında yüzeysel olarak gerçekleşir.

- B sınıfı yangınlar, akaryakıt ve alkol gibi yanabilen sıvıların sebep olduğu yangınlardır.
- C sınıfı yangınlar, likit petrol gazı, havagazı, doğalgaz ve hidrojen gibi yanabilen gazların sebep olduğu yangınlardır. Hızlı karışım ve yayılma gösteren alevli, patlama ile karşılaşma ihtimali fazla olan tehlikeli yangın gruplarındandır.
- D sınıfı yangınlar, korlu ve alev oluşturmada ortalama 2000-2500 °C'de magnezyum, sodyum, potasyum, alüminyum gibi yanabilen metallerin sebep olduğu yangınlardır (Anonim, 2018).

Dünya çapında her yıl sayısız kontrol edilemeyen yangın yaşanmaktadır. İtfaiyecilerin çalışma koşulları ve yangınların en fazla yaşandığı yerler doğal alanlar, yapısal binalar ve araçlardır.

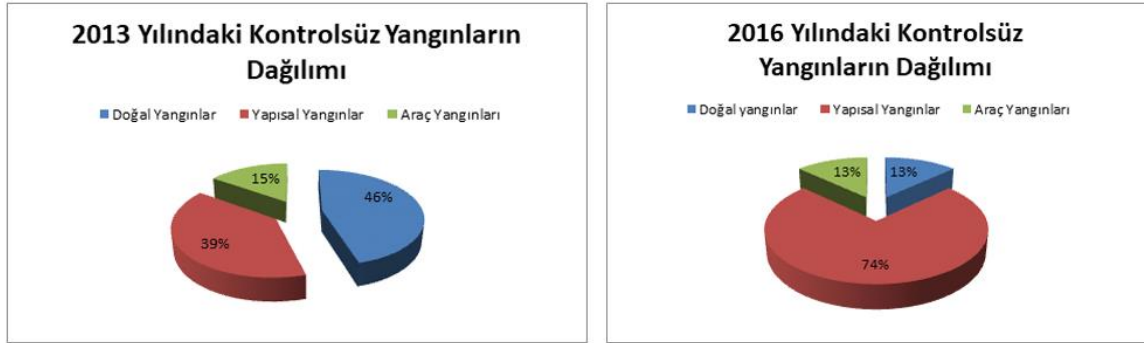
Doğal alan yangınları çok yaygındır. Orman yangınları, çalı yangınları ve vejetasyon yangınları olarak da bilinmektedirler. Doğal afetler örneğin; yıldırım, volkanik patlama ve kaya düşüşünden kaynaklanan kıvılcımlar nedeniyle kuru bitkiler alev alabilmekte veya insan hataları yangınlara sebebiyet verebilmektedir. Kontrolsüz bir şekilde gerçekleşen bu yangınlar kasıtlı olarak birçok alanın ekosisteminin dengelenmesi için kontrollü bir şekilde de çıkarılabilmektedir. Alevler nem içeriğine bağlı olarak geniş (1 m'den büyük) boyuttadır. Ayrıca bu tür yangınlar rüzgârlı koşullarda hızla yayılmakta ve rüzgâra bağlı olarak belirsiz bir şekilde yönleri değişebilmektedir. Araştırmacılar, orman yangınlarının her zaman rüzgâr yönünde ilerlediğini ve ormanlarda 10,8 km/sa, otlaklarda 22 km/sa hızla yayılabileceğini doğrulamıştır. Değişik faktörlere (örneğin yanıcı bitki örtüsünün nem içeriği ve rüzgâr hızı ve yönüne) bağlı olarak, orman yangınlarındaki sıcaklık ve ısı akışı sırasıyla 1.700 ° C ve 150 kW/m<sup>2</sup>'ye kadar ulaşabilmektedir. Sıcaklık yükselmeye devam ettiği sürece kurtulma imkânı olmamaktadır (Butler, 2010).

Çoğunlukla konutlar, ticari alanlar veya okul hastane gibi yapılar içerisinde ortaya çıkan yangınlar yapısal bina yangınları olarak tanımlanmaktadır. Bu tür yangınların yayılma oranları bina yapımında kullanılan malzemelerin türüne bağlı olarak değişmekte, alev derecesi ve ışınma oranı farklılaşmaktadır. Uluslararası bir kuruluş tarafından, yapısal yangınlar hatalı bir şekilde yapılmış bir duvar aracılığıyla grafiksel olarak modellenmeye çalışılmıştır. Hatalı bir şekilde inşa edilmiş bir binanın yapısal yangınları önemli ölçüde yayabilme imkânı olan önemli bir rüzgâr akışına izin verdiğini gözlemlemiştirlerdir

(Gallagher, 1993). Bu durumda alev sıcaklığı, sıcak yüzeyler, sıcak sıvılar, buhar ve gazlar canlı bir varlık için tehlike arz etmektedir ve sıcaklık 60-200 kW/m<sup>2</sup> ısı akısı ile 600 °C'nin üzerine çıkmaktadır.

Araç yangınları özellikle yüksek hızlı araçlar (yarış arabaları, uçaklar vb.) büyük miktarda yanıcı sıvı ve katı maddeler içerdiklerinden bu tip araçlar için oldukça risklidir. Yakıt sızıntıları hızlı bir şekilde tutuşmakta ve araç yangınları oluşmaktadır. Bu yangınlar arabaların kalıntılarının ve diğer parçalarının aşırı derecede ısınmasına bağlı olarak alevlerin yanı sıra radyant ısı üretmektedir. Araç gövdesi ve diğer parçaları, 60-80 kW/m<sup>2</sup> ısı akısı ile sıcaklık 1.000 °C'ye kadar yükselirse eriyebilmektedir (Song , Mandal, ve Rossi, 2017).

NFPA raporlarına göre, Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmada 2013 yılında 1.240.000'den fazla kontrol dışı yangın meydana gelmişken 2016 yılında bu sayı 1.342.000'a yükselmiştir (Haynes, 2017). 2013 ve 2016 yılındaki yangın çeşitleri Şekil 3.3.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. ABD'de 2013 ve 2016 yıllarında oluşan kontrolsüz yangınların dağılımı

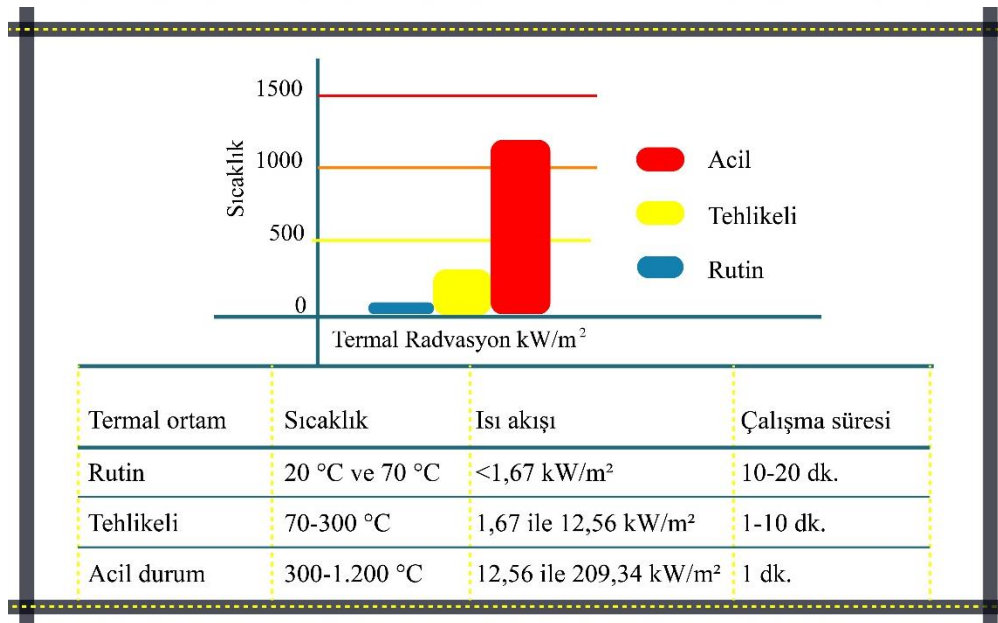
Yıllar arasındaki değişim incelendiğinde doğal yangınlarda %33, araç yangınlarında %2 azalma olurken yapısal yangın oluşumunda %35 artış görülmektedir. Bina yapı bozuklukları ve ihmallerinden kaynaklanabilen yapısal yangınlardaki artış genel dağılımda artış göstermektedir. Yangın birçok can güvenliğini tehdit eden tehlike oluşturduğu için birincil afet olarak sayılmaktadır. Bununla birlikte mal zararı, canlı kayıpları ve itfaiyecilerin maruz kaldığı termal ortam tehlikeleri artmaktadır.

### 3.2. İtfaiyecilerin Maruz Kaldıkları Termal Ortamlar

Termal ortamlardaki yoğunluklar yanıcı ve yanıcı olmayan maddelere bağlı olarak gaz, sıvı veya katı olarak termal enerji aktarım hızını tanımlayan ısı akısı ile temsil

edilmektedir (Lienhard, 2011). Termal ortam yoğunluğu yangın durumunda tehlike dağılımına göre sıcaklık (C°), ısı akısı (kW/m<sup>2</sup>) ve zamana bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İtfaiyeciler bu değişken sıcaklık ve ısı akısı koşullarında çeşitli yoğunluk özelliklerine sahip iş aktiviteleri gerçekleştirmektedir. Bunlar yangın söndürmek, yangın mağdurlarını ve mülklerini kurtarmak gibi çalışma şartlarıdır (Barnett, 2002; Williams, 1973).

İtfaiyeciler yangın tehlikesi altında çalışırken değişken sıcaklık ve ısı akılarıyla karşı karşıya kalmaktadırlar. Araştırmacılar tarafından itfaiyecilerin karşılaştıkları sıcaklık ve ısı akısı aralıkları ölçümleri farklı iş etkinliklerine göre değerlendirilmektedir. Bu durumda tespit edilen iş etkinlikleri ile birlikte kaydedilen sıcaklık ve ısı akısı aralığına dayanarak itfaiyecilerin karşılaştıkları yoğunlaştırılmış termal çevre üç kategoriye ayrılmaktadır. Bu sınıflandırılmış termal ortamların her biri farklı bir sıcaklık ve ısı akısı aralığına sahiptir. İtfaiyeciler bu ortamlar altında farklı sürelerde çalışmaktadır (Rossi R., 2003). Bunlar Şekil 3.4’de görüldüğü üzere rutin, tehlikeli ve acil olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bu sınıflandırmalar, itfaiyecilerin karşılaştığı yoğunlaştırılmış termal ortamların sıcaklık ve ısı akısı aralığı hakkında bir kılavuz sağlasa da, bu sıcaklıkların ve ısı akılarının nasıl ve nerede ölçüldüğünü belirtmemektedirler.



Şekil 3.4. İtfaiyecilerin karşılaştıkları termal koşullar

Abbott ve Schulman (1976)’a göre rutin bir termal ortamdaki sıcaklık değeri 20 °C ve 70 °C arasında değişirken ısı akısı daima <1,67 kW/m<sup>2</sup>’de kalmaktadır. İtfaiyecilerin

rutin koşullar altında çalışması 10-20 dk. arasında değişmektedir. Giysileri koruma sağlamakta fakat çok uzun süre maruz kalındığında ikinci derece yanık oluşabilmektedir.

Tehlikeli bir termal ortamda ise sıcaklık değeri 70-300 °C arasında değişirken ortamın ısı akısı 1,67 ile 12,56 kW/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. İtfaiyeciler bu koşullarda müdahale aşamasında söndürme evresine kadar genellikle ortalama 1-10 dakika çalışabilmektedirler. Giysi ısının artışıyla birlikte cilde teması halinde yanık yaralanmaları oluşabilmektedir.

Termal çevrenin sıcaklığı 300-1.200 °C aralığında ise acil durum olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca bu ortamdaki ısı akısı 12,56 ile 209,34 kW/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Genellikle bu ortamda itfaiyecilerin çalışma süresi 1 dakika olarak hesaplanmıştır (Abbott ve Schulman, 1976).

Abbott ve Schulman, itfaiyecilere termal koşul ve ortamlarda önemli miktarda termal enerji transferinin meydana geldiğini doğrulamışlardır. İtfaiyeciler iş faaliyetlerine bağlı olarak termal ortamlarda radyan ısı, alev, sıcak yüzeyler, erimiş metal maddeler, sıcak sıvılar ve buhar gibi termal etkilere maruz kalmaktadırlar. Termal etkilerin temeli yangın anında itfaiyecilere termal enerji aktarımıdır. Kondüksiyon, konveksiyon veya radyasyon termal enerji yolları farklılık gösterebilmektedir. Yangınlarda termal enerji aktarımı %80'den fazla olarak radyasyondan kaynaklanırken kondüksiyon ve konveksiyon ile de gerçekleşmektedir. Radyan ısı yoğunluğu yangının türüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Yangınlar genellikle 800 ile 1100 °C alev sıcaklıklarına ulaşmaktadır ve ısıyı 1 ile 6 λ dalga boyunda yaymaktadır (Schoppee ve ark. 1986); (Abbott & Schulman, 1976).

Yapılan araştırma ve ölçümlere göre sınıflandırılmış termal ortamların her biri farklı sıcaklık ve ısı akısı aralığına sahipken itfaiyecilerin çalışma süreleri de değişim göstermektedir. Çalışma sürelerindeki değişim hayati tehlikelere sebep olmaktadır. İtfaiyecilerin maruz kaldığı termal ortamlar ve kötü çalışma şartları sonucu oluşan yaralanmalar, termal yanıklar ve ölümlere sebep olan nedenler aşağıda maddeler halinde detaylı bir biçimde açıklanmıştır.

### **3.3. İtfaiyecilerin Ölüm Nedenleri ve Oluşan Termal Yanıklar**

İtfaiyecilerin çalışma koşullarında yangına müdahalenin yanı sıra birçok görev tanımları bulunmaktadır. Maruz kaldıkları tehlikeler yaralanma ve ölümlere sebebiyet

vermektedir. Yapılan araştırmalarda yangın ortamında en çok karşılaşılan yaralanma turlerinin gerilim, burkulma ve kas ağrılarını olduğu gözlemlenmiştir (Karter & Molis, 2013). İtfaiyecilerin yaralanma ve ölüm nedenleri Amerika Birleşik Devletleri'nin Ulusal Yangından Korunma Kurumu (NFPA: National Fire Protection Association) tarafından 2018 yılında yayınlanan raporunda belirli önem derecelerine ayrılmaktadır. Bunlar:

- Termal stres
- Kalp krizi
- Enkaz çökmesi ile yaşanan iç travma
- Kalp ve akciğer gibi mesleki hastalıklar
- Karbonmonoksit zehirlenmeleri
- İnme geçirme
- Cilt yanıkları
- Ölümcül yaralanma
- Sıcaklık derecelerinin artmasıyla birlikte hissizlik ve sonucu oluşan vücut su kaybı, kan basıncı artması, bulanık görme, algıda zayıflık oluşumu, termal çok.

Genel olarak değerlendirildiğinde çevre koşulları ve giysi yapısal özelliklerinin etkisiyle birlikte en önemli ölüm sebepleri termal stres, cilt yanıkları ve enkaz çökmesi ile yaşanan iç travmalar olarak değerlendirilmektedir.

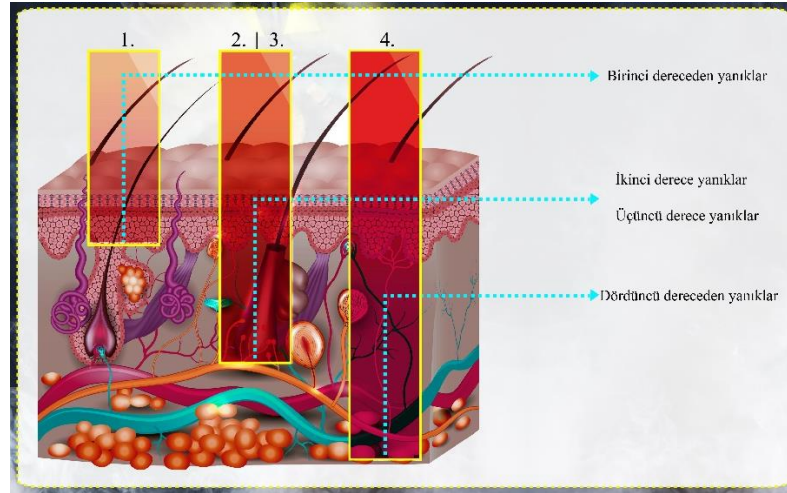
İtfaiyeciler termal etkilerden ve diğer hayati tehlike oluşturan risklerden korunmak için koruyucu giysiler giymektedir. Standart koruyucu giysi istenen termal korumayı sağlamak için ağır ve hacimli katmanlı bir yapıya sahiptir. Bu yapısal özellikler koruyucu giysinin vücutta oluşan ısıyı dış ortama aktarma kabiliyetini azaltmakta ve itfaiyecilerde ısıl problemlere sebep olmaktadır. Bu nedenle, terleme ile oluşan nem giysinin içinde kalır ve kullanıcıya ıslak yapışkanlık ve termal rahatsızlık hissi verir (Nayak, Houshyar, & Padhye, 2014). İtfaiyeciler önemli miktarda termal enerjiye maruz kalmaktadırlar ve bu kişisel koruyucu giysilerinden vücutlarına geçebilmektedir. Termal enerji aktarımı, kumaş özelliklerine ve giysi yapısına bağlı olmak üzere değişiklik göstermektedir. Termal enerji aktarımı kondüksiyon, konveksiyon, radyasyon, buharlaşma ile iletilirken termal enerji, insan cildi üzerinde yanıklara neden olabilmektedir. Yanık yaralanmalarındaki ana faktörler şunlardır:

- Isı akısı yoğunluğu ve maruz kalma sırasındaki değişme şekli
- Maruz kalma süresi

- Isı kaynağı ve cilt arasındaki toplam yalıtım
- Maruz kalma sırasında giysi materyallerinin bozulma derecesi
- Kumaşın sıcaklığı arttıkça salınan herhangi bir buhar veya piroliz ürününün deri üzerinde yoğunlaşması (Holcombe ve Hoschke, 1986).

İtfaiyecilerde yanıklar genellikle ısı artışının etkisiyle giysi ve insan vücudunda oluşan sıcaklık artışı, terin giysi dışına atılamaması, buhar, su ve diğer sıvıların etkisiyle oluşmaktadır. Oluşan yanıkların ısı kaynağı, mesafe ve maruz kalınan süreye bağlı olarak yeri, büyüklüğü ve derinliği değişmektedir.

Bilimsel olarak, insan derisi epidermis ve dermis olmak üzere iki tabakaya ayrılmaktadır. Epidermis cildin en dış tabakasıdır ve kalınlığı 0,4-0,6 mm dir. Epidermisin altında da dermis adı verilen 1-4 mm kalınlıkta bir tabaka mevcuttur. Derinin her iki tabakasının da altında 1,5-2 cm'lik hipodermis bulunmaktadır. Dermis ve hipodermis tabakalarının ikisinde de sinirler, ter bezleri, sebase bezler, kan damarları, dokunma alıcıları ve saç follikülleri bulunmaktadır. Termal enerjiye maruz kalındığında, ısı transferi insan vücudunun tümünde gerçekleşir ve cilt tabakalarında yanık yaralanmalarına neden olur. Yanıklara ek olarak, deriden merkeze ısı aktarımı nedeniyle ısı stresleri oluşabilmektedir (Song , Mandal ve Rossi, 2017).



Şekil 3.5. Termal yanıklar ve dereceleri

Termal yanıklar Şekil 3.5’de görüldüğü üzere temel olarak dört dereceden oluşmaktadır. Bu yanık yaralanma türleri aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- **Birinci dereceden yanıklar:** Birinci derece yanıklar esas olarak epidermisi etkilemektedir. Bu tür yanıklar yüzeysel yanıklar olarak değerlendirilmektedir.

Etkilenen bölgede kızarıklığa ve ağrıya neden olmaktadır. Genellikle, bu tür yanıklarda herhangi bir iz oluşmaz ve rahatsızlık geçicidir. Bu nedenle, iyileşme genellikle kalıcı iz ve renk değişikliği olmadan hızlı gerçekleşmektedir.

- **İkinci derece yanıklar:** İkinci derece yanıklar epidermis ve dermis katmanlarında görülmektedir. Bu tür yanıklar da yüzeysel ve derin olarak sınıflandırılmaktadır. Bu kategorideki yüzeysel yanıklarda yalnızca epidermis tabakası etkilenir. Su toplar, kabarcıklar oluşturur ve ciltte ağrıya neden olur. Bu durumda, iyileşme süresi normalde herhangi bir yara izi oluşmadan gerçekleşmektedir. Sırayla kılcal damarlar ve kan damarları da etkilenmektedir. Bu durum deride doku ödemine ve kabarcıklara neden olmaktadır.
- **Üçüncü dereceden yanıklar:** Üçüncü derece yanıklar epidermis, dermis tabakalarını etkilemekte ve kan damarlarında travma meydana getirmektedir. Oluşan hasar nedeniyle kan akamaz ve yangın olduğu bölgedeki hücreler ölmeye başlar. Bu durum deride büyük hasar ile sonuçlanır ve bu yanık hasarından kurtulmak çok zordur.
- **Dördüncü derece yanıklar:** İleri düzeyde yanık yaralanması olarak tanımlanmaktadır. Bu aşamada, cilt katmanlarının tamamı tahrip olur ve cilt dokusunun altındaki kaslar, kemikler ve diğer yapılar da hasar görmektedir. Alt yapıdaki kaslar ve subkutan doku kemiklerinde ciddi hasar olduğundan, özel tıbbi bakım gerekmektedir.

Yüksek sıcaklık derecelerinin yaşandığı çalışma koşullarında onarılmaz yaralar oluşmaktadır. Derinin yanmasıyla birlikte ter bezleri tahrip olmakta ve toksin maddeleri dışarı atılamamaktadır. Bunun sonucunda kan zehirlenmeleri oluşmakta ve ölümler görülebilmektedir.

Deri yanıklarıyla birlikte yangın ortamında oluşan sıcak hava, itfaiyeciler tarafından solunduğunda solunum yollarında da yanma olaylarına sebep olmaktadır. Bu yanma olayı iç yanık olarak adlandırılmakta ve burun kıllarının yanma durumuna göre teşhis edilmektedir. Tıbben yapılacak herhangi bir şey yoktur. Müdahale esnasında iç ve dış yanıklara karşı solunum cihazı ve maske kullanımına dikkat edilmelidir. İtfaiyeci ölüm ve yaralanmalarında solunum cihazının doğru kullanılmaması sonucunda zehirlenmeler görülmektedir. Yangın yerinde meydana gelen ölümlerin büyük çoğunluğu zehirli gazların soluma ve deriden soğurma yoluyla meydana geldiği görülmektedir.



#### 4. İNSAN VÜCUDU ISIL KONFOR ŞARTLARI VE ISI STRESİ

Konfor, insanların dokunma ve giyime yönelik insan vücudunun memnuniyet hissidir. Konfor, insan ve çevre arasında fizyolojik, psikolojik ve fiziksel bir uyum oluşturmaktadır. İnsan vücudunun hareket kabiliyetini ve çalışma performansını etkilemektedir. Psikolojik ve fizyolojik durumlar; termofizyolojik konfor, duysal konfor, vücut hareket konforu, estetik görünüm özellikleri olarak değerlendirilmektedir. Psikolojik ve fizyolojik konfor özellikleri aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

- Konfor, çeşitli duyumların öznel olarak algılanması ile ilgilidir.
- Konfor, görsel (estetik rahatlık), termal (soğuk ve sıcak), ağrı (karıncalanma ve kaşıntı) ve dokunma (yumuşak, sert, yumuşak ve sert) gibi insani duyumların birçok yönünü içermektedir.
- Öznel algılar, duysal algıların yönlendirildiği, tartıldığı, birleştirildiği, geçmiş deneyimlere karşı değerlendirildiği psikolojik süreçleri içermektedir.
- Vücut ve giysi etkileşimleri (hem termal hem de mekanik), kullanıcının rahatlık durumunun belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.
- Dış ortamlar (fiziksel, sosyal ve kültürel), kullanıcının konfor durumunu büyük ölçüde etkilemektedir (Malik ve T.K, 2012).

Koruyucu giysiler; giyim konforu, dokunsal konfor, termal konfor parametrelerini içermektedir. Termal stres koruyucu giysiler için önemli bir faktördür. Koruyucu giysilerde termal stresin üç özelliğe sahip olması gerekmektedir. Bunlar:

- İnsan vücudu ve metabolik ısısı,
- Koruyucu giysilerin ağırlığı ve
- Kumaş yapılarının su buharına karşı geçirimsizliğidir.

İnsan vücudunun sıcaklığı kişiden kişiye ve vücudun farklı bölgelerinde değişiklik göstermekle beraber genel olarak vücut 37 °C'lik sıcaklığını korumaya çalışmaktadır. Çeşitli çevre ve iklim koşullarına bağlı olarak vücut sıcaklığı dış ortamdaki sıcaklığın üzerinde olduğunda, aradaki farkı korur. Dışardan gelen ısının etkisiyle üretilen metabolik ısı sürecinde vücut termal dengede tutulmalıdır. Bu süreçteki ısı artışı ve ısı kaybı dengede olmadığında vücut ısısındaki yükselme ve düşme gibi değişimler olumsuz

etkiler oluşturmaktadır. İnsan vücudu tarafından üretilen ısı miktarı fiziksel aktivitelere büyük ölçüde bağlı olarak maksimum fiziksel performans sırasında 1.000 W'ın üzerinde, dinlenirken de 100 W civarında olmaktadır. İtfaiyecilerin çalışma sırasında yaklaşık 300-500 W ısı üretebilecekleri tahmin edilmektedir. Oluşan fazla enerji radyasyon, taşınım ve iletim yoluyla dışarı aktarılmaktadır (Aschoff, Günther ve Kramer, 1971).

Belirli ısı akısının olduğu ortamlarda giysinin ağırlığı ve yalıtım özellikleri termal stresi etkileyen önemli özelliklerdendir. Kişisel koruyucu ekipmanın ağırlığı itfaiyeciyi olumsuz etkilemektedir. Giysi boyutu ve katman yapısı kişinin enerji tüketimini ve buna bağlı olarak termal konforu korumak için gereken ısı kaybını arttırmaktadır (Ftaiti, Dufлот, Nicol ve Grelot, 2010). İtfaiyeci giysi yapısı çok ağırdır. Giysi ağırlığı insan vücudu tarafından tüketilen metabolik ısı ile doğrusal olarak ilişkilidir. Termal yük, giysi ağırlığına orantılı olduğu için kullanıcının konfor özelliklerini olumsuz etkilemektedir. İnsan vücudunun mikro iklim taşınımı için daha fazla metabolik enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Genellikle kullanılan giysi sistemlerinde birçok farklı teknoloji kullanılmakta ve bu termo-fizyolojik rahatlığı sağlamaktadır (Ningtao, 2019).

Dokunsal rahatlık cilt ve giysinin temel gereksinimlerini ve bu giyim sistemlerinin ısı konforunu gerektirmektedir. Vücudun termal mekanizması, ısı üretimi ve ısı dağılımı arasındaki dengenin bir sonucudur. Bu termal dengeyi enerji metabolizması, giysi termal özellikleri ve çevre iklim koşulları etkilemektedir.

İtfaiyeci koruyucu giysi yapıları dışardan gelen ısıyı vücuda aktarmamalı diğer bir yandan da metabolik ısının dışarıya aktarımına izin vermelidir. Giysi yapısal özellikleri yangın ortamında maruz kalınabilecek termal koşullara karşı koruyuculuğunu ve konfor özelliklerini kaybetmemelidir. İtfaiyeciler yüksek sıcaklıkta belirli bir iş temposunda çalışmaktadırlar. Bu süreçte koşma, yürüme, sürünme gibi çeşitli vücuttaki ısı artışını etkileyecek hareketlerde bulunmaktadırlar. Yüksek sıcaklıklarda hızlı ve belirli bir tempoda çalışmak termal strese ve buna bağlı olarak kalp krizlerine yol açmaktadır. Amerika Bileşik Devletleri'nde çalışan itfaiyecilerin ölüm nedenlerinin %50'sinin termal stresten kaynaklandığı belirtilmiştir (Fahy, LeBlanc ve Molis, 2012). Yangın söndürme esnasında itfaiyeciler çok fazla ısı stresi yaşamakta ve gerçekleştirdikleri fiziksel aktiviteler büyük miktarda enerji gerektirmektedir. Oluşan metabolik ısı ortam ısı yayılımı çok düşükse itfaiyecilerin normal vücut ısını arttırmaktadır. Uygun olmayan çalışma şartlarında insan vücut ısını sabit tutmaya çalışırken ısı stresi oluşmakta ve bu kalp, damar sistemini yorarak hayati tehlikelere yol açmaktadır.

## 5. İTFAİYE VE TARİHÇESİ

Türk Dil Kurumu'nda 'itfaiye kavramı' Arapça kökenli olup 'itfa' fiilinden türetilmiş 'söndürmek' anlamına gelmektedir. İtfaiye kelime anlamı olarak kasabalarda, kentlerde belediyelere bağlı, yangın söndürmekle görevli örgüt anlamına gelmektedir. Yangın söndürmekle yükümlü, bu konuda eğitilmiş ve donatılmış personele itfaiyeci denir.

Tarihte farklı isimler altında çalışma faaliyetlerini sürdüren itfaiye örgütü dünyada ilk olarak Roma'da kurulmuştur. İtfaiye pompası ve gerekli donanımlar imparatorun askerleri tarafından karşılanmıştır. Romalılar da olduğu gibi Eski Mısır ve Sümerler devrinde de yangın söndürme görevi askerler tarafından yapılmıştır. Kentin farklı noktalarında yangın gözetleme kuleleri, merkezi yerlerde su depoları kurulmuştur. 1089 yılında Londra'da Kent Meclisi, her binanın önüne yangın anında kullanmak üzere su depoları yapma kararı almış ve uygulamıştır. Yapılan çalışmalara rağmen 1666 yılında 'Büyük Londra Yangını' olmuş ve tedbirler yetersiz kalmıştır. Bu olay sonucunda özel itfaiye örgütleri oluşturulmuş ama kısa süre içinde düzensizlik sonucu birleştirilerek Londra itfaiyesi kurulmuştur. 1865 yılında yangın söndürme işi bir kamu hizmeti olarak tanımlanmış ve kent meclisi tarafından yönetilmiştir.

ABD' de ise ilk itfaiye teşkilatı 1736 yılında Philadelphia'da, 1737'de de New York'ta kurulmuştur. Büyük yangınlar ve zorlu çalışma ortamlarında imkânların yetersizliği ile buhar motorlu itfaiye araçları ve telgraflı itfaiye ihbar sistemleri oluşturulmuştur (Söylemez, 2012).

Türk İtfaiyeciliğinin tarihine bakıldığında ilk itfaiye 1714 yılında Tulumbacılar adıyla yeniçeri ocağına bağlı olarak kurulmuştur. Askeri sisteme bağlı olarak 210 yılı aşkın bir süre hizmet vermiştir. Yangın söndürme görevinin daha sonraları askeri iş olmaktansa belediyelerin yapması gereken bir görev olduğu düşünülmüştür. İtfaiye teşkilatı kurmak üzere 24 Haziran 1923 tarihinde Heyet-i Vekile kararıyla İstanbul Belediyesine süre verilmiştir. Alınan karar ile birlikte dönemin İstanbul Valisi olan Haydar Bey işi alarak satın aldığı 30 farklı tipte araç ile İstanbul Belediye İtfaiyesini oluşturmuştur. Yangın koruma hizmetleri belediyenin eline bırakıldıktan sonra daha fazla gelişmiş ve hizmet kentleşme arttıkça önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir (Söylemez, 2012).

## 5.1. İtfaiyeci Kişisel Koruyucu Ekipmanları ve Tarihsel Gelişimi

Yangın genel olarak doğal alanlar, yapısal binalar, taşıtlar olmak üzere üç temel alanda oluşmaktadır. Oluşan kontrolsüz yangınlar doğa da ve insan hayatında büyük yıkımlar bırakmaktadır. Kontrolsüz yangınların durdurulması için acil müdahale ve eğitilmiş personel gerektirmektedir. Bu nedenle yangın söndürme eğitim okulları kurulmuştur.

İtfaiyecilerin ilk çalışmaları Amerika'da 1960'lı yıllara dayanmaktadır. İtfaiyeciler o yıllarda giysileri ısıya ve alev dayanıklı olmadığı için iç mekan ve dış mekan olarak ayrılan alanların sadece bir kısmına müdahale edebiliyorlardı. İç mekana müdahale edilemediği için yangınlar zamanında söndürülemezdi. Bu problemin çözülmesi için günümüze kadar birçok gelişme kaydedilmiştir ve hala da bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

1730'lu yıllarda Jacobus Turck, geniş ağızlı ve yüksek, deriden yapılmış itfaiyeci kaskını icat etmiştir. Kaskın uzun arka kenarı ve kıvrılmış yan kenarları, su ve kimyasalların itfaiyecinin boynundan aşağı inip ceketinin içine girmesini önlemeye yardımcı olmaktadır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra kask tasarımları gerçekten oluşmaya başlamıştır. 1979'a gelindiğinde NFPA itfaiyecilerin kaskları için standart çıkarmış ve tasarımcılar çarpma kuvveti ve ivme de dahil olmak üzere, birçok faktörü göz önüne alarak tasarım yapmaya başlamışlardır. Henry T. Gratacap, 1986'dan sonra geleceğin itfaiyeci kaskını tasarlamıştır. Ön kısmında koruyucu gövde bulunan, insan baş anatomisine uygun standartlarda deriden imal edilmiştir. Günümüzde kullanımda olan itfaiyecinin başını enkazlardan, sudan, yüksek ısıdan ve rüzgardan koruyucu özellikteki baretler üretilmiştir.

İtfaiyeci üniforması da bu süreçte ilerleme kaydetmiştir. İtfaiyeci pantolonları ve yağmurlukları yünden yapılmıştır. İtfaiyeciler genellikle ceketin altına kırmızı renkte olan yün veya pamuk bir gömlek giyerken deri çizmeler ile üniformalarını tamamlamışlardır. Kauçuğun gelişimi, itfaiyeci giysilerinin üretiminde etkili bir rol oynamıştır. İtfaiyeciler koruma faktörünü arttırmak için yün ceket üzerine kauçuk yağmurluklarla bir katman oluşturmuşlardır. Kauçuktan imal edilmiş çizmeler kişinin ayaklarını kuru tutmayı amaçlamıştır.

1825'ler de İtalyan bilim adamı Giovanni Aldini, ısı koruma ve temiz hava oluşumunu sağlayan bir maske tasarlamıştır. Bununla birlikte uygulamalarda daha gelişmiş cihazlara ihtiyaç duyulmuş ve John Roberts, Amerika Birleşik Devletleri'nde ve

Avrupa’da yaygın olarak kullanılan bir filtre maskesi icat etmiştir. Ardından mucitler bunu geliştirmiş, temiz havayı sağlayan pompaya bağlı bir hortum ile bir kask tasarlamaya çalışmıştır. 1863 yılında dűnyada ilk solunum cihazı icat edilmiştir (Hasenmeier, 2008).

İtfaiyeci koruyucu ekipmanlarının tarihi geliřimine bakıldıđında istikrarlı ilerlemenin Dűnya savařlarında kaydedildiđi gűrűlmektedir. Çeřitli kuruluřlar ekipmanlar için standartlar belirlemeye ve test etmeye bařlamıřlardır. Bu çalıřmalar koruyucu giysilerin yűksek kalitesini ve verimliliđini sađlamak için yapılmasıyla birlikte hala devamlılıđını ve geliřimini sűrdűrmektedir.



## 6. İTFAİYECİ KORUYUCU GİYSİLERİ VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Günlük hayatımızda yangın vakasının oluşması çok olası bir durumdur. Yangın durumunda itfaiyecilerin müdahale ederken giydikleri Görsel 6.1’de görülen kişisel koruyucu donanımların performansının yüksekliği itfaiyecinin hızlı ve yerinde müdahalesine olanak vererek hem ekonomik zararın hem de can kaybının azaltılması için önemli bir faktördür. Bununla birlikte bu giysiler itfaiyeciye kişisel konfor sağlarken, yaralanma ve ölüm risklerini de en aza indirmektedir.



Görsel 6.1. İtfaiyeci giysisi ve donanımları (<http-1>)

Genel olarak itfaiyeci giysilerinin özellikleri giysinin ömrünü etkileyenler ve itfaiyeci güvenliğini etkileyenler olarak iki gruba ayrılmaktadır.

İtfaiyecilerin yangına müdahale veya enkaz sonucu kurtarma sırasında karşılaştıkları durumlar değerlendirildiğinde giysi ömrünü etkileyen birçok faktör olduğu görülmektedir. Bunlar:

- Yırtılma ve aşınma direnci,
- UV direnci (dayanıklılık ve görünüm için),
- Termal hasar toleransı (yüksek sıcaklıklara maruz kaldıktan sonra tekrar kullanılabilirliği),
- Erimiş metal sıçramasına ve yanma közlerine karşı direnç ve
- Temizlenebilirliktir.

Bu faktörler incelendiğinde enkaz altında kalma, termal etkiler, kimyasallar ve sıvılar gibi dış etkilere karşı giysi eğer istenilen değerde direnci yüksek değilse yırtılmaya, aşınmaya ve bozulmaya başlar. Bu süreçte giysi koruyuculuğunu ve kullanım özelliklerini zamanla kaybeder. Giysi ömrünün azalmaması için tüm bu faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

Giysi ömrünün önemi aslında aynı şekilde kişiyi de etkilemektedir. Giysinin hasar ve zarar görmesi itfaiyecinin güvenliğini de olumsuz yönde etkilemektedir. Aşağıdaki itfaiyeci güvenliğini etkileyen maddeler giysi içinde oluşabilecek hasarların önüne geçilmesi için önemlidir. İtfaiyeci giysi içinde kendini rahat ve konforlu hissederken hareketlerini ve vücut fonksiyonlarını etkileyecek herhangi bir engel olmamalıdır. Metabolik vücut ısısı olumsuz olarak etkilenmemeli kişinin sağlığını bozmamalıdır. Bir müdahale sırasında kayıpların önüne geçilmesi için itfaiyecinin görünürlük özellikleri doğru oranda reflektif materyallerle sağlanmalıdır.

İtfaiyeci güvenliğini etkileyen faktörler (Horrocks ve Anand, 2000):

- Soğutma kabiliyeti,
- Nem absorbe etme özelliği,
- Ağırlık ve esneklik,
- Hareketlilik,
- Görünürlük,
- Termal koruma ve
- Su buharına karşı nefes alabilirliktir.

İtfaiyeciler işleriyle ilgili tüm bu faktörlerle birlikte birçok tehlikeye maruz kalmaktadır. Yangın söndürmede ortak riskler ortam havasında bulunan birçok toksik maddenin yanı sıra, yüksek radyan ısı yoğunlukları ve sıcak alevlerdir (ROSSI, 2003). Yangınla mücadele sırasında kullanılan itfaiyeci giysi tasarımlarının tüm bu gereklilikleri kapsaması için asgari performans kurallarına uygun olması gerekmektedir. Kullanılan malzemelerin asgari performans seviyelerini ve bu performans seviyelerini tayin etmek için kullanılan deney metotlarını kapsayan EN 469 standardı itfaiyeciler için koruyucu giyecekler yangınla mücadelede kullanılan koruyucu giyecekler için performans kuralları hakkındaki en kapsamlı standarttır. EN 469 standardına göre giysi yapısının sahip olması gereken özellikler vardır. Bunlar:

- Isı ve alev yayılmasına karşı korumalıdır.
- Termal radyasyona ve ısı transferine karşı korumalıdır.

- Giysi mukavemetinin belirli seviyede olması gerekmektedir.
- Aşınma ve yırtılmaya karşı dayanıklı olmalıdır.
- Su, su buharı, sıcak sıvılar ve sıvı kimyasal maddelere (NaOH, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, O-ksilen) karşı korumalıdır.
- Giysi ağırlığı hafif, nefes alabilir ve kişiyi rahatsız etmeyecek kalınlık ve özellikte olmalıdır.
- Giysi kalıp ve tasarım özelliklerine bağlı olarak giysinin kullanım ergonomisi ve konfor özelliklerinin iyi bir seviyede olması gerekmektedir.
- Kötü çalışma şartlarında görülebilirliği (yansıtma ve floresans malzeme özelliği) olmalıdır.
- Giysi temizliği ve yıkama işlemi kolay gerçekleştirilmelidir.

Bu çalışmada giysi yapısının sahip olması gereken özellikler arasında temel destekleyici nokta olan kalıp ve tasarım özelliklerine bağlı olarak giysinin kullanım ergonomisinin ve konfor özelliklerinin iyileştirilmesi ve bu özelliklerin yeni tasarımlar ile geliştirilmesine odaklanılmıştır.

İtfaiyeci giysileri yangın çeşitlerine göre iki farklı yapıya sahiptir. Yangın çeşitleri kontrolsüz, orman, yapısal bina, araç yangınları olarak tanımlanmaktadır. Yangınlar müdahale alanlarına göre ayrıştığı için bu alanlarda kullanılan giysi ve koruyucu ekipman çeşitlilik göstermektedir. Bunlar yapısal alanda, arazi yangınlarında, uçak ve taşıt kazalarının bulunduğu alanlarda olmak üzere sınıflandırılmaktadır.

### **6.1. Yapısal Yangınlarda Kullanılan İtfaiyeci Giysilerinin Yapısı ve Özellikleri**

Koruyucu giysi sınıfında bulunan yapısal itfaiyeci giysi yapısı birden fazla katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar ısıya dayanıklı geliştirilmiş elyaf ve bu elyaftan oluşturulmuş yenilikçi kumaşlardan meydana gelmektedir. Bu kumaş bileşenleri Şekil 6.1’de görüldüğü üzere ısı ve aleve dayanıklı bir dış katman, nem bariyeri, termal astar (ısı bariyeri + iç astar) ve buna birleştirilmiş bir iç astardan meydana gelir. Bu kompleks sistem koruma ve konfor arasında bir denge sunmayı amaçlanmaktadır. Katmanlar farklı malzeme ve yapılardan oluşmaktadır (Bader ve Capt, 2005). Yapılar, malzeme ve giysi katmanları arasındaki hava boşluklarının ısı yalıtımı sağlamada kritik bir rol oynadığı modüler bir sistem oluşturmak üzere tasarlanır ve seçilir (Holmér, Kuklane ve Gao,



2006). Bu donanım, iki parçalı giysilerdir. Bu giysiler üzerinde EC direktifi 89/686/EC'ye uygunluğu göstermesi açısından CE işareti bulunur.



Şekil 6.1. Standart bir itfaiyeci giysisinin bileşenleri

İtfaiyeci elbiseleri iki şekilde koruma sağlamaktadır. Elbise katman yapısı içerisinde hava boşlukları oluşturarak yüksek sıcaklıktan sınırlı seviyede olsa da bir koruma sağlamaktadır. Diğer bir faktörde elbiseler ısıya ve aleve dirençli, ısıyı soğurduğu halde hasar görmeyen malzemelerden yapıldığı için yanmadan oluşabilecek yaralanmaları azaltarak, etkili bir koruma sağlamaktadır.

ISO altında yer alan itfaiyeci ekipmanları komitesinin 3. Çalışma grubu (ISO TC 94 / SC 14 / WG 3) tarafından belirlenen kriterlere göre giysi:

- Terin serbestçe buharlaşmasına izin vermeli ve gevşek, hafif, nefes alabilir ve su buharını geçirgen olmalı,
- İtfaiyecileri radyan ısıdan korumalı,
- Tamamen metabolik ısıyı dağıtmalı,
- Saatte  $1 \pm 2$  l terlemeyi serbest buharlaştırmaya izin vermeli,
- Büyük bir yangın, hava durumu, iş yoğunluğu süresinde termal dengeyi ve konforu korumalı,
- Yanık yaralanma riskini en aza indirmeli ve
- Isı transferi olaylarını en aza indirmelidir (Scott, 2005).

Şekil 6.2’de görüldüğü üzere itfaiyeci giysisi insan vücudunu katmanlar arası görev dağılımı ile koruma rolünü üstlenmekte ve dış ısıyı içeri iletmemeye çalışmaktadır. Vücut ısısı ve dış faktörler ile meydana gelen ısı artışı, terlemeyle buhar olarak dışarı atılmaktadır.



Şekil 6.2. İtfaiyeci giysi yapısı koruyucu özellikleri

Bu süreçte kişi sağlığı için vücut sıcaklığının korunması gerekmektedir. Bunun için insan vücudu tarafından üretilen su buharı önemli bir faktördür. Genel vücut sıcaklığı 37°C ve cilt sıcaklığı çevre koşullarına bağlı olarak 33-35°C arasındadır. Eğer vücut iç sıcaklığı 24°C ve 45°C arasındaki kritik limitlerin dışına çıkarsa ölüm gerçekleşebilmektedir. 34°C ve 42°C arasında kişide yön bilinçsizliği ve titreme gibi kötü etkiler oluşabilmektedir. Bu duruma maruz kalındığında mesleki deformasyon ile birlikte kişide hastalıklar ve kalıcı hasarlar oluşmaktadır (Horrocks ve Anand, 2000).

Bu süreçte kumaş katman yapısı ve maruz kalınan çevresel faktörler önemli derecede koruyuculuğu etkilemektedir. Yapılan bir araştırmada, birkaç çeşit koruyucu kumaş katmanları laboratuvarında simüle edilmiş alev, radyan, sıcak yüzey ve sıcak su, buhar etkilerine maruz bırakılmış ve cilt yanık modeline göre koruyucu performansları belirlenmiştir (Mandal, Song, Ackerman, Paskaluk, ve Gholamreza, 2013). Çalışmada elde edilen bulgular, kumaş sistemlerinin koruyucu performansının, katman özelliklerine

ve termal ısıya maruz kalma tipine göre değiştiğini göstermektedir. Bir ısı yalıtımının miktarı ve bir kumaş sisteminin salınımı veya emiciliği, öncelikle alev ve radyan ısıya maruz kalma durumlarındaki koruyucu performansını kontrol etmektedir. Düşük emisyonu sahip bir kumaş sistemi yüzeyinin, yüksek yansıma ve düşük emilim ve kumaş sistemi içinde termal enerjinin düşük iletimi yoluyla korumayı arttırdığı sonucuna varılabilmektedir.

### 6.1.1. Dış katman

Dış katman itfaiyeci için birinci koruyucu katmandır. Alev ve termal direnç, kesik, takılma, yırtılma ve aşınmaya karşı mekanik direnci sağlamaktadır. Avantaj ve dezavantajları olan çeşitli dış kabuk kumaşları mevcuttur. Kumaşların oğu Nomex ve Kevlar elyaf içeriğine, dimi veya yırtılmaz bir dokuma yapıya ve 200-250 g/m<sup>2</sup> gramaja sahiptir (Horrocks ve Anand, 2000).

Dış katman kumaşının görevleri:

- İtfaiyeciyi doğrudan ısı ve alevden korumak,
- Termal korumanın yanı sıra aşınma ve kesilmeye karşı korumak,
- G, esneklik ve aşınma direnci göstermek,
- Su iticilik ve su buharı geçirgenliği özelliklerine sahip olmaktır.

Dış katman kumaşı genellikle dokuma bir kumaştır. Bu tür kumaşları üretmek için ilk önce, ısı ve aleve dayanıklı lifler eğirme yoluyla ipliğe dönüştürülür. Bundan sonra, dokuma hazırlık işlemlerinin ardından dokuma makinesinde kumaşlar dokunur. Yaygın olarak kullanılan dış katman kumaşları aramid, PBI veya uyumlu bir karışımdan yapılır (Song , Mandal ve Rossi, 2017).

Dış katmanda kullanılan kumaş içerikleri toplam giysi ağırlığını ve kalınlığını etkilemektedir. Giysi performansı üzerinde dış katman kumaşının içerik ve materyal özellikleri önemlidir.

Genellikle dış katman kumaşlarında aromatik poliamidler (aramidler) ve polibenzimidazol (PBI) gibi doğal olarak ısı ve aleve karşı dayanıklı lifler kullanılmaktadır. Yüksek seviyede koruma gereksinimleri normalde aramid gibi yüksek mukavemetli, güç tutuşur lifler tarafından karşılanmaktadır. Aramid lifleri için farklı üreticiler tarafından benzer tipte lifler sunulmaktadır. Nomex (DuPont), Conex (Teijin), Fenilon (Rusya), Apyeil (Unitika), Kermel (Fransa) lifleri meta-aramid liflerine örnek olarak gösterilebilir. Para-aramid liflerine örnek ise Kevlar (DuPont), Twaron (Teijin) ve

Technora (Twaron) verilebilir. Aramid liflerinin dışında PBI (polibenzimidazol) ve Zylon (PBO lifi) gibi yüksek performanslı diğer lifler de itfaiyecilerde kullanılabilmektedir. PBI'nın avantajı, pamuğa göre daha fazla nemi emmesi ve %100 pamuğa eşdeğer bir kullanıcı konforu sağlayabiliyor olmasıdır. PBO liflerinin çok yüksek mukavemeti vardır ve güç tutuşurlukları özellikleri de diğer liflerin çok üzerindedir. Ancak fiyatı Kevlar'ın fiyatının yaklaşık iki katıdır. Bu nedenle belli oranlarda meta-aramid veya para-aramid lifleri ile karıştırılarak kullanılabilmektedir. Lif karışımlarına %2 gibi oranlarda antistatik elyaf da eklenmektedir. Nem emilimini arttırmak için, itfaiyecilerin dış kabuk kumaşlarına yönelik karışımlar, alev geciktirici viskon ve alev geciktirici yün de içerebilmektedir (Horrocks, 2001).

Piyasada, para-aramid lifleri, dayanıklılığı artırmak için meta-aramidlerle karışımlarda da kullanılabilmektedir. Örneğin, Nomex III (Nomex ve Kevlar (%95/5) ve X karışımı (Fransa'da, Teijin Conex ve Technora'nın harmanı). Özellikle farklı elyaf ve içeriklerden oluşan ticari isim ve firmalara ait dış kumaş örnekleri Şekil 6.3'te gösterilmiştir. Bu dış kumaş örneklerinin içerik ve lif özellikleri farklı koruma ve yapısal özellikler sunmaktadır. Hafiflik, konfor, elastikiyet ve yüksek mukavemet ön plana çıkarılan özelliklerdir.





Şekil 6.3. Ticari dış katman kumaşı örnekleri (http-2)

### 6.1.2. Nem bariyeri

Nem bariyeri itfaiyeci giysisi için ikinci savunma hattıdır. Temel işlevi, yangın yerinde ısı ve buhardan oluşan nemin ve sıvıların kullanıcının cildine ulaşmasını önleyerek itfaiyeci konforunu ve korumasını arttırmaktır. Ayrıca yalıtım değeri, sıcak gaz ve buhar geçişini engelleme kabiliyeti nedeniyle bir miktar yanıklara karşı koruma sağlamaktadır. Nem bariyeri, bir dokusuz yüzeyin alt tabakasına uygulanan bir film veya kaplamadan oluşur. Alt tabaka, aramid elyaftan yapılmış dokuma kumaş veya dokusuz yüzeydir. Dokusuz yüzey daha çok tercih edilir. Kaplama ve filmler nefes alabilen veya almayan özellikte olabilir. Nefes alabilen filmler genellikle GoreTex gibi mikro gözenekli veya hidrofilik poliüretandır. Nefes alabilen nem bariyerleri vücut terlemesini önlemekte ve itfaiyeciler için en önemli ölüm nedeni olan ısı stresi oluşumunu azaltmaktadır (Horrocks ve Anand, 2000). Nem bariyerinin temel görevleri:

- İtfaiyeciye sudan ve NFPA'nın "ortak sıvılar" olarak adlandırdığı sıvılardan (klor, akü asidi, köpük, benzin, hidrolik sıvısı ve antifriz sıvısı) korumak,
- Kanla bulaşan patojenlerden korumak,
- Sıcak gaz ve buhar geçişini engellemek,
- Termal astarı kuru tutmak,
- Terin insan vücudundan dışarıya aktarılmasını sağlamak ve bu şekilde "nefes alabilirlik" özelliğini kazandırmaktır.

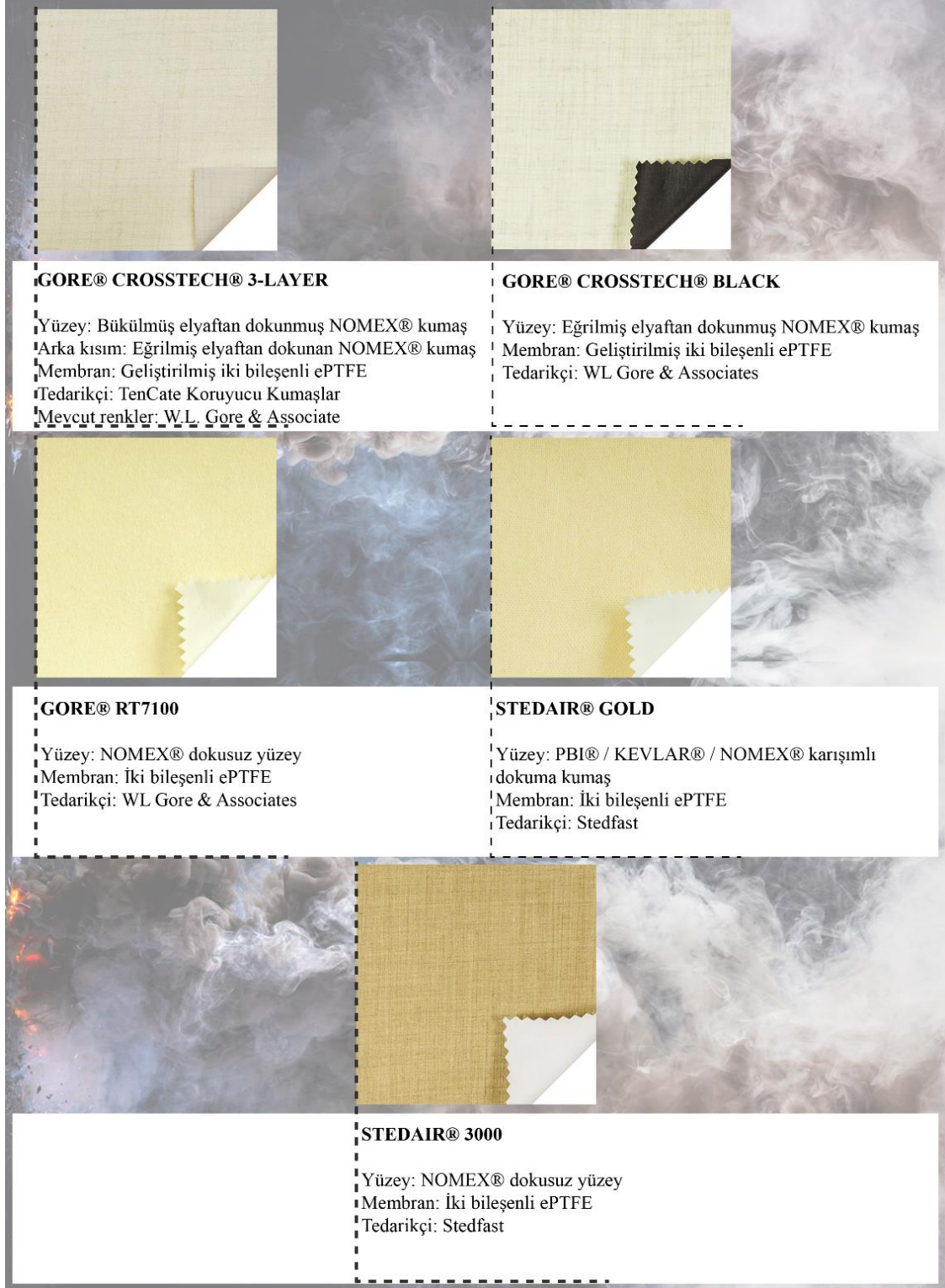
Giysinin içine nüfuz edebilecek kimyasal, su ve sıvı miktarını en aza indiren nem bariyeri birçok ülkede giysi yapısında zorunlu olarak kullanılır. Ama bunun yanında bazı ülkelerde de ısı konforu en üst seviyede sağlamak için nem bariyerinin olmadığı giysi yapıları tercih edilmektedir. İtfaiyeci giysi yapısında nem bariyeri kullanım çeşitleri aşağıda listelenmiştir:

- Dış katman kumaşının içine lamine edilebilir veya kaplanabilir. Bu yöntem giysinin dayanıklılığını azaltabilmektedir. Çünkü nem bariyeri daha kolay bir şekilde delinme, yırtılma ve aşınmaya uğrayabilir. Sıvının giysi içine nüfuzuna sebebiyet verebilmektedir.
- Hafif bir örme veya dokuma kumaş, dış katman ile astar arasına gevşek bir şekilde eklenebilir.
- Termal astarın dış yüzeyine eklenebilir.

Nem bariyerinin ana yapısı bir dokuma kumaş veya dokusuz yüzeyden üretilmektedir. Bu dokuma kumaş veya dokusuz yüzey yapının bir yüzüne geçirgen olmayan bir film tabakası lamine edilir ya da bunun yerine kumaş veya dokusuz yüzeye neopren, polivinil klorür, poliüretan veya politetrafloroetilen kaplama yapılır. Bu yöntemler kullanılarak, çeşitli nem bariyerleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bu nem bariyerlerine uygulanan laminasyon veya kaplamalar, mikro gözenekli olmayan hidrofobik yapılardır. Bu nedenle, tamamen sıvı ve buhar geçirimsizdirler. Bu durum itfaiyecilerin vücudundan çıkan ter buharının dağılmasını önlemekte ve ısı stresini azaltmaktadır. Bu sorunu önlemek için, mikro gözenekli veya hidrofilik kaplama veya membran yapılı nem bariyerleri geliştirilmiştir. Günümüzde yaygın olarak bu tip yapılar tercih edilmektedir. Nem bariyerleri piyasaya sürülmeden önce radyan ısı, alev ve sıcak yüzey gibi çeşitli termal maruziyetler altında ıslak kumaşla birlikte test edilmektedir (Song , Mandal ve Rossi, 2017).

Kaplanmış kumaşlar, kaplama kalınlığından dolayı en düşük su buharı geçirgenliği değerlerine sahiptir. Membranlar daha ince yapılar oldukları için kaplamalara göre daha yüksek geçirgenliğe sahiptir. Membranlar, mikro gözenekli fiziksel delikler içerdiklerinden hidrofilik versiyonlara göre daha yüksek geçirgenliğe sahiptirler. Katmanın performansı sadece hava koşullarına karşı değerlendirilmemelidir. Fizyoloji ve dayanıklılık gibi faktörler de dikkate alınmalıdır (Holme, 2000).

GORE-TEX, CROSSTECH ve TETRATEX, mikro gözenekli politetrafloroetilen, PORELLE, PROLINE ve VAPRO yüzeyleri mikro gözenekli poliüretan; BREATHE-TEX PLUS, STEDAIR 2000 hidrofilik poliüretan; SYMPATEX hidrofilik polyester kullanılan ticari laminasyon örnekleridir. Mikro gözenekli ve hidrofilik kaplamalar normalde poliüretan ürünlerdir. Neopren (NEOGUARD) ve polivinil klorür (PVC) nefes alabilir özelliği olmayan nem bariyeri ürün örnekleridir (Horrocks, 2001). Bazı ticari ürün örnekleri Şekil 6.4'de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Nem bariyeri örnekleri (<http-3>)



### 6.1.3. Isı bariyeri

Isı bariyeri sistemi, giysinin termal koruyucu özelliğine katkıda bulunan birleşik kompozit yapının ana bileşenidir. Bir yüzey kumaşına kapitone veya laminasyonla bağlanmış bir tabaka malzemesinden oluşan çok katmanlı bir kumaş sistemidir. Giysinin genel ağırlığını ve kütlesini önemli ölçüde etkilemektedir. Kişinin üzerindeki ısı stresini önemli derecede etkileyen katmandır. Uzun süreli dayanıklılık ve yüksek termal koruma sağlayabilen hafif, ince ve esnek termal astar sistemleri geliştirilerek ısı stresi azaltılabilmektedir (Heniford, 2007).

Malzeme katmanları arasında sıkışan hava ana termal korumayı oluşturur, çünkü lifler havadan 10-20 kat daha hızlı ısı iletmektedir. Bu, ısının dışarıdan giysinin içine geçişini yavaşlatarak ortamda vücuda ısı transferini engellemesi gereken bir termal astar yapımında belirleyici ilkedir. İtfaiyecilerin giysilerinde kullanılan ürünler, dokusuz bir yüzey, kapitone ve dokuma bir astar kumaşa lamine edilmiş yapılardan oluşabilmektedir. Bu yüzeyde, dış kabuk ile astar arasında ısıya karşı yüksek yalıtımı sağlamak için örülmüş bir kumaş da olabilmektedir. Bu aynı zamanda terleme nedeniyle nem çıkışına izin vermektedir. Termal astar normalde kendiliğinden güç tutuşur kumaşlardan veya bunların karışımlarından yapılmaktadır. Termal astar ve dış katman kumaşında benzer bir lif içeriğinin kullanılması, giysinin yıkma ve temizliğini kolaylaştırmaktadır (Horrocks, 2001).

Isı bariyeri yapısal olarak bir alt tabakadan oluşmaktadır. Bu tabaka direkt olarak güç tutuşur elyaftan yapılmış dokusuz yüzeyden üretilmektedir.

Ticari olarak yaygın olarak kullanılan ısı bariyeri dokusuz yüzeyleri Nomex, Kermel, yarı karbon keçe ve polisülfonamit keçe şeklindedir. Tabloda görüldüğü üzere yüzey kumaşını ürettikten sonra, dokusuz yüzey, güç tutuşur liflerden üretilir; bu dış katman kumaş astar kumaş ile birlikte dikilir veya lamine edilir. Keçe ve astar kumaşının bu kombinasyonu ile bir termal astar oluşturulmaktadır.

Termal astar genellikle aramid lifi esaslı dokuma veya dokusuz yüzeydir. Ticari markalardaki termal astarın en popüler olanları TenCate, OMNIQuilt (1 katmanlı, 2 katmanlı veya 3 katlı Basofil %100 Nomex) ile Aralite Gold (%80 Kevlar, %20 PBI veya %100 Nomex ) Norfab, Flame Quilt (%50 güç tutuşur viskon ve %100 Indura lif esaslı dokuma yüzey kumaş ile %50 Basofil bazlı tabaka) ve Quattro-tech (Nomex dokuma yüzey kumaşıyla Kevlar keçe)'dir (Song, Mandal ve Rossi, 2017). Termal astar ve dış

katman kumaşının benzer lif içeriğine sahip olması giysi temizlik sürecinde yardımcı bir faktördür. Ticari bazı örnekler Şekil 6.5’de sunulmuştur.

Termal astar, ortam sıcaklığına karşı termal korumanın çoğunluğunu sağlamaktadır. Termal astar ne kadar etkiliyse itfaiyecinin hissedeceği sıcaklık o kadar azdır. . Termal astarlar bir yüzey kumaşından ve alt tabakadan oluşur. Yüzey kumaşı kesik elyaf veya kesik elyaf filament karışımı olabilir. Filament yüzey kumaşına yumuşaklık katar, bu da giyilmesini ve çalışmasını rahatlatmaktadır. Destek kumaşı dokusuz yüzeyden tek kat veya birkaç birleştirilmiş kattan oluşabilmektedir (Globe Holding Şirketi, 2019).



<p><b>CALDURA® ELITE NOMEX® NANO</b></p> <p>Yüzey Kumaşı: LENZING FR®/ KEVLAR®/ naylon karışımı iplikli KEVLAR® filament ipliği, dimi dokuma Destek kumaşı: Bir kat NOMEX® NANO (0.6 oz / yd2) + bir kat NOMEX® dokusuz yüzey (2.3 oz / yd2) Ağırlık: 6.7 oz / yd2 Tedarikçi: TenCate Koruyucu Kumaşlar</p>	<p><b>CALDURA® ELITE SL2I</b></p> <p>Yüzey kumaşı: LENZING FR® / KEVLAR®/ Naylon karışımı iplikler ile KEVLAR® filament ipliği, dimi dokuma Destek kumaşı: İki kat NOMEX® dokusuz yüzey (2.3 ve 1.5 oz / yd2) Ağırlık: 7.7 oz / yd2 Tedarikçi: TenCate Koruyucu Kumaşlar</p>	<p><b>DEFENDER® M ELITE NP</b></p> <p>Yüzey kumaşı: LENZING FR®/ Para-aramid/ Naylon karışımı iplik, düz dokuma Destek kumaşı: Dokusuz yüzey Ağırlık: 7.0 oz / yd2 Tedarikçi: TenCate Koruyucu Kumaşlar</p>
<p><b>DEFENDER® M ELITE SL2</b></p> <p>Yüzey kumaşı: LENZING FR®/ Para-aramid/ Naylon karışımı iplik, düz dokuma Destek kumaşı: İki kat NOMEX® dokusuz yüzey (2.3 oz / yd2) Ağırlık: 7.8 oz / yd2 Tedarikçi: TenCate Koruyucu Kumaşlar</p>	<p><b>GLIDE ICE™</b></p> <p>Yüzey kumaşı: % 60 NOMEX® / LENZING FR® karışımı ile % 60 KEVLAR® filament ipliği, karıştırılmış dokuma Destek kumaşı: İki kat NOMEX® dokusuz yüzey (2.3 ve 1.5 oz / yd2) Ağırlık: 7.4 oz / yd2 Tedarikçi: Safety Components</p>	<p><b>GLIDE ICE™ NOMEX® NANO</b></p> <p>Yüzey kumaşı: % 60 NOMEX® / LENZING FR® karışımı ile % 60 NOMEX® filament ipliği, karıştırılmış dimi dokuma Destek kumaşı: Bir kat NOMEX® NANO (0.6 oz / yd2) artı bir kat NOMEX® dokusuz yüzey (2.3 oz / yd2) Ağırlık: 6.5 oz / yd2 Tedarikçi: Safety Components</p>
<p><b>GLIDE ICE™ PBI® G2</b></p> <p>Yüzey kumaşı: % 60 NOMEX® / LENZING FR® karışımı ile % 60 KEVLAR® filament ipliği, karıştırılmış dokuma Destek kumaşı: PBI® / NOMEX® dokusuz delikli yüzey (bir kat 1.4 ve bir kat 1.8 oz / yd2) Ağırlık: 6.8 oz / yd2 Tedarikçi: Safety Components</p>	<p><b>QUANTUM3D® SL2i</b></p> <p>Yüzey Kumaşı: LENZING FR®/ KEVLAR®/ Naylon ipekli KEVLAR® filament ipliği Destek kumaşı: NOMEX® / KEVLAR® dokusuz yüzey karışımı (waffle tasarımı bir katman 2.3 oz / yd2 ve bir katman 1.5 oz / yd2) Ağırlık: 7.7 oz / yd2 Tedarikçi: TenCate Koruyucu Kumaşlar</p>	<p><b>QUANTUM4i®</b></p> <p>Yüzey Kumaşı: LENZING FR®/ KEVLAR®/ Naylon ipekli KEVLAR® filament ipliği Destek kumaşı: NOMEX® / KEVLAR® dokusuz yüzey karışımı (waffle tasarımı bir katman 2.3 oz / yd2 ve bir katman 1.5 oz / yd2) Ağırlık: 7.7 oz / yd2 Tedarikçi: TenCate Koruyucu Kumaşlar</p>

Şekil 6.5. Ticari ısı bariyeri kumaş örnekleri ve özellikleri (<http-4>)

## **6.2. Arazi Yangınlarında Kullanılan İtfaiyeci Giysilerinin Yapısı ve Özellikleri**

Ateş ve doğal felaketlerden kaynaklanan arazi yangınları, doğal alanda oluşan yangınlar olarak da tanımlanmaktadır. Bu yangınlar kendi içinde orman, çalı ve vejetasyon yangınları gibi gruplandırılabilir. İtfaiyeciler yapısal alanlardaki yangınlarda karşılaştıkları yüksek ısıya burada daha az maruz kalırken daha farklı tehlikelerle karşılaşabilirler. Bu tip yangınlarda oluşan riskler duman içerisinde oluşan kanserojen polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)'dır. Doğal maddenin eksik yanması sonucu karbonmonoksit gazı açığa çıkmaktadır. Polisiklik aromatik hidrokarbonlara ve karbonmonoksit gazına maruz kalmak öldürücü olabilmektedir. Bu alanda çalışan itfaiyeciler radyan ısı ve alev karşı genellikle üç katmanlı giysi yapısı kullanmaktadırlar. İtfaiyeciler uzun süreçte kuru, sıcak hava koşullarına maruz kaldıkları için giysi yapısı itfaiyecinin termal konforunu korumaktadır. Bu giysi yapısının dışında bazı yerlerde mevcut tasarımlar, performans ve konfor gereksinimlerini karşılamak için iki veya dört kattan oluşmaktadır. Kullanılan giysi yapısı kuru veya ıslak dış koşullara maruz kaldığı için oluşabilecek tehlikelere karşı daha donanımlı giysiler geliştirilmelidir (Nayak, Houshyar ve Padhye, 2014).

Arazi yangınlarında oluşabilecek tehlikeler incelendiğinde itfaiyecinin kullandığı giysi yapısı çok iyi termal dirence sahip olmalıdır. Bu süreçte uygun materyal ve tasarımlar ile termal konfor dengede tutulabilir.

## **6.3. Alüminize İtfaiyeci Giysilerinin Yapısı ve Özellikleri**

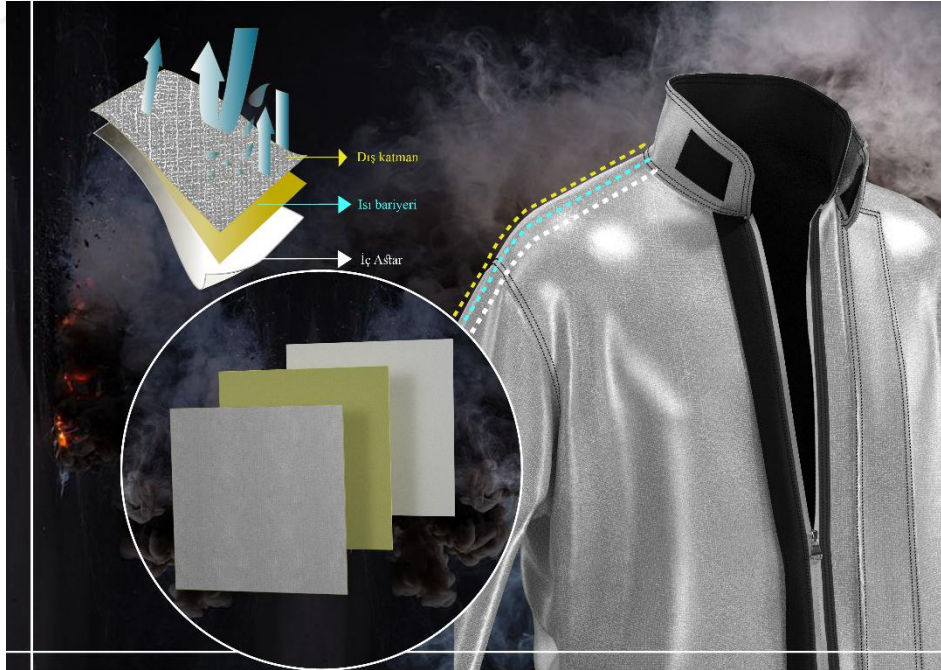
Alüminize giysiler uçak yangınları, yanıcı gaz ve sıvı yangınları durumunda kurtarma ve kazalarda alev önleme gibi yangına çok yakın yürütülmekte olan operasyonlarda kullanılmaktadır. Çevre koşulları değerlendirildiğinde diğer giysi yapılarının kullanım yerlerine göre daha yüksek seviyelerde konvektif, kontak ve radyan ısıya yol açan durumlara maruz kalmaktadır. Görsel 6.2'de alüminize giysi örneği gösterilmiştir.





**Görsel 6.2.** Alüminize giysi örneği

Bu giysilerde koruma çok katmanlı giysi yapısıyla birlikte sağlanmaktadır. Alüminize giysiler Şekil 6.6'da görüldüğü üzere dış katman, ısı bariyeri, iç astar olmak üzere üç katmanlı yapıdan oluşmaktadır.



**Şekil 6.6.** Alüminize giysi yapısı

Dış katman malzemesi iki farklı malzeme içeriğinden oluşmaktadır. Bu malzemeler, alüminize edilmiş para-aramid veya cam elyaf örme kumaşlardan

oluşmaktadır. Para-aramid esaslı örgü kumaş yüzeylerinin üzerine iki yüzeyi de alüminize kaplı film kaplanmaktadır. Bu yüzey yüksek ısı ve alev karşı dayanıklı malzemelerden oluşmaktadır. İçerik olarak %100 para-aramid esaslı kumaşlardır.

Cam elyaf alüminize elbiselerde ise cam elyaftan oluşan kumaşın bir yüzeyine iki yüzeyi de alüminize kaplı film kaplanmaktadır. Yüzey yüksek ısı ve alev dayanıklıdır. İçerik olarak %100 cam elyaf esaslı kumaşlardır. Alüminize cam elyaf 500 g/m<sup>2</sup> ağırlığındadır.

Esneklik, konfor ve ağırlık özellikleri değerlendirildiğinde para-aramid esaslı alüminize kumaşlar daha iyi performans göstermektedir.

İkinci katman olan nem bariyeri poliüretan membrana lamine edilmiş ısı ve alev dayanıklı dokusuz yüzeyden oluşmaktadır. İç astar aramid/güç tutuşur viskon karışımından oluşmaktadır. Bu iç astar üç katlı aramid bazlı keçeyle kapitone edilmiştir. Keçe yapısı iki yüzey arasında hava dolaşımı oluşturmaktadır. Bu hava katmanı daha iyi bir termal yalıtım sağlamaktadır. Katman ağırlığı 6-9 kg arasında değişiklik göstermektedir.

## 7. İTFAİYECİ GİYSİLERİNDE KULLANILAN AKSESUAR VE MALZEMELER

İtfaiyeci giysi yapısını oluşturan katmanların dışında kullanılan aksesuar, yansıtıcı, takviye ve dolgu malzemeleri vardır. Giysi görünürlüğünü, belirli noktalarda koruyuculuğu ve giysi ömrünü etkilemektedirler. Bunlar;

- Yansıtıcı şerit malzemeler (reflektif)
- Takviye ve destek malzemeleri

olarak ikiye ayrılmaktadır.

### 7.1. Yansıtıcı Şerit Malzemeler (Reflektifler)

Reflektifler, yansıtma ve floresans özelliğine sahip olan önemli aksesuar malzemelerinden bir tanesidir. Gündüz ve gece karanlığında herhangi bir kaynaktan gelen ışığı geri yansıtma özelliği sayesinde gece görünürlüğünü arttırmaktadır. İtfaiyecilerin maruz kaldığı enkaz, iç mekân vb. olay yerlerinde görünürlükleri önemli bir can güvenliği tedbiridir. Reflektifler giysi görünürlüğünü arttırmakta ve giysilerin kullanım özelliklerini geliştirmektedir. Giysi tasarım ve özelliklerine göre kullanım yerleri ve renk ve seçenekleri değişmektedir. Koruyucu özellik taşıırken giysi tasarım görselleştirmelerini de önemli ölçüde etkilemektedir. Dış katmanda kullanılan kumaşa göre bu malzemelerin rengi tasarım sürecinde değişiklik göstermektedir.

Piyasada çok çeşitli yansıtıcı malzemeler bulunmaktadır. Malzeme yapıları, renk ve özellikleri yangın söndürme çalışmalarında kullanıldıkça kötüleşmektedir. Renk ve yapısal deformasyon gerçekleşebilmektedir. Piyasada bulunan birkaç çeşidi koruyucu giysiler için belirlenen standartlara uygunluk göstermektedir. TSN 469 standardına göre yansıtıcı malzemelerinin belirli performans özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Bunlar:

- Münferit performanslı, geri yansıtıcı malzeme, en az 0,13 m<sup>2</sup>'lik asgari bir alanda koruyucu giyeceğin dış yüzeyine tutturulmalı ve giyecek parçası/giyecek parçalarının kol, bacak ve gövdesini saracak şekilde her yönden görülebilir olmasını sağlamalıdır.
- Yansıtıcısız floresans veya birleşik performans malzemesi uygulanırsa floresans malzemenin asgari alanı en az 0,2 m<sup>2</sup> olmalıdır.

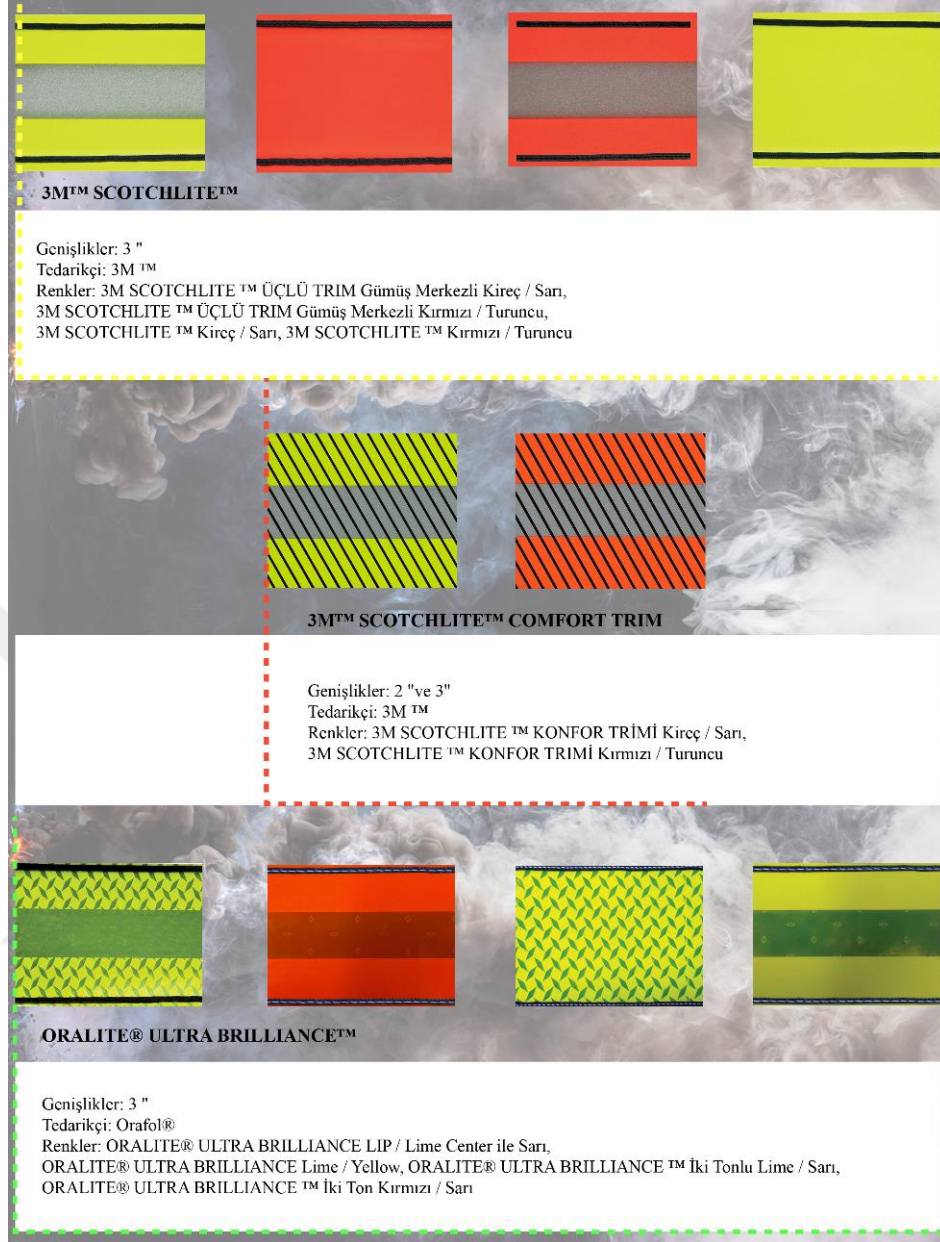
- Geri yansıtımlı malzemenin fotometri kuralları, deney metoduna göre tayin edilmelidir.
- Geri yansıtıcılı/floresans/birleşik performans malzemesi, koruyucu giyeceğin performansını etkilememesi için, ön işlemden sonra aşağıdaki deney kurallarına uygunluk sağlamalıdır:

**Isı direnci:** Standarda göre 5 dakika maruz bırakılan geri yansıtıcılı/floresans/birleşik performans malzemesi, deneye maruz bırakmadan sonraki geri yansıtma kat sayısına uygun olmalı ve geri yansıtıcılı/floresans/birleşik performans malzemesi, %5'ten daha fazla damlama, tutuşma, erime veya büzülme göstermemelidir.

**Alev yayılması:** Görülebilirlik için kullanılan bütün malzemeler belirtilen boyutlarda numune almaya imkân sağlamak için dış katla birlikte, deneye tabi tutulmalıdır. Malzemelerde delik açılmamasına özen gösterilmelidir.

Reflektifler el, baş ve ayak kısımlara yakın bölgelerde kullanılmaktadır. Bu kullanım yerleri kişi hareketlerinin görünürlüğünü arttırmaktadır. Reflektif şeritler çeşidine göre bu bölgelerde birleştirilerek dikilmekte veya transfer olarak basılmaktadır. Şekil 7.1'de örnek reflektif çeşitleri verilmiştir.





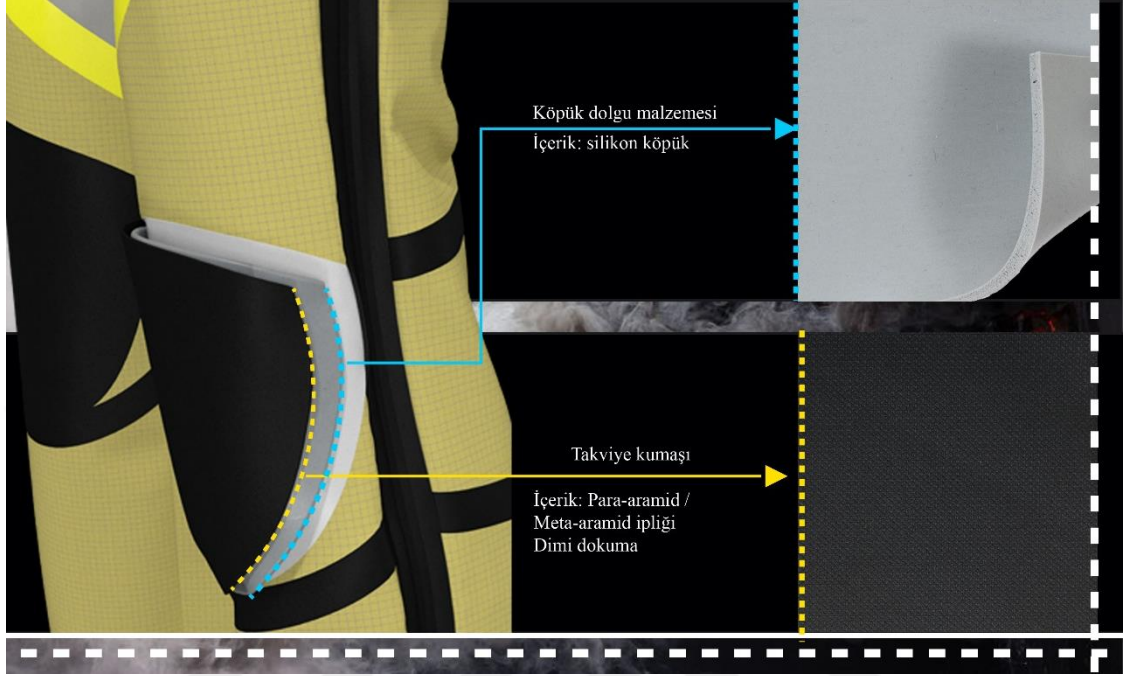
Şekil 7.1. Reflektif örnekleri (<http-5>)

## 7.2. Takviye ve Destek Malzemeleri

Giysinin belirli bölgelerinde destek ve mekanik koruma malzemesi olarak kullanılan silikon kaplamalı para-aramid gibi yangına dayanıklı malzemelerdir.

Takviye ve destek malzemeleri özellikle diz, dirsek bölgelerine sürtünmenin ve zarar görme riskinin fazla olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Bu takviye parçası bulunduğu yerde destek ve daha iyi performans sağlar. Örneğin diz bölgesinde kullanılan takviye malzemesi itfaiyecinin bir enkaz ya da yangın sırasında kurtarma işleminde yerde sürünme durumuna karşı dizin zarar görmemesini ve daha konforlu hareket etmesini

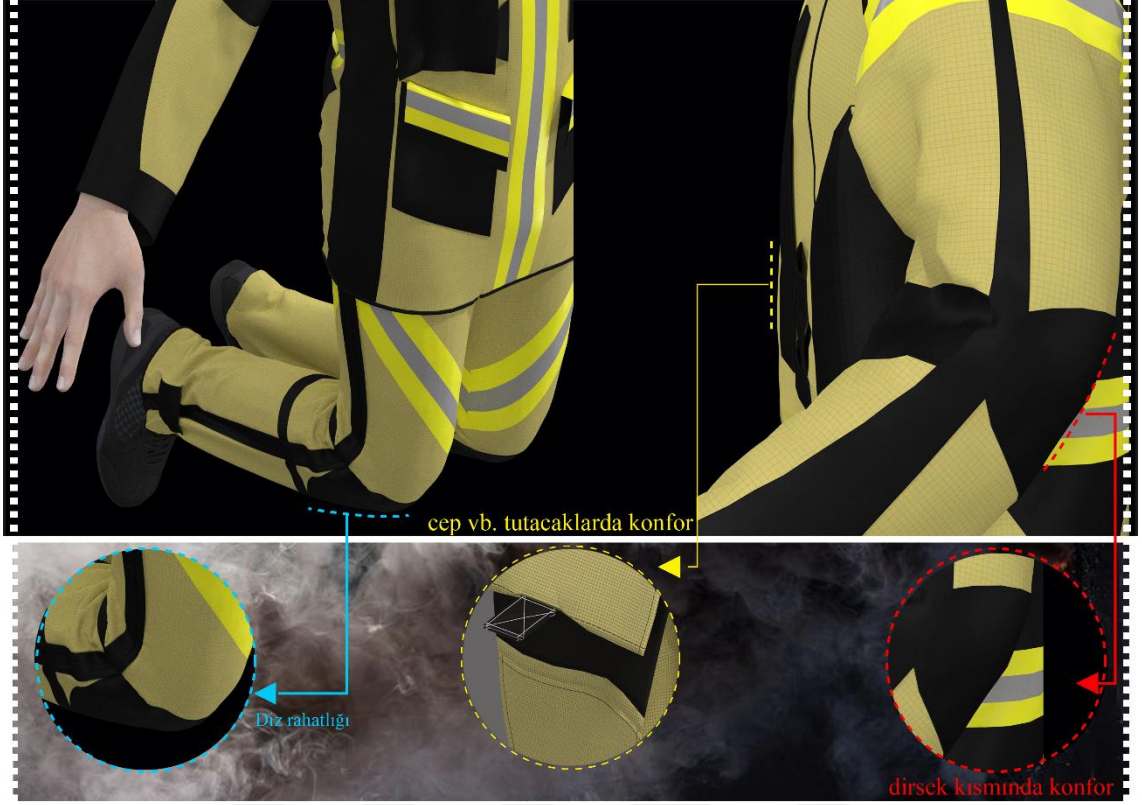
sağlamaktadır. Kişinin sürünme veya dizin üstünde çömelmesi sırasında aradaki takviye malzemesi zemin ve kişi arasında bir destek ve konfor sağlamaktadır.



Şekil 7. 2. Destek malzemesinin giysi yapısında kullanımı

Şekil 7.2’de görüldüğü üzere destek malzemesi kullanıldığı diz bölgesinde ekstra yerleştirilmiştir. Kullanılan malzeme çeşitli şekillerde yerleştirilebilir. Bazı tasarımlarda takviye malzemeleri diz bölgesinin iç kısmında çıkarılabilir olarak fonksiyonel kullanım olanağı sağlarken bazı tasarımlarda da yerleştirilmiş bir şekilde kullanılmaktadır. Diz bölgesinin yan dikiş kısmından cırt cırt veya fermuar ile kapatılabilmektedir.

Takviye malzemelerinin esneklik ve aşınma direnci yüksektir. Kullanım konforunu ve koruyuculuğu arttırlarken, kaymaz, sıvılara karşı direnç gösterirler ve temizlikleri kolaydır. İnsan vücut sistemine göre hareket bölgeleri eklem noktalarında toplanmaktadır. Bu noktalar kişi hareket ve konforunu etkilemektedir.



Şekil 7.3. Takviye malzemesi kullanım özellikleri

Şekil 7.3’de görüldüğü üzere giyside en çok bu noktalarda aşınma ve rahatsızlık hissettirmektedir. Takviye kumaşı da bu noktalarda giysinin diz, dirsek, iç paça gibi sürtünmenin ve aşınmanın daha fazla olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Farklı bir kullanım olarak da cep tutaçları, açılma kapanma durumu olan yerlerde kaymaz rahat kavranabilir bir tutma etkisi sunmaktadır.

## **8. İTFAİYECİ GİYSİLERİNİN TERMAL PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Giysi termal performanslarını değerlendirilmek üzere kullanılan testler iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar küçük ölçekli testler ve büyük ölçekli testlerdir. Bu test grupları giysi testlerinin yapılış şekli ve boyutu ile değerlendirilmektedir.

### **8.1. Küçük Ölçekli Testler**

Kumaş koruyucu performansını değerlendirmek için birçok küçük ölçekli test geliştirilmiştir. Bu testler performans değerlendirme sürecinde uygun, kesin verilerden oluşan ucuz yöntemlerdir. Küçük ölçekli testler, giysilerden alınan numune parçaları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. İtfaiyeciler için küçük ölçekli test yöntemleri, NFPA 1971 Yapısal Yangınla Mücadele İçin Koruyucu Giysi Standardı ve Wildland Yangınla Mücadele 2005 için NFPA 1977 Standart Koruyucu Giysi ve Ekipman Standardı dahil olmak üzere birçok standartta ayrıntılı olarak açıklanmaktadır (Ellison, Higgins, Verrochi ve Groch, 2006).

Araştırmacılar küçük ölçekli testleri kullanarak performans değerlendiriyor olsalar da, bu çalışmalar ısı ve alev maruz kalma testlerinin geliştirilme sürecinde sınırlı kalmaktadır. Bu testler kumaş malzeme ve içeriğine odaklanırken, mekânın etkisi hakkında doğru bilgi ve değer vermemektedir (Sumit Mandal, Ackerman, Paskaluk ve Gholamreza, 2013). Küçük ölçekli testler, kumaş performans seviyesini değerlendirmek için yapılmaktadır. Ancak bu testlerin birçok dezavantajı da vardır:

- Kullanılan malzeme aparatın içine yerleştirilirken, giysi kullanımını doğru temsil edecek şekilde değerlendirilecek durumda değildir.
- Test edilen kumaşlardan oluşturulmuş bir giysi parçasının koruma seviyesi test sonuçlarına göre hesaplanıp, netleştirilemez.

Bunun sebebi her malzeme performansı test edilirken gerçek yangın ortam ve değişkenlerine göre giysilerin doğru olmayan statik ve kuru durumlarda test edilmesidir. Bu durum giysi performans tayinini değişikliğe uğratabilmektedir.

### **8.2. Büyük Ölçekli Testler**

Büyük ölçekli testler, bir manken ve itfaiyeci giysisinin birlikte kullanımından oluşmaktadır. Test sürecinde gerçek boyutlara uygun bir mankene, itfaiyeci giysilerinin

giydirilmesi ve yangın ortamına maruz bırakılmasını kapsamaktadır. Küçük ölçekli testlere karşın tüm giysi yapısı test edilebilmektedir. Büyük ölçekli testler küçük ölçekli testlere göre daha maliyeti yüksek testlerdir.

Tam ölçekli sabit manken sistemleri kullanılarak termal koruyucu performansın değerlendirilmesi, giysi performansını belirlemede insan vücudu ve giysi arasındaki mikroklima veya hava boşlukları için önemli bir faktördür. Bunu öngörmede giysi tasarımının ve kullanımdaki termal koruyucu performansının etkileri incelenmiştir. Bu nedenle, büyük ölçekli manken sistemleri kullanılarak giysi performansını değerlendirmek için çok sayıda araştırma yapılmıştır (Norton, Kadolph, Johnson ve Jordan, 1985; Stoll ve Chianta, 1971).

Büyük ölçekli testlerde deney üzerindeki kontrol mekanizması sayesinde daha iyi ve doğru sonuçlar alınmaktadır. Testlerin masraflı olmasının sebebi manken, bu testi gerçekleştirmek için gereken test odası. Ve bunun yanında mankenin çalıştırılabilmesi için gerekli olan özel donanımdır (Vayas, Marron ve Lavado, 2007).

Birçok büyük ölçekli test çeşidi vardır. Mevcut testler NFPA 2112, ASTM F 1930, Thermo-Man termal mankeni, Thermo-Leg termal mankeni, Tennessee Eastman termal mankeni, Minnesota Women termal mankeni, Pyro-man termal mankeni, Harry Burns termal mankeni, RALPH ve SOPHIE termal mankenleri, Donghua termal mankeni olarak adlandırılmaktadır.

## **9. TS EN 469:2014 STANDARINDA BELİRTİLEN PERFORMANS KURALLARI**

Türkiye’de üretimi yapılan itfaiyeci giysileri genellikle TS EN 469 standardına uygun olarak küçük ölçekli testlere tabi tutulmaktadır. TS EN 469 standardı küçük ölçekli testler ile birlikte temel performans kurallarını içermektedir. Küçük ölçekli testlerin yanı sıra isteğe bağlı olarak giysi yapısının tamamen test edildiği bir manken testi de bulunmaktadır.

Standardın amaç ve kapsamı itfaiyecilerin kullandığı koruyucu giysilerin asgari performans kurallarını sağlamaktır. Performans seviyeleri:

- Seviye 1; düşük seviye
- Seviye 2; yüksek seviye

olarak belirlenmektedir. Bu seviyeler malzeme performansını derecelendirmektedir. Seçilmiş olan kişisel koruma seviyesi, risk değerlendirme sonuçlarına göre değerlendirilmektedir.

Test edilen koruma standartlarının dışında bir yangın anında farklı tehlikelerde oluşabilmektedir. Bunlar kimyasal, biyolojik, radyolojik ve elektriksel tehlikeler olabilmektedir. Risk durum ve değerlendirmelere göre koruyucu giysilere ilaveten veya bunların yerine daha uygun kişisel koruyucu donanımla koruma gerekebilmektedir.

TSN 469 standardında itfaiyeci giysilerine uygulanan testler aşağıda açıklanmıştır.

### **9.1. Alev Yayılması**

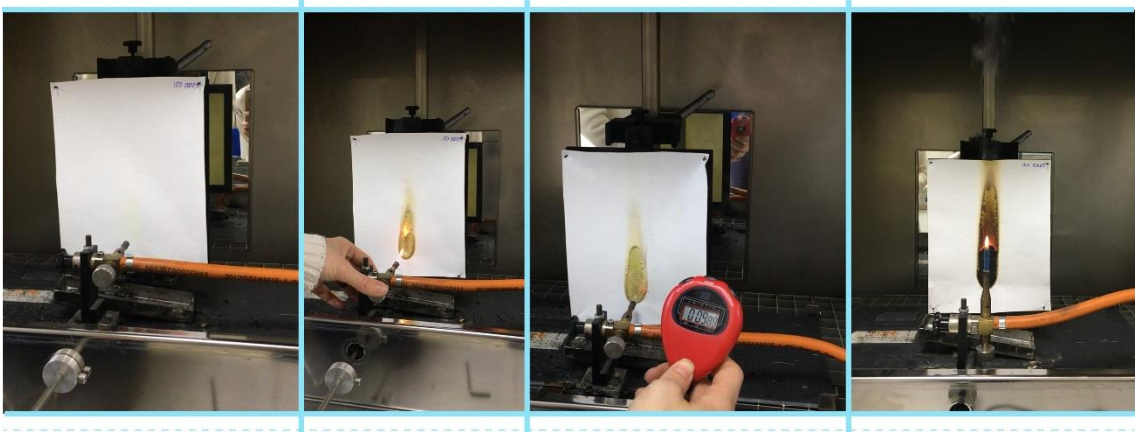
Alev yayılması testi cihaza dik yönde yerleştirilmiş olarak tek katlı veya çok katmanlı malzemelerin sınırlandırılmış alev yayılması, sıçrama özelliklerinin ölçülmesini sağlayan bir test metodudur. Test edilecek malzeme ve dikişler, EN ISO 15025 (Koruyucu Giyecekler-Isı ve Aleve Karşı Koruma-Sınırlandırılmış Alev Sıçraması için Deney Metodu) standardına göre deneye tabi tutulmaktadır. Standarda bakıldığında tek katmanlı veya çok katmanlı numuneler dış katman ve iç astar yüzeyi olmak üzere;

- İşlem A: Yüzey tutuşması
- İşlem B: Alt kenar tutuşması testlerine tabi tutulmaktadır.

Tek katmanlı veya çok katmanlı numuneler dış katman ve iç astar yüzeyi olmak üzere TSN 469 İtfaiyeciler için Koruyucu Giyecekler standardına göre İşlem A’ya göre test edilmelidir. Kumaş numuneleri 20x16 cm ebatlarında 3 tane hazırlanmaktadır. Alev yüksekliği standarda uygun olarak 2,5 cm boyutunda olmalıdır. İşlem A-Yüzey



Tutuşması testinde bek alevi, makine yönüne düşey olarak konumlandırılarak dokuma numunelerinin yüzeyine 10 saniye uygulanmaktadır. Alevlenme ve parlama sırasında malzemede alev yayılması, döküntü ve delik oluşumu gibi bilgiler takip edilip kaydedilmektedir. Alev yayılması testinin yapılışı görsel 9.1’de sunulmuştur.



**Görsel 9.1.** Alev yayılması testi

Yönlendirilen alev ile birlikte oluşan alevlenme ve parlama sonrası süre ve görsel değerlendirme yapılmaktadır. Test sonuçları değerlendirildiğinde malzeme ve dikiş özelliklerinin TS EN 533 standardındaki alev yayılma indeksi 3’ü sağlamalı ve açılmamalıdır. Bu standarda göre kumaş yüzeyinde:

- Dış katman kumaşının alev yayılma dayanımı yüksek olmalıdır.
- Kumaşta test sonrası alev kalıntıları olmamalıdır.
- Alev söndükten sonra karbonize olmuş bölgeden diğer hasar almamış bölgelere kor dağılmamalıdır.
- Numune kumaşında herhangi bir delik oluşumu olmamalıdır.
- Alevin oluştuğu herhangi bir bölümden üst veya düşey kenara yayılma durumu olmamalıdır.
- Alev kaynağı çekildikten sonra yanma süresi iki saniyeyi aşmamalıdır.

Eğer test örneği bu şartları karşılamadıysa numune testi başarısız olarak tamamlanmaktadır.

## 9.2. Isı Transferi – Alev

Termal koruma performans seviyesini test etmek için ısı transferi testi uygulanmaktadır. Isı transferi testleri iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- Isı transferi-alev
- Isı transferi-ışığa testleridir.

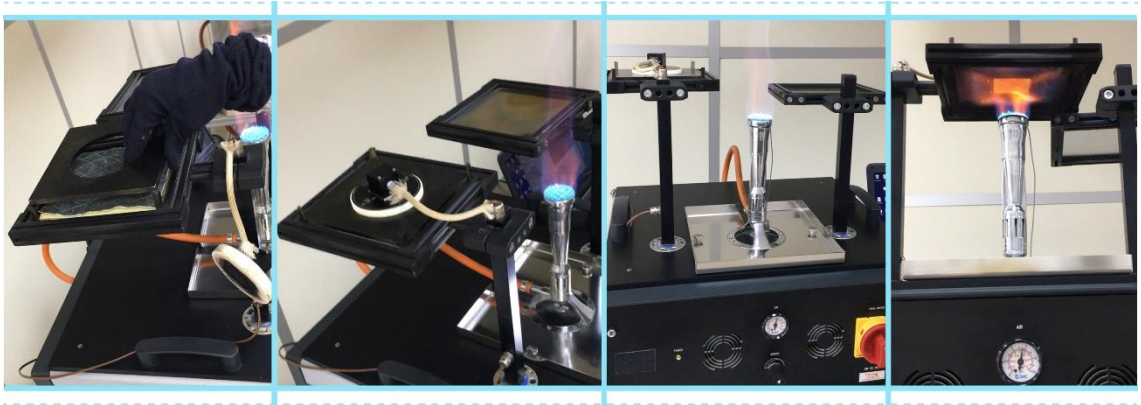
TS EN 469 standardına göre bileşen takımı veya çok katlı giyecek takımı, EN 367'ye göre teste tabi tutulduğunda Tablo 9.1'deki performans seviyelerini sağlamalı ve buna göre sınıflandırılmalıdır.

**Tablo 9.1.** Isı transferi-alev performans seviyeleri

ISI TARANSFER İNDEKSİ	PERFORMANS SEVİYESİ 1	PERFORMANS SEVİYESİ 2
HTI <sub>24</sub>	≥ 9,0	≥ 13,0
HTI <sub>24</sub> - HTI <sub>12</sub>	≥ 3,0	≥ 4,0

Performans seviyeleri 1 ve 2 olarak HTI<sub>24</sub> ve HTI<sub>24</sub> -HTI<sub>12</sub> sonuçları üzerinden standartta belirtilen seviye sınırlarına göre değerlendirilmektedir. Isı transfer indeksi HTI<sub>24</sub> sonucu tek olarak değerlendirilirken, HTI<sub>24</sub> ve HTI<sub>12</sub> arasındaki fark hesaplanıp performans seviyesi belirlenmektedir.

Görsel 9.2'de görüldüğü üzere ısı transferi-alev metodu TS EN:1996 (Koruyucu elbise-Isı ve alev karşı koruma-Aleve maruz kalmada ısı geçişini tayini metodu) standardında yatay konumda olan numune alt kısmına yerleştirilen bir bek aleviyle 80 kW/mm<sup>2</sup> konvektif ısıya maruz bırakılmaktadır. Bu süreçte numune parçasından geçen ısı bir bakır kalorimetreyle ölçülmektedir. Kalorimetrede 12°C ve 24°C sıcaklık artışının olması gerekmektedir. Gerekli sıcaklık artışını oluşturmak için zaman saniye cinsinden kaydedilmektedir. Bu değer ısı transfer indeksi (HTI)'dir.



**Görsel 9.2.** Isı transferi-alev testi



Dış katman kumaşının ve üç katmanlı yapının alev ve yüksek ısıya karşı performansının ölçülmesi önemlidir. Termal performans insan vücudu üzerinde oluşabilecek ısı stresini de değerlendirmede önemli bir faktördür. Dış ısının içeri iletiminde kumaş ve kumaş yapılarının ağırlığı, kalınlığı termal performansının yüksek olması koruyuculuğu arttırmakta rol oynamaktadır. İtfaiyeci koruyucu giysi yapısı (dış katman, nem bariyeri, ısı bariyeri ve termal astar) katman sınıflandırılmasına göre birbirine tutturulmuş olarak 14x4 cm ölçüsünde teste hazırlanmakta ve cihaza yerleştirilmektedir. Bazı durumlarda dış katman kumaşı tek başına test edilebilmekte ve diğer dış katman kumaşları arasındaki performans sonuçları karşılaştırılabilmektedir.

### 9.3. Isı Transferi – Işıma

Isı transfer-ışılama testi, TS EN ISO 6942 (Koruyucu Giyecekler - Isı ve Yangına Karşı Koruma - Deney Metodu: Işıma Yoluyla Yayılan Isı Kaynaklarına Maruz Kalındığında Malzeme ve Malzeme Birleşimlerinin Değerlendirilmesi) standardına göre, 40 Kw/m<sup>2</sup> lik bir ısı akışı yoğunluğunda, ışıma yoluyla ısı yayılmasına maruz bırakıldığında bileşen takımı veya çok katlı giyecek yapısının verdiği tepkiyi ve performansı ölçmektedir. Testler radyan ısıya karşı koruyucu giysi yapısının tek veya çok katmanlı olarak değerlendirilmesi için yapılmaktadır. TS EN ISO 6942 standardına göre koruyucu giysiler için malzeme performansı iki metottan oluşmaktadır. Malzeme değerlendirilmesi Metot A veya Metot B'ye göre yapılabilmektedir. Sadece bir metot uygulanabileceği gibi, her iki metot da uygulanabilmektedir. İşlem sırasına göre ilk olarak Metot A daha sonra Metot B uygulanmalı ve değerlendirilmelidir. Metotlar:

Metot A: ışıma yoluyla ısı yayılmasına maruz bırakılan malzemede gözle görülür değişikliklerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Metot B: ışıma yoluyla ısı yayılmasına maruz bırakılan malzemedeki değişikliklerin koruyuculuk performansının sayısal verilerle değerlendirilmesidir.

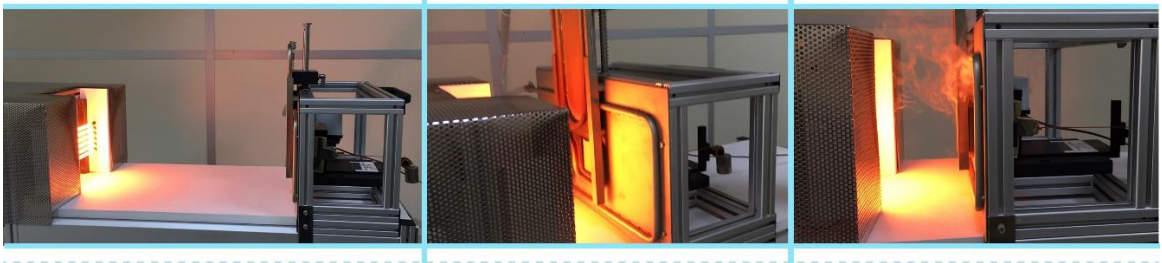
Test sırasında belirli ısı akışı ile uygulama yapılmaktadır. Isı akışı yoğunluk seviyesi olarak:

Düşük seviyeler; 5 ile 10 kW/m<sup>2</sup>

Orta seviyeler; 20 ile 40 kW/m<sup>2</sup>

Yüksek seviyeler; 80 kW/m<sup>2</sup> şeklinde gruplandırılmaktadır. Görsel 9.3'de görüldüğü üzere TS EN 469 standardına göre ısı transferi-ışılama testi için numune orta

seviyede  $40 \text{ Kw/m}^2$  ısı akısında teste tabi tutulmaktadır. İtfaiyeci koruyucu giysi örneği (dış katman, nem bariyeri, ısı bariyeri ve termal astar) katman sınıflandırılmasına göre birbirine tutturulmuş olarak  $8 \times 23$  cm ölçüsünde teste hazırlanmakta ve cihaza yerleştirilmektedir.



**Görsel 9.3.** Isı transferi-ışınma testi

Standarta göre kalorimetrede  $12^\circ\text{C}$  ve  $24^\circ\text{C}$  sıcaklığına hangi zaman aralığında yükseldiğini tespit etmek için RHTI değeri alınmaktadır. RHTI, radyan ısı transfer indeksi değeridir.  $12^\circ\text{C}$  ve  $24^\circ\text{C}$  aralığındaki sıcaklık artışlarının süre tayini ısı transfer indeksi olarak tanımlanmaktadır. İndeksler insan vücudundaki yanıkların oluşma sürelerini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bu indeksler, giysiyi giyen kişiyi korumak için kumaşların termal koruma yeteneklerini ölçen benzer çalışmalardan geliştirilmiştir. TS EN 469 standardına göre bileşen takımı veya çok katlı giysi yapısı, EN ISO 6942'ye göre Tablo 5'deki performans seviyelerini sağlamalı ve seviyelere göre sınıflandırılmalıdır.

**Tablo 9.2.** Isı transfer-ışınma performans seviyeleri

ISI TARANSFER FAKTÖR İNDEKSİ	PERFORMANS SEVİYESİ 1	PERFORMANS SEVİYESİ 2
$RHTI_{24}$	$\geq 10$	$\geq 18,0$
$RHTI_{24} - RHTI_{12}$	$\geq 3,0$	$\geq 4,0$

Performans seviyeleri 1 ve 2 olarak  $HTI_{24}$  ve  $HTI_{24} - HTI_{12}$  sonuçları üzerinden standartta belirtilen seviye sınırlarına göre değerlendirilmektedir. Isı transfer faktör indeksi  $HTI_{24}$  sonucu tek olarak değerlendirilirken,  $HTI_{24}$  ve  $HTI_{12}$  arasındaki fark hesaplanıp performans seviyesi belirlenmektedir.

#### **9.4. Işıma Yoluyla Yayılan Isıya Maruz Kalan Malzemenin Kopma Mukavemeti**

Işıma Yoluyla Yayılan Isıya Maruz Kalan Malzemenin Kopma Mukavemeti testine göre komple takım veya çok katlı giyecek takımı, TS EN ISO 6942 Metot A'ya göre, 10 Kw/m<sup>2</sup>' lik bir ısı akısı yoğunluğunda ön işlem yapıldıktan sonra, üç parça dış malzemenin makine yönünde ve diğer üç parçada bu yöne dik yönde EN ISO 13934-1 veya EN ISO 1421, Metot 1'e göre test edilmektedir. Deney parçası test standardına göre 10 Kw/m<sup>2</sup> de radyan ısıya maruz bırakıldıktan sonra, 50 mm genişliğinde şeritler halinde kesilerek çekme mukavemetine hazırlanmalıdır. Kesilen parça genişlikleri maruz kalan yüzeyi içermelidir. Artık çekme mukavemeti radyan ısıya maruz kalmış dış katmanının kopma mukavemetinin performansını değerlendirmektedir. Yeterli derecede dayanıma sahip olduğu standarda göre sınırlandırılmıştır. Her bir deney parçası  $\geq 450$  N'luk bir çekme mukavemetine sahip olmalıdır.

#### **9.5. Isı Direnci**

Isı direnci testi ISO 17493 (Clothing and Equipment for Protection Against Heat Test Method for Convective Heat Resistance Using a Hot Air Circulating Oven)'e göre 180°C  $\pm$  50°C sıcaklıkta 5 dakika maruz bırakma süresinde yapılmaktadır. Standarda göre her bir malzeme ayrı ayrı deneye tabi tutulmaktadır. Deneye tabi tutulacak katman 16x20 cm büyüklüğünde hazırlanmaktadır. Eğer yeterli büyüklükte deney parçası alınamıyorsa giysi parçasında kullanıldığı gibi bir taşıma malzemesi olarak üzerine dikilebilmektedir. Koruyucu giysiye ait kumaş numunesi, Görsel 9.4'deki fırın içerisinde standarda uygun bir şekilde 5 dk. sıcak hava sirkülasyonuna maruz bırakılmakta ve fiziksel değişiklikler incelenmektedir.



**Görsel 9.4.** *Isı direnci fırın testi cihazı*

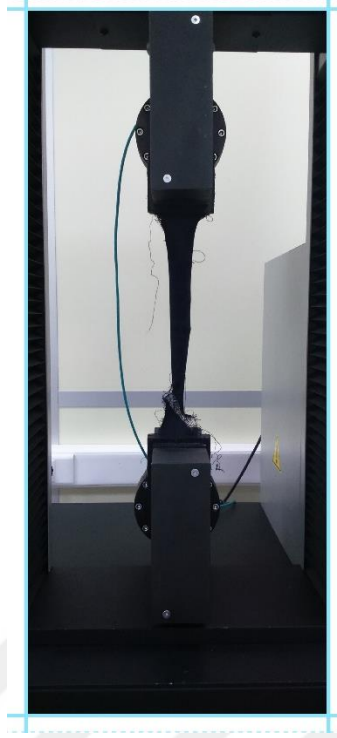
Maruz kalınan ısı ve süre sonucu giysi takımındaki hiçbir malzeme:

- Tutuşmamalı,
- Erimemeli,
- Makine yönünde veya makine yönüne dik yönde %5'ten fazla büzülme oluşmamalıdır.

Tüm bu değerlendirmeler sonucu malzemenin fiziksel ve yapısal olarak da tutuşma, erime, büzülme, damlama durumları da test edilmiş olmaktadır.

## **9.6. Kopma Mukavemeti**

İtfaiyeci giysi yapısında dış katman kopma ve yırtılmaya karşı direnci sağlayan katmandır. İtfaiyeci koruyucu giysisi dış katmanına TS EN 469 standardına uygun olarak kopma mukavemeti ve yırtılma mukavemeti testleri yapılmaktadır. Kopma mukavemeti testinde dış katman kumaşının uygulanan çekme kuvvetine karşı kaydedilen maksimum performansını ölçmektedir. Tüm bu değerler kumaş yapı özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Dokuma kumaş raporu, sıklığı performans değerlerini etkilemektedir.



**Görsel 9.5.** Çekme mukavemeti testi

Dış katman kumaşı TS EN ISO 13934-1 veya EN ISO 1421, Metot 1'e göre deneye tabi tutulmaktadır. Makine yönü ve bu yöne dik olarak  $\geq 450$  N'luk kopma yükünü sağlamalıdır. Dış katman malzemesinin ana dikişleri, EN ISO 13935-2' ye göre deneye tabi tutulmalı ve  $\geq 225$  N'luk bir kopma yükü sağlamalıdır (Görsel 9.5).

### **9.7. Yırtılma Mukavemeti**

İtfaiyeci koruyucu giysi yapısında dış katman kumaşları yüzeyinin kaplanmış olmasına ve kaplanmamış olmasına göre iki şekilde teste tabi tutulmaktadır. Kaplanmış kumaşlar, EN ISO 4674-1, Metot B'ye göre, kaplanmamış kumaşlar EN ISO 13937'ye göre deneye tabi tutulmaktadır. Standarda göre kumaşlar şekilde görüldüğü üzere makine yönü ve bu yöne dik yönde  $\geq 25$  N'luk yırtılma mukavemeti vermelidir (Görsel 9.6).



**Görsel 9.6.** *Yırtılma mukavemeti test cihazı*

Yırtılma kuvveti atkı ve çözgü yönü olarak tayin edilmektedir. Uygulanan her kuvvet her ipliği sırasıyla etkilemektedir. Atkı ipliklerinde oluşan kopmalar atkı boyunca mukavemeti, çözgü yönünde kopan iplikler çözgü boyunca mukavemeti belirtmektedir. Dokuma türü, sıklığı ve iplik yapısı çekme mukavemetini etkileyen faktörlerdendir. Dokuma sıklığı ne kadar düşük olursa kumaş yüzeyinde iplikler arasındaki mesafeler fazla olduğu için hareket edebilirler ve iplikler uygulanan kuvvetin olduğu bölgede üst üste binerek mukavemeti arttırmaktadırlar. Sıklıkları yüksek olan kumaşlarda sürtünme kuvveti fazla olduğu için kaymama ve yırtılma mukavemetinin düşük olmasına neden olabilmektedir.

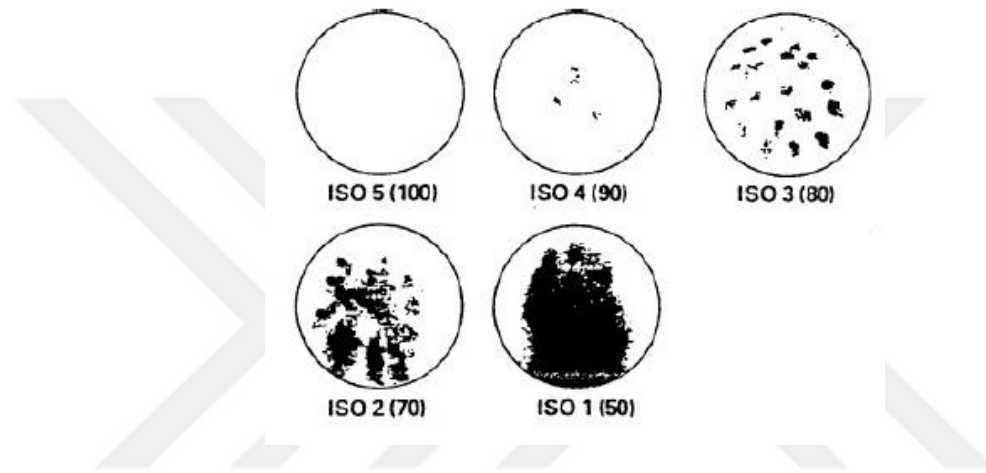
### **9.8. Yüzey Islanması**

Yüzey ıslanması, kumaş yüzeyinin nem ve su iticilik özelliğini değerlendiren ön hazırlık süreci olan bir testtir. Deneyden önce numuneler imalatçı talimatlarındaki uyarılara göre yıkanmalı ve kurutulmalıdır.

İtfaiyeci koruyucu giysi yapısındaki dış katman kumaşı çevre koşullarına göre dışarıdan su ve sıvılara maruz kalabildikleri için kumaş yüzeyine TS EN 24920 (Tekstil Kumaşlar Yüzey Islanmasına Karşı Direncin Tayini Metodu) standardına göre teste tabi

tutulmaktadır. Test metodunda eğer kumaş yüzeyi su iticilik özelliğine sahip olsa bile test edilmektedir. Bu test metodunda, kumaş yüzeyinin su ile temas halindeyken verdiği direnç belirlenmektedir.

Deney işlem sürecinde kumaş bir kasmağa suyun püskürtüldüğü başlığın altına 45°'lik bir açı ile yerleştirilmektedir. Deney parçası üzerine  $\geq 4$  gibi bir püskürtme oranı verilmektedir. Suyun nüfuzu sonrası yüzeyde kalan ıslanma şekli, damlaların yüzeye tutunma şekli standarttaki fotoğraflara bakılarak değerlendirilmektedir. ISO'nun tanımladığı skala AATCC fotoğrafik skalasına karşılık gelmektedir (Şekil 9.1).



Şekil 9.1. Yüzey ıslanması-su iticilik dereceleri (TS 259 EN 24920, 2001)

Skala:

- ISO 5 (100): üst düzeyde ıslanma veya tutunmuş damla yok
- ISO 4 (90): üst düzeyde gelişmiş az sayıda tutunmuş damla veya hafif ıslanma
- ISO 3 (80): üst düzeyde püskürtme noktalarında ıslanma
- ISO 2 (70): üst yüzeyin tamamında kısmi ıslanma
- ISO 1 (50): üst yüzeyin tamamen ıslanması olarak 5 farklı dereceden oluşmaktadır.

Yüzeyin ıslanma değeri skaladaki görsellere uygunluğuna göre değerlendirilmektedir.

### 9.9. Boyut Değişimi

Boyut değişimi üretici talimatına göre yıkama ve kurutma işlemi gerçekleştirildikten sonra oluşan değer EN ISO 5077 (Tekstil-Yıkama ve Kurutmada)

Sonra Boyut Değişmesinin Tayini) standardına göre değerlendirilmektedir. TS EN 469 standardına göre kumaşlar tek kat malzeme olarak veya üç katmanlı olarak test edilebilmektedir. Eğer kumaş üç katmanlı olarak test edilecek ise dört tarafından da dikilerek yıkanmalıdır.

Standarda göre işlemden önce şablon yardımıyla boyut işaretlemesi yapılmaktadır. Daha sonra TS EN 469 standardında belirtildiği gibi ön işlemden sonra işaretlenen boyutlar üzerinden tekrar ölçüm yapılmaktadır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre boyutsal olarak uzama veya kısalmalar % olarak şablon referans alınarak hesaplanmaktadır. Standarda göre her iki yönde boyut değişimi  $\pm$  % 3'e eşit veya daha küçük olmalıdır.

### 9.10. Sıvı Kimyasal Maddelerin Nüfuziyetine Direnç

Sıvı kimyasal maddelerin nüfuziyetine direnç metodu, TS EN 469 standardında belirtildiği gibi ilk önce ön işleme tabi tutulmaktadır. İmalatçı tarafından gönderilen talimatlara göre yıkama ve kurutma işlemleri yapıldıktan sonra bileşen takımı veya çok katlı giyecek takımı, belirli kimyasal maddelerin 10 saniyelik uygulama süresinden sonra EN ISO 6530'a göre deneye tabi tutulmaktadır. Bu kimyasallar Tablo 9.3'deki maddelerden oluşmaktadır.

**Tablo 9.3.** Kimyasal madde nüfuziyet deneyi

kimyasal madde	değişim ağırlıkça %	kimyasal maddenin sıcaklığı $\pm$ 2 (°C)
NaOH	40	20
HCl	36	20
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	30	20
o-ksilen	100	20

10 saniyelik kimyasal uygulama sürecinden sonra numunede, iç yüzeye bir nüfuziyet olmamalı ve kimyasal maddeyi yüzeyinden uzaklaştırma oranı %80'den fazla olmalıdır.



### 9.11. Su Nüfuziyetine Direnç

Kumaş yüzeyinin su nüfuziyetine direnci itfaiyeci giysi yapısında dış katman, ısı bariyeri, nem bariyeri, iç astar için önemli bir performanstır. Tüm katman yapılarının içerisinde itfaiyecinin cildine temas eden ısı bariyerinin kuru kalmasını sağlayan nem bariyeri, katman özellikleri değerlendirildiğinde nem geçişini önlerken asıl termal yalıtım özelliğini de korumuş olmaktadır.

Su geçirmezlik performansının yüksek olduğu bu katman, dikişler dâhil olmak üzere TS EN 469 standardına göre kumaşların su nüfuziyetine direnci;  $0,98 \pm 0,05$  kPa/dakika basınç artış hızı kullanılarak TS 257 EN 20811:1996 Tekstil Kumaşları-Su Geçirmezlik Tayini Hidrostatik Basınç Deneyine tabi tutulduğunda iki performans seviyesinden birini sağlamalıdır. Bu performans seviyeleri;

Seviye 1  $< 20$  kPa, nem bariyeri olmayan giysi parçaları için,

Seviye 2  $\geq 20$  kPa, nem bariyeri olan giysi parçaları içindir.

Test edilecek numune genellikle omuz dikişleri gibi kritik birleşim alanlarından alınmalıdır. Numune, üç farklı alandan su geçirme yaşayana kadar test edilmekte ve standarda göre bir yüzeyinden sabit hızla artan su basıncına maruz bırakılmaktadır. Test edilen numune yüzeyi ve suyun nüfuz ettiği üçüncü bölgedeki uygulanan su basınç değeri kaydedilmektedir.

### 9.12. Su Buharı Direnci

Su buharı direnci, kumaşın su buharına karşı gösterdiği dirençtir. Birim alanda kumaşın yüzeyinden belirli bir zamanda iletilen su buharı miktarı arttıkça kumaşın su buharına karşı olan direnci azalmaktadır. Bu direncin azalması giysi performansını olumlu derecede etkilemektedir. Katman yapısı terlemeden oluşan su buharını dışarıya aktarmada problem yaşamamalı ve bu sayede buhar yanıkları ve ısı stresinin önüne geçilmelidir. Oluşan yüksek su buharı direnci, yüksek riskli buhar yanıklarına sebebiyet vermektedir. Çünkü giysi performansında termal korumanın yanı sıra termal stresin azalması da önemli bir faktördür. Termal stresin artması itfaiyecinin psikolojik ve sağlık problemlerini etkilerken çalışma performansını düşürmektedir.

Su buharı direnci TS EN 31092 (Tekstil-Fizyolojik Özelliklerin Tayini–Kararlı Şartlarda Isıl Direncin ve Su Buharına Karşı Direncin Ölçülmesi) standardına göre komple bileşen takımı veya çok katlı giyecek takımı deneye tabi tutularak yapılmaktadır.

Test EN 31092' ye göre yapılmalı ve istenilen performans seviyelerini karşılamalıdır. Bu seviyeler;

Seviye 1  $>30 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$ ,  $45 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$ 'ı aşmamak kaydıyla,  
Seviye 2  $\leq 30 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$  olmalıdır.

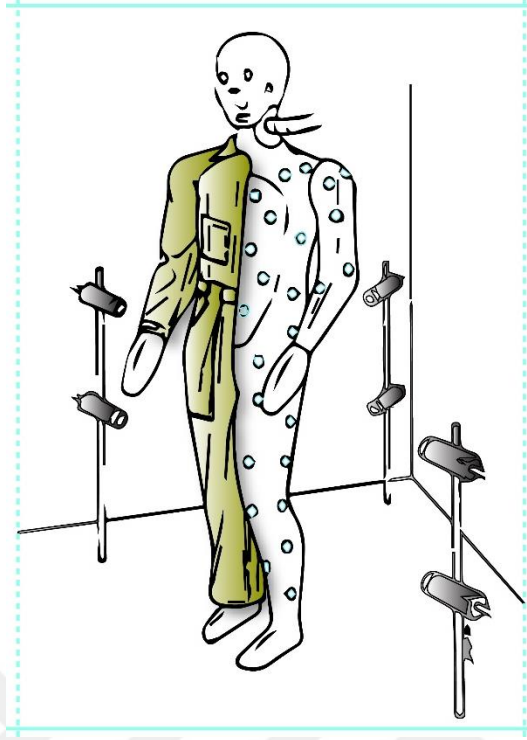
Test süresince katman yapısının çeşitli ortam koşullarına göre içinden geçen su buharı miktarı ölçülmüş olmaktadır.

### **9.13. Komple Giyecek Parçaları İçin Deney Metodu**

Küçük ölçekli numuneler üzerinde yapılan deneyler dışında, TS EN 469 standardının kurallarına uygun koruma sağlaması için kullanılan komple çok katmanlı giysi yapısı ve bileşen takımı isteğe bağlı olarak deneye tabi tutulmaktadır. Giysi yapısı kişi üzerinde değil ölçme cihazları yerleştirilmiş bir manken üzerinde test edilmektedir.

Test süresinde alevli yangın ve kısa süreli termal ortamlara maruz kalmada giysi parçalarının ve koruyucu giysi ekipmanlarının performansı değerlendirilirken kontrollü ısı akışı yoğunluğu, süre ve alev dağılımına sahip bir yangın modelinin laboratuvar içerisinde bir manken üzerine aktarılarak, ısının ölçülmesini temel almaktadır. Bu süreçte giysinin termal koruma performansı test edilmiş olmaktadır. Maruz kalınan ısı ve alev sonucu tahmin edilen yanık hasarını hesaplamak için de kullanılmaktadır. Tüm bu süreçte ve sonrasında giysi parçası değişimi gözlemlenmektedir.

Test sırasında standarda göre uygulanan ısı akışı yoğunluğu  $80 \text{ Kw/m}^2$  ile sınırlı olan bir deney odasında aleve maruz bırakılmaktadır.



**Şekil 9.2.** Ölçme cihazları ve giysi yerleştirilmiş manken görünümü

Testte kullanılan manken yetişkin bir erkek yapısında insan vücuduna benzer şekilde ayakta duran bir pozisyonda kullanılmalıdır (Şekil 9.2). Manken üzerinde en az 100 adet 0-200 Kw/m<sup>2</sup> aralığındaki ısı akış yoğunluğunu ölçecek kapasiteye sahip yanık hasar tahmini için ısı akış algılayıcısı bulunmaktadır.

Her algılayıcıdan alınan verilere göre birinci, ikinci ve üçüncü derece yanık hasarının başlama süresinin tahmini bilgisayar yazılımlarıyla hesaplanmaktadır.

## 10. İTFAİYECİ GİYSİLERİNİN TASARIM ÖZELLİKLERİ

İtfaiyecilerin operasyon anında kullandıkları ürünler kişisel koruyucu ekipmanlar (PPE) ve kişisel koruyucu giysiler (PPC) olarak gruplandırılmaktadır. Tehlikeli çevre koşullarında arada bir bariyer olarak koruyuculuğu sağlayan ekipman ve giysilerin performans özelliklerinin yüksekliği giysi ömrünü ve can güvenliğini sağlamaktadır (Kilinc, 2013). Performans seviyesinin yüksekliğini etkileyen parametreler giysi yapısı, tasarım ve fonksiyonelliktir.

İtfaiyeci giysisi tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulması gereken belirli faktörler vardır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir:

- İlgili standardın kuralları
- Tasarım
- Ağırlık
- Koruyuculuk
- Fonksiyonellik
- Maliyet

İtfaiyeci giysi yapısı ve ekipmanları Şekil 10.1’de görüldüğü üzere farklı bölümlerden oluşmaktadır. Bunlar itfaiyeci ceket, itfaiyeci pantolonu, itfaiyeci iç çamaşırı, örme başlık, baret, eldiven ve çizmedir. Tüm bu bölümlerde, üretici firmaların tasarımlarına göre görünüm, fonksiyonellik ve kalıplarında değişiklik olmaktadır.



Şekil 10.1. İtfaiyeci giysi örneği

Ticari olarak incelendiğinde itfaiyeci giysi tasarım özellikleri tasarımcıya göre değişkenlik gösterirken bu durumu etkileyen farklı etkenler de bulunmaktadır. Koruyucu giysi yapısının özelliklerini belirleyen öncelikle ilgili standartlar ve kullanıcı teknik şartnamesi vardır. Alıcı tarafından oluşturulan teknik şartnamelerde genel, teknik ve imalat özellikleri bilgileri bulunmaktadır. Teknik şartnamede bulunan cep özellikleri gibi tasarım değişkenleri isteğe göre revize edilmektedirler.

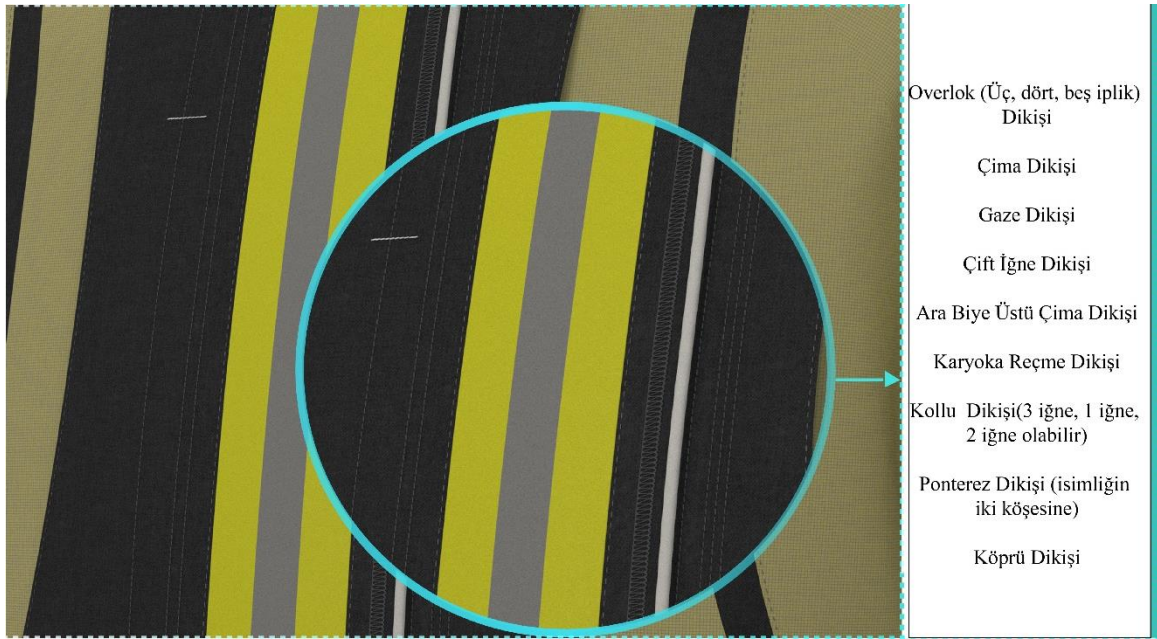
Tasarım özellikleri giysi yapısını, hareket kabiliyetini ve konforu etkilemektedir. Tüm bu özellikler tasarım ve kalıpla birlikte görselleştirilmekte ve fonksiyonellik kazandırılmaktadır. Nihai tasarım özelliklerinin yanı sıra değişken katman yapıları ve kombinasyonları da tasarım sürecini ve niteliğini etkilemektedir. Yapılan tasarımın ağırlığı, kalıp ve tasarım özelliklerine eş değer görünümü ve kullanımı değiştirmektedir. Tasarımın doğru kullanım ve performans özelliğini yansıtması için öncelikle giysi yapısını, kullanım şartlarını, bölgesel olarak çevre koşullarını, insan anatomisi ve boyutlandırma, ergonomi ve estetik görselleştirmeleri analiz etmek gerekmektedir. Tüm bu tasarım süreci bu noktada en önemli faktör olan kişisel koruyuculuk özelliklerini sağlamak için donanımın tüm tasarımlara eşdeğer olarak standarda uygun olması gerekmektedir.

İtfaiyeci giysilerinin standartta tanımlandığı üzere tasarımı, kişisel kullanım sırasında yapılması beklenen hareketlerde vücudun hiçbir bölgesini açıkta bırakmamalıdır. Giysi, kullanım sırasında kolayca giyilmeli, kol, diz ve eğilme hareketlerini yaparken rahatsızlık vermemeli, herhangi bir bölgede açıklık oluşturmamalıdır. Yapılan tasarımların hiçbiri birlikte giyildiğinde parça performanslarını azaltmamalı ve birbirleri ile uyumlu olmalıdırlar. Giysi tasarımına ek koruyucu ekipmanlar birlikte giyildiğinde ara yüz alanında uygun derecede koruma sağlamalıdır (ISO, 2013).

Yapısal itfaiyeci giysi tasarımları farklı katman yapısı, takviye, destek, reflektif, dikiş ipliği, aksesuar malzemeleri ile birlikte değişiklik gösteren tasarım giysileridir. Kullanılan renk ve kumaş dokuma farklılıkları ile birlikte tasarım değişkenlik göstermektedir. Tasarımda model analizine göre hazırlanan kalıplar ile birlikte fonksiyonellik ve kullanım özellikleri değişiklik göstermektedir.

Tasarım, kalıp, kesim, dikiş birbiriyle bağlantılı ilerleyen işlem süreçleridir. İtfaiyecilerin giysilerinde üst dikiş özellikleri ve görünümleri yapılan tasarımla ve kalıp bağlantı noktalarıyla ilişkilidir. İtfaiyeci giysilerinde kullanılan belirli dikiş çeşitleri

vardır. Bunlar Şekil 10.2’de görüldüğü üzere overlok, çima, gaze, çift iğne, ara biye üstü çima, karyoka recme, kollu iğne, ponterez ve köprü dikişidir. Cep, köprü, takviye malzemelerinin birleşim noktaları, patlet, isimlik, reflektif, etek ve paça ucu, konforu artırıcı kalıp parçaları gibi giysi bağlantı noktalarının üstünde kapama, birleştirme ve süs görevi görmek için kullanılmaktadır. Mevcut itfaiyeci koruyucu giysi tasarım özellikleri, giysi bölümlerine göre aşağıda incelenmiştir.



Şekil 10.2. İtfaiye giysilerinde kullanılan dikiş çeşitleri

### 10.1. İtfaiyeci Ceket

İtfaiyeci ceket dış katman, nem bariyeri, ısı bariyeri, iç astardan oluşan üç katmanlı giysi yapısına sahiptir. Yapılan itfaiyeci ceketleri kullanılan katman kumaş özellikleri ve yapısından dolayı değişiklik göstermektedir. Dış katmanda kullanılan Nomex, PBI Gold, PBI Matrix kumaşları içerik ve dokuma türevi olarak değişiklik göstermektedir. Bu da doku ve renk kullanımı olarak tasarımı tamamlarken ceketin görünümünde değişiklik oluşturmaktadır.

İtfaiyeci ceket, insan üst bedenini koruyan yaka, ön beden, ön pat kapama, arka beden, kol kalıplarından oluşan itfaiyeci gövdesini kalça kısmına kadar örten giysidir. Şekil 10.3’teki kalıp parçalarının her bölümü kendi içinde değerlendirilmektedir.



Şekil 10.3. İtfaiyeci ceketi ön ve arka görünümü

Ceket yakası genellikle dış katman ve nem bariyerinden oluşmakta, astarlama dikim aşamasında dış katman yapısı kullanılmaktadır (Şekil10.4). Yaka biçim özelliklerine göre kişinin boyun kısmını rahatsız etmeyecek yükseklik ve genişliğe sahip olmalıdır. Yaka patı boyun kısmını kapatıldığında tamamen koruyacak şekilde tasarlanmaktadır. Üzerindeki kapama sistemi kolay tutuş ve hızlı kullanıma sahip olmaktadır. Pat ve boyun kalıbı tasarım özelliklerine göre şeklinde değişiklik gösterebilmektedir.





Şekil 10.4. İtfaiyeci ceket yaka ve pat yapısı

Ceket ön bedeni standartta belirlenen kalıp ölçülerine göre hazırlanmaktadır. Kişi göğüs kısmını sıkmamalı, genellikle ceket çıplak beden (göğüs) ölçüsünden 20 cm daha büyük olmaktadır.

Omuz bölgesi darbe alabilecek önemli noktalardandır. O yüzden bu bölgelere şekil 10.5’de olduğu gibi koruyuculuğu arttırabilmek için takviye, destek malzemeleri kullanılabilir. Ceketin omuz bölgeleri bu yüzden genellikle iki kat ısı bariyerinden oluşmaktadır.





Şekil 10.5. Omuz destek parçası ve fermuar yapısı

Ceketin ön kısmını kapatan fermuar üstten açılabilme özelliğine sahip olan panik fermuarındandır. Fermuar üzeri pat parçası ile kapatılmakta, kapaması cırt cırt ile sağlanmaktadır.

Ceket ön beden üzerinde çeşitli cep tasarımları bulunmaktadır. Cepler sağ, sol veya hem sağ hem sol göğüs üzerinde olabilmektedir. Cepler telsiz, fener gibi ürünlerin taşınması için kullanılmaktadır. Tasarım, telsiz anteni göz önünde bulundurularak çıkışını sağlayacak bölmeden ve fener için de köprü ile tutuş sağlanabilen, boyu ayarlanabilen yapıda olabilmektedir. Cepler cırtla kapatılabilmektedir.

Ceketin alt sağ ve sol kısmında da cırt bantla veya ısıya dayanıklı kumaş fermuarıyla kapatılabilen kapaklı cepler bulunmaktadır. Tüm kullanılan cepler şekil 10.6'daki gibi körüklü veya körüksüz olabilmektedir. Cep kapaklarında dış katman kumaşından farklı kumaş ve malzeme kullanılabilmektedir. Bazı tasarımlarda cep kapaklarının üzerinde reflektif kullanılmaktadır. Hızlı ve kaymaz tutuşu sağlayan takviye malzemesinden tutacak yerleri olabilmektedir. Bazı alt cep kapaklarının kenarlarında eldiven vb. parçaları takabilmek için askılıklar bulunmaktadır. Ek olarak ceket içinde bir cep ve askılık detayları bulunmaktadır.



Şekil 10.6. İtfaiyeci giysisi cep tasarımları

Ceketin ön kapama kısmı iç astara dönüşte klapa kalıbının olma zorunluluğu olmadığı gibi bazı modellerde kullanımı uygun ve gereklidir. Açıklığın oluşabileceği yerlerde dış katmandan oluşan klapa parçasının gözükmemesi daha doğrudur.

Bazı firmalar şekil 10.7'deki gibi ceket bel veya sırt kısmında kurtarma, emniyet kemerlerinin bulunduğu bölmeler bulundurmaktadır. İç ve dış katman arasında gizlenmekte, kol altından omuz kısımlarının etrafına kadar uzanmaktadır. Bu kurtarma kemeri itfaiyecinin yangından çıkamaması durumunda, kurtarma ve güvenli alana sürüklenme operasyonunda kullanılmaktadır. Bölmeler cırt cırt ya da fermuar kapaması ile ön pat kapamasının kenarında veya sırt roba kısmında bulunmaktadır. Kemerin uç kısmında bir tutuş alanı bulunmaktadır ve sırtta yaka ile omuz arasından çıkmaktadır. Tasarımı yapılırken sırt bölgesi üzerinde kemerin çıkış yerinin üzerine dumanlı ve karanlık ortamda fark edilip çekilebilmesi için reflektif yerleştirilmektedir.



Şekil 10.7. İtfaiyeci giysisi ceket arka beden (kurtarma kemeri, körüklü sırt detayı) yapıları

Sırt kısmında omuz ve kol evinin bağlantı noktalarına yakın olan hareket bölgesinde körüklü bir arka beden kalıbı vardır. Bu körük bir yere tırmanma, uzanma, çekme gibi hareketliliği yüksek performansa taşıyacak özellik kazandırmaktadır. Kalıp tasarımı iç katmanlarla birlikte yapılmaktadır.

İtfaiyeciler yangın sırasında itfaiyeci giysilerinin yanı sıra, ekipmanlarını da kullanmaktadırlar. Solunum cihazı gibi ekipmanlar ve hortum taşıma gibi çalışma şartlarında yüksek sıcaklık, nem gibi etkenlerle birlikte omuz kısmında olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek için ceket omuz tasarımlarında takviye malzemeleri kullanılmaktadır.





**Şekil 10.8.** İtfaiyeci giysisi ceket ucu anti-wicking bant ve eldiven takma aparatı

Ceketin ön ve arka etek iç kısmında şekil 10.8'deki su geçirmezliği (anti-wicking) sağlayan bant şeritler vardır. Bu şeritler içeri nüfuz edecek sıvıları engellemek ve aşağı eğim ile dışarı atmak için kullanılmaktadır. Alt etek ucu alanında içeriye giren su ve sıvıların dışarı akabilmesi için iliklerden oluşan boşluklar vardır.

Ceketin kol kalıbı konforu arttırmak için şekil 10.9'daki gibi parçalı ve takviyelidir. Kol altlarında hareket kabiliyetini, rahatlığı arttırmak için ilave kalıp parçaları vardır. Bu parçalar genellikle üçgen formunda eklenmektedir. Kolun dirsek kısımları hareket halinde en fazla aşınma yaşayan ve eklem noktasında olmasından kaynaklı kırılmalardan dolayı konfor gereken noktalardan bir tanesidir. Dirsek noktalarında takviye ve destek malzemeleri kullanılmaktadır. Kullanılan parçalar hem dirseğin destek alıp daha rahat hareket etmesini sağlarken hem de aşınma ve eskimeyi azaltmaktadır. Ceket kol boyu kullanıcı kollarını serbest bıraktığında bileği örtecek uzunlukta olmalıdır.



Şekil 10.9. İtfaiyeci giysisi ceket kol tasarım özellikleri

Etek ucunda olduğu gibi kol ağzının iç kısmında su geçirmezliği sağlayan bant şeritlerinden bulunmaktadır. Eldiven parçası kol ağzına birleştirilmiştir. Kol ağzındaki cırt bantla ayarlanabilen bir pat ve bilek kısmında oluşabilecek açıklığı ortadan kaldırarak koruyuculuğu arttırmak için örgü bileklik vardır. Bazı tasarımlarda kol üstünde cep ve isimlik parçaları da bulunmaktadır. Hareketliliğin daha fazla olduğu bir bölge olduğu için reflektif önemli tasarım özelliklerinden bir tanesidir.

## 10.2. İtfaiyeci Pantolonu

İtfaiyeci pantolonu insan vücudunda belden başlayarak iki bacağa geçirilen ve uzunluğu ayak bileklerine kadar uzanan koruyucu giyecektir. İtfaiyeci pantolonu bel, pat, askılık, diz, paça kalıp bölgelerinden oluşmaktadır. Kalıp parçalarının her biri farklı detayları barındırmaktadır.

İtfaiyeci pantolonu, cekette olduğu gibi üç katmandan ve yapıdan oluşmaktadır. Dış katman kumaşı pantolonun tasarım özelliklerini renk, dokuma türevi, içerik bakımından tasarımı tamamlamakta ve değişiklik göstermektedir. Dış görünüm ve doku bütünlüğü açısından üst giysi ceket ile uyum sağlamalı ve birbirini tamamlamalıdır. Reflektif ve

dikiş detayları da tamamlayıcı detaylardandır. Kullanılan kalıp kesimleri ve bu malzemeler devamlılığı oluşturmaktadır. Örnek bir itfaiyeci pantolonu şekil 10.10’da sunulmuştur.



Şekil 10.10. İtfaiyeci pantolonu ön ve arka görünümü

İtfaiyeci pantolonunun bel kısmı, baz ölçüden yaklaşık olarak 5-7,5 cm daha büyük olmalıdır. Bel çevresinin sağ ve sol yanları bele daha rahat oturması için şekil 10.11’deki gibi içten lastiklidir. Bazı tasarımlarda bel konforunu arttırmak için arka kısmı da içten lastikli çalışabilmektedir. Pantolonun ön kapamasında gizli cırt cırt veya cırt bantla kapatılabilen pat parçası vardır.





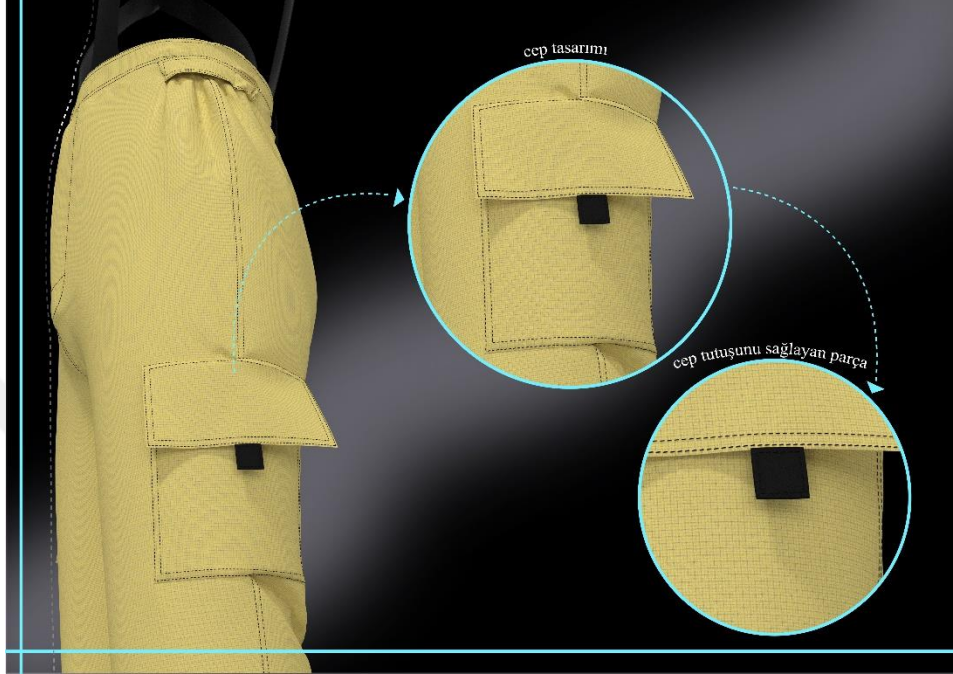
Şekil 10.11. İtfaiyeci pantolonu bel tasarım özellikleri

İtfaiyeci pantolonunun bel kısmından birleşen ve pantolondan ayrılabilir, boyu ayarlanabilir omuz askıları bulunmaktadır. Askılıklar farklı malzemelerden oluşabilmektedir. Kişinin bel ve omuz aralığındaki tutuş rahatlığını sağlamalıdır. Omuz ve bel arasını doğru kavramalı ve elastikiyeti yeterli seviyede olmalıdır. Sırt kısmında tüp vb. ekipman takıldığında iç kısımdan destek sağlayabilmesi için bir parça tasarımı olabilmektedir. Omuz ve sırttaki bu parçalar hem destek hem de bedeni tutan bir konfor sağlamaktadır.

Pantolon bel kısmında önemli olan diğer bir nokta itfaiyecinin çalışma anında eğilme veya uzanma kısmında ceket ve pantolon arasında oluşabilecek açıklık kısmıdır. Bunu önleyebilmek için pantolon tasarımlarında bel bölümüne yukarıya doğru tasarıma göre değişken olan ölçülerde parça eklenmektedir. Bu parçalar omuz askılıklarıyla birleştirilmekte, bel formuna ve duruşuna göre tasarlanmaktadır.

Pantolonun sağ ve sol yanlarında direk içe açılan astarsız iki yan cepler bulunmaktadır (Şekil 10.12). Sağ ve sol diz yanlarında da körüklü ve kapaklı cepler bulunmaktadır. Bu cepler farklı şekil ve özelliklerde olabilmektedir. Kullanılan cep malzeme ve materyalleri de değişiklik gösterebilmektedir. Ceplerin form ve yerleşim şekillerinde uygulanacak tasarımlar, değişiklikler pantolon tasarımını ve

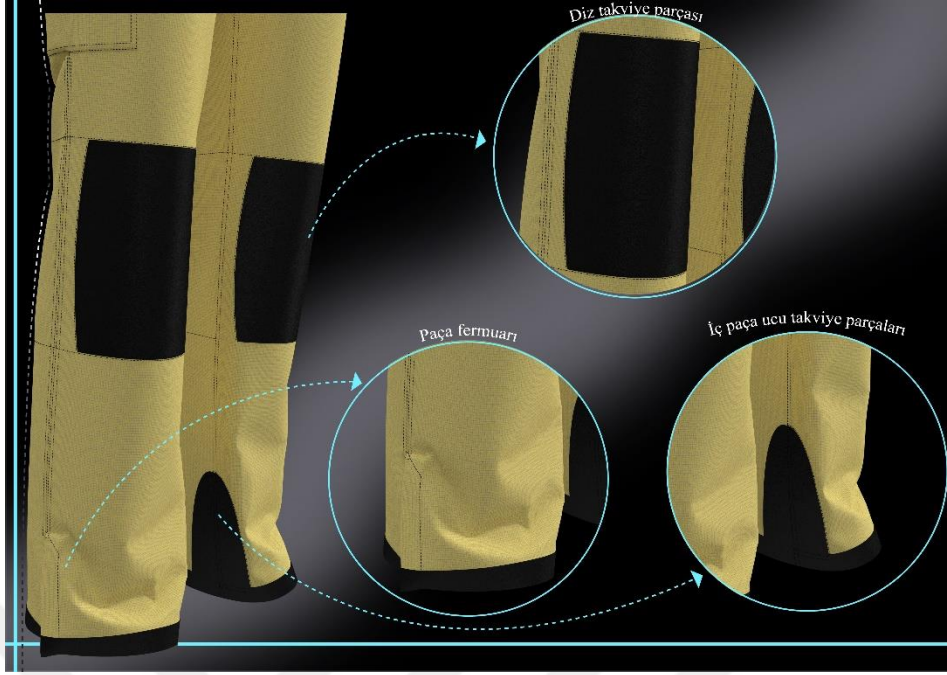
fonksiyonelliğini iyileştirmektedir. Cepler özel araç gereçler için ve cekette bulunduğu gibi bazı modellerde eldivenlerin takılabileceği metal veya plastik bir birite takılı halde tasarlanmaktadır.



Şekil 10.12. İtfaiyeci giysisi pantolon cep tasarımı

Pantolon diz kısmı en önemli bölgelerden bir tanesidir (Şekil 10.13). Tasarım özelliklerinde de diz bölgesindeki tasarımlar kullanıcının rahatlığını hareket kabiliyetini arttırmaktadır. Yapılacak parça ekleme, pensler, üç boyutlu dönüş tasarımları hareket kabiliyetini etkileyen faktörlerdendir. Bu alanda takviye malzemesi ve içten destek malzemesi kullanılmaktadır. Dış katman kumaşı takviye olurken içine değiştirilebilir şekilde monte edilmiş alev almayan özellikte yumuşatıcı özel malzeme kullanılmaktadır. Dizlerde yerde sürünme, eğilme vb. hareket halinde esneklik ve rahatlık çok önemlidir.





Şekil 10.13. İtfaiyeci giysisi pantolon diz bölgesi takviye parçaları

Pantolon tasarımlarında ağı bölgelerinde bazı modellerde ekstra konforu arttıracak kalıp parçaları eklenebilmektedir. Bu parçalar bacakların rahat hareket etmesini sağlarken kalıp tasarımını da etkilemektedir.

Paça kısımları ve ağı kısımları sürtünmenin en fazla olduğu noktalardır. Aşınma dayanımını arttırmak için tasarım yapılırken bu bölgelere dikkat edilmesi gerekmektedir. İç paça noktalarına buradaki aşınmayı azaltmak için takviye malzemelerinden parçalar eklenmektedir. Bu parçalar kolay deforme olmayı engellemektedir. Paça kısmı bazen eğimli botu rahat örtecek şekilde tasarlanmaktadır.



Şekil 10.14. İtfaiyeci giysisi pantolon paçası fermuar detayı

Bot ile paçanın birbirini tamamlaması ve rahat giyilebilirliği de önemli bir tasarım unsurudur. Paça yan noktalarında bu giyim kolaylığını sağlayabilmek için fermuar açıklığı bulunmaktadır (Şekil 10.14). Bu fermuar kısmı açıldığında genişlik oluşturmakta ve bot giyiminde kolaylık sağlamaktadır. Bazı modellerde de bu nokta içten lastik veya cırt ile ayarlanabilir şekilde tasarlanmaktadır. Paçaların iç kısımlarında da sıvılara karşı koruyucu şerit bulunmakta ve astara takılı olarak dikilmektedir.

### 10.3. İtfaiyeci Eldiveni

Yüksek sıcaklıklara ve soğukluklara karşı koruma sağlayan itfaiyeci eldiveni çok katmanlı yapılardan oluşmaktadır. Genellikle dış katman, nem bariyeri ve astar birleşiminden oluşmaktadır. Dış katmanlar genellikle deri, Nomex, PBI gibi ısı ve alev dayanıklı kumaşlardan oluşmaktadır.

Tasarımları:

- Manşet boyu uzun veya kısa
- Eklem koruyuculu
- Örne bileklikli
- Reflektif şeritli

- Bilek kısmı cırt bantlı olarak gruplandırabiliriz.



Şekil 10.15. İtfaiyeci eldiven tasarımları (http-6)

Eldivenler şekil 10.15’de görüldüğü gibi farklı yapı ve tasarımlara sahiptir. Genellikle ergonomik tasarımlarla hareket özgürlüğü sağlamaktadır. Elin en çok hareket eden kısmı parmak eklem noktaları ve sırt yüzeyidir. Bu bölgeler aşınmaya maruz kalabilecek noktalardır. Nomex eklem koruyucuları bu bölgelerde bulunmaktadır. Bu koruyucular eklem noktalarında konfor ve hareket rahatlığı sağlamaktadır. Elastikiyeti ile birlikte deformasyonun önüne geçilmektedir.

Manşet kısmında içeri ısı ve alevin nüfuziyetini önlemek için Kevlar ya da Nomex örgü bileklikler ile birleştirilmektedir. Eldiven bileğinin çevresinde ayarlanabilir cırt cırt bant ve bilekte elastikiyet özelliği bulunmaktadır. Bu kayış parçası güvenlik için görünürlüğü yüksek reflektiftir. Bu reflektifler kullanım ve malzeme özelliklerine göre değişmektedir. Elastikiyet özelliği bileğin daha iyi kavranmasını ve iyi bir tutuşu sağlamaktadır. Tasarımların avuç içleri kesme ve aşınmaya karşı dirençlidir. Dokunma ve tutuş hassasiyeti yüksek parçalardır. Manşet bölümünde ısı ve alevin ciltle temasını engellemek amacıyla Kevlar ya da Nomex örgü bileklikler dikilmektedir. Eldivenlerin boyu genellikle 35 cm civarında olmaktadır. Fakat bu tasarıma göre değişiklik gösterebilmektedir.

#### 10.4. İtfaiyeci Örme Başlığı

Örme başlık itfaiyecinin baş ve boyun bölgelerini yangından ve sıcaklığın etkilerinden korumaktadır. Örme başlıklar boyun bölgesini örten, ön ve arka boyun noktalarına doğru eğimli tasarımıyla ceket ve baretten önce giyilerek korumayı sağlamaktadır. Isı ve aleve dayanıklı, erimez özellikte interlock örgü kumaştan üretilmektedir. Üzerinde kullanılan dikişler aramid ipliklerden yapılmaktadır.

Örme başlık “EN 13911:2004 İtfaiyeciler için koruyucu giyecekler -Yangın başlıkları için özellikler ve deney metotları” standardına uygun olarak çift katlı ve tek katlı olarak üretilmektedir. Tasarımı baret ve maske ile kullanıma uygun olarak yapılmaktadır. Tasarım özelliklerine bakıldığında özel yüz çevreleme kalıpları vardır. Yüzü çevreleyen kısım şekil ve biçim olarak değişiklik göstermektedir. Göz ve çevresinde açıklık bulunmaktadır ve bu açıklığın olduğu kısım elastik bir yapıya sahiptir. Yüzü tam olarak kavraması için elastikiyeti arttıracak üst dikişler ve kalıp parçalamaları bulunmaktadır.



Şekil 10.16. İtfaiyeci örme başlık tasarımları

Örme başlığın omuzlara düşen kısımları tasarım olarak değişiklik göstermektedir. Bu parça düşüşü omuz şekline göre eğim oluşturmaktadır. Arka ve ön ölçüsünden farklı



omuz çizgisinde bitmekte ve bu nokta tasarıma göre üç farklı şekilde kurgulanabilmektedir. Bunlar:

- Omuz çizgisinde ön ve arka parça aralığı pens açıklığı gibi oyuk ve formlu olmaktadır.
- Arka ve ön oyuntusu uzunluk ve form olarak farklı olmaktadır. Ön parça daha kısıyken arka parçanın eğimi ve uzunluğu daha fazladır. Kalıp kesini omuz kısmındaki bu ayırmadan parçalıdır.
- Ön ve arkanın omuz çizgisinde birleştiği yerde bir körüklü kalıp parçası olmaktadır. Bu parça örme başlığın daha konforlu kullanımını sağlamaktadır.

Örme başlık farklı renklerde olabilmektedir. Renk, tasarım ve kullanılan iplik çeşidine göre değişiklik göstermektedir (Şekil 10.16).

### **10.5. İtfaiyeci İç Çamaşırı**

İtfaiyeciler birçok ısı maruziyete kalmaktadır. Tüm bu çalışma şartlarında giysi performansını yükseltmek için insan vücudu ve giysi arasında konforu sağlayan iç çamaşırı bulunmaktadır. İç çamaşırının ısı ve nem aktarımı sürecinde önemli bir rolü vardır. İç çamaşırı, yapısal itfaiyeci giysi tasarımıyla birlikte giyildiğinde cildi mümkün olduğunca kuru tutmaktadır. Ve böylece korumanın önemli bir unsurunu oluşturmaktadır. Gerekli tüm kombinasyonlarda giyilmesi kolay olmaktadır (Rossi, Indelicato ve Bolli, 2004). Örnek bir itfaiyeci iç çamaşırı görsel 10.1’de gösterilmiştir.



**Görsel 10.1.** İtfaiyeci iç çamaşır (http-7)

İtfaiyecilerin iç çamaşıruları özel elyaf karışımı ile üretilmekte ve ısıya dayanıklı damlamaz, nefes alabilir özelliktedir. Tasarımlar üst ve alt bedenden oluşmaktadır. Üst beden yakası kendi kumaşından biye ve kol, ayak bilekleri uçlarına manşet parçası dikilmiştir. İç çamaşırısıyla birlikte kullanılan ısıya dayanıklı, yanmaz, erimez ve damlamaz özellikte çoraplar vardır.

#### **10.6. İtfaiyeci Bareti**

İtfaiyeci bareti yangınla mücadele esnasında başın darbelere karşı korunmasını sağlamaktadır. Dış koruyucu ekipmanlardan bir tanesi olduğu için kimyasallara ve yüksek sıcaklıklara karşı dayanımının yüksek olması gerekmektedir. Konfor, uzun kullanım ömrü ve dayanıklılık sağlamalıdır. Baretin  $14 \text{ kW/m}^2$  ısı akısında 8 dk maruziyet süresince herhangi bir bozulma yaşamaması gerekmektedir. Dış koruyucu ekipmanlardan bir tanesi olduğu için kimyasallara ve yüksek sıcaklıklara karşı dayanımı yüksek olmalıdır. Dış malzemesine cam elyaf takviyesi yapılmaktadır. Baret örnek malzeme özellikleri ve yapıları aşağıda listelenmiştir:

- Dış gövde: yüksek sıcaklığa dayanıklı kompozit
- İç gövde: darbe emici poliüretan
- Ayar mekanizması: başa göre ayarlanabilen başlık ayar mekanizması

- Ense koruyucu: deri veya alev almaz aramid kumaş
- Vizor: içten çıkmalı, yüksek sıcaklıklara dayanıklı malzeme
- Çene kayışı: ayarlanabilir alev almaz malzeme (Group, 2019).

Baret tasarım özellikleri de malzeme yapısına ve kazandırılmak istenen özelliklere göre çeşitli fonksiyonelliklere sahiptir. Örnek baret tasarımları şekil 10.17’de gösterilmektedir.



Şekil 10.17. İtfaiyeci baret tasarım örnekleri (<http-8>)

Bir itfaiyeci bareti:

- Dış koruyucu,
- Darbe emici sistem,
- Bağlantı kayışları ve
- Yüz siperinden oluşmaktadır.

Kötü şartlar altında çalışırken görünürlüğü sağlayabilmek için fotoluminesan özellikte olabilmekte ve reflektif şeritlerden oluşabilmektedir. Baretin çenelik kayışı tene uyumlu olmalı, ayarlanabilir özelliğe sahip olmalıdır. Bu özellik baretin dış kısmında olup kişinin başına uyum sağlayacak şekilde ayarlanmasını sağlamaktadır. Baret dış kabuğu ve vizor boşluğu arasından girebilecek alev ve kıvılcımın ısını engelleyecek yalıtım özelliğine sahip olmalıdır.

Modele göre değişiklik gösteren baret tasarımlarının içerisinde çıkarılabilir vizor bulunmaktadır. Kullanılan vizor panoramik yapıda olup istenildiği zaman gizlenebilir ve gözlükle kullanılabilir geniş bir görüş açısı özelliği sağlamaktadır.

Ense kısmında itfaiyecinin ısı ve aleve maruz kalmaması için deriden veya aramid kumaştan yapılan ense koruyucu parçası bulunmaktadır.

### 10.7. İtfaiyeci Çizmesi

İtfaiyeci çizmeleri, yangın anında yüksek güvenlik özelliği taşıyan asit, alkali, yağ ve petrol türevlerine dayanıklı koruyucu ekipmandır. Çizmeler EN 15090: 2012 standardına uygun olarak üretilmektedir. Malzeme olarak deri veya kauçuk esaslı olmaktadır. Deri çizmelerin dış yüzey aşınmasının dayanımı kauçuk yüzeye göre daha azdır. Çizme dış yüzeyi çatlama ve açılma yaşamamalı ve esneklik, hafiflik özelliklerine sahip olmalıdır. Şekil 10.18’de itfaiyeci bot tasarım örnekleri bulunmaktadır.



Şekil 10.18. İtfaiyeci bot tasarım örnekleri (http-9)

Tasarımlarda arka kısımlarda ilave plastik ayak koruması, bilek etrafında astar parçaları bulunmaktadır. Hızlı giyim sağlamak için tutacak yerleri vardır.

Mekanik darbelere karşı koruyuculuğu arttırmak için bazı tasarımlarda burun ve taban kısımları çelik olabilmektedir. Bazı modellerde de çelik yerine para-aramidden yapılmış iç taban, çelik yerine kullanılmaktadır. Bu iç taban hafif, delinmezlik, esneklik,



yüksek termal emicilik özellikleri katmaktadır. İlave plastik parçalarla bilek kısmı desteklenmekte ve koruma sağlanmaktadır. İç kısımda da su geçirmez, hijyenik, termal konfor, hava geçirgen özelliğe sahip membran kullanılmaktadır.

Yanmayan reflektif ve dikiş iplikleriyle görünürlük sağlanırken tasarım kısmını da desteklenmektedir.

### **10.8. Alüminize Giysi Tasarımları**

Alüminize giysiler genellikle ceket, pantolon, çizme ve tozluktan oluşmaktadır. Bununla beraber ek parça halinde yapılan modeller de bulunmaktadır. Karşılaşılabilecek farklı koşullara bağlı olarak giysiyle birlikte uygun solunum cihazı kullanılmaktadır. Bunun için giysi tasarımında solunum cihazına uygun uzantı vardır. Bu giysiler için vücudun ve giysilerin birbirini rahat ve geniş bir şekilde kapatması önemlidir (Dunne ve Watkins, 2015).

Ceket yapısının ön pat kısmında üstten açılabilme özelliğine sahip panik fermuarı vardır. Fermuarın üstü pat ile kapanmaktadır. Giysi tam koruma işlevini diğer yapısal itfaiyeci giysi tasarımlarında olduğu gibi kalıp ve kapamalarla sağlamaktadır. Yaka kapatıldığında boyun patla tamamen örtülmektedir. Ceketin etek ucu çevresi lastik ile çevrilmektedir. Bu tamamen bel kısmın sarmasını ve kapatmasını sağlamaktadır.

Ceketin sırt kısmı içerisinde tüp kullanılabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Sırt kısmı körüklü bir yapıyla bu fonksiyonelliği sağlamaktadır. Körüklü parça tüpü içine alacak boyut ve özelliğe sahip olmaktadır.

Ceketin kol ağzı alev sıçraması, sıvı vb. tehlikelerin içeriye nüfuz etmesini engellemek için örgü bileklik yapısına sahip olmaktadır. Bu yapı bileği sararken ceketin kolu ile iç astarda birleşmektedir.

Pantolon tasarımında çit çit veya cırt bantla kapatılabilen patlet çalışması bulunmaktadır. Pantolonda boyu ayarlanabilmekte olan omuz askılıkları bulunmaktadır. Pantolon paçaları da bel kısmında olduğu gibi çevresi lastik olarak tasarlanmaktadır.

### **10.9. TS EN 469 Standardına Uygunluk Süreci ve Tasarımların Ergonomiye Etkileri**

İtfaiyeci giysileri belirli tasarım özelliklerine sahip olmalı ve bu tasarım özellikleri standarda uygulama sürecine bağlı değişiklik göstermektedir. Tasarımlar belirli parametreleri karşılamalıdır. İtfaiyeci giysileri yapı ve tasarımları ile ilişkili olarak temel ergonomik özelliklere sahip olmalıdır. Giysi öncelikle genel olarak ergonomik açıdan

değerlendirildiğinde bu itfaiyeci giysisinin iyileştirilmesine ve başlıca kusurlarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Standarda uygunluk sürecinde tasarım ve boyutlandırma önemli faktörlerdir. Bu parametreler giysinin konfor ve ergonomiyi etkilemektedir. Bu süreçte itfaiyeci giysi tasarımları TS EN 469 standardına göre;

- Doğru boyutlandırılmalı,
- Hareketleri kısıtlamamalı,
- Giyside kişiye ciddi zarar verebilecek herhangi bir kusur ve zararlı bir nokta bulundurmamalı,
- Rahat giyilebilmeli ve çıkarılmalı,
- Giysi rahat ettirecek kalıp özelliklerine ve boyutlandırmaya sahip olmalı,
- Derin soluk alıp vermeyi kısıtlamamalı ve kan akışını engellememeli,
- Kol evi ve pantolon ağı gibi kalıp parçaları uygun orantılanmalı ve konumlandırılmalı,
- Kapama ve tutma sistemleri zorlanmadan çalışmalı,
- Ayakta durma, oturma, yürüme, diz çökme, emekleme, merdiven çıkma, iki eli başın üzerine kaldırma, kalem gibi küçük nesnelere almak üzere eğilme gibi hareketler zorlanmadan yapılmalı
- Giysinin kol ve bacak boyları el ve ayak hareketlerinin sınırlandırmamalı
- Giysi kalıpları bağımsız hareket edebilecek veya katlanacak kadar gevşek olmalı,
- Giysi parçaları arasında hiçbir noktada amaçlanmayan açıklık oluşmamalı
- Hareketler gereksiz kısıtlanmamalı
- Koruma bir kullanıcının yapması beklenen aşırı hareketler sırasında bile değişmemeli
- Giysi diğer koruyucu ekipmanlarla uyumlu olmalı, zorlanmadan giyilmeli ve çıkartılmalıdır.

İtfaiyeci giysisi tüm bu önemli faktörlere karşın kişi kendisine uygun olmayan beden giymesi, giysinin doğru kapanmaması ve parçaların doğru konumlanmaması, soluma gibi hayati fonksiyonları yerine getirememesi, giyildiğinde basit hareketlerin

yapılmasına engel olması, giysinin diğerkoruyucu ekipmanlarla uyumlu olmaması ve giyilmesini engellemesi durumunda ergonomik olarak kullanıma uygun olmadığı sonucuna varılmaktadır.

Giysi kişinin kullanım konforunu ve hareketlerini engelliyorsa bu hem fizyolojik hem de psikolojik olarak olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Çalışma koşullarında giysinin boyutlandırması ve doğru konumlanması kişinin performansını olumlu yönde etkilemektedir. Tasarım ergonomiyle ilişkili olarak geliştirilmelidir. Önemli olan öncelikle doğru temel kalıbın boyutlandırılması, ölçülendirilmesi ve bunun üzerine tasarım özelliklerinin işlenmesidir. Giysi tasarımı bu noktada kişinin kullanımını kolaylaştıran fonksiyonel parçalarla desteklenmelidir. Hem kişinin hareketlerini ve kullanım özelliklerini iyileştirirken koruyuculuğunu da sağlamalıdır. Tüm faktörler tasarımla ilişkili bir şekilde iyileştirilmektedir. İtfaiyeci giysisi ve vücudu arasındaki uyum tüm çalışma performansını olumlu yönde etkilemektedir.

## 11. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

**Meredith, Emiel ve Roger (2018)**, farklı bir modüler yaklaşım oluşturarak itfaiyeci giysi yapılarının üzerinde oluşan termal stresi azaltmaya yönelik araştırmalar yapmışlardır. Farklı katman yapıları üzerinde belirli parametreler belirlenip bunlarla birlikte test edilmiştir. Isı yalıtımı, toplam ısı kaybı, buharlaşmaya karşı dayanımı ölçmek için manken üzerinden çalışma yapmışlardır. Çalışmada çevresel faktörler, koşullar göz önünde bulundurularak spesifik bir çalışma ortamında analiz yapılmıştır. Katmanlar değerlendirildiğinde nem bariyeri katmanı, ısı kaybından fazla performansı gösterirken, termal astarın kuru ısı kayıp oranını en aza indirdiği gözlemlenmiştir. Katmanlarda iç astarın çıkartılması içerik özelliklerine bakılmaksızın ısı kaybı oluşturmuştur.

**Parka ve diğerleri (2018)**, ABD itfaiyecilerinin giysi algılarını ve kamuya açık alanda yangın dışı faaliyetlere katıldıkları istasyon üniformalarıyla ilgili deneyimlerini araştırmışlardır. Nicel ve nitel veriler elde etmeye olanak sağlayan açık uçlu soruları içeren bir anket formu geliştirilmiş ve 342 ABD itfaiyecisine uygulanmıştır. Çalışma sonucunda ABD itfaiyecilerinin yangın dışı mesleki çalışmaları ve toplumdaki mesleki tanımlamanın karışıklığı ortaya koyulmuştur. Açık uçlu sorularda çok yönlü çalışma pozisyonu, kurumsal kimlik, iş üniformalarında yaşanan problemler derlenmiştir. İş üniformalarının güvenlik ve kendine özgü tasarım özelliklerinin eksiklikleri belirlenmiştir. Kullanıcılara yönelik tasarımlar ve yeni fonksiyonel özellikler oluşturulması gerektiği belirlenmiştir. Yaka, manşet, düğme, kapama, dikiş gibi özelliklerin düzenlenmesi ve geliştirilmesi; özellikle istasyon üniformalarında görünümüleriyle ayırt edilebilecekleri tasarımlar ve detaylandırılmalar yapılması gerektiği ifade edilmiştir..

**Tao ve diğerleri (2018)**, İtfaiyeci giysilerinin uzun süre verimli çalışma performansı oluşturmasında katman yapısı ve iç çamaşırının etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada ısı ve alev karşı dayanımı olan iç çamaşırı, üç ve dört katmanlı giysi yapısı ile birlikte incelenmiştir. Temel değerlendirme amacı çok katmanlı kumaş yapısının ısıl konfor performanslarını anlamaktır. Çalışma sonucunda, kumaş tabakalarının sayısı arttıkça itfaiyeci giysilerinin termal konfor özelliklerinin kötüleştiği tespit edilmiştir. Kumaş katmanlarının sayısı arttıkça, kumaşların ısıl direnci artmış ve kumaşların su buharı geçirgenliği azalmıştır. Bu, rahatsızlık hissini artması anlamına gelmektedir. İç çamaşırı kumaşının ve termal astar kumaşının en yüksek sıvı nem yönetimi kapasitesine ve tek yönlü transfer kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Terin

ikinci katman yüzeyinden diğer tarafa kolayca dağılamadığı ve kumaşın üst yüzeyinde birikebileceği zayıf sıvı nem yönetimi özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

**Lu ve diğerleri (2017)**, itfaiyecilerin koruyucu giysilerinde kullanılan kumaş yapılarının çekme mukavemetini incelemişlerdir. Çalışmada üç farklı kumaş yapısı üç kez radyan ısıya maruz bırakılmış ve çekme dayanımları değerlendirilmiştir. 21 kW / m<sup>2</sup> radyan ısı akısı altında performans simüle edilmiştir. Farklı sıklık ve sürelerde verilen radyan ısıda 12 farklı kurgu hazırlanmıştır. Farklı radyan ısı maruziyetlerinden sonra kumaşın gerilme direncinin azaldığı gözlemlenmiştir. Maruz kalma sıklığı ve süresi çekme dayanımı üzerinde etkili olmuştur. Çekme mukavemeti aynı sürede maruz kalma sıklığının artmasıyla azalma göstermiştir. Daha uzun maruz kalma süresinde düşük gerilme mukavemeti oluşmuştur. İtfaiyecilerin koruyucu giysilerinin ömrünü tahminleme için denklemler geliştirilmiştir. Giysi seçimi ve bakımı sırasında radyasyona maruz kalma sıklığı ve süresinin gerilme dayanımı üzerindeki etkilerinin dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Ciesielska-Wróbel (2017)**, giysi tasarımlarının fiziksel egzersiz çalışmalarını sonrası itfaiyecilerin performanslarına etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada giysi tasarımlarındaki farklılıklar ve uyum değerlendirilerek itfaiyeciler üzerindeki etkileri ve kişisel algıların ölçülebilirliği doğrulanmıştır. Tasarımlar akıllı ölçüm metodolojilerine bağlı üç boyutlu beden taraması yapılarak fizyolojik olarak incelenmiştir. İtfaiyeciler giysi ile test edilirken kalp atış hızı dışında ölçülen fizyolojik parametrelerin hiçbiri istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermemiştir. Fizyolojik test sırasında hareket performansı kişisel değerlendirmeler ve giysi boyutlarının büyüklüğü ön planda tutularak 3D vücut taraması ile ölçülmüştür. Belirlenen parametreler ve silüetlerin verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Giysi arasındaki tasarım farklılıkları kişilerde fizyolojik olarak sınırlı etkiler yaratmıştır.

**He ve diğerleri (2017)**, itfaiyecilerin koruyucu giysilerini fizyolojik ve psikolojik olarak değerlendirmişlerdir. Termal stres ve insan vücudu üzerindeki etkilerinin ön planda tutulduğu dört çevre koşulu belirlenmiştir. Bunlar; sıcak ve nemli (34°C ve %75 bağıl nem), sıcak ve kuru (34°C,% 30 RH), ılık ve kuru (27°C,% 30 RH), soğuk (-3°C) tur. Çalışmada belirlenen altı itfaiyeciye koşu bandında 8 km/s hızla egzersiz yaptırılmıştır. Bu süreçte ortam sıcaklığı, cilt sıcaklığı, kalp atış hızı, oksijen alımı, ter kaybı, buharlaşma, nem oluşumu, katmanlarda hissedilen rahatsızlıklar ölçülmüştür. Sıcak ve nemli koşullarda yüksek etkiler gözlemlenirken, cilt sıcaklığı ve kalp atışında

düşük duyumlar izlenmiştir. Sıcak – nemli, sıcak – kuru arasındaki bağıl nem değerinde %45’lik bir fark gözlemlenmiştir. Sıcak – kuru ve ılık – kuru arasındaki ortam sıcaklığında 7°C farkıyla karşılaştırıldığında daha net değişimler ve tepkiler gözlemlenmiştir. Soğuk koşullarda itfaiyecilerde soğuk bir his varken diğer koşullarda karşılaştırıldığında giysi katmanlarında farklı bir nem dağılımı ve birikimi görülmüştür. Bu nem birikimleri konfor hissini olumlu etkilemiştir. Konfor hissi ile mikro-WBGT arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Mikro-WBGT kullanıcının fizyolojik durumunun göstergesidir. Sıcaklıklar karşılaştırıldığında giysi altındaki nemin, konfor algısının belirlenmesinde daha doğrudan bir rol oynadığı bulunmuştur. Mikro iklimin nem birikimini ve itfaiyeci giysilerinin içindeki dağılımını etkilediği görülmüştür.

**Carballo-Leyenda ve diğerleri (2017)**, İtfaiyecilerin kişisel koruyucu ekipmanlarının kullanım şartları ve performanslarına etkilerini belirli çalışma şartlarında değerlendirmişlerdir. Ilımlı koşullarda (30°C ve% 30 RH), dört farklı ekipman ile doğada çalışma şartlarına bağlı olarak yürüyüş testleri yapılmıştır. Ekipmanlarda giysi yapısı farklı kumaşlardan oluşmuştur(FR viskon, Nomex, Kevlar, P-140 ve ısıya dayanıklı pamuk). Çalışma sürecinde gerçek çalışma koşullarını simüle etmek için (20 kg) diğer ekipman ağırlıklarını kullanmışlardır. Kalp hızı, solunum, kan akışı ve algılanan sıcaklık, nem kaydedilmiştir. Isı dengesi parametreleri tahminlenmiş giysi yapısının ter, ısı değişimi, yalıtım özelliklerini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. %65 FR viskon, %30 Nomex, %5 Kevlar karışımı olan 1. Kumaş bileşimi ile en yüksek ter verimi, konfor ve giyside en düşük nem içeriği bulunmuştur. Kumaş bileşimlerinin nem yönetimini etkilediği ve koruyuculuk performansını değiştirdiği belirlenmiştir.

**Park ve diğerleri (2014)**, itfaiyecilerin kişisel koruyucu donanımlarının tasarım özelliklerini ve ihtiyaçlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada ABD’de dört eyalette 54 itfaiyeci ile görüşmeler yapılmıştır. İtfaiyecilere yöneltilen sorularda hareketlilik, rahatlık ve güvenlik dikkate alınmıştır. Soru ve cevap sürecinde; insan faktörü, boyutlandırma, uygunluk, koruyucu ekipman ve giysinin koruyuculuk bütünlüğü önemli faktörler olarak belirlenmiştir. Bot, eldiven, kask ve SCBA ile ilgili algılar ve kullanım performansının iyileştirilmesi için gerekli olan ihtiyaçlar hakkında altı maddeden oluşan sorular yöneltilmiştir. Sonuç olarak ergonomik tasarım sorunları, baş ve kol hareket kabiliyetinde kısıtlanmalar, kask ve solunum cihazı giyme problemleri, solunum cihazının oluşturduğu problemler tespit edilmiştir. Eldiven parmak ölçülerinin uzunluk ve genişlik özelliklerinin uyum sorunları oluşturmasıyla birlikte itfaiyecilerin iş verimliliğini, hareketlerini

olumsuz etkilediği görülmektedir. Bot ve eldivenlerin giysi yapısıyla uyumsuzlukları ve konfor, fonksiyonellik, koruyuculuk problemleri olduğu tespit edilmiştir.

**Nayak ve diğerleri (2014)**, itfaiyeci giysilerinin koruyuculuk ve konfor özelliklerini değerlendirmişlerdir. Standart içerikleriyle birlikte tasarım bileşenleri incelenmiştir. Tasarımı etkileyen önemli faktörlerin sırasıyla ergonomi ve konfor olduğu gözlemlenmiştir. Tasarımların ölçülendirmeyle birlikte fonksiyonellik üzerinden değerlendirilmesi ve yeni çalışmalar yapılması gerektiği öngörülmüştür. Yaka, kol, koltuk altı, dirsek noktalarının tasarım özellikleriyle birlikte kullanıcıyı fit ve uyum noktasında etkilediği tanımlanmıştır.

**Barker ve diğerleri (2012)**, itfaiyecilerin koruyucu giysilerinde renk tercihleri araştırılmıştır. Renk seçimlerinin belirlenmesi ve bu renk seçimlerinin algı ve işlevi nasıl etkilediğini tespit etmek için belirli kişilerle grup görüşmeleri yapılmıştır. Katılımcılar seksen dokuz çalışan ve gönüllü olarak şehir ve kırsal bölgelerdeki on dört farklı bölümden dahil edilmişlerdir. Giysi seçme ve satın alma kararları hakkında da bilgiler toplanmıştır. Görüşme verileri içerik analizi ve tematik analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada farklı kültür ve renk algılarının etkileri gözlemlenmiştir. Çalışma alanları ve şartları giysi renk seçimini etkilemektedir. Renk seçimlerinde diğer renklere karşın bronz sarı (PBI rengi) rengin tercih edildiği belirlenmiştir. Renk seçiminde işlevselliğin etkisiyle toprak, ısı algısını yansıttığı için hata düzeyini algılamayı kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir.

**Wang ve diğerleri (2012)**, çalışmalarında yangın esnasında oluşan radyan ısı, buhar ve termal radyasyona maruz kalma durumunda katmanlar arasında oluşan hava boşluğu kalınlığının koruma performansı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Radyan ısı ve kuru sıcaklığa maruz kalan katmanların arasındaki hava boşluklarının performansı olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Hava, daha iyi performans seviyesinde koruma sağlamaktadır. Isıl koruma sağlarken buhar iletim oranının hızını yavaşlattığı gözlemlenmiştir. Buharın deri tarafından emilmesiyle ısı akışını arttırmış ve yanıklara sebebiyet vermiştir. Hava boşluklarının oranları arttırıldığında ısı akışı azaltılırken diğer bir taraftan nem iletiminde hava boşluğu kalınlığı ve son ısı akışı arasında bir doğrusal ilişki gözlemlenmiştir.

**Karter ve Molis (2008)**, ABD'deki itfaiyeci yaralanmalarını araştırmıştır. Çalışmada yaralanma türleri ve çalışma alanları değerlendirilmiştir. %45,9 oranla yaralanmaların yangın söndürme esnasında meydana geldiği bulunmuştur. Gerilme, kas

ve burkulma problemlerinin de %48'lik oranla karşılaşılan yangın yaralanma türleri olduğu tespit edilmiştir. İtfaiyecilerin çalışma koşullarında en fazla karşılaştıkları yaralanma türü ve problemlerin gerilme, kas problemleri olduğu ifade edilmiştir.

**Oliveira ve diğerleri (2009)**, çalışmalarında itfaiyeci ve çevresine ait termal parametreleri ölçmüşlerdir. Isı akışı sensörü ve sıcaklık sensörünün giysiye entegre edilmesiyle yangın ortamı oluşturularak alınan veriler test edilmiştir.

**Keiser ve diğerleri (2008)**, itfaiyeci giysilerinin nem iletim özelliklerini incelemiştir. Çalışmada iki tip itfaiyeci ceket kullanılmıştır. Giysilerin iç astar ve termal bariyer özellikleri farklıdır. Giysi iç astarlarında Aramid ve aramid/viskon karışımı kullanılmıştır. Isı bariyerinde farklı kalınlıklara sahip aramid nonwoven kullanılmıştır. Çalışma sonucunda katmanların materyal özelliklerinin farklı etkilere sahip oldukları gözlemlenmiştir. Katmanların tek başına değil de birlikte kombinlendiğinde etkili olduğu tanımlanmıştır.

**Song (2007)**, üç boyutlu vücut tarama sistemini kullanarak giysi termal performansını bir manken üzerinden test etmiştir. Bu çalışmada giysi ve manken arasındaki hava boşluğu tabakasının dağılımını ölçmüştür. Sonuçlarda giysi ve insan bedeni arasındaki hava boşluklarının yanık yaralanmalarına olan etkisini değerlendirmiştir. En küçük hava boşluğunun olduğu bölgelerde yanıkların olduğu gözlemlenmiştir. Hava boşluklarının en fazla bacak bölgesinde en azda giysinin bedene en yakın olduğu omuz, diz, sırt, bölgelerinde gözlemlenmiştir.

**Yoo ve Barker (2005)**, iki aşamalı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Termofizyolojik, duyuşal özelliklerin ve son kullanım koşullarının giysi konforuna etkileri incelenmiştir. Birinci bölümde giysi performansını etkileyecek materyal özellikleri ve performans testleri araştırılmıştır. Lif, iplik, dokuma ve bitim işlem özellikleri farklılık gösteren altı adet kumaşın termofizyolojik, duyuşal ve nem transferi özellikleri incelenmiştir. Nomex III A (bezayağı dokuma), Nomex III A (ek emicilik bitim işlemi görmüş), 75/25 Nomex/FR Viskon karışımı (bezayağı dokuma), 75/25 Nomex/FR Viskon karışımı (ek olarak emicilik bitim işlemi görmüş), Geliştirilmiş Nomex (Dimi dokuma) ve kontrol için %100 pamuk (dimi örgü, güç tutuşurluk bitim işlemi yapılmamış) olmak üzere altı tip koruyucu giysi kullanılmıştır. Sonuçta kumaşlarda termal konfor açısından önemli bir fark gözlemlenmemiştir. Nomex kumaş (dimi örgü) ve pamuklu kumaşın (dimi örgü, güç tutuşurluk bitim işlemi yapılmamış) kumaşların duyuşal konfor açısından daha fazla avantajlı olduğu tanımlanmıştır. Duyusal



konfor özelliği yüksek olan pamuklu kumaşın yavaş kuruması ve nemi uzun süre barındırmasının ıslaklık hissine neden olacağı belirtilmiştir.

**Chung ve Lee (2005)**, itfaiyeci giysilerinin konfor özellikleri üzerinde bir araştırma yapmışlardır. Üç farklı koruyucu giysi tasarımı hazırlamışlardır. İçerikleri sırasıyla dış katman, nem bariyeri, termal bariyer, 1. Giysi, Nomex IIIA, PU Membran, Nomex IIA, 2. Giysi, Nomex IIIA, Aramid dokusuz yüzey üzerine PTFE membran, NOMEX IIIA, 3. Giysi, Nomex III A, Spacer-Aramid dokusuz yüzey üzerine PTFE membran, Nomex IIIA' dır. Bu giysilerde deri sıcaklığı, soğutma hissi, terlemeyle ağırlık kaybı, konfor, nem yayılımı, ısı yayılımı özelliklerine bakılmıştır. Sonuçlara göre deri sıcaklığı üçüncü giyside diğerlerine göre daha yüksek, soğutmada üçüncü giysi 14 dk. 32 sn. ile daha uzun, terleme ağırlık kaybı üçüncü giyside en fazla, konfor üçüncü giyside en kötü olarak tanımlanmıştır.

**Rabbitts ve diğerleri (2005)**, New-York Presbyterian/Weill Cornell Medical Center'da meydana gelen itfaiyeci yanık ve yaralanmalarını araştırmışlardır. Bu araştırmaya göre yanık yaralanmalarının boyun, baş, ön kol ve bacak bölgelerinde olduğu tespit edilmiştir.

**Fontana ve diğerleri (2017)**, itfaiyeci giysilerinin vücut ısı dağılımı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kumaş yapılarının incelenmesi ile birlikte teknik özellikleri ve termofizyolojik özellikleri ile değerlendirilerek belirli sonuçlar alınmıştır. Teknik özellikler, aşınma demeleri sonucuna karşılık benzer bir veri vermiştir. İki farklı yaklaşım kullanılarak, tekstillerin teknik karakterizasyonu ve termofizyolojik aşınma denemeleri değerlendirilmiştir. Teknik karakterizasyonun, aşınma denemelerine kıyasla benzer bir sonuç sağladığı gözlemlenmiştir. On üç kişiden üçü, sıcak bir ortamda test edilmiş ve testlerden elde edilen sonuçlar birbirleriyle ilişkili olarak gözlemlenmiştir. Termal ve buharlaşma özellikleri tipik olarak farklı olmuştur ve kişilerin termofizyolojik tepkilerinde de farklı etkiler gözlenmiştir. Yüzey sıcaklığında 9 °C 'ye kadar olan farklılıklar ve 184 g/m<sup>2</sup> ye kadar koruyucu giysi sistemlerinde nem birikimi terlemeye yol açmıştır. Bunun sonucunda giysi yapısının yüksek termofizyolojik uygunluğa sahip olduğu kanıtlanmıştır.

## **12. MATERYAL VE METOT**

Çalışmanın ana amacı yenilikçi itfaiyeci giysisi geliştirilmesi olduğundan ilk olarak itfaiyeler tarafından kullanılmakta olan itfaiye giysileri araştırılmıştır. Bu kapsamda Türkiye’de bu alanda en büyük üretici firma konumunda olan Kıvanç Group/İstanbul firmasından eğitim alınmıştır. Böylece itfaiyeci giysilerinin katman yapısı, kullanılan malzemeler, giysi performans özellikleri, tasarım özellikleri, standarda uygunluk süreci, kalıp ve üretim aşamaları belirlenmiştir.

Bir sonraki aşamada Eskişehir Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı ve Eskişehir Teknik Üniversitesi Havaalanı İtfaiyesi tarafından kullanılan itfaiyeci giysileri üzerinden çalışmalar yürütülmüştür. Her iki itfaiye tarafından kullanılan giysilerin kalıp ve tasarım özellikleri CLO 3D Fashion Design Software programı kullanılarak sanal ortama aktarılmıştır. Farklı vücut ölçülerine sahip toplam 20 itfaiye eri belirlenmiş ve bu itfaiyeciler üzerinden alınan beden ölçüleri ile kişilerin sanal ortamda avaturları hazırlanmıştır. Aktarılan bilgiler ve her bir itfaiye erinin kullandığı beden ölçüsüne göre giysiler program içinde kişinin avatarına giydirilip fit analizleri yapılmıştır. Fit ve stres haritalarından elde edilen veriler ile kullanıcılardan alınan görüşler birlikte değerlendirilerek yeni ölçü tablosu ve tasarım özellikleri belirlenmiş, model ve kalıplar üzerinde yapılacak iyileştirme ve tasarımlara karar verilmiştir.

Bu değerlendirmeler doğrultusunda bilgisayar ortamında tasarım programları kullanılarak iki boyutlu çizimler ve üç boyutlu simülasyon görüntüleri hazırlanmıştır. Yapılan tasarımlardan bir koleksiyon hazırlanıp, bu koleksiyon içerisinde bir adet tasarım seçilmiş; seçilen tasarımın kalıp hazırlama süreci üç boyutlu bilgisayar programı üzerinden gerçekleştirilerek simülasyonu yapılmıştır. Son olarak yeni tasarlanan ve simülasyonu gerçekleştirilen itfaiyeci giysisinin verimliliği, kullanım rahatlığı, koruyucu özellikleri yazılım aracılığı ile test edilmiş ve var olan giysiler ile karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasında kullanılan malzemeler, programlar ve uygulanan yöntem aşağıda maddeler halinde detaylı bir biçimde açıklanmıştır.

### **12.1. Mevcut Kullanılan İtfaiye Giysilerinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması**

Çalışma kapsamında Eskişehir Teknik Üniversitesi Havaalanı İtfaiyesi (İTF 1) ile Eskişehir Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı (İTF 2) personeli ve

kullandıkları giysiler temel alınmıştır. Her iki itfaiye için de M beden kalıbı referans olarak belirlenmiştir. Kullanılan giysilerin ölçüleri mezür ile ölçüm noktaları oluşturularak alınıp giysi üzerinden kalıpları çıkartılmıştır. Bu kalıplar giysi temel ölçüm noktaları ve detay parçalarının konumları da göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Giysinin üç katmanlı bir yapıya sahip olması nedeniyle kalıp parçaları hazırlanırken katman özellikleri ve olması gereken parça sayısı göz önünde bulundurulmuştur.

Ölçülendirmeler, giysi kalıbı çıkartılırken, temel oluşumuyla birlikte model kısmında düzenlenmekte ve değişikliğe uğramaktadır. Bu nedenle temel kalıbın oluşumunda bolluk payları ve referans aralıkları göz önünde bulundurularak çalışılmıştır. İtfaiyede katman aralıkları, birbirine bağlantı noktaları ve dikim süreci göz önünde bulundurularak bu bolluk payları belirlenmektedir. Konfor özellikleri için giysi ve insan vücudu arasındaki boşluk önemli bir referanstır. Bu, termal konfor, ısı stresi ve hareket kabiliyetini önemli derecede etkilemektedir.

Alınan kalıp bilgi verileri ölçü tablosu olarak gruplandırılarak hazırlanmıştır. İtfaiyeci giysi tasarımı iki parçadan oluşmaktadır. İtfaiyeci ceket ve itfaiyeci pantolonu olarak iki grupta incelenmekte ve ölçüm noktaları değişmektedir. İtfaiyeci ceket kalıp ölçüleri belirli noktalardan oluşmaktadır. Bunlar kalıp oluşturma işlem sırasına göre belirli bir düzende oluşturulmuştur. Ceket kalıp ölçüleri Tablo 12.1’de gösterildiği üzere ceket ön ve arka beden kalıbı, ceket kol kalıbı, yaka kalıbı ve cep kalıpları olmak üzere gruplandırılmıştır.

**Tablo 12.1.** *İfaiyeciler için ceket kalıp ölçülerinin gruplandırılması*

Ceket ön ve arka beden kalıbı	Ceket kol kalıbı	Yaka kalıbı	Cep kalıpları
Beden	Kol genişliği	Yaka çevresi	Cep genişliği
Bel genişliği	Kol evi çevresi	Yaka yüksekliği	Cep yüksekliği
Kalça çevresi	Kol oyuntu yüksekliği (Koy)	Yaka patı genişliği	Cep kapağı genişliği
Ön genişlik	Koltuk genişliği (kg)	Yaka patı yüksekliği	Cep kapağı yüksekliği
Arka genişlik	Ön koltuk oyuntusu (Öko)		
Ön boy (omuzdan)	Arka koltuk oyuntusu (Ako)		
Arka boy (arka ortasından)	Kol boyu		
Omuz genişliği			
Omuz düşüklüğü			
Koltuk derinliği			
Koltuk genişliği			
Ön yaka düşüklüğü			
Arka yaka düşüklüğü			
Ön pat genişliği			
Klapa genişliği			

Pantolon kalıbı ölçüleri de ceket tasarımlarının incelenme süreciyle aynı şekilde gruplandırma oluşturularak alınmış ve oluşturulmuştur. Bu gruplandırma pantolon ön ve arka kalıbı, kemer kalıbı ve cep kalıpları olarak değerlendirilmiştir (Tablo 12.2).

**Tablo 12.2.** İtfaiyeci pantolon kalıp ölçülerinin sınıflandırılması

Pantolon ön ve arka kalıbı	Kemer kalıbı	Cep kalıpları
Bel	Kemer genişliği	Aplike cep boyu
Kalça	Kemer yüksekliği	Aplike cep genişliği
Pantolon boyu	Kemer büzgü payı	Cep kapağı genişliği
İç boy		Cep kapağı yüksekliği
Paça genişliği		
Diz yüksekliği		
Diz takviye yüksekliği		
Kalça yüksekliği		
Ön pantolon genişliği		
Ön ağı genişliği		
Ön pantolon beli		
Tüm ağı genişliği		
Arka ağı genişliği		
Arka pantolon genişliği		
Arka pantolon beli		

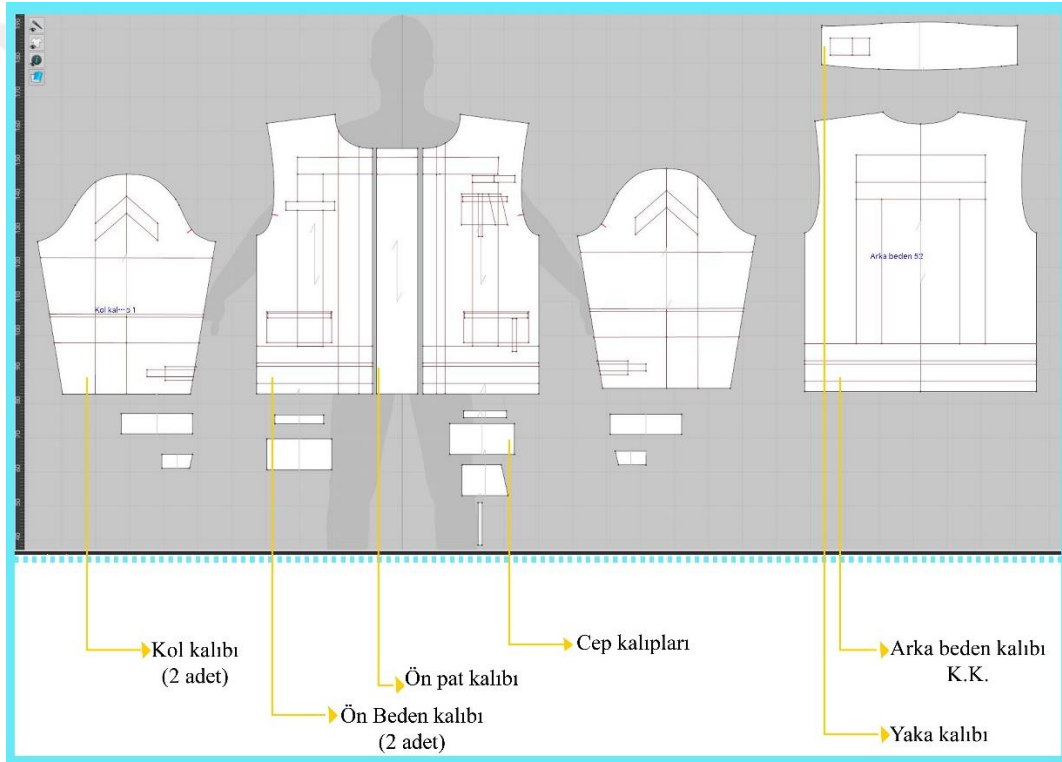
Kalıplar programa aktarılırken itfaiyeci ceket ve pantolonu olarak iki bölüme ayrılarak hazırlanmıştır. Çalışılan yazılımda 3D ve 2D kalıp hazırlama alanları bulunmaktadır. Bu alanda kalıplar hazırlanırken belirli işlem sırası izlenmiştir. İlk olarak çizime başlanılarak alınan ölçüler sırayla sayısal verileri girilerek temel kalıbı oluşturulmuştur. Temel çerçeve üzerinden detaylı ölçüler ve kalıp özellikleri girilmiş ve model uygulamalar yapılmıştır. Dikiş payı, çıt, düz boy ipliği, referans çizgileri vb. dikim işlemini etkileyecek kalıp işaretlemeleri eklenmiştir.

İTF 1 ve İTF 2’de yapılan çalışma süreçleri aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

İTF 1’de kullanılan itfaiye giysileri Alman kalıp sisteminde hazırlanmıştır. Alınan ölçü değerleri standart ölçülerle karşılaştırıldığında temel değerden daha büyük ve bolluk paylarının fazla olduğu görülmektedir. Ceket yapısı belirli kalıp parçalarından oluşmaktadır. Kullanılan ceket tasarımı üst kısımda bir telsiz cebi, alt kısımda 2 adet applike ilik cep, ön kapama patı, ayarlanabilir yaka cırt cırtı, panik fermuarı, kol altı takviye parçası, ayarlanabilir kol ucu ve reflektif şeritlerden oluşmaktadır. Kalıp parçalarının boyutlandırılması fonksiyonel özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Üst kısımda bulunan telsiz cebi, telsizin anten çıkış noktası için kalıpta ölçü ve şekil

değişikliğiyle birlikte revize edilmiştir. Tasarımda bu detaylar kalıba aktarılırken doğru konumlandırılmış ve değerlendirilmiştir. Tüm bu kalıp tasarımları incelendiğinde konforu etkileyebilecek ceket hareketini kolaylaştırabilecek kol altı kalıp parçası özelliği gözlemlenmiştir.

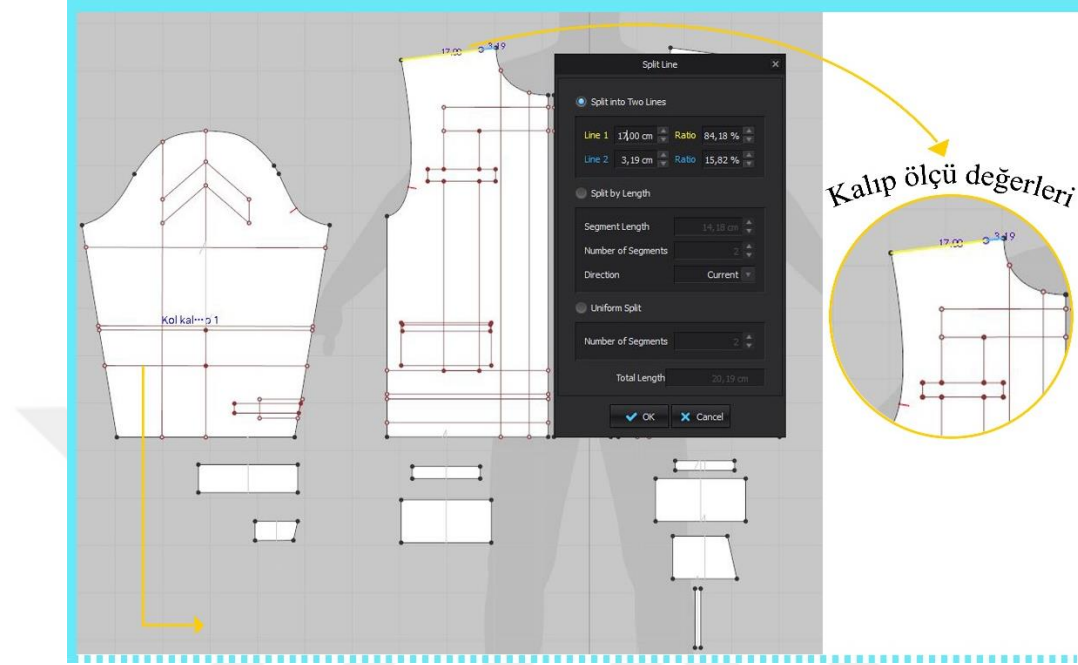
İtfaiyeci ceketinin ön beden, arka beden, kol, yaka, pat kalıbı olarak ayrı ayrı tasarım özellikleri incelenmiş ve ölçüleri alınarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Yapılan gruplandırmaya göre ölçüm noktaları doğru olarak saptanmış ve kalıp çıkartırken işlem sırasını etkilemiştir. Bu verilere göre bilgisayar ortamında CLO 3D Fashion Design Software programında kalıplar hazırlanmıştır (Şekil 12.1).



Şekil 12.1. İTF 1 giysi kalıplarının hazırlanması

Kalıplar, ceket beden kalıbı üzerinden alınan tam ölçü değerlerinin  $\frac{1}{2}$  oranı temel alınarak ön bir parça, arka bir parça olarak hazırlanmıştır. Bu parçalara çoğaltılacak şekilde ön beden iki adet sağ ve sol olarak, arka bir adet kumaş katı (K.K.) olarak açılmıştır. Ön beden pat kalıbı ve klapa parçası form ve ölçüye göre aktarılmıştır. Ön beden sol göğüs üzerine bir adet telsiz cebi kalıbı ve alt sağ ve sol bel altına kapaklı fletto cep kalıbı çizilmiştir. Ceket ön ve arka beden kalıbı çıkartıldıktan sonra ceket kol kalıbı alınan değerler ve hesaplanan yardımcı ölçülere göre çıkartılmıştır. Koltuk altına konforu

arttırmak için yapılmış olan parça kalıp çizilmiştir. Kol kalıbının bilek kısmında genişliği ayarlanabilir bir apolet parçası çalışılmıştır (Şekil 12.2).

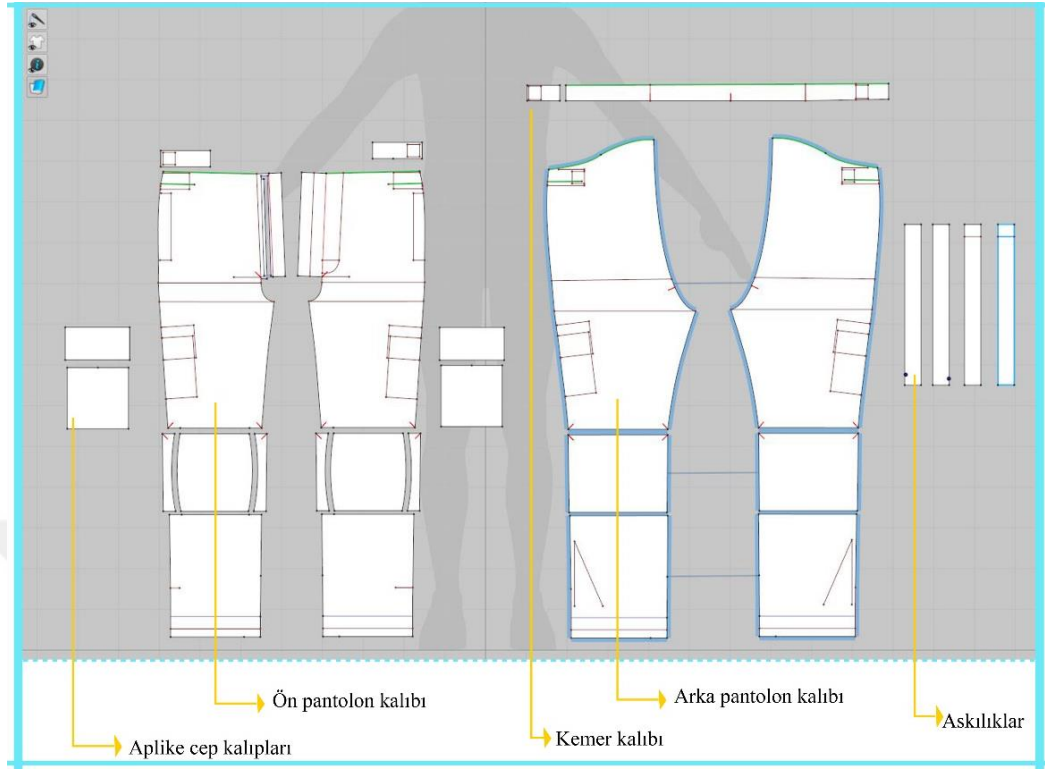


Şekil 12.2. İTF 1 kalıp ölçü ve model uygulamalarının içeri aktarılması

Kullanılan pantolon kalıp tasarımı incelendiğinde bel kısmında askılıkların takıldığı parçanın kavisli bir yüksekliğe sahip olduğu görülmektedir. Bu yapı belin daha rahat oturmasını sağlamakta ve hareket özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Ön patlet parçası cırt cırt ile kapanmaktadır. Pantolonun üst kısmında yan cep, diz üstünde sağ ve sol parçada aplike cep bulunmaktadır. Diz kısmında takviye bölgesi vardır ve bu parçanın iç kısmına fermuarlı destek malzemesi koyulmuştur. Paça tasarımında fermuar detayıyla birlikte verilen açıklık, kullanım özelliklerine göre daralma ve genişleme sağlamaktadır. Kalıp tasarımı genel olarak değerlendirildiğinde konforu etkileyebilecek detaylar diz kısmındaki kalıp parçalamalarıyla birlikte yapılmış olan diz destek ve takviye parçası, belde oluşturulmuş olan yüksek kavis detayıdır.

İtfaiyeci pantolonu ön pantolon, arka pantolon, cep parçaları, patlet, kemer kalıp parçalarından oluşmuştur. Bu parçaların ceketten olduğu gibi tasarım özellikleri incelenmiş ve ölçüleri alınarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

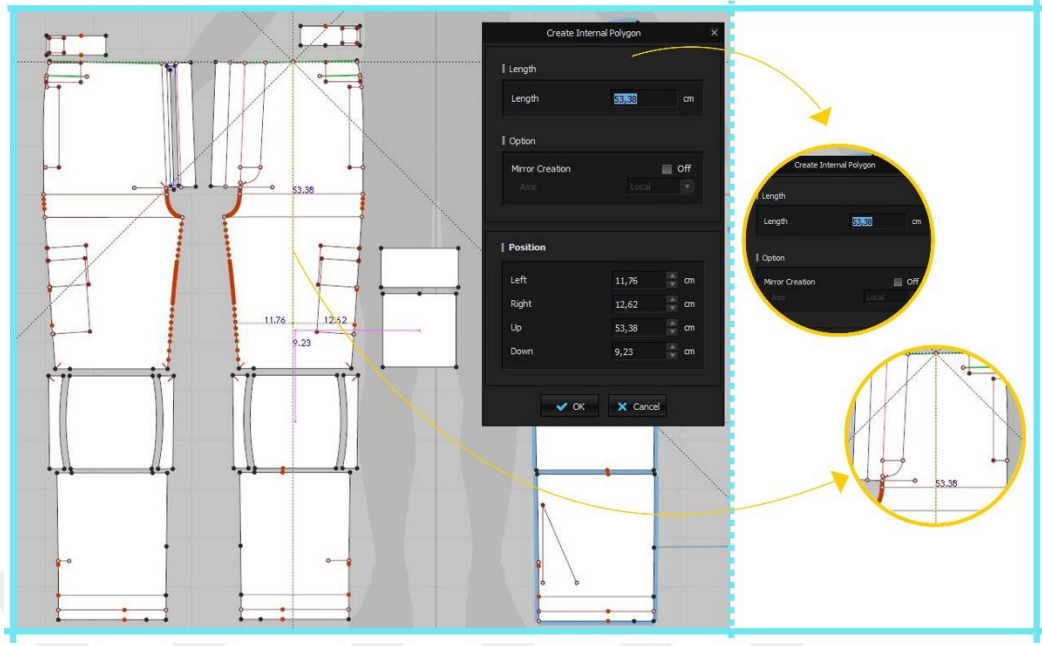
Kalıplar hazırlanan ölçü gruplandırmasına göre programa aktarılmış ve çizilmiştir. Ölçüler tablodan programa belirli sıra ve düzene göre aktarılmış ve kalıp hazırlanmıştır (Şekil 12.3).



**Şekil 12.3.** İTF 1 pantolon kalıbının programda hazırlanması

Pantolon kalıbı ön ve arka pantolon kalıbı olarak çizilmiştir. Çizilen kalıp parçaları dikime hazırlanırken ayna görüntüsü alınarak sağ ön ve arka, sol ön ve arka pantolon kalıbı olarak iki adet hazırlanmıştır. Pantolonun bel kısmı lastik payı hesaplanarak çıkartılmıştır. Yazılımda bulunan hızlı boyutlandırma özellikleri ve çizim araçları ile bu detaylandırmalar yapılabilmektedir (Şekil 12.4). Kalıpta da pantolon kullanımı göz önünde bulundurulduğunda eğilme, sürünme, uzanma durumlarıyla birlikte ölçüm değerleri değişikliğe uğramaktadır.





Şekil 12.4. İTF 1 pantolon kalıbı model uygulama ve ölçülendirme çalışması

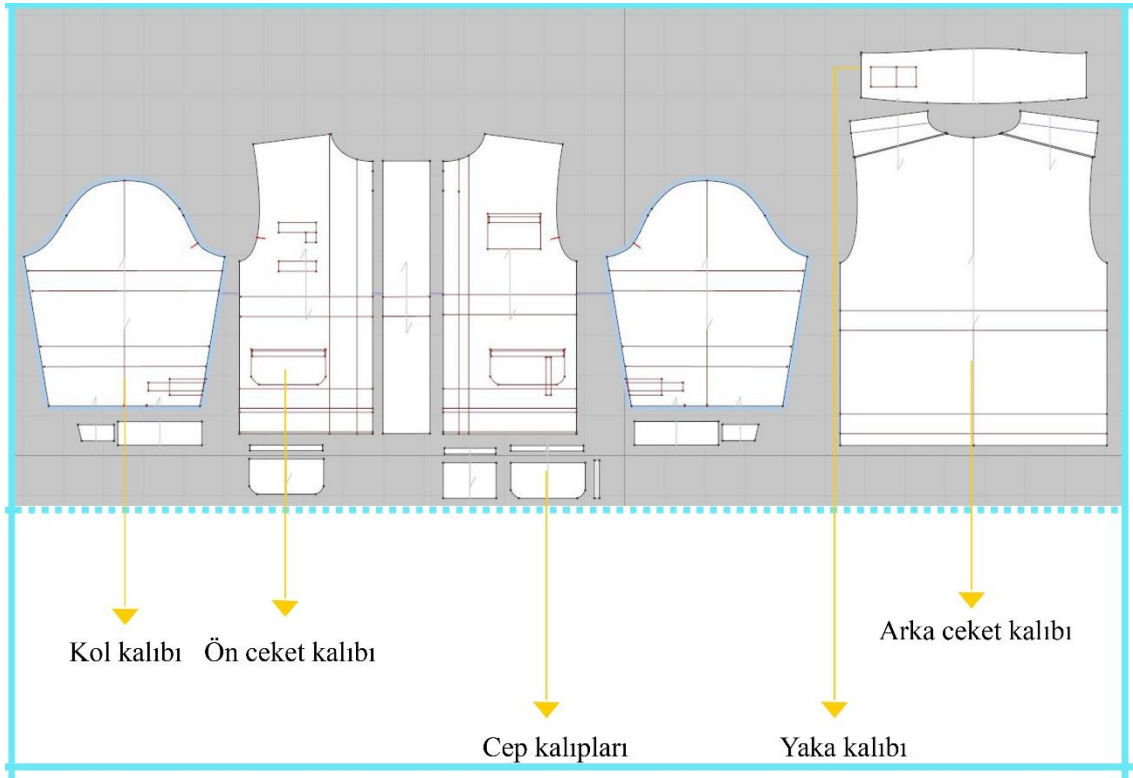
Temel kalıp oluşturulduktan sonra model uygulama sürecine geçilmiştir. Diz bölgesinde takviye parçası için kalıp uygulaması yapılmıştır. Bu kısımda parçanın yan kısmındaki destek parçası için fermuarlı bir bölme hazırlanmıştır. Pantolon paçasına verev bir görünümde fermuar yerleştirilmiştir. Cep tasarımları iki şekilde aplike ve yan cep olarak aktarılmıştır.

Kalıp parçalarına dikime hazırlık sürecinde referans çizgileri, ağ-diz çıtları eklenmiştir. Kalıp parçaları incelendiğinde pantolon konfor özelliğini etkileyen parçaların diz takviye parçası, bel yüksekliği, paça fermuar detayı olduğu saptanmıştır.

İkinci çalışma İTF 2’de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma İTF 1’de olduğu gibi yürütülmüştür. İTF 2’de kullanılan giysilerin kalıp ölçüleri ve tasarım özelliklerinin İTF 1’den farklı olduğu görülmüştür. İtfaiyeler farklı firmaların ürünlerin kullandıklarından kalıp sistemleri, fit özellikleri ve bolluk payları aynı değildir. İTF 1’de yapıldığı gibi alınan ölçü değerlerine göre kalıplar oluşturulmuş ve model uygulama kısmı yapılmıştır.

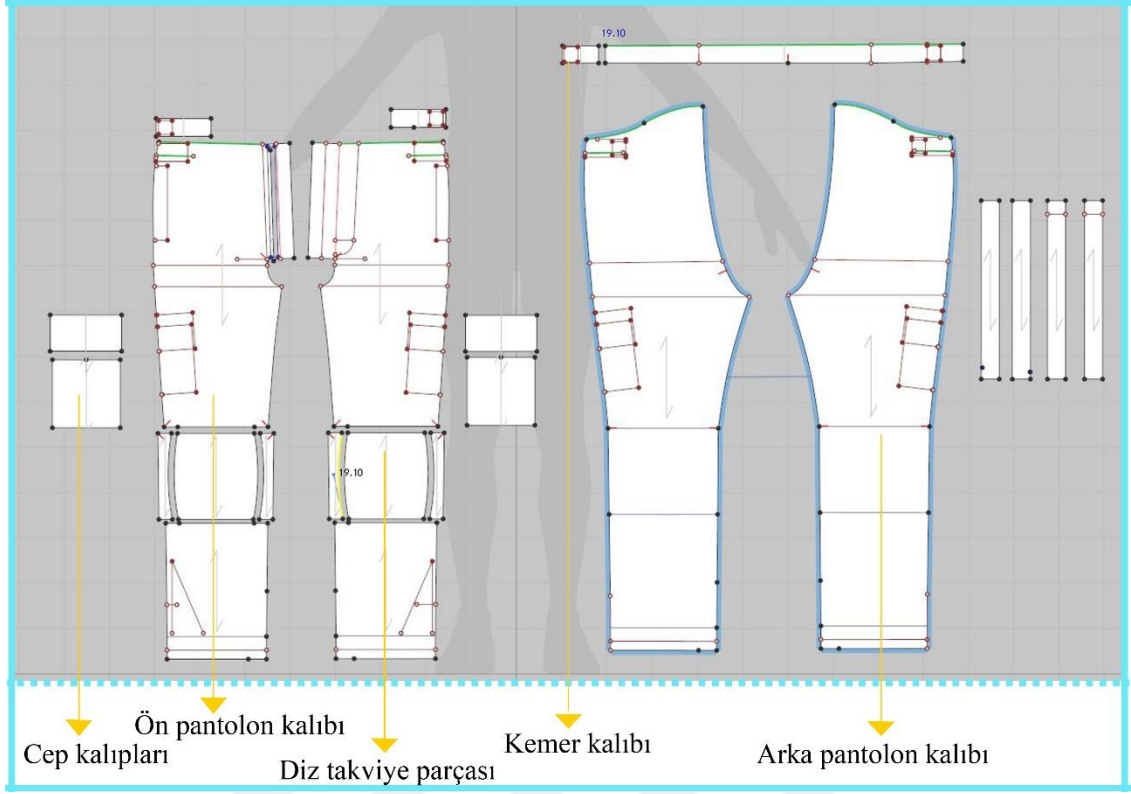
İtfaiyeci ceket tasarım özellikleri bakımından incelendiğinde ceket omuz kısımlarında İTF 1’den farklı olarak roba parçaları çalışılmış, sol göğüs üzerinde bir adet telsiz cebi, sağ göğüs üzerine de fener için kalıp parçası yerleştirilmiştir. Ceket ön bedende reflektif şeritlerinin alt kısmında sağ ve sol olmak üzere iki adet aplike cep bulunmaktadır. Kol kalıbı da koltukaltı parçası ve bilek çevresini saracak şekilde fonksiyonel bir parçadan oluşmaktadır.

Kalıp özellikleri ve ölçü değerleri programda çizilmiştir. Temel beden oluşumundan sonra model uygulama yapılmıştır. Tasarım özellikleri kalıba aktarıldıktan sonra ön beden bir parça çalışılıp sağ ve sol olarak ayna görüntüsü alınmış; arka beden bir adet çalışılmış kumaş katı olarak açılmış, kol tek parça çalışılıp sağ ve sol olarak ikiye çoğaltılmıştır. Roba parçaları arka ve ön beden dönüşü üzerinden çıkarılmış ve kalıp parçasından kesilmiştir. Ayrı iki omuz roba kalıbına dönüştürülmüştür (Şekil 12.5).



Şekil 12.5. İTF 2 ifaiyecisi ceket kalıbı

Pantolon tasarımında yan cep ve diz üstünde aplike cep parçaları bulunmaktadır. Pantolon bel kısmı kavisli bir yüksekliğe sahip ve elastiktir. Paça kısmı da fermuar detayıyla birlikte bota uyum sağlayabilecek daralma ve genişleme özelliği göstermektedir (Şekil 12.6).



Şekil 12.6. İTF 2 itfaiyeci pantolon kalıbı

Pantolon kalıbı programa aktarıldığında tasarım özellikleriyle birlikte konfor ve hareket kabiliyetini etkileyebilecek kalıp özelliklerinin diz takviye parçası, bel lastik parçası ve kavslü yüksekliği olduğu görülmüştür.

Genel olarak kalıpların hazırlık ve aktarma sürecinin sonucunda program verileri oluşturulmuş ve kayıtları alınmıştır. İkinci aşamada M beden referans olarak alınan kalıpların serileme işlemleri yapılmıştır. Kalıplar, serileme işleminde, büyük ve küçük beden ölçülerine göre S, M, L, XL, XXL, 3XL olarak çoğaltılmıştır. Her bir beden için ölçüm değerlerinde değişikliğe uğrayacak noktalar üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu bulunan bedenler arası ölçü değişiklikleri tablo haline getirilmiştir. Bu tablolar itfaiyeci ceket ve pantolonu olarak iki şekilde gruplandırılmıştır.

**Tablo 12.3.** İtfaiyeci ceket seri farkları tablosu

Ölçüler	S	M	L	XL	XXL	3XL	Tolerans payı
Göğüs	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	+/-2
Bel çevresi	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	+/-2
Omuz	1,25 (cm)	1,25 (cm)	1,25 (cm)	1,25 (cm)	1,25 (cm)	1,25 (cm)	+/-1
Pazu	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	+/-2
Bilek genişliği	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	+/-1
Koltuk evi (dik)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	+/-2
Arka genişlik	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	+/-2
Koltuk genişliği	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	+/-1
Ön genişlik	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	+/-2
Arka uzunluk	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	+/-2
Ön uzunluk	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	+/-2
Kol boyu	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	+/-1
Yaka çevresi	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	0,5 (cm)	+/-1
Etek	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	+/-2

İtfaiyeci ceket seri farkları oluşturulan tablolara göre sıçrama noktaları üzerinde kullanımı için hazırlanmıştır (Tablo 12.3). İtfaiyeci ceket kalıbının bedenler arası ölçüm farkları bölgesel olarak değişiklik göstermektedir. Göğüs, bel ve ceket boyu ölçüm değeri farkının en fazla olduğu noktalar. Bedenler arasında ölçülerde göğüs, bel, ceket boyu 4 cm, omuz 1,25 cm, pazu, koltuk evi (dik), ön genişlik, ön uzunluk 1 cm, bilek genişliği, arka genişlik, koltuk genişliği, arka uzunluk, yaka çevresi 0,5 cm, kol boyu 2 cm ölçü değişikliğine uğramaktadır. Bunlar tolerans payları göz önünde bulundurularak değerlendirilmektedir.

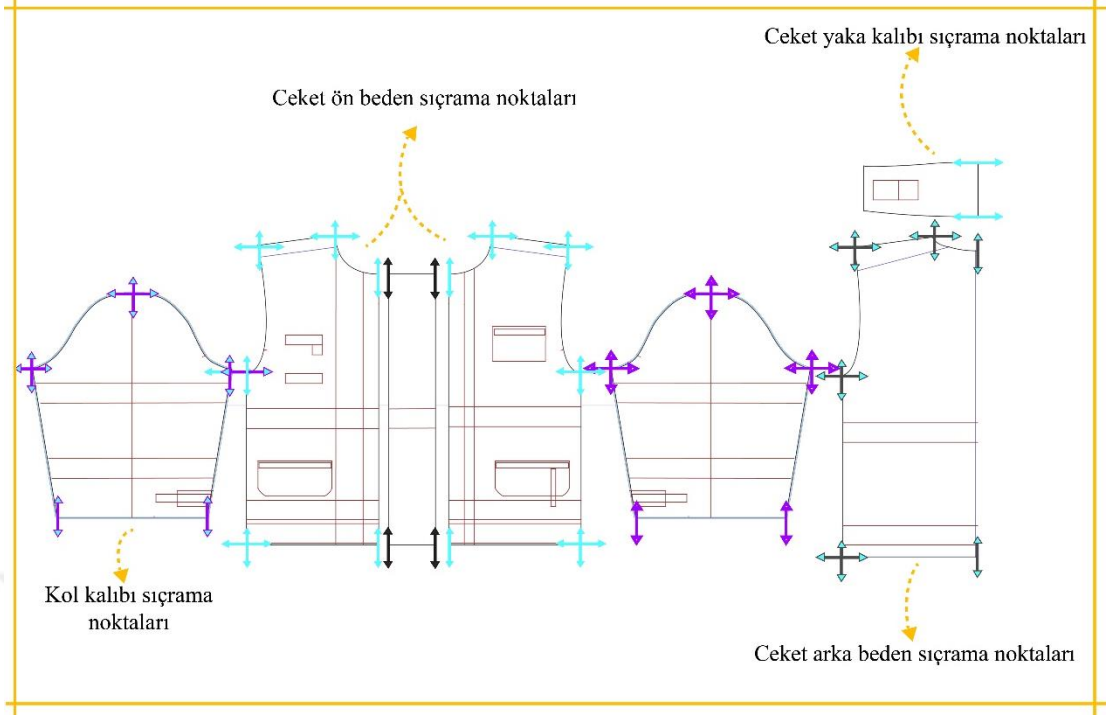


**Tablo 12.4.** İtfaiyeci pantolonu seri farkları tablosu

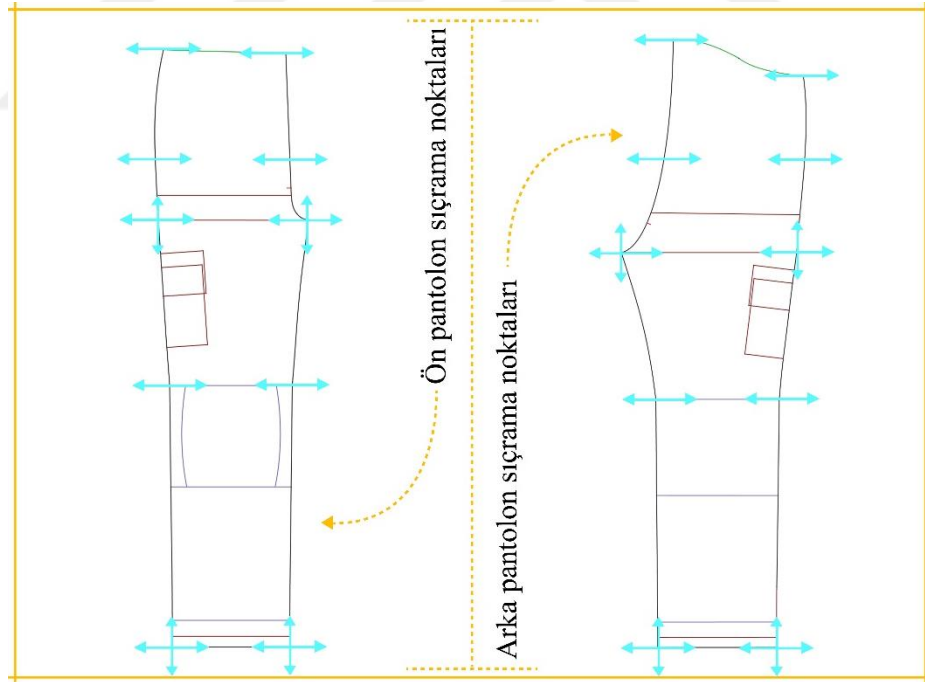
Ölçüler	S	M	L	XL	XXL	3XL	Tolerans payı
Tam boy	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	+/-2
Bel	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	+/-2
Bel (Büzgülü)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	+/-2
Kalça	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	4 (cm)	+/-2
Baldır	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	+/-2
Diz	1,5 (cm)	1,5 (cm)	1,5 (cm)	1,5 (cm)	1,5 (cm)	1,5 (cm)	+/-1
Ön ağ	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	+/-2
Arka ağ	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	+/-2
Pantolon boyu	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	+/-1
Yan boy	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	2 (cm)	+/-2
İç boy	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	+/-2
Paça genişliği	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	1 (cm)	+/-1

İtfaiyeci pantolonu seri farkları ceketle olduğu gibi sıçrama noktalarında belirlenen ölçülerde değişiklik göstermektedir. Tablo 12.4’de gösterildiği üzere pantolon ölçüleri bedenler arasında tam boy, baldır, yan boy 2 cm, bel, bel (büzgülü), kalça 4 cm, diz, 1,5 cm, ön ağ, arka ağ, pantolon boyu, iç boy, paça genişliği 1 cm olarak fark göstermektedir.

Kalıp üzerinde büyültme ve küçültmelerin yapıldığı sıçrama noktaları ve yönleri belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen noktalardan seri farkları ölçü değerlerine göre sıçramalar yapılmıştır. Fark değerlerine göre sıçrama noktalarından ölçüler temel bedenden büyük beden çalışılacaksa dışarı, küçük beden çalışılacaksa içeri girilmiştir. İtfaiyeci ceket ve pantolon kalıbı sıçrama noktaları yatay ve dikey düzlemde kalıp serileme noktalarında ölçülerin içeri veya dışarı çıkılmasıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 12.7 ve 12.8).



Şekil 12.7. İtfaiyeci ceket kalıbı sıçrama noktaları



Şekil 12.8. İtfaiyeci pantolon kalıbı sıçrama noktaları

İtfaiyeci ceket ve pantolon kalıbı sıçrama noktaları yatay ve dikey düzlemde kalıp serileme noktalarında ölçülerin içeri veya dışarı çıkılmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Kalıpların serileme işlemi işaretlenen yeni ölçülerin çizilmesi ile yapılmıştır. Serileme işleminden sonra 2D alandan bu kalıp parçaları 3D alana taşınmıştır. Bu süreçte 2D alanındaki kalıplar 3D alanında gözlemlenmektedir. Dikim süreci giysi kalıplarının eşleştiği parçalarla birleştirilmesinden oluşmaktadır. Bu aşamada öncelikle kalıp parçaları dikim işlem sırasına göre 2D kalıp alanında düzenlenerek dikime hazırlanmıştır. Programa aktarılan ceket kalıpları dikiş sırasına göre programın 2D alanında omuz, yan dikiş, kol evi, kol altı, cep, fener aparatı, fermuar, cırt cırtlar, yaka, pat, kol apoleti olarak birleştirme çıt ve işaretlere göre dikilmiştir.

Pantolon; yan dikişler, iç boy, ön ağ, arka ağ, patlet, cepler, fermuar, bel büzgüsü, kemer, askılıklar, paça, diz takviye parçası olarak dikiş tanımlamaları kalıp üzerindeki çıt ve işaretlere uygun olarak dikilmiştir.

İtfaiyeci ceket ve pantolon kalıbı temel dikiş işlemleri tamamlandıktan sonra üst dikiş tanımlamaları da yapılmıştır. İç katmanlar (nem bariyeri, ısı bariyeri, iç astar) içinde aynı kalıplar kullanılmış, astarlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Giysi simülasyon görüntüsü 3D alanda kontrol edilmiştir.

## **12.2. İtfaiye Birliklerinden Seçilen İtfaiyecilerin Ölçü Tablolarının Oluşturulması**

Çalışma süresince İTF 1 ve İTF 2’de yapılan giysi kalıplarının aktarımından sonra itfaiye birliklerinden seçilen her itfaiyeden 10’ar kişi olmak üzere toplam 20 kişi üzerinden çalışma devam ettirilmiştir. İtfaiyeciler vücut beden özelliklerine göre seçilmiştir. Boy ve beden genişliği göz önünde bulundurularak seçilen 10 kişide kısa, orta, uzun boy ve zayıf, orta, kilolu görünüm özellikleri değişiklik göstermektedir. Kişilerden ölçüleri alınmadan önce kullandıkları itfaiyeci giysilerinin beden numaraları alınmıştır. Alınan ölçüler doğrultusunda CLO 3D Fashion Design Software’de kişilerin avatarları oluşturulmuştur. Programa veri girişleri uzunluk, genişlik, yükseklik, derinlik ve detaylar olarak yapılmıştır. 3D alana aktarılabilecek olan ölçü birimlerinin hepsi detaylı olarak değerlendirilmiştir. Bu ölçü tabloları İTF 1 ve İTF 2 için ayrı ayrı olmak üzere Tablo 12.5 ve Tablo 12.6’da sunulmuştur.

İTF 1’den seçilen kişilerin M, L, XL bedenlerinde giysi kullandıkları tespit edilmiştir. İTF 2’den seçilen kişilerin kullandıkları giysilerinde ise S, M, L, XL, XXL, 3XL beden ölçüleri olduğu belirlenmiştir. Her bir kişinin ölçü tablosu oluşturulmuş ve bu bilgiler kişi numaraları ile gruplandırılmıştır.

**Tablo 12.5. İTF 1'de belirlenen kişilerin ölçü tabloları**

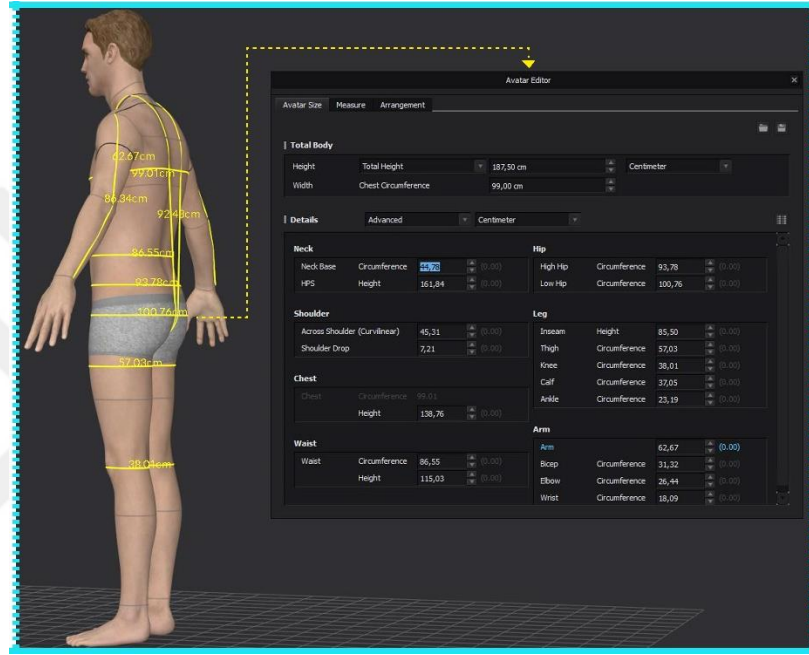
Ölçüler	1.Kişi	2.Kişi	3.Kişi	4.Kişi	5.Kişi	6.Kişi	7.Kişi	8.Kişi	9.Kişi	10.Kişi
Beden	L	XL	XL	XL	L	XL	L	M	L	XL
Omuz (Shoulder)	41	46	47	49	42	43	41	43	42	46
Göğüs (Chest)	92	102	110	114	89	114	84	86	96	110
Bel (Waist)	96	88	114	116	88	106	78	79	100	110
Kalça (Hip)	88	100	115	123	101	111	96	92	110	106
Kol (Arm)	59	67	65	55	52	65	59	60	62	48
Dirseğe kadar kol ölçüsü	33	36	35	29	27	36	31	32	32	24
Boyundan bele kadar uzunluk (To waist)	45	44	46	50	44	48	40	42	50	70
Boyundan kalçaya kadar uzunluk (To hip)	71	72	73	80	67	70	62	70	72	102
Boyundan dize kadar uzunluk (To knee)	102	106	109	100	94	109	97	106	108	147
Boyun yüksekliği (Neck)	6	6	6	6	6	5,5	5,5	5,5	5,5	6
Pazu (Bicep)	30	29	35	34	30	35	29	23	33	32
Dirsek (Elbow)	27	28	30	28	27	30	26	23	28	29
Bilek genişliği (Wrist)	19	20	22	22	16	19	17	17	19	23
Baldır (Thigh)	44	44	56	48	44	50	46	43	55	40
Diz (Knee)	38	39	42	40	38	39	36	34	43	44
Ayak bileği (Ankle)	21	28	32	24	28	24	24	24	29	30

**Tablo 12.6. İTF 2'de belirlenen kişilerin ölçü tabloları**

Ölçüler	1.Kişi	2.Kişi	3.Kişi	4.Kişi	5.Kişi	6.Kişi	7.Kişi	8.Kişi	9.Kişi	10.Kişi
Beden	3XL	L	L	M	M	M	L	XXL	M	M
Omuz (Shoulder)	54	46	46	46	40	48	50	52	44	46
Göğüs (Chest)	130	106	110	102	98	107	116	112	94	100
Bel (Waist)	120	100	106	86	82	96	104	112	88	82
Kalça (Hip)	126	104	116	100	102	108	110	116	86	104
Kol (Arm)	68	58	58	56	58	54	60	55	53	59
Dirseğe kadar kol ölçüsü	35	32	34	32	34	38	34	38	32	34
Boyundan bele kadar uzunluk (To waist)	68	67	62	60	64	58	66	67	57	58
Boyundan kalçaya kadar uzunluk (To hip)	84	83	86	76	80	75	82	85	72	72
Boyundan dize kadar uzunluk (To knee)	118	115	108	106	106	104	112	123	104	107
Boyun yüksekliği (Neck)	6	6	6	6	6	6	6	7	5,5	6
Pazu (Bicep)	40	34	38	36	34	37	40	40	37	36
Dirsek (Elbow)	34	32	33	32	32	32	34	34	32	30
Bilek genişliği (Wrist)	25	20	23	20	21	21	22	24	20	22
Baldır (Thigh)	65	58	60	54	62	58	62	60	52	60
Diz (Knee)	48	44	44	40	42	28	44	44	33	40
Ayak bileği (Ankle)	34	28	36	30	36	32	34	34	34	36

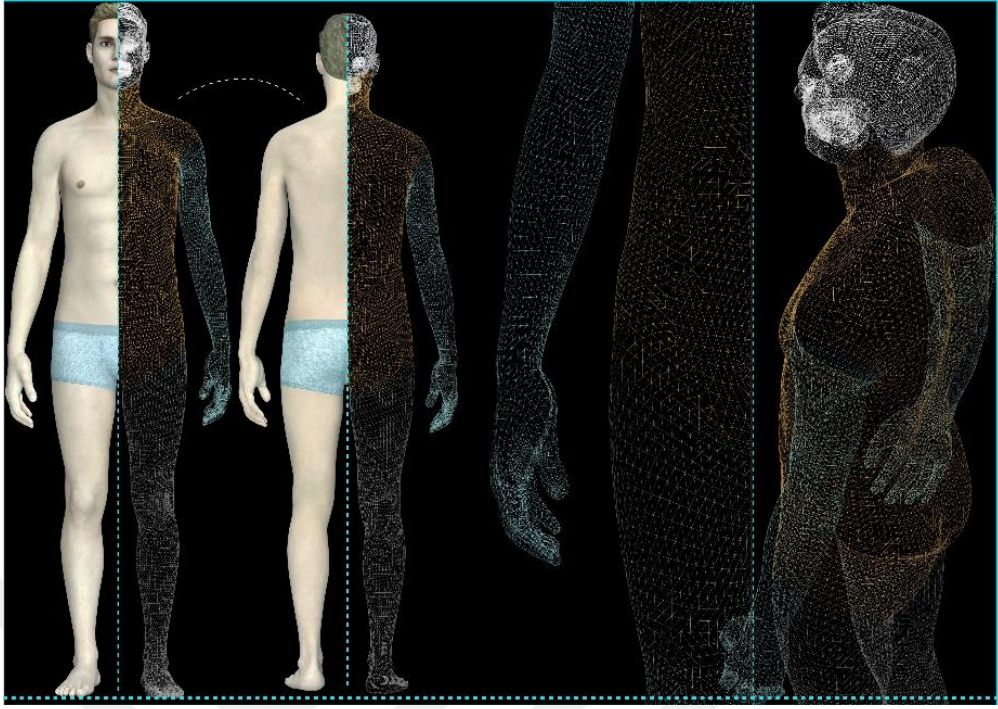


Ölçü tablosundaki veriler CLO 3D programına aktarılmıştır. CLO 3D programında öncelikle standart avatar üzerinden tüm ölçü birimleri avatar editör kullanılarak kişi ölçülerine göre değiştirilmiştir. İşlem sırasına göre öncelikle bir avatar oluşumunda boy ve beden (göğüs) ölçüsü girilmektedir. Uzunluk, genişlik, derinlik ölçüleriyle birlikte detay ölçü pencereleri de bulunmaktadır. Şekil 12.9'da avatar ölçüleri girilen bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 12.9. CLO 3D programında avatar ölçülerinin girilmesi

Tüm bu değerler alınan detaylı ölçülere göre girilmiştir. Her katılımcı için aynı işlem gerçekleştirilmiştir. Her bir ölçü kişi anatomisine göre değişmekle birlikte içeriye aktarılan avatarın görünüm ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir. İTF 1 ve İTF 2 için hazırlanan tablolar programa aynı şekilde aktarılmıştır. Böylece toplam 20 avatar oluşturulmuş ve kayıtları alınmıştır. Şekil 12.10'da avatar oluşum süreci şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 12.10. CLO 3D programında girilen ölçü değerleriyle birlikte avatar oluşturulması

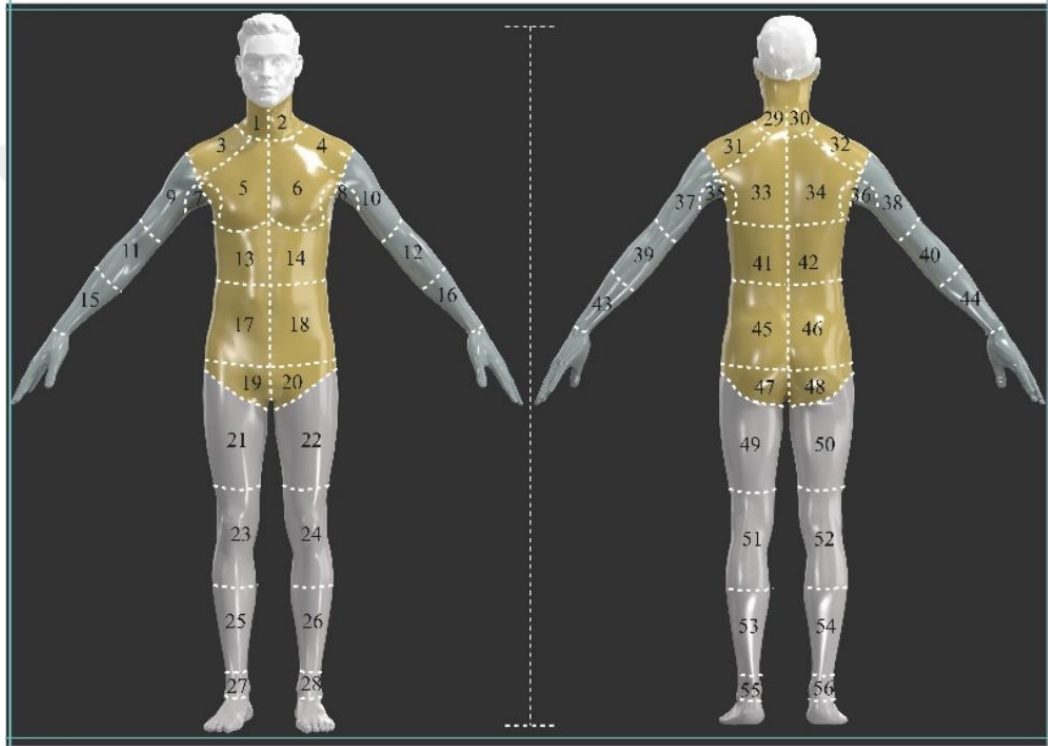
### 12.3. Mevcut İtfaiye Giysilerinin Belirlenen Kişiler Üzerinde Giydirme Simülasyonlarının ve Hareket Pozisyonlarının Hazırlanması

Fit kontrolü kişi ile giysi arasındaki uyumluluğu ve kalıp problemlerini tespit etmek amacıyla yapılır. Giysinin kişi üzerindeki duruşu, kalıp parçalarının pozisyonları ve ölçü değerlerinin kişiye uygunluğu belirlenebilir. Fit kontrolü giysinin performansını önemli derecede etkilemektedir. İnsan anatomisi, eklem yapıları, hareket pozisyonları birbiri ile bağlantılıdır ve kişinin giysi ile uyumunu da belirler. Giysinin kişiye uyumluluğunun belirlenmesinde fit, stres, giyilebilirlik önemli ölçütlerdir. Kişi ve giysi arasındaki uyumluluk itfaiye giysileri açısından hem kullanıcının sağlığı hem de hareket kabiliyeti bakımından çok önemlidir. İtfaiye giysileri üç katmanlı yapıya sahiptirler. Bu nedenle itfaiye giysileri normal bir giysi yapısından daha farklı performans gösterirler. Bu yapı nedeniyle kişi üzerindeki ağırlıkları ve etkileri daha fazladır. Kalıp özellikleri, kullanıcı üzerindeki duruşu ve ölçülendirmede oluşan problemler kullanım konforunu olumsuz yönde etkilemektedir.

Çalışma kapsamında öncelikle hali hazırda itfaiyeciler tarafından kullanılan giysilerin kullanıcıya uyumluluğunu tespit etmek amacıyla CLO 3D yazılımı kullanılarak stres, fit, gerginlik haritalandırılmaları yapılmıştır. Çalışmaya katılan itfaiyecilerin ölçülerinin CLO 3D programına aktarılıp simülasyon görüntüleri alınarak avatarlarının

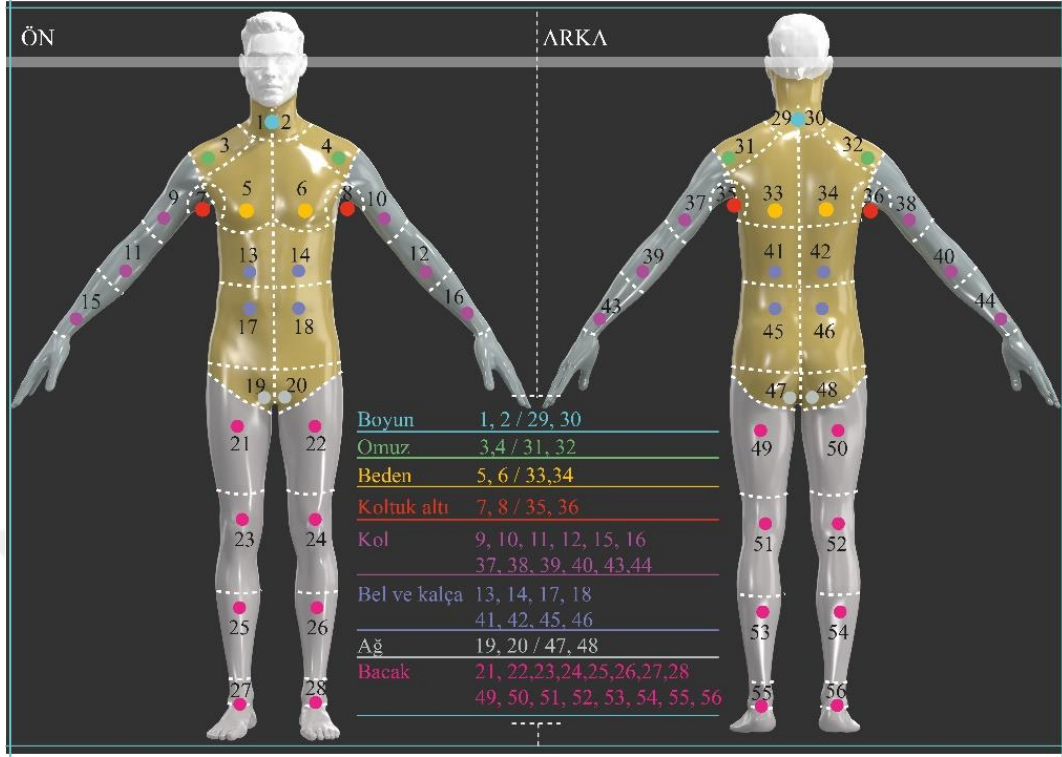
oluşturulmasından sonra kullandıkları giysilerin ölçüleri programa aktarılmış, kalıpları çıkartılmış ve fit kontrolleri yapılmıştır.

Fit kontrollerinin yapılabilmesi için öncelikle standart bir avatar bedeni üzerinden bölgesel olarak fit tespitlerinin alınabileceği alanlar bölgelere ayrılmış ve numaralandırılmıştır. Bu ayırma işlemi vücut eklem yapısı ve bölgesel özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Baş, boyun, omuz, beden, kol, koltuk altı, bel, kalça, ön ve arka ağı, bacak olarak ayrılan bölümler renklendirilmiştir (Şekil 12.11).



**Şekil 12.11.** Avatar simülasyonunun fit tespit bölümleri

Bu bölümler Şekil 13.2’de gösterildiği gibi bölgesel parçalara ayrılmış ve numaralandırılmıştır. Ön ve arka avatar görünümü üzerinden 3D alanda yapılan bölmeler numaralandırılırken vücut iki parçaya ayrılmıştır. Bedenin ön ve arkası da sağ ve sol olarak değerlendirilmiştir. Bu şekilde vücut, boyun (1, 2 / 29, 30), omuz (3, 4 / 31, 32), beden (5, 6 / 33, 34), koltuk altı (7, 8 / 35, 36), bel-kalça (13, 14, 17, 18 / 41, 42, 45, 46), ağı (19, 20, / 47, 48), bacak (21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 / 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56) olacak şekilde toplam 56 bölgeye ayrılmıştır. (Şekil 12.12). Her bölüm farklı renkte işaretlenmiş ve fit haritasında saptama noktasındaki işaretlemeler yapılmıştır. Bölgesel aynı renkte olan işaretlemeler haritanın analiz kısmında doğru tespiti ve sonuç verilerini sağlamaktadır.

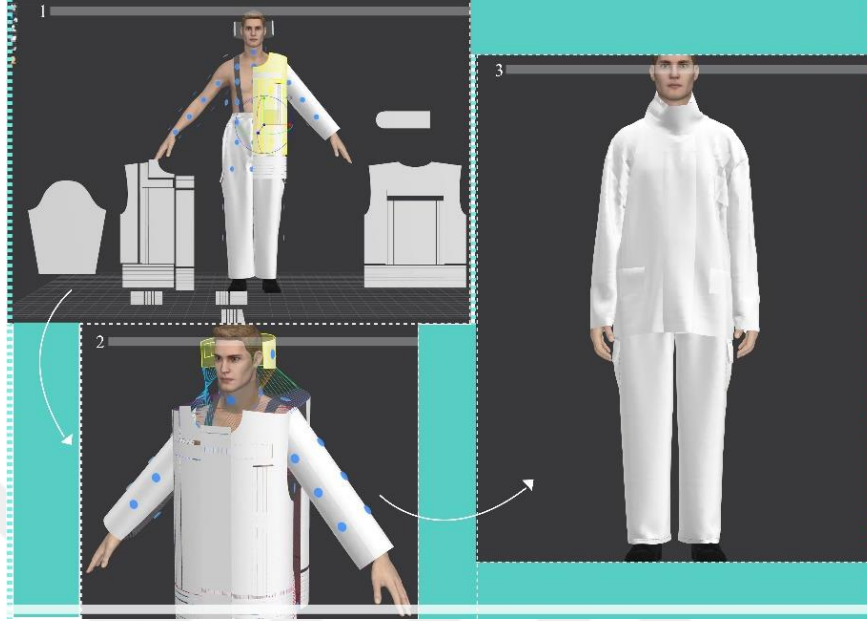


Şekil 12.12. Fit analizi bölgesel dağılım noktaları ve renkleri

Fit analizi için hazırlanan kalıp ve giysi simülasyonlarının, avatarlar üzerinde kişilerin kullandığı giysi bedenine (S-M-L-XL-XXL) göre 3D giydirmeleri yapılmıştır. Giydirme süreci CLO 3D programında belirli işlem sırasına gerçekleştirilmiştir. Bu süreç Şekil 12.13’de gösterilmiş ve aşağıda maddeler halinde anlatılmıştır:

- İçeriye aktarılan kalıplar 3D alanda oluşturulan kişi avatarlarının üzerine konumlandırılmıştır. Kalıpların beden üzerinde durması gereken yerleri vücuttaki noktalarla eşleştirilmiştir.
- Konumlandırılması tamamlanan kalıpların 2D alan üzerinde dikim işlemleri tamamlanmıştır. Dikim sürecinde detaylar ve astarlama işlemleri de gerçekleştirilmiştir. Her parça çıt ve benzeri kalıp işaretlerine uygun olarak sağ ve sol parça eşleştirilmesi ile dikilmiştir.
- Dikim komutları 3D alanda simülasyonun açılmasıyla birlikte simüle edilmiştir.
- Dikim işlemleri tamamlanan giysilerin simülasyon sürecinde materyal atamaları tanımlanmıştır. Materyal tanımlaması kumaş, fermuar, reflektif, destek malzemelerinden oluşmaktadır.

- Materyal atamaları 3D ve 2D alanda tamamlandıktan sonra tekrar simülasyon açılıp kontroller yapılmıştır.



**Şekil 12.13.** *Giysi kalıplarının avatarlar üzerine giydirilmesi*

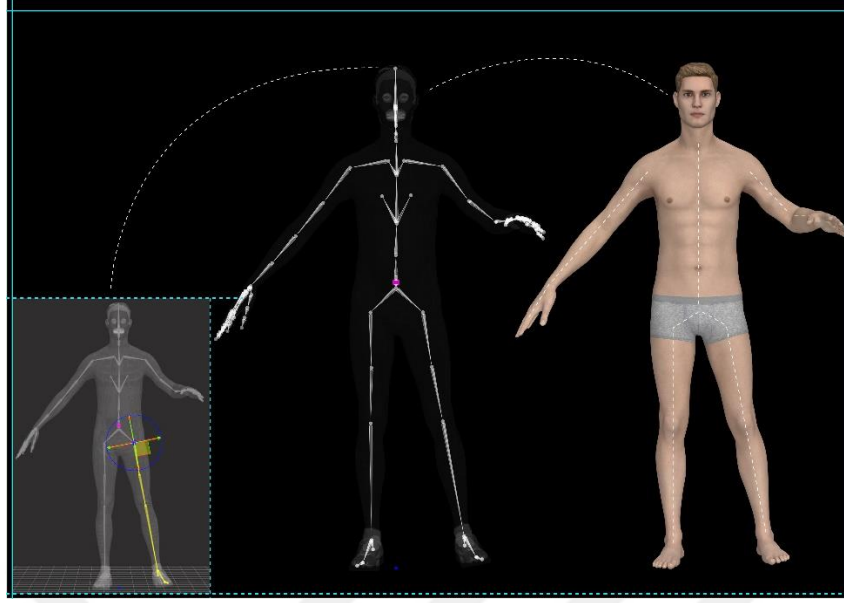
Dikim ve materyal ataması gerçekleştirilen giysi simülasyon görüntüsü ile karşılaştırılmıştır (Şekil 12.14).





Şekil 12.14. İtfaiyeci giysi dikim ve materyal tanımlaması

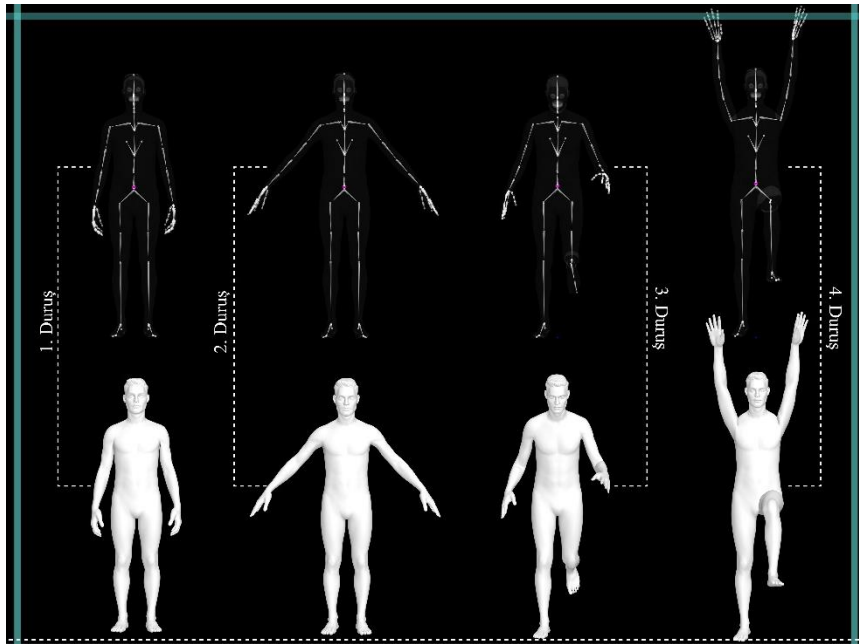
Giydirme sürecinde diğer taraftan da EN 469 standardında yer alan giysi ölçüleri ile çalışma kapsamında incelenen giysilerin ölçülendirmeleri karşılaştırılmıştır. Kalıpların standart ölçülere uygun olduğu görülmüştür. Giysi simülasyonu hazırlanan 20 kişinin yazılımın animasyon kısmında yürüyüş ve hareket halindeyken alınan görüntüleri ile birlikte fit kontrolleri yapılmıştır. Standartta uygunluk sürecinde belirli pozisyonlar bulunmaktadır. Bu giysi ve kişi arasındaki uyumu temsil etmektedir. Hareket pozisyonları elde etmek için CLO 3D yazılımında bulunan Show X-Ray Joints ikonu kullanılmıştır. Her katılımcı için ayrı ayrı tüm hareketler tanımlanmıştır. Şekil 12. 15’de bir pozisyonun tanımlanması gösterilmiştir. Bu pozisyonlardan yola çıkarak daha detaylı görüntüler elde edilmiş ve bu pozisyonlarda da ayrı ayrı fit, stres ve gerginlik haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 12.15. İtfaiyeci avatarlarına programda hareketlerin tanımlanması

Bir itfaiyecinin hareket halinde iken alabileceği dört pozisyon seçilmiştir. Şekil 12.16' da gösterilen bu pozisyonlar:

- Düz duruş,
- Kollar ve ayaklar açık,
- Kollar ve ayaklar kapalı ve
- Kollar yukarda, bacak kısmı diz bölgesinden kırılmış bir yükselti halindedir.

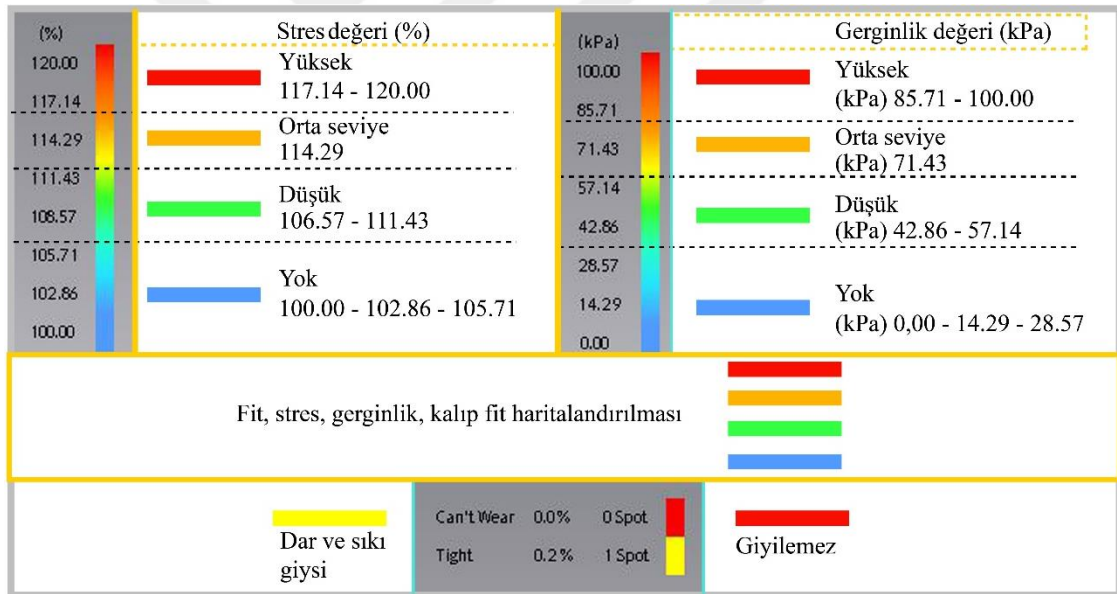


Şekil 12.16. İtfaiyeci avatarlarına tanımlanan hareket pozisyonları



Bu görüntüler hazırlanan fit kontrol noktaları ile birlikte sonuçlandırılmıştır. Fit süresince hareket halindeyken oluşturulan animasyonlar üzerinde gözlemlenen noktalar ve rahatsızlıklar da not edilmiştir. Bu noktalar aslında kişi giysiyi kullanırken ona rahatsızlık ve uyumsuzluk yaratabileceği ön görülen parçalardır. Konfor ve hareket eş zamanlı değişime uğramaktadır. Fit, stres ve gerginlik haritaları oluşturulurken her pozisyon için üç farklı açıdan görüntüler alınmıştır. Temel olarak alınan haritalarda değerler vardır. Bu haritalandırmalar;

- Fit
- Stres
- Gerginlik
- Kalıp fit haritalandırması olarak dört aşamadan oluşmaktadır (Şekil 12.17).



Şekil 12.17. Fit kontrolü değerlendirme ölçütleri

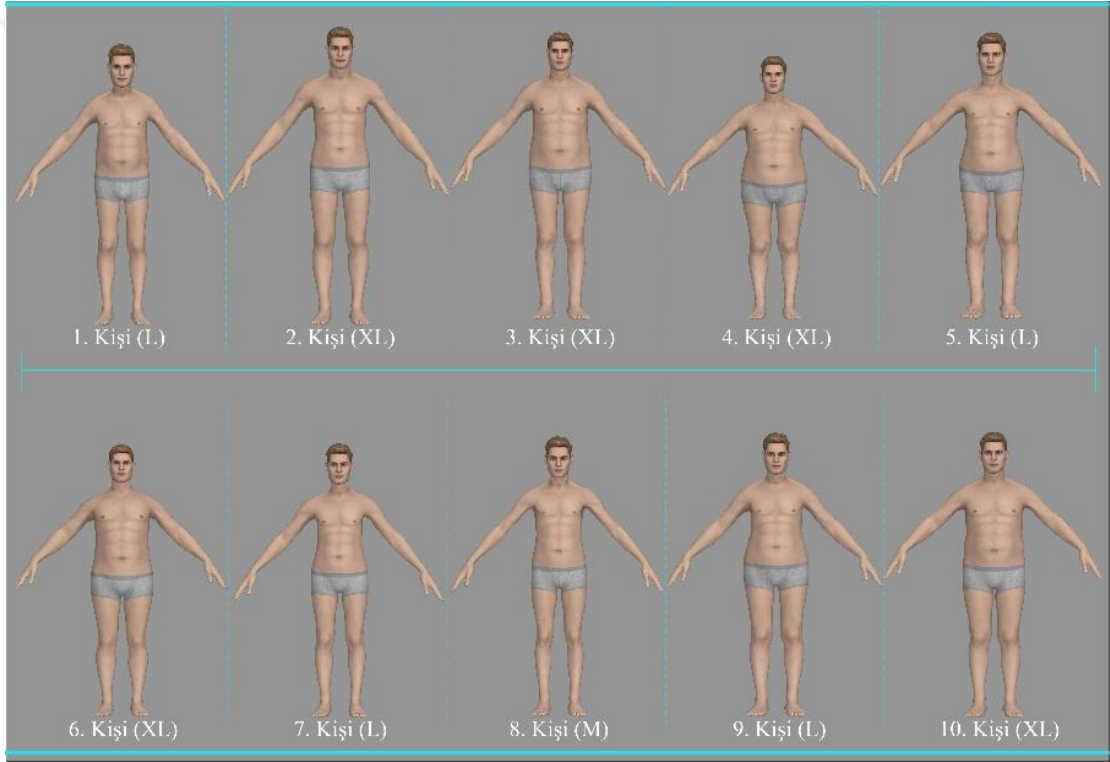
Bu harita değerleri Şekil 12.17'de görüldüğü üzere stres değeri (%), gerginlik değeri (kPa), kalıp fit haritalandırılması giyilemez, dar ve sıkı giysi olarak tanımlanmaktadır. Fit %'lik değeri giysinin kişi ile uyum, rahatlık ölçüsünü, kPa cinsinden gerginlik değeri giysinin insan vücuduna uyguladığı basınç oranını, kalıp fit değeri ise giyilebilirliğini kontrol etmektedir. Giysi ve insan vücudundaki aralık değeri hava boşluklarını da tanımlamaktadır. Bu harita değerleri simülasyon görüntülerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

## 13. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

### 13.1. İtfaiyecilerin Simülasyon Görüntüleri

İtfaiye birliklerinden alınan ölçülerin program içerisine aktarılmasından sonra avatar görüntüleri oluşturulmuştur. İTF 1 ve İTF 2 avatar görüntüleri iki ayrı paftada hazırlanmıştır.

İTF 1'den alınan veriler doğrultusunda hazırlanan avatarlar Şekil 13.1'de gösterilmektedir. Kişi beden ölçüleri avatare dönüştürüldükten sonra simülasyon alanında değerlendirilmiştir. Kişilerin kullandıkları giysi beden numaraları ile karşılaştırılarak uygun olmayan giysi bölümleri tespit edilmiştir.



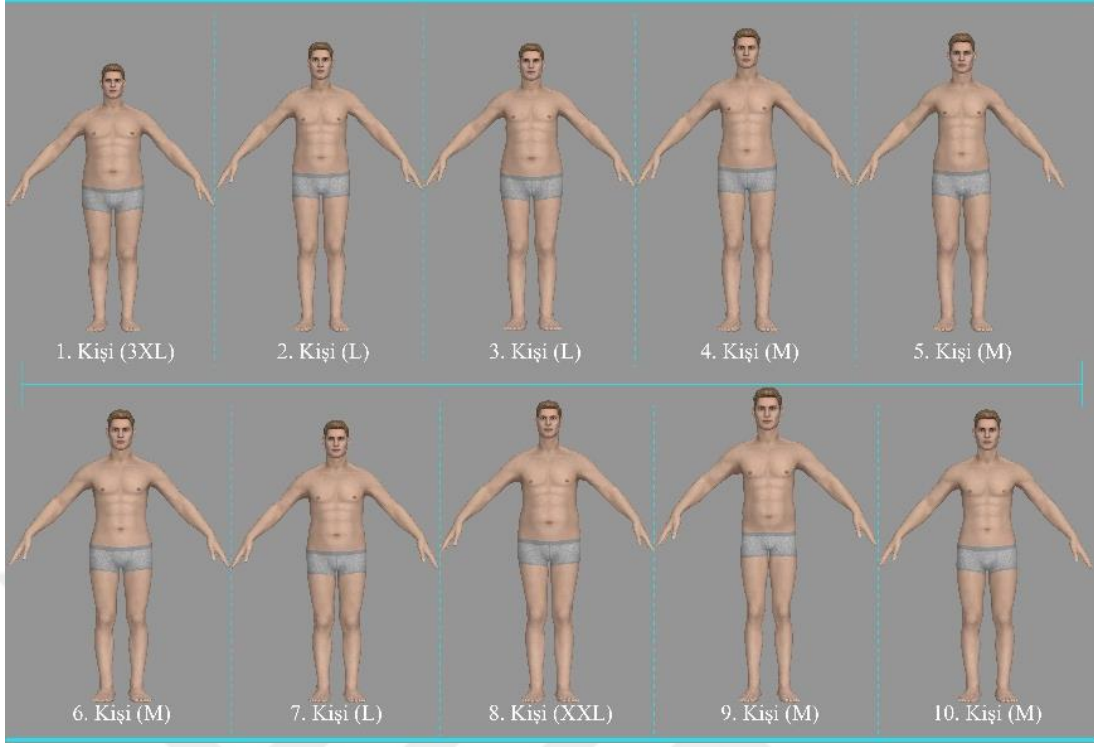
Şekil 13.1. İTF 1'de seçilen 10 kişinin avatar görüntüleri

Katılımcıların boy ve beden özellikleri aynı giysi bedenini kullanan kişiler üzerinden değerlendirildiğinde vücut tipleri farklılık göstermektedir. Bu da ölçüm ve giysi kalıp değerlerini değiştirmektedir. Kişi ölçüleri, kullanılan giysi bedeni ve avatar görüntüleri birlikte değerlendirilerek uyumluluk değerlendirmeleri yapılmıştır. Her kişi için yapılan değerlendirmelerden elde edilen veriler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- 1. Kişinin genişlik ölçüleri L beden ölçülerine uygun değil iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumludur.
- 2. Kişinin genişlik ve uzunluk ölçüleri XL bedenle uyumludur.
- 3. Kişinin genişlik ve uzunluk ölçüleri XL bedenle uyumludur.
- 4. Kişinin genişlik ölçüleri XL beden ölçülerine uygun iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumlu değildir.
- 5. Kişinin genişlik ve uzunluk ölçüleri L bedenle uyumlu değildir.
- 6. Kişinin genişlik ölçüleri XL beden ölçülerine uygun iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumlu değildir.
- 7. Kişinin genişlik ölçüleri L beden ölçülerine uygun değil iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumludur.
- 8. Kişinin genişlik ölçüleri M beden ölçülerine uygun iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumlu değildir.
- 9. Kişinin genişlik ve uzunluk ölçüleri L bedenle uyumludur.
- 10. Kişinin genişlik ve uzunluk ölçüleri XL bedenle uyumludur.

Buna göre 10 kişiden dört tanesinin genişlik ve uzunluk ölçülerinin kullandıkları bedenle uyumlu oldukları anlaşılmıştır. İki kişinin genişlik ölçüsü, üç kişinin uzunluk ölçüsü, bir kişinin de hem genişlik hem de uzunluk ölçüsünün uyumlu olmadığı belirlenmiştir.

İTF 2'den alınan veriler doğrultusunda hazırlanan avatarlar da Şekil 13.2'de sunulmaktadır. Kişi beden ölçüleri avatara dönüştürüldükten sonra aynı işlem sırasında simülasyon alanında değerlendirilmiştir.



**Şekil 13.2.** İTF 2' de seçilen 10 kişinin avatar görüntüleri

Beden numaralarının ilk çalışmada olduğu gibi kişi ölçü değerlerine uygun olmadığı tespit edilmiş ve aynı beden numarasını kullanan kişiler arasında beden ve uzunluk ölçülerinde gözlemlenebilir farklar belirlenmiştir. İTF 1'de yapıldığı gibi uyumluluk değerlendirmeleri yapılmıştır. Her kişi için yapılan değerlendirmelerden elde edilen veriler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- 1. Kişinin genişlik ölçüleri XL beden ölçülerine uygun iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumlu değildir.
- 2. Kişinin genişlik ve uzunluk ölçüleri L bedenle uyumludur.
- 3. Kişinin genişlik ve uzunluk ölçüleri L bedenle uyumludur.
- 4. Kişinin genişlik ölçüleri M beden ölçülerine uygun iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumlu değildir.
- 5. Kişinin genişlik ölçüleri M beden ölçülerine uygun iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumlu değildir.
- 6. Kişinin genişlik ve uzunluk ölçüleri M bedenle uyumludur.
- 7. Kişinin genişlik ölçüleri L beden ölçülerine uygun iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumlu değildir.
- 8. Kişinin genişlik ölçüleri XXL beden ölçülerine uygun iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumlu değildir.

- 9. Kişinin genişlik ölçüleri M beden ölçülerine uygun iken uzunluk ölçüleri bu bedenle uyumlu değildir.
- 10. Kişinin genişlik ve uzunluk ölçüleri M bedenle uyumludur.

Elde edilen sonuçlara göre İTF 2’de de 10 kişiden dört tanesinin giysi bedeni ile ölçülerinin uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Bir kişinin genişlik ölçüsü, beş kişinin de uzunluk ölçüsünün uygun olmadığı belirlenmiştir.

İki farklı itfaiye üzerinden yürütülen çalışmada alınan avatar ölçüleri ve kullandıkları beden numaraları arasında aynı problemler gözlemlenmiştir. İtfaiyecilerin önemli bir kısmının kendi beden ölçülerine göre giysi seçimini doğru yapmadıkları anlaşılmaktadır. Bu sorun üzerinde alım satım süreçleri ve üretici firmaların giysilerinin beden dağılımlarının kısıtlılığı da etkili olmaktadır.

### **13.2. İTF 1 Fit, Stres ve Gerginlik Analizi Sonuçları**

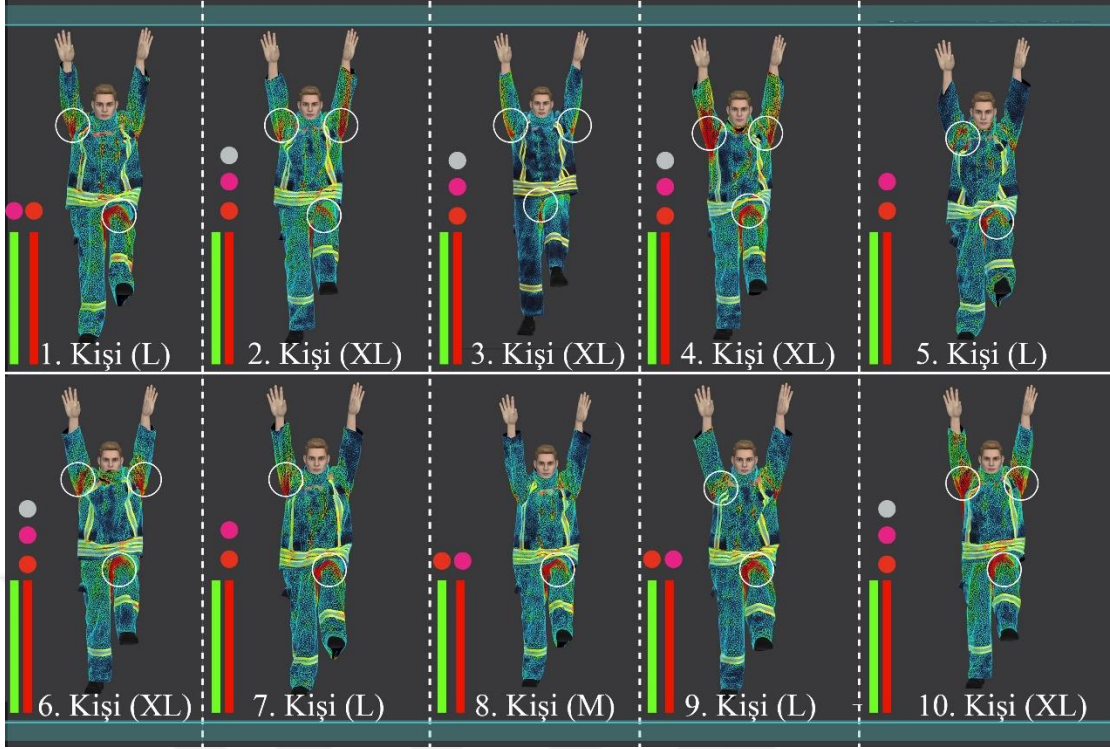
İTF 1’deki itfaiyeciler üzerinden hazırlanan haritalarda dört farklı pozisyon ve bu pozisyonların üç açıdan ekran görüntüleri alınmıştır. Alınan görüntüler öncelikle referans olarak belirlenen problem tespit noktaları ile karşılaştırılarak bölgesel tespitler yapılmıştır. Şekil 13.3’de İTF 1’in birinci personelinin fit çalışmasının örnek paftası sunulmuştur.

Kişi, bir numaralı pozisyonda iken alınan görüntülerde 3, 4, 31, 32 (omuz), 33, 34 (beden) numaralı bölgelerin fit, stres haritasında yeşil renkli olduğu görülmektedir. Bu değerler ara değerlerdir ve orta derecede giysi huzursuzluğunun olduğunu göstermektedir. Giysi ve beden arasındaki gerginlik 57,14-42,86 kPa aralığında bulunmuştur. Bu değer giysinin beden üzerindeki basıncını ve oluşturduğu gerginlik aralığını belirlemektedir. Bu noktalar yeşil alanda orta seviyede problem oluşturmaktadır.

Kişi üçüncü ve dördüncü pozisyonda iken alınan görüntülerde 7, 8, 35, 36 (koltukaltı), 23, 24 (bacak), 41, 42 (arka beden), 47,48 (ağ) üzerinde kırmızı alan oluşmaktadır. Bu sonuç bu noktalarda yüksek seviyede stres ve gerginlik olduğunu göstermektedir. Bu pozisyonda giysi ve beden arasındaki gerginlik değeri 85.71-100.00 kPa aralığına çıkmaktadır. Giysinin bedene uyguladığı basınç çok yüksek seviyede olurken ve beden-giysi arasındaki konforu oluşturan boşluk aralığı yok olmaktadır. Bu itfaiyecinin konforunu olumsuz yönde etkilerken öte yandan da hareketlerini kısıtlamaktadır.







Şekil 13.4. İTF 1 genel fit analizi

Alınan verilerde kişilerin tek tek incelenmesine ilave olarak genel beden dağılımı üzerinden de problemler değerlendirilmiştir. Kişilerde tespit edilen problemler aşağıda açıklanmıştır:

1.Kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Alınan fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 5, 6, 7, 8, 19, 20, 23, 24, 47, 48, 35, 36, 31, 32, 33, 34, 41, 42 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Bu noktalar detaylı incelendiğinde omuz, arka beden sırt noktası, koltukaltı, ağ, diz kısmında bölgesel huzursuzluklar olduğu görülmektedir. Bu alanlar yüksek ve orta seviyede huzursuzluk yaratmaktadır. İncelenen noktalarda koltukaltı, diz, ağ kısımlarının yüksek derecede kişi ve giysi arasındaki boşluğu yok edip problem yarattığı görülmektedir. Ölçü beden karşılaştırmasında tespit edilen genişlik ölçülerinin uygunsuzluğu bu analizlerde de saptanmıştır. Kişi bedeninin uyumsuzluğundan kaynaklanan bazı bölgelerdeki toplanmalar kırmızı alana dönüşmektedir. Bu durum giysinin sıkışması ile birlikte kişide hareket bozukluğu yaratmaktadır.

2. kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Alınan fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 7, 8, 19, 20, 47, 48, 35, 36, 31, 32, 41, 42, 23, 24 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Bu noktalar omuz, koltukaltı, ağ ve diz bölgeleridir. Bu alanlar haritalamada kırmızı renkte görülmüştür. Bu da bu bölgelerde yüksek huzursuzluk



olduğunu göstermektedir. Ölçü beden karşılaştırmasında tespit edildiği üzere uzunluk ölçülerinde herhangi bir problem bulunmamıştır.

3. kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Alınan fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 5, 6, 7, 8, 19, 20, 47, 48, 35, 36, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 45 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Bu noktalardan omuz, arka beden, ağ bölgeleri kırmızı alan oluştururken, diz ve bacak bölgesi yeşil alan oluşturmaktadır. Uzunluk ölçülerinde kol ve paça boyunda uygunsuzluk gözlemlenmemiştir.

4. kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 5, 6, 7, 8, 19, 20, 23, 24, 47, 48, 35, 36, 31, 32, 33, 34, 41, 42 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Kişinin bel çevresi genişliği giysi genişlik ölçüleri ile uyumlu olmadığı için uyumsuzluk ve gerilme yaratmaktadır. Bel çevresindeki gerginlik yeşil alan oluşturmaktadır. Uzunluk birimleri değerlendirildiğinde giysi paça boyunun kişinin uzunluk ölçüleri ile uyumlu olmadığı, paça kısmında toplanmalar oluştuğu belirlenmiştir. Bu durum ölçü beden karşılaştırmasında tespit edilen problem ile uyumludur.

5. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 21, 22, 23, 24 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Koltukaltı, ağ, diz noktalarında belirgin kırmızı alan gözlemlenmiştir. Kişi giysinin uzunluk ölçüleri açısından uyumsuzluk yaşamaktadır. Paça ve kol boyundaki uyumsuzluk toplanmalar ve bölgesel birikmeler oluşturmaktadır. Bu durum hareket alanında problemler oluşturmaktadır.

6. kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 31, 32, 7, 8, 35, 36, 33, 34, 19, 20, 47, 48, 23, 24 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Omuz, koltukaltı, beden, ağ ve bacak bölgeleri kırmızı alan oluşturmaktadır. Kişinin beden ölçüleri giysi uzunluk ölçüleriyle uyumsuzdur. Paça uzunluğunun uygun olmadığı anlaşılmıştır.

7. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24, 51, 52 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Koltukaltı, ağ, bacak kısımlarındaki kırmızı alan hareket alanını kısıtlamaktadır. Kişinin beden ölçüleri giysi uzunluk ölçüleri ile uyumsuzdur. Paça ve kol boyunun uygun olmadığı görülmüştür. Kol, arka bacak ve paça kısımlarında uzunluk ölçüsünün uyumsuzluğu nedeniyle birikmeler oluşmaktadır.

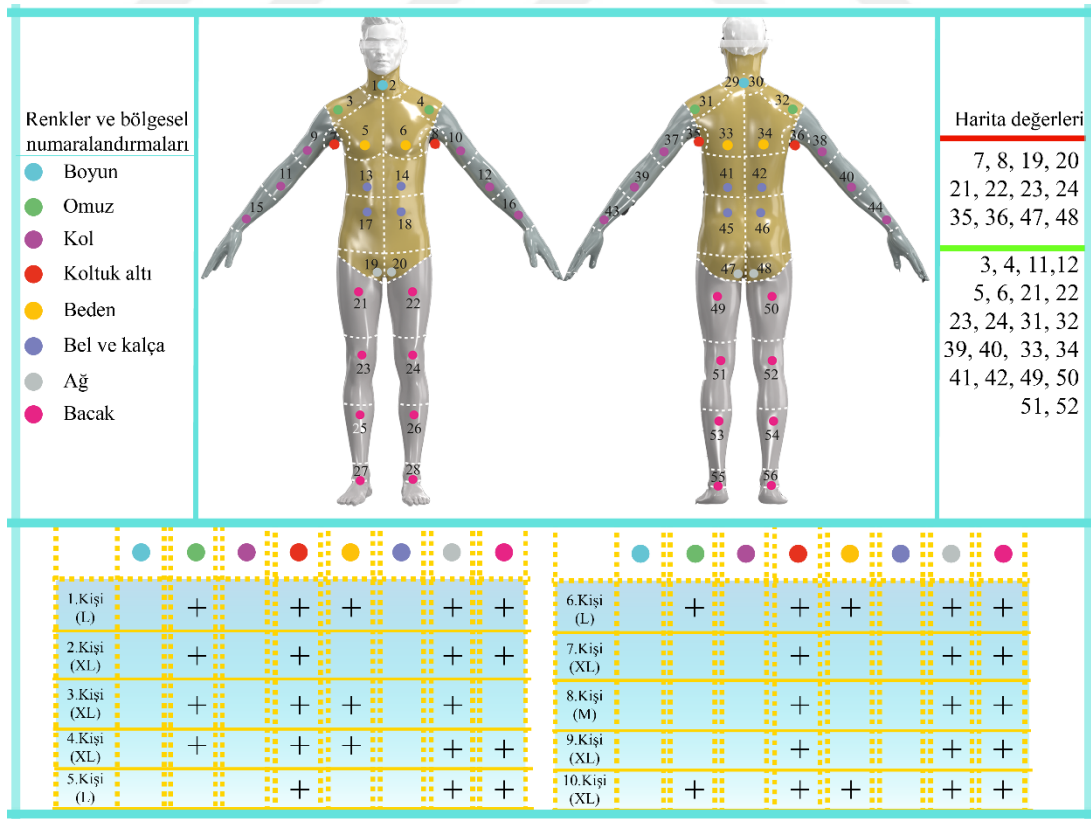
8. kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Ağ kısmı ve diz

kırmızı alan oluştururken koltuk altı bölgesi yeşil alan oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra uzunluk ölçülerinde birikmeler görülmektedir.

9.kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Bu noktalarda diz ve ağı kısmında kırmızı alan oluşurken arka bacak ve koltukaltı bölgesinde yeşil alan görülmektedir. Uzunluk ölçülerinde sorun gözlenmemiştir.

10.kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 31, 32, 7, 8, 35, 36, 33, 34, 19, 20, 47, 48, 23, 24 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Omuz, koltukaltı, beden, ağı ve bacak bölgeleri kırmızı alan oluşturmaktadır. Bölgesel problemler hareket halindeyken kısıtlamalar oluşturmaktadır.

Tüm katılımcıların giysilerindeki problemlerli bölgeler birlikte değerlendirilerek haritalarda kırmızı alan oluşturan bölgesel problem noktaları saptanmıştır. Şekil 13.5’de gösterildiği üzere tüm kullanıcıların ağı ve koltuk altı bölgelerinde sorun olduğu, dokuz kullanıcıda da ön ve arka bacak bölgesinde sorun olduğu anlaşılmaktadır. Elde edilen bu verilere göre yapılacak tasarımların kalıplarında düzeltilecek bölgelere karar verilmiştir.



Şekil 13.5. İTF 1 genel fit analizi bölgesel tespitler



bacak bölgesinde görülmektedir. Bedenler arasında ortak problemlerli noktalar aşağıda gösterilmiştir:

- Ağ 10 kişi
- Koltukaltı 10 kişi
- Bacak bölgesi 9 kişi
- Omuz 6 kişi
- Beden çevresi 5 kişi.

Genel olarak tüm kullanıcılarda koltukaltı ve ağ bölgesinde sorun olduğu tespit edilmiştir. Bacak bölgesinin de dokuz kullanıcı da sorunlu olduğu belirlenmiştir. Beden çevresi ve omuz noktalarındaki sorunlar büyük bedenlerde görülmüştür. Omuz ve beden genişliği uyumsuzluğu kişinin uzunluk ölçüleri uyumlu olsa bile beden ölçülerinin uyumsuzluğunu öne çıkarmaktadır. Sırt genişliği ölçüsü bu noktada önemli bir değerdir. Sırt genişliği ölçüsü kalıpta kişinin hareket halindeyken girdiği pozisyonlarla birlikte omuz ve koltukaltı noktalarında da kasmalar yapmaktadır. Bu, omuz ve koltukaltı bölgelerinde kırmızı alan oluşturabilmektedir. Beden uzunluğu ve bacak boyu uzunluğu pantolonun kişi ile uyumunu da etkilemektedir. Bu durumda kişinin ağ kısmında problemler oluşmaktadır. Ölçülerdeki esneklik veya daralma bu noktaları etkilemektedir. Beden grafikleri değerlendirildiğinde büyük ve küçük bedende oluşan problemler aslında ölçüm değerlerinin etkisiyle birlikte gelişmektedir.

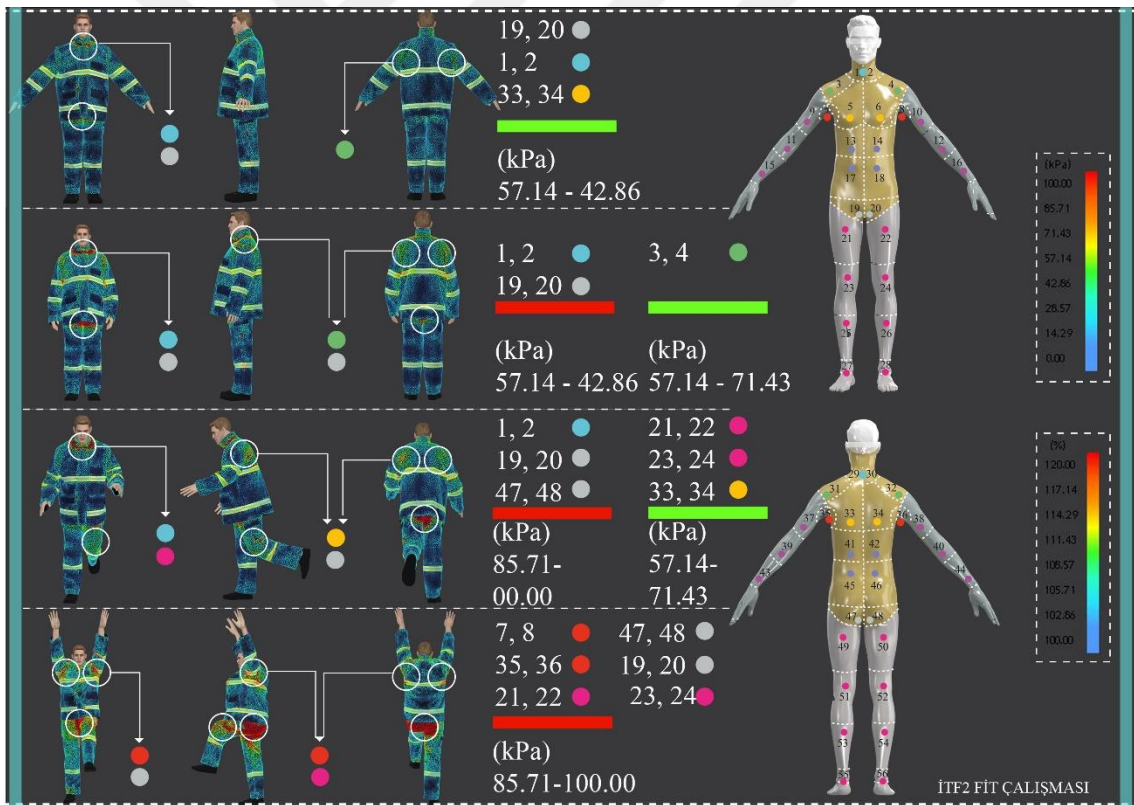
İTF 1 fit analizi sonuçları vücut üzerinden belirlenen 56 referans nokta ve yeşil, sarı, kırmızı alan olmak üzere üç kPa değerine göre gruplandırılmıştır. Yeşil (düşük) 42.86-57.14, sarı (orta seviye) 71.43, kırmızı (yüksek) 85.71-100 olarak değerlendirilmektedir. Tablo 13.1'de 10 kişinin renk dağılımlarına göre bölgesel olarak hata noktaları belirlenmiş ve bu noktalardaki renk aralıkları değerlendirilmiştir.



göstermektedir. Giysi ve beden arasındaki gerginlik 57,14-42,86 kPa aralığında bulunmuştur. Bu noktalar yeşil alanda orta seviyede problem oluşturmaktadır.

Kişi, iki ve üç numaralı pozisyonda iken alınan görüntülerde 3,4 (omuz), 21, 22, 23, 24 (bacak), 33, 34 (sırt) bölgeleri yeşil renkli, 1, 2 (boyun), 19, 20, 47, 48 (ağ) bölgeleri üzerinde kırmızı alan oluşmaktadır.

Kişi dördüncü pozisyonda iken 7, 8, 35, 36 (koltuk altı), 21, 22, 23, 24 (bacak), 47, 48, 19, 20 (ağ) bölgeleri üzerinde kırmızı alan oluşmaktadır. Bu sonuç bu noktalarda yüksek seviyede stres ve gerginlik olduğunu göstermektedir. Bu pozisyonda giysi ve beden arasındaki gerginlik değeri 85.71-100.00 kPa aralığına çıkmaktadır. Giysinin bedene uyguladığı basınç çok yüksek seviyede olurken ve beden-giysi arasındaki konforu oluşturan boşluk aralığı yok olmaktadır. Bu itfaiyecinin konforunu olumsuz yönde etkilerken öte yandan da hareketlerini kısıtlamaktadır.

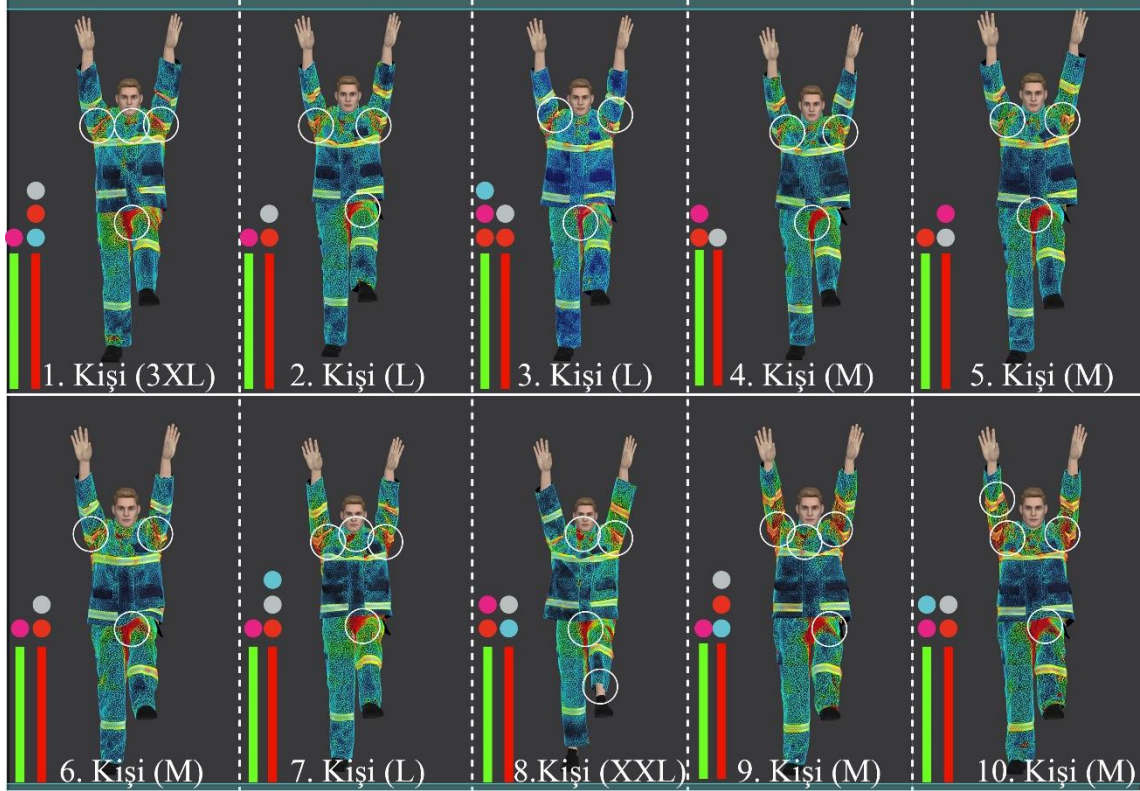


Şekil 13.7. İTF 2 Kişi fit çalışması örnek paftası

Yukarıda açıklandığı şekli ile İTF 2'den seçilen 10 kişinin fit çalışmaları ayrı ayrı pafta haline getirilmiştir. Poz ve animasyonlardan 10 kişi için toplam 120 görüntü alınmıştır. Alınan görüntülerin incelendiğinde dördüncü pozda genel olarak ortak



problemler saptanmıştır. Bu bölgeler Şekil 13.7’de gösterilmiştir. Diğer pozisyonlarda elde edilen problemler ortak problemlerle karşılaştırılmıştır.



Şekil 13.8. İTF 2 fit analizi

Alınan verilerde kişilerin tek tek incelenmesine ilave olarak genel beden dağılımı üzerinden de problemlili noktalar değerlendirilmiştir. Kişilerde tespit edilen problemler aşağıda açıklanmıştır:

1.Kişi: 3XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Alınan fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 7, 8, 19, 20, 47, 48, 49, 50 noktalarında problemler tespit edilmiştir. Bu noktalar detaylı incelendiğinde boyun, koltukaltı, ön ve arka ağ, arka bacak ve diz bölgelerinde huzursuzluklar olduğu görülmektedir. Bu alanlar kendi içinde yeşil ve kırmızı olarak yüksek ve orta seviyede huzursuzluk yaratmaktadır. İncelenen noktalarda bacak, ağ, boyun kısımlarının yüksek derecede kişi ve giysi arasındaki boşluğu yok edip problem yarattığı görülmektedir. Başta öngörülen uzunluk ölçülerinin uygunsuzluğu bu noktada da saptanmıştır. Kişi bedeninin uzunluk ölçülerinin uyumsuzluğundan oluşan bazı bölgelerdeki toplanmalar kırmızı alana dönüşmektedir. Bu giysinin sıkışması ile birlikte kişide hareket bozukluğu yaratmaktadır. Boyun ve omuz aralığındaki toplanmalarda bu alanda kırmızı harita oluşturmaktadır.



2. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Alınan fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 39, 40, 33, 34, 47, 48 noktalarında problemler görölmektedir. Bu noktalarda diz, boyun, üst bacak, dirsek, sarka sırt bölgeleri yeşil alan, ön ve arka ağ bölgesi kırmızı alan olarak gözlemlenmiştir. Yeşil alanlar haritada kırmızıya dönüşebilir değerdedir. Kişi giysi simölasyon incelendiğinde problemler alanlarla birlikte kol boyunda da uzunluk tespit edilmiştir.

3. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Alınan fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 7, 8, 19, 20, 21, 22, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 47, 48 noktalarında problemler gözlemlenmiştir. Bu noktalarda boyun, diz, kol dirseği bölgeleri yeşil harita bölgesi oluştururken koltukaltı, ön ve arka ağ, sırt, üst bacak bölgeleri kırmızı bir alan oluşturmaktadır.

4. kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 29, 30, 19, 20, 47, 48, 7, 8, 35, 36, 23, 24, 33, 34, 39, 40 noktalarında problemler görölmektedir. Diz, sırt, dirsek bölgeleri yeşil alan gösterirken boyun, ön ve arka ağ, koltukaltı bölgeleri kırmızı alan oluşturmaktadır. Kişi uzunluk ölçüleri giysi ile uyumlu olmadığından kol ve iç boy ölçülerinde problemler gözlemlenmektedir. Bu sebeple ağ kısımlarında çekme, kol dirsek noktalarında kasmalar oluşturmaktadır. Bu alanlarda hareket bozukluğu oluşturmaktadır.

5. kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 31, 32, 1, 2, 29, 30, 23, 24, 11, 12, 19, 20, 21, 22 noktalarında problemler görölmektedir. Omuz, boyun, diz, dirsek bölgelerinde yeşil alanlar kırmızı değere yakın görölmektedir. Ön ağ, üst bacak noktalarında belirgin kırmızı alan gözlemlenmiştir. Kişi giysi ile uzunluk ölçüleri durumunda uyumsuzluk yaşamaktadır. Paça ve kol boyundaki uyumsuzluk hareket alanında problemler oluşturmaktadır. Ceketin uzunluk ölçüleri de kişinin eğilme durumunda rahatsızlık oluşturmaktadır.

6. kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 29, 30, 33, 34, 19, 20, 47, 48, 7, 8, 23, 24, 21, 22 noktalarında problemler görölmektedir. Boyun, sırt, ön ve arka ağ, koltukaltı bölgeleri kırmızı alan diz, ön üst bacak bölgeleri yeşil alan oluşturmaktadır. Kol boyunda kişi hareket halindeyken cildinin açılmasına olanak veren bir uyumsuzluk vardır.

7. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 3, 4, 31, 32, 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24, 33, 34, 39, 40 noktalarında problemler görölmektedir. Boyun, omuz, koltukaltı, ağ kısımlarındaki kırmızı alan hareket alanını

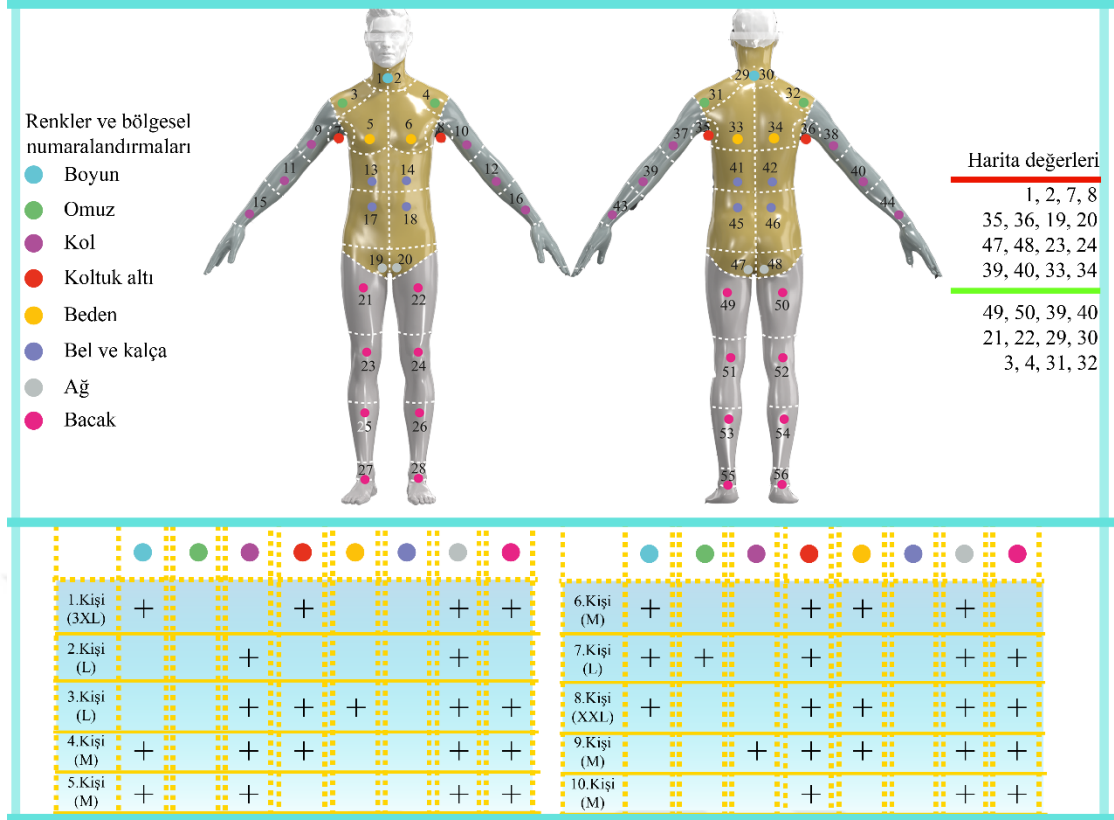
kısıtlamaktadır. Diz, sırt, dirsek bölgelerindeki yeşil alan kişi ve giysi aralığında gerginlik yaratmaktadır. Kişi giysi ile uzunluk ölçülerinde uyumsuzluk yaşamaktadır. Paça ve kol boyu uyumsuzdur.

8.kişi: XXL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 33, 34, 7, 8, 35, 36, 1, 2, 29, 30, 19, 20, 47, 48, 21, 22, 23, 24, 49, 50, 51, 52 noktalarında problemler görülmektedir. Bu alanlara bakıldığında ağ, ön bacak, diz, arka üst bacak bölgeleri kırmızı alan oluştururken sırt, koltukaltı, boyun bölgeleri yeşil alan oluşturmaktadır. Sadece koltuk altı bölgesi haritada değişkenlik göstermektedir. Bazı alanları yeşil bazı alanları kırmızıdır. Uzunluk ölçüleri problemler göstermektedir. Pantolon boyu kişi ile uyumsuzdur. Bu kişi yürüyüş halinde ve düz duruş hâlindeyken bilek çizgisinden yukarda kalmaktadır. Bu kişinin hareketli durumlarında ve çömelme halinde diz hattının üst bacak bölgesine kaymasına ve bilek kısmının diz ve bilek aralığında kalmasına sebep olmaktadır. Kişi koruyuculuğunu doğru sağlamamakla birlikte diz bölgesinin üst bacak bölgesine kayması takviye malzemesinin diz kısmında fonksiyonelliğini yitirmesine sebep olmaktadır. Oluşan bu problem koruyuculuk ve konfor açısından önemli bir problemdir.

9.kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 23, 24, 39, 40, 7, 8, 35, 36, 5, 6, 19, 20, 47, 48, 49, 50, 33, 34, 29, 30 noktalarında problemler görülmektedir. Bu noktalarda diz, ağ, arka bacak, sırt, boyun bölgeleri kırmızı alan oluşurken dirsek, koltukaltı, ön beden bölgeleri yeşil alan oluşturmaktadır.

10.kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24, 33, 34 noktalarında problemler görülmektedir. Koltukaltı, ağ, diz bölgeleri kırmızı alan sırt bölgesi yeşil alan oluşturmaktadır. Paça noktalarında toplanmalar oluşmaktadır.

Tüm katılımcıların giysilerindeki problemler birlikte değerlendirilerek haritalarda kırmızı alan oluşturan bölgesel problem noktaları saptanmıştır. Şekil 13.9'da gösterildiği üzere tüm kullanıcıların ağ bölgelerinde sorun olduğu, sekiz kullanıcıda da ön ve arka bacak, koltuk altı bölgelerinde sorun olduğu anlaşılmaktadır. Elde edilen bu verilere göre yapılacak tasarımların kalıplarında düzeltilecek bölgelere karar verilmiştir.



Şekil 13.9. İTF 2 genel fit analizi bölgesel tespitler

Fit kontrolü sonucunda bölgesel kalıp problemleri tespit edilmiştir. Bu bölgeler şekilde şematik olarak anlatıldığı üzere genel olarak haritada oluşan kırmızı yüksek seviyedeki rahatsızlıklar boyun, koltukaltı, ağız, diz, dirsek, beden çevresi noktaları olarak belirlenmiştir. Yeşil alan değerlendirildiğinde üst ön-arka bacak ve omuz noktaları olarak belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler gözden geçirildiğinde İTF 1'deki gibi kişilerin ölçü değerleri ve giysi ölçü tablolarının uyumsuzluğuyla birlikte doğru beden seçiminin yapılmaması önemli iki faktör olarak belirlenmiştir. Beden ve giysi uyumsuzluğuyla birlikte gözlenen en önemli bir diğer değişken kişi ölçülerinin giysiye uyumsuzluğundan dolayı oluşan kırmızı ve yeşil alanlardır. Bunlar uzunluk ve kısalık ölçütleriyle oluşan toplanmalar, birikmeler, çekmelerden oluşan problemlerdir. Uzunluk ölçü birimlerinin yanlış kullanımı ile birlikte giysinin kişiyi koruma performansı düşmektedir. Bölgesel olarak oluşan kısalıklar ciltte açık noktalar oluştururken diğer bir taraftan kalıpların bedende yerleşimini olumsuz etkilemektedir. Giysi kalıplarının doğru yerde durmaması kişinin kullanım performansını olumsuz etkilerken kalıp parçaları istenilen işlevselliği gerçekleştirememektedir. Bu faktörler giysi performansının ölçülmesinde önemli bir etkidir. Performans değerlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Giysi ölçü tabloları ve



Genel olarak problemlere baktığımızda belirli toplanma noktaları vardır. Ölçüm değerleri bu noktalarda yeterli seviyede uyumluluk sağlamamaktadır. Ağ ve bacak bölgelerinde oluşan problemler uzunluk değerlerinin etkisi ile gerginlik ve fit problemleri oluşturmaktadır. Ön ve arka ağ kısmı kalıptaki form ile de ilişkilendirilmektedir. Kişinin ölçü değerlerinin giydiği giysiye uyumsuzluğu uzunluk ve genişlik birimlerinde problemler oluşturmaktadır. 8. Kişide görüldüğü üzere uzunluk ölçüsünün giysi ile olan farklılığından dolayı giysi koruyuculuğunu kaybetmektedir. Üst bacak kısımlarındaki kasılma ve stres noktaları ağ ile birlikte eş değerde değişiklik göstermektedir. Ağ kısmının kasılmasıyla birlikte ölçüm baldır çizgisini ve diz aralığını etkilemektedir. Oluşan giysi gerginliği noktalar aralığında da kırmızı alan oluşmasını sağlamaktadır. Eklem noktaları hareket halini yöneten mekanizmayken bu noktaların giysi ile uyumu önemli bir ölçüttür. Bu noktalarda diz, dirsek, boyun, koltuk altını bu değerlendirmede etkilemiştir. Saptanan dirsek problemleri kol uzunluğuyla birlikte pazu ve dirsek genişliği ile de ilişkilendirilmektedir. Bu ölçülerdeki tolerans payları konforu değiştirmektedir. Boyun çevresi bedenler arasında ortak bir problem noktası olarak gözlemlenmektedir. Bunun yaka genişlik ve düşüklük ölçüleri ile ilgili bir değişim olduğu görülmektedir.

Saptanan problemler kalıpta yapılacak belirli ekleme ve düzenlemelerle birlikte ortadan kaldırılabilir. Ölçü değişiklikleri, giysi ve kalıp tasarımları rahatlık ve konforu hareket sırasında arttırabilmektedir.

İTF 2 fit analizi sonuçları vücut üzerinden belirlenen 56 referans nokta ve yeşil, sarı, kırmızı alan olmak üzere üç kPa değerine göre gruplandırılmıştır. Yeşil (düşük) 42.86-57.14, sarı (orta seviye) 71.43, kırmızı (yüksek) 85.71-100 olarak değerlendirilmektedir. Tablo 13.2'de 10 kişinin renk dağılımlarına göre bölgesel olarak hata noktaları belirlenmiş ve bu noktalardaki renk aralıkları değerlendirilmiştir.

**Tablo 13.2. İTF 2 fit analizi genel hata dağılımları**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
1. kişi	Y	Y	Y	Y			K	K											K	K	K	K	K	K								K	K
2. kişi	K	K																	K	K	K	K	K	K									
3. kişi	K	K					K	K											K	K	K	K								K	K		
4. kişi	S	S					K	K											K	K			K	K					S	S			
5. kişi	Y	Y	Y	Y							K	K							K	K	K	K	K	K					Y	Y	Y	Y	
6. kişi	S	S					K	K											K	K	K	K	K					S	S				
7. kişi	K	K	Y	Y			K	K											K	K			K	K							Y	Y	
8. kişi	S	S					K	K											K	K	K	K	K	K				S	S				
9. kişi					K	K	K	K											K	K			K	K				S	S				
10. kişi							K	K											K	K			K	K				S	S				
YEŞİL	2	2	3	3	0	0	0	0			0	0							0	0	0	0	0	0					1	1	2	2	
SARI	3	3	0	0	0	0	0	0			0	0							0	0	0	0	0	0					4	4	0	0	
KIRMIZI	3	3	0	0	1	1	8	8			1	1							9	9	6	6	9	9				1	1	1	1		
TOPLAM	8	8	3	3	1	1	8	8			1	1							9	9	6	6	9	9				6	6	3	3		
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	YEŞİL	SARI	KIRMIZI	TOPLAM					
1. kişi	Y	Y	K	K											K	K	K	K							6	0	16	22					
2. kişi	K	K					S	S							K	K									0	2	12	14					
3. kişi	K	K	K	K			S	S							K	K									0	2	16	18					
4. kişi	S	S	K	K			K	K							K	K									0	6	12	18					
5. kişi																									8	0	8	16					
6. kişi	K	K													K	K									0	4	10	14					
7. kişi	K	K	K	K			S	S							K	K									4	2	14	20					
8. kişi	K	K	K	K											K	K	K	K	K	K					0	4	18	22					
9. kişi	K	K	K	K			K	K							K	K	K	K							0	2	18	20					
10. kişi	K	K	K	K											K	K									0	0	12	12					
YEŞİL	1	1	0	0			0	0							0	0	0	0	0	0													
SARI	1	1	0	0			3	3							0	0	0	0	0	0													
KIRMIZI	7	7	7	7			2	2							9	9	3	3	1	1													
TOPLAM	9	9	7	7			5	5							9	9	3	3	1	1													

10 kişinin işaretlenen fit problemleri gözlemlendiğinde genel toplamda 18 yeşil alan, 22 sarı alan, 136 kırmızı alan saptanmıştır. Boyun sarı ve kırmızı, omuz yeşil ve sarı, beden çevresi, sırt kırmızı ve sarı, kol, koltukaltı, ağ ve bacak kırmızı renk dağılımına sahiptir. Toplam 176 tane genel problemler tespit edilmiştir. Gözlemlenen hatalı noktalar kişiler üzerinde önemli derecede rahatsızlıklar oluşturmakta ve hareketlerini sınırlandırmaktadır.

Sonuç olarak giysi ölçü tablolarının ve kalıp tasarım sürecinin değiştirilmesi; her giysi bedeninde olumlu etki sağlayacak şekilde yeni kalıp formlarının oluşturulması ve giysi tasarımlarının yeniden yapılması gerektiği görülmüştür.

### 13.4. İTF 1 ve İTF 2 İçin Yapılan Fit, Stres ve Gerginlik Analizlerine Göre Ölçü Tablolarının Değerlendirilmesi ve Yeni Ölçü Tablosunun Oluşturulması

İTF 1 ve İTF 2'nin öncelikle kalıp özellikleri ve ölçüm değerleri incelenmiştir. Bu değerler standart ölçü tablosuyla Tablo 13.3'de karşılaştırılmıştır. İTF 1 ve İTF 2 ölçü değerleri referans değerlerden artı ve eksi olarak farklılık göstermektedir. Bunlar tabloda (+) ve (-) ölçüm değerleri olarak verilmiştir. Giysi kalıplarının farklı ölçülere sahip

olması iki farklı kalıbın incelenmesine olanak sağlamıştır. Bu noktada İTF 1 giysi kalıplarının İTF 2 giysi kalıplarına göre daha büyük tolerans paylarına sahip olduğu görülmektedir. Genişlik ölçülerinde (+) tolerans payının fazla olması bu noktalardaki birikmelerin sebebi olmaktadır. Genel olarak iki itfaiyede de genişlik ölçüleri (+) bir değer vermiştir. Göğüs, bel, kolevi genişliği, kol genişliği, kalça, paça noktalarında (+) ölçü değeri gözlemlenirken kol boyu, iç dikiş (uzunluk), bacak çevresi noktalarında (-) ölçü değeri görülmektedir. Bu kalıpların bolluk paylarından kaynaklanan değişimler olarak da tanımlanmaktadır. Göğüs ve kolevindeki (+) ölçü değerleri de bu noktaları olumsuz etkilemiş olabilmektedir.

**Tablo 13.3.** Standard ölçü tablosu ile İTF 1 ve İTF 2 giysi ölçüleri karşılaştırılmış değerleri

	Ölçü	İTF 1.	İTF 2.
Göğüs genişliği	113	+ 23	+ 7
Bel genişliği	95	+ 17	+ 13
Kol boyu	85	- 29	- 21
Kolevi çevresi	52,5	+ 16,5	+ 10,5
Kol genişliği	30	+ 7,5	+ 4
Gövde uzunluğu	165	+ 0,5	+ 1
İç dikiş (uzunluk)	78	0	- 4,5
Kalça çevresi	125	+ 5	- 4
Bacak çevresi	73	- 3	- 13
Pantolon paçası çevresi	50	+ 6,5	+ 3

İTF 1 ve İTF 2 ölçü tablolarının karşılaştırılması sonucu alınan fark verileriyle birlikte ortalama tolerans payı hesaplanmıştır. Ölçüm değerleri kullanılan itfaiye ve firmaya göre değişiklik göstermektedir. Üç katman arasındaki astarlama ve iç içe dikilme durumları da hesaplanmaktadır. Tüm bunlar ülkeye ve beden tiplerine göre de değişiklik göstermektedir. Bu sebeple iki itfaiye arasında ölçü farklılıkları (+) ve (-) değerlerde gözlemlenmektedir. Göğüs çevresi ölçüsü sırt genişliğini etkilemektedir. Göğüs, bel, kol boyu, kol evi çevresi, bacak çevresi ölçüm değerleriyle birlikte incelendiğinde problem oluşturan noktalardır. Bu noktalarla birlikte detay ölçülerinde bu ölçülerden etkilenen noktalar da vardır. Ön ağ ve arka ağ yüksekliği ölçüleri ağ bölgesinde kasılmalara ve



hareket bozukluklarına neden olmaktadır. İç dikiş (uzunluk) ve kol boyu kişilerde değişkenlik göstermektedir. Standarda göre daha uzun veya kısa kişilerde problemler yaratmaktadır. Bazı alınan fit sonuçları bölgesel olarak bu ölçümlerle ilişkilendirilebilmektedir. Bu değerler yeni oluşacak ölçü tablosuna referans olması için önemli niteliktedir.

**Tablo 13.4.** İTF 1 ve İTF 2 ölçü tablolarının ortalama tolerans payı değerleri

	İTF 1.	Fark	İTF 2.	Ort. Tolerans Payı
Göğüs genişliği	+ 23	16 cm	+ 7	+ 15
Bel genişliği	+ 17	4 cm	+ 13	+ 15
Kol boyu	- 29	8 cm	- 21	- 25
Kolevi çevresi	+ 16,5	6 cm	+ 10,5	+ 13,5
Kol genişliği	+ 7,5	3,5 cm	+ 4	+ 5,75
Gövde uzunluğu	+ 0,5	0,5 cm	+ 1	+ 0,85
İç dikiş (uzunluk)	0	4,5 cm	- 4,5	- 2,25
Kalça çevresi	+ 5	1 cm	- 4	- 4,5
Bacak çevresi	- 3	10 cm	- 13	- 9,5
Pantolon paçası çevresi	+ 6,5	3,5 cm	+ 3	+ 4,75

Tablo 13.4’de alınan tolerans paylarının fark değerleriyle birlikte ortalamaları alınmıştır. Bu iki itfaiye arasındaki ölçü farkı ortak bir tolerans payının hesaplanmasında referans olarak kullanılmıştır. Bu süreçte EN469 standardı içerisindeki önerilen ölçü ve değerleri esas alınarak yorumlanmıştır. Alınan ölçü değerleri fit kontrol sonuçlarına göre değerlendirilerek bu noktalarda iyileştirme amacıyla ölçü değişikliği yapılmıştır. Bu göğüs, bel, kolevi, kol boyu, kalça, iç dikiş (uzunluk), yaka çevresi, omuz olarak düzenlenmiştir. Bu ölçülerle birlikte detay ölçülerde de değişiklikler yapılmıştır (Tablo 13.5)

**Tablo 13.5.** Ortak saptanan sonuçlara göre değerlendirilen yeni ölçü tablosu

	ölçü (cm)	
Göğüs genişliği	120	
Bel genişliği	98	
Kol boyu	60	
Kolevi çevresi	55	
Kol genişliği	35	
Gövde uzunluğu	170	
İç dikiş (uzunluk)	76	
Kalça çevresi	120	
Bacak çevresi	68	
Pantolon paçası çevresi	54	

Elde edilen bilgiler ve tasarım eksiklikleri arasında bağlantı kurulmuştur. Yapılan fit ve ölçülendirme çalışmaları sonucunda elde edilen değerler ve tasarım unsurları ilişkilendirilmiştir.

### 13.5. İTF 1 ve İTF 2 İçin Yapılan Fit, Stres ve Gerginlik Analizlerine Göre Yeni Temel Kalıpların Hazırlanması

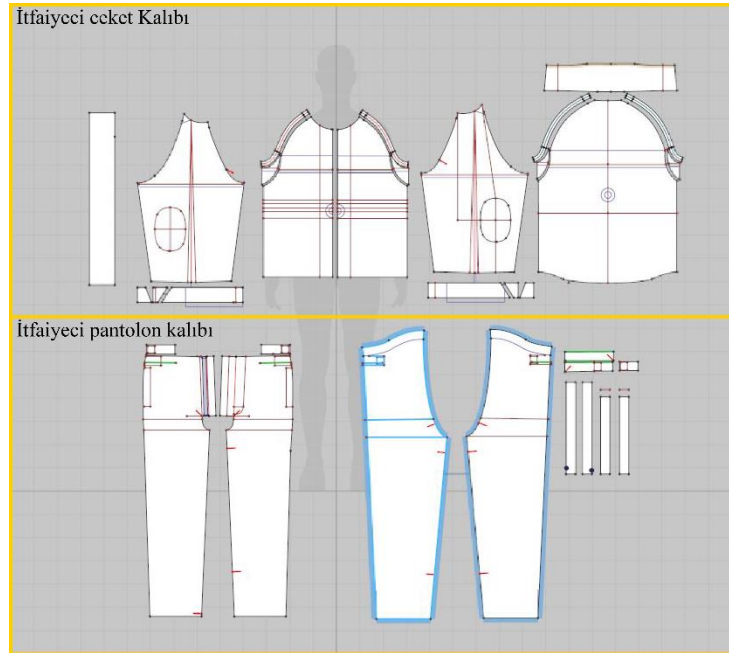
Çalışma sürecinde alınan fit sonuçlarına göre yeni baz kalıp parçaları hazırlanmıştır. Ölçü tablosu referans alınarak kalıplar CLO 3D programında oluşturulmuştur. Kalıp süreci ön beden, arka beden, kol, yaka, pat ve ön pantolon, arka pantolon, kemer, patlet parçalarından oluşmaktadır. Kalıplar ölçülendirme ile birlikte 2D alanda öncelikle baz çerçeveler hazırlanılarak detaylandırmalar yapılmıştır. İncelenen sonuçlar doğrultusunda kalıpta üç yol izlenmiştir. Bunlar;

- Kalıpta ölçülerin iyileştirilmesi,
- Kalıpta form ve biçim değişikliği ve
- Kalıpta model uygulamadır.

Kalıp hazırlama sürecinde ölçü tablosuna göre en fazla değişikliğe ve düzeltmeye gidilen noktalar göğüs, bel, kolevi, kol boyu, ağ yüksekliği, kalça, iç dikiş (uzunluk), yaka çevresi, omuz noktalarıdır. Bu noktalar kişinin performansını ve hareket kabiliyetini etkileyen önemli noktalardır. Buradaki boyutlandırmalar giysi kalıbının giyilebilirliği ve rahatlığını etkilemektedir. Baz ölçü tablolarında değiştirilen ölçülerle birlikte detay ölçülendirmelerde değiştirilmiştir. Omuz genişliği, koltuk genişliği, koltuk derinliği, arka

ve ön beden boyu, kol evi çevresi, kol oyuntu yüksekliği, ön koltuk ve arka koltuk oyuntusu (kb ve akb), diz yüksekliği, kalça yüksekliği, ön ve arka ağı genişliği önemli detay ölçü birimleridir. Bu noktalardaki (+) ve (-) yapılacak ölçü değişikliği konforu eşdeğerde değiştirmektedir.

Hazırlanan itfaiyeci ceketinde kol ve bedende kalıp değişikliğine gidilmiştir. Reglan kol uygulaması ile kalıpta rahatlık ve boyutlandırma sağlanmıştır. Kol, dirsek, sırt ve orta çizgisi üzerinde köruk çalışması yapılmıştır. Kol altı bölgesi takviye bir parça ile desteklenmiş ve revize edilmiştir. Bu noktalarda oluşacak açıklıklar kişinin hareketini ve kullanım rahatlığını arttırmaktadır. Boyun bölgesindeki problemler reglan kol uygulaması ile ortadan kaldırılmıştır. Yaka ve pat formunda değişiklik sağlanmıştır. Arka beden parçası ön bedene göre daha uzun ve eğimli çalışılmıştır. Bu giysinin standarda göre kişi eğilme ve yukarı uzanma durumunda iki parça arasındaki aralığı engellemek için önemli bir kalıp detaydır. Bu eğim ve uzunluk kullanım rahatlığını sağlarken, ön beden daha kısa olması bacak hareketlerinin kısıtlanmasının önüne geçmiştir. Kol ve manşet parçası daraltılıp genişletilebilir şekilde hazırlanmış ve manşette kolla birleşen pile çalışılmıştır. Bu, içerde kapamanın açılmasıyla birlikte oluşabilecek açıklığın önüne geçmektedir (Şekil 13.11).



**Şekil 13.11.** İtfaiyeci giysisi yeni kalıp çalışması

Pantolon kalıbı ölçülendirmeleri revize edilirken özellikle ağ formlarında düzenleme sağlanmıştır. Arka ağ ve ön ağ çizgileri yükseltilmiş kişinin hareket halindeyken daha konforlu bir şekilde kullanması için değiştirilmiştir. Arka bel yüksekliği kavisli bir şekilde beli daha yüksek ve daha iyi sarmaktadır. Kemerle birleştirilen noktalar birbirine ve bel çizgisinin üstüne yakın bir şekilde hazırlanmıştır. Bu bel lastiklerinin omuz başlarına doğru düzgün dağılmasını sağlamaktadır. Pantolon diz ve destek kısmı kalıbı genişleyebilir pensli bir formada çalışılmış, bükülme ve eğilme durumlarında konfor arttırılmıştır (Şekil 13.11).

### **13.6. Kalıp Çalışmasının İTF 1 ve İTF 2 Üzerinden Fit, Stres ve Gerginlik**

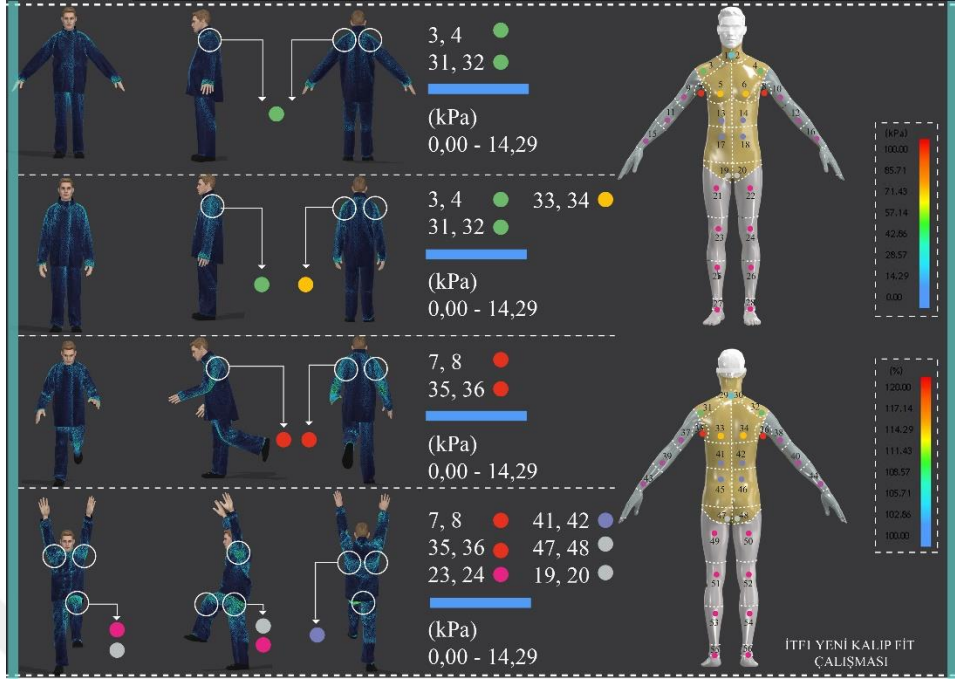
#### **Analizinin Değerlendirilmesi**

Hazırlanan kalıplara İTF 1 ve İTF 2'deki işlem sürecine bağlı kalınarak 20 kişi üzerinden CLO 3D programında fit, stres, gerginlik ve kalıp fit haritalandırılması yapılmıştır. İTF 1 ve İTF 2'deki kişiler kullandıkları bedenlere göre giydirilmiş ve fit haritaları hazırlanmıştır. Bu süreçte göz önünde bulundurulacak önemli husus eski giysi kalıpları ve yeni giysi kalıplarının arasındaki boyutsal değişim ve bunların kişi konforuna etkileri olmuştur.

İTF 1 ve İTF 2'deki itfaiyeciler üzerinden hazırlanan haritalarda dört farklı pozisyon ve bu pozisyonların üç açıdan ekran görüntüleri alınmıştır. Alınan görüntüler öncelikle referans olarak belirlenen problem tespit noktaları ile karşılaştırılarak bölgesel tespitler yapılmıştır. Şekil 13.12'de İTF 1'in birinci personelinin fit çalışmasının örnek paftası sunulmuştur.

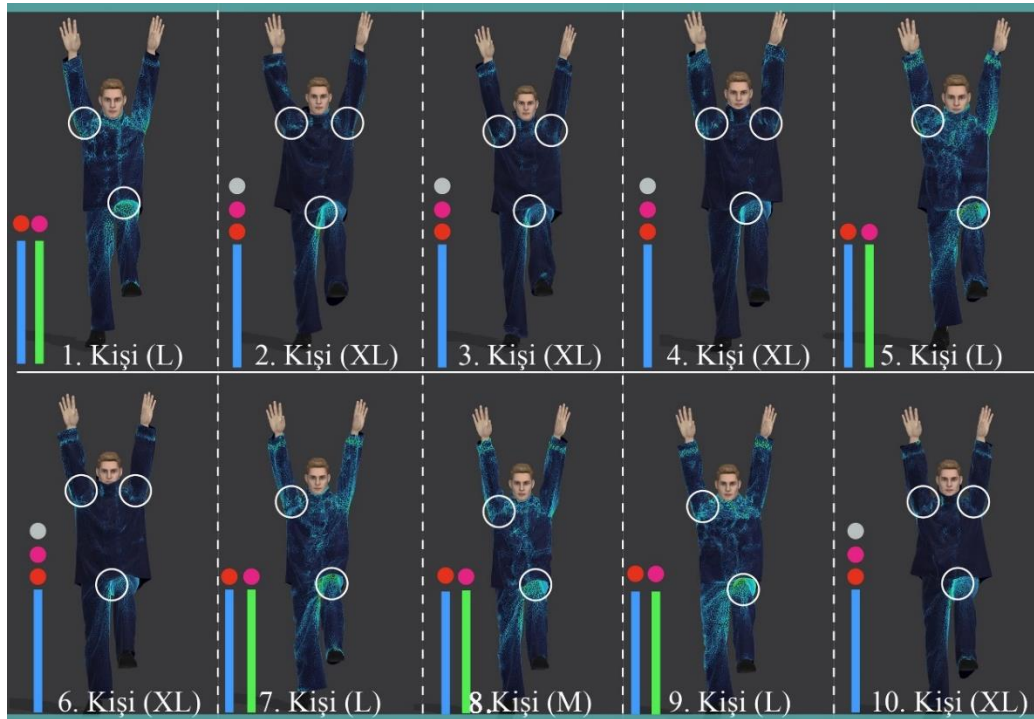
Kişi 1 numaralı pozisyonda iken kullandığı giysi kalıplarından alınan görüntülerde 3, 4, 31, 32 (omuz), 33, 34 (beden) numaralı bölgelerin fit, stres haritasında yeşil renkli iken yani kalıp çalışmasında bu noktalar mavi renge dönüşmüştür. Mavi olan bu alanlarda kPa değeri 0,00 – 14,29'dur. Bu değer kişi ve giysinin uyumluluğunu olumlu yönde etkilemektedir. Değişen kalıp parçaları hareket kabiliyetini olumlu yönde etkilemiştir.

Kişi üçüncü ve dördüncü pozisyonda iken alınan görüntülerde 7, 8, 35, 36 (koltukaltı), 23, 24 (bacak), 41, 42 (arka beden), 47,48 (ağ) üzerinde kırmızı kPa değeri 85.71-100.00 aralığında iken mavi alana dönüşmüştür. Koltukaltı bölgesi mavi ve yeşil alan aralığında gözükmemektedir. Gerginlik 14,29 olarak bulunmuştur. Bunlar giysinin kişi üzerinde hareket halindeyken temas haline geçtiği noktalarlardır. Aslında bu noktalar hareket halinde alınmış veriler olduğu için normal olan değerlerdir.



Şekil 13.12. İTF 1. Kişi yeni kalıp fit çalışması örnek paftası

Yukarıda açıklandığı şekli ile İTF 1'deki 10 kişinin yeni kalıplar üzerinden fit çalışmaları ayrı ayrı pafta haline getirilmiştir. Poz ve animasyonlardan 10 kişi için toplam 120 görüntü alınmıştır. Alınan görüntülerin incelendiğinde dördüncü pozda genel olarak boyutsal düzelme ve değişiklik gösteren ortak problemler saptanmıştır (Şekil 13.13.)



Şekil 13.13. İTF 1 yeni kalıp genel fit analizi

Diğer pozisyonlarda elde edilen iyileştirmeler ortak problemlerle karşılaştırılmıştır. Kişilerde tespit edilen iyileşmeler aşağıda açıklanmıştır:

- 1.Kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Alınan fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 5, 6, 7, 8, 19, 20, 23, 24, 47, 48, 35, 36, 31, 32, 33, 34, 41, 42 noktalarındaki problemler iyileştirilmiş ve kişi bedeninin uyumsuzluğundan kaynaklanan bazı bölgelerdeki toplanmalar yeşil alana dönüşmüştür. Bu iyileşme kişinin konforunu olumlu yönde etkilemiştir.
- 2. kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Alınan fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 7, 8, 19, 20, 47, 48, 35, 36, 31, 32, 41, 42, 23, 24 noktalarındaki problemler iyileştirilmiştir. Omuz, koltukaltı, ağ ve diz bölgelerinde iyileşme görülmüştür.
- 3. kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Alınan fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 5, 6, 7, 8, 19, 20, 47, 48, 35, 36, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 45 noktalarındaki problemler düzeltilmiştir. Bu noktalardan omuz, arka beden, ağ bölgeleri kırmızı alan oluştururken yeni kalıpta yeşil alan olmuştur. Uzunluk ölçülerinde uygunsuzluk giderilmiştir.
- 4. kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 5, 6, 7, 8, 19, 20, 23, 24, 47, 48, 35, 36, 31, 32, 33, 34, 41, 42 noktalarında problemler giderilmiştir.
- 5. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 21, 22, 23, 24 noktalarında problemler giderilmiştir. Koltukaltı, ağ, diz noktalarında iyileşme gözlemlenmiştir.
- 6. kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 31, 32, 7, 8, 35, 36, 33, 34, 19, 20, 47, 48, 23, 24 noktalarında problemler giderilmiştir. Omuz, koltukaltı, beden, ağ ve bacak bölgeleri kırmızı alanken yeşil alan oluşturmuştur.
- 7. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24, 51, 52 noktalarındaki problemler çözülmüştür.
- 8.kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24 noktalarında problemler

tespit edilmiştir. Ağ kısmı ve diz kırmızı alan oluştururken yeşil alan olarak değiştirilmiştir.

- 9.kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24 noktalarındaki problemler iyileştirilmiştir. Bu noktalarda diz ve ağ kısmında kırmızı alan oluşurken yeşil alana dönüşmüştür.
- 10.kişi: XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 31, 32, 7, 8, 35, 36, 33, 34, 19, 20, 47, 48, 23, 24 noktalarında problemler çözümlenmiştir. Omuz, koltukaltı, beden, ağ ve bacak bölgeleri kırmızı alan iken yeşil alana dönüşmüştür.

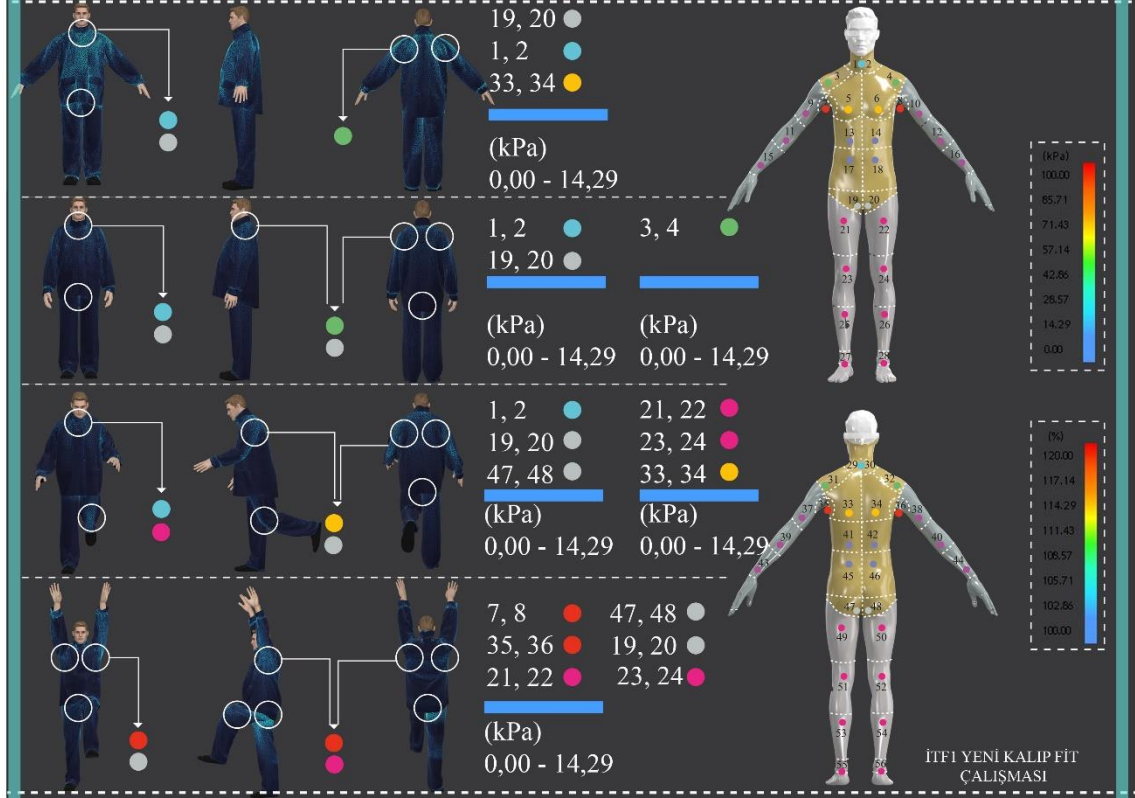
Genel olarak bakıldığında bölgesel olarak tüm kullanıcıların ağ ve koltuk altı, ön ve arka bacak bölgesindeki sorunlar iyileştirilmiştir. Yeni kalıp parçasının doğru boyutlandırıldığı ve iyileştirildiği alınan haritalara göre belirlenmiştir.

İTF 1 fit analizi sonuçları vücut üzerinden belirlenen 56 referans nokta ve yeşil, sarı, kırmızı alan olmak üzere üç adet gerginlik (kPa) değerine göre gruplandırılmıştır. Yeşil (düşük) 42.86-57.14, sarı (orta seviye) 71.43, kırmızı (yüksek) 85.71-100 olarak değerlendirilmektedir. Tabloda 13.6'da 10 kişinin renk dağılımlarına göre bölgesel olarak iyileşmiş noktalar ve bu noktalardaki renk aralıkları sunulmuştur.



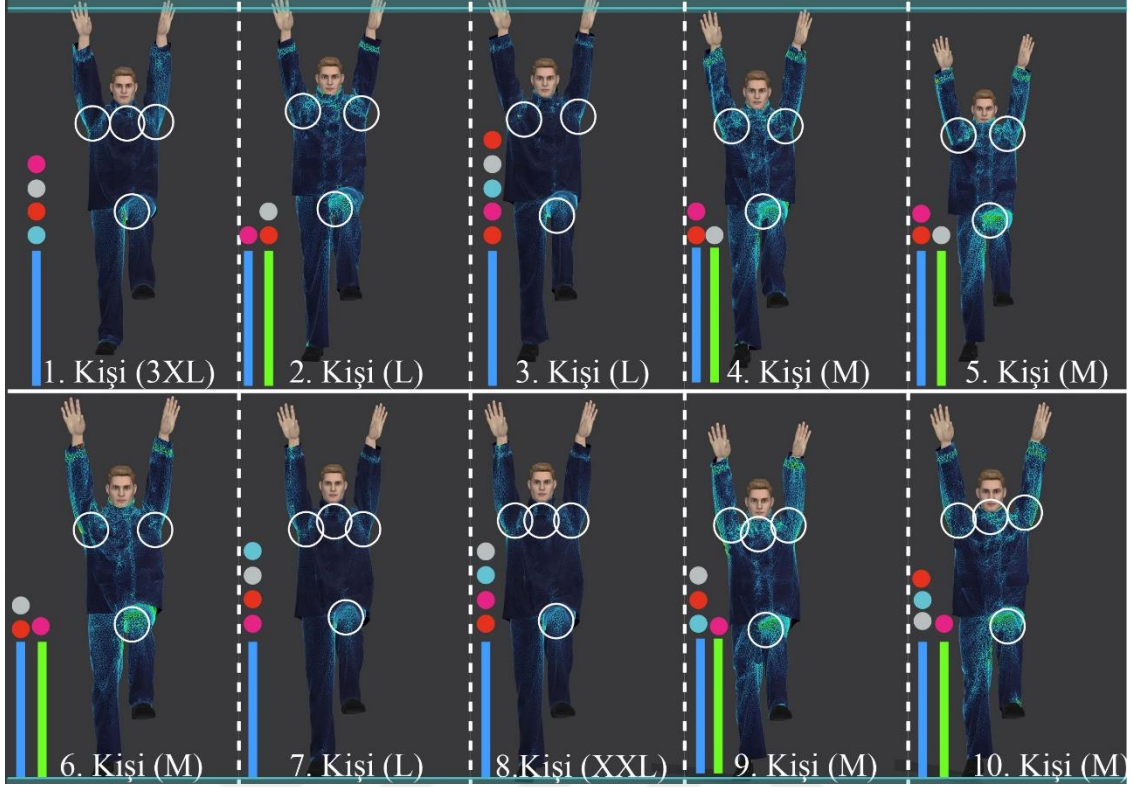


Kişi dördüncü pozisyonda iken 7, 8, 35, 36 (koltuk altı), 21, 22, 23, 24 (bacak), 47, 48, 19, 20 (ağ) bölgeleri üzerindeki kırmızı alanlar mavi alana dönüşmüştür.



Şekil 13.14. İTF 2 Kişi yeni kalıp fit çalışması örnek paftası

Yukarıda açıklandığı şekli ile İTF 2'deki 10 kişinin yeni kalıplar üzerinden fit çalışmaları ayrı ayrı pafta haline getirilmiştir. Poz ve animasyonlardan 10 kişi için toplam 120 görüntü alınmıştır. Alınan görüntüler incelendiğinde dördüncü pozda genel olarak boyutsal düzelme ve değişiklik gösteren ortak problemler saptanmıştır (Şekil 13.15.).



Şekil 13.15. İTF 2 yeni kalıp genel fit analizi

Diğer pozisyonlarda elde edilen iyileştirmeler ortak problemlerle karşılaştırılmıştır. Kişilerde tespit edilen iyileşmeler aşağıda açıklanmıştır:

- 1.Kişi: 3XL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıpları fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 7, 8, 19, 20, 47, 48, 49, 50 noktaları (boyun, koltukaltı, ön ve arka ağı, arka bacak ve diz) yeşil ve kırmızı olarak yüksek ve orta seviyede huzursuzluk oluştururken yeni kalıpta bu noktalarda iyileşmeler gözlemlenmiştir.
- 2. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıpları fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 39, 40, 33, 34, 47, 48 noktaları (diz, boyun, üst bacak, dirsek, sarka sırt) yeşil alan, ön ve arka ağı bölgesi kırmızı alan olarak gözlemlenirken yeni kalıp denemesinde mavi alan olarak iyileşmeler gözlemlenmiştir.
- 3. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıpları fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 7, 8, 19, 20, 21, 22, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 47, 48 noktaları (boyun, diz, kol dirseği bölgeleri yeşil, koltukaltı, ön ve arka ağı, sırt, üst bacak) kırmızı bir alan oluştururken yeni kalıp çalışmasında yeşil ve mavi renk olarak iyileşmeler gözlemlenmiştir.

- 4. kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıpları fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 29, 30, 19, 20, 47, 48, 7, 8, 35, 36, 23, 24, 33, 34, 39, 40 noktalarında (diz, sırt, dirsek bölgeleri) yeşil alan, ön ve arka ağ, koltukaltı bölgeleri kırmızı alan oluştururken yeni kalıp çalışmasında bu değerler mavi ve yeşil renk aralığında iyileşmeler gözlemlenmiştir.
- 5. kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıpları fit, stres, gerginlik haritalarında 3, 4, 31, 32, 1, 2, 29, 30, 23, 24, 11, 12, 19, 20, 21, 22 (Omuz, boyun, diz, dirsek) yeşil alanlar kırmızı değere yakın, ön ağ, üst bacak noktalarında belirgin kırmızı alan gözlemlenirken yeni kalıp çalışmasında mavi renk olarak iyileşmeler gözlemlenmiştir.
- 6. kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıpları fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 29, 30, 33, 34, 19, 20, 47, 48, 7, 8, 23, 24, 21, 22 noktalarında (boyun, sırt, ön ve arka ağ, koltukaltı) kırmızı alan diz, ön üst bacak bölgeleri yeşil alan gözlemlenirken yeni kalıp çalışmasında mavi renk olarak iyileşmeler gözlemlenmiştir.
- 7. kişi: L beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıpları fit, stres, gerginlik haritalarında 1, 2, 3, 4, 31, 32, 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24, 33, 34, 39, 40 (boyun, omuz, koltukaltı, ağ) kırmızı gözlemlenirken yeni kalıp çalışmalarında mavi renk olarak iyileşmeler gözlemlenmiştir.
- 8. kişi: XXL beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıpları fit, stres, gerginlik haritalarında 33, 34, 7, 8, 35, 36, 1, 2, 29, 30, 19, 20, 47, 48, 21, 22, 23, 24, 49, 50, 51, 52 noktalarında (ağ, ön bacak, diz, arka üst bacak) kırmızı alan, sırt, koltukaltı, boyun bölgeleri yeşil alan gözlemlenirken yeni kalıp çalışmalarında mavi ve yeşil renk aralığında iyileşmeler gözlemlenmiştir.
- 9. kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıplarında fit, stres, gerginlik haritalarında 23, 24, 39, 40, 7, 8, 35, 36, 5, 6, 19, 20, 47, 48, 49, 50, 33, 34, 29, 30 noktalarında (diz, ağ, arka bacak, sırt, boyun) kırmızı, dirsek, koltukaltı, ön beden bölgeleri yeşil alan gözlemlenirken yeni kalıp çalışmalarında mavi renk olarak iyileşmeler gözlemlenmiştir.
- 10. kişi: M beden itfaiyeci giysisi giymektedir. Eski giysi kalıpları fit, stres, gerginlik haritalarında 7, 8, 35, 36, 19, 20, 47, 48, 23, 24, 33, 34 noktalarında (koltukaltı, ağ, diz) kırmızı, sırt bölgesi yeşil alan gözlemlenirken yeni kalıp çalışmasında mavi renk olarak iyileşmeler gözlemlenmiştir.

İTF 2 fit analizi sonuçları vücut üzerinden belirlenen 56 referans nokta ve yeşil, sarı, kırmızı alan olmak üzere üç kPa değerine göre gruplandırılmıştır. Yeşil (düşük) 42.86-57.14, sarı (orta seviye) 71.43, kırmızı (yüksek) 85.71-100 olarak değerlendirilmektedir. Tabloda 10 kişinin renk dağılımlarına göre bölgesel olarak iyileşmiş noktalar ve bu noktalarındaki renk aralıkları değerlendirilmiştir (Tablo 13.7).

**Tablo 13.7. İTF 2 yeni kalıp çalışması fit analizi genel değişim dağılımları**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
1. kişi																			Y	Y														
2. kişi																																		
3. kişi																																		
4. kişi																								Y	Y									
5. kişi																																		
6. kişi																								Y	Y									
7. kişi																																		
8. kişi																																		
9. kişi																			Y	Y														
10. kişi																								Y	Y									
<b>YEŞİL</b>																			2	2				3	3									
<b>SARI</b>																			0	0				0	0									
<b>KIRMIZI</b>																			0	0				0	0									
<b>TOPLAM</b>																			2	2				3	3									
				</																														

görülen toplam 325 problemlilik nokta yeni kalıp çalışmasında 38 noktaya düşürülmüştür. Bu problemlilik noktaların tamamı da yeşil alandır. Bu noktalar hareket halindeyken giysinin insan vücudu üzerinde değişiminde oluşan noktalardır. Önemli bir huzursuzluk ve fit problemlilik göstermemektedir. Sonuç olarak 287 problemlilik nokta tamamen çözümlenebilmiştir. (Tablo 13.8).

**Tablo 13.8. İTF 1 ve İTF 2 genel hata noktaları ve sonuçları**

	İTF 1				İTF 2				ESKİ KALIP GENEL SONUÇ			
	YEŞİL	SARI	KIRMIZI	TOPLAM	YEŞİL	SARI	KIRMIZI	TOPLAM	YEŞİL	SARI	KIRMIZI	TOPLAM
1. kişi	5	2	12	19	6	0	16	22	11	2	28	41
2. kişi	2	0	14	16	0	2	12	14	2	2	26	30
3. kişi	4	6	8	18	0	2	16	18	4	8	24	36
4. kişi	0	4	16	20	0	6	12	18	0	10	28	38
5. kişi	0	2	10	12	8	0	8	16	8	2	18	28
6. kişi	0	4	12	16	0	4	10	14	0	8	22	30
7. kişi	0	0	12	12	4	2	14	20	4	2	26	32
8. kişi	0	0	10	10	0	4	18	22	0	4	28	32
9. kişi	0	0	10	10	0	2	18	20	0	2	28	30
10. kişi	0	2	14	16	0	0	12	12	0	2	26	28
<b>TOPLAM</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>118</b>	<b>149</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>136</b>	<b>176</b>	<b>29</b>	<b>42</b>	<b>254</b>	<b>325</b>
	YENİ KALIP İTF 1				YENİ KALIP İTF 2				YENİ KALIP GENEL SONUÇ			
	YEŞİL	SARI	KIRMIZI	TOPLAM	YEŞİL	SARI	KIRMIZI	TOPLAM	YEŞİL	SARI	KIRMIZI	TOPLAM
1. kişi	2	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	4
2. kişi	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2
3. kişi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. kişi	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2
5. kişi	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
6. kişi	2	0	0	0	4	0	0	0	6	0	0	6
7. kişi	6	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6
8. kişi	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
9. kişi	2	0	0	0	6	0	0	0	8	0	0	8
10. kişi	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2
<b>TOPLAM</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>38</b>

Tasarım süreci tüm kalıp çalışmaları ve araştırmalar sonucunda işlem sırasına göre yürütülmüştür. Tüm fit problemlilikleri, tasarım faktörleri ve fonksiyonellik göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Belirlenen bölgelerde rahatlık ve fonksiyonellik ön planda tutulmuştur.



### 13.7. Yeni Tasarımların Oluşturulması

Bu çalışmalar ve araştırmalar sonucunda elde edilen verilerden yola çıkarak yeni tasarımlar oluşturulmuştur. Bu kapsamda tasarımlar ilk olarak 2 boyutlu daha sonra 3 boyutlu tasarım programlarında hazırlanmıştır. Tasarım sürecinde Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Lectra Kaledo Weave ve CLO 3D Fashion Design Software programları kullanılmıştır. Tasarım sürecine hazırlık aşaması aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- Standardın okunması ve giyecek parçalarının gerekli özelliklerinin tanımlanması,
- Mevcut tasarımların araştırılması ve incelenmesi,
- Kalıpların ve ölçü tablolarının incelenmesi,
- Kalıp tasarımlarının incelenmesi,
- Malzeme araştırması,
- Kumaş yapı, renk ve özelliklerinin araştırılması,
- Dikim sürecinin incelenmesi,
- Moodboard hazırlanması
- Tasarımda kullanılacak malzemelerin belirlenmesi,
- Eskizlerin hazırlanması (2 boyutlu),
- Kalıpların hazırlanması ve
- Tasarımların 3 boyutlu alanda gerçekleştirilmesi.

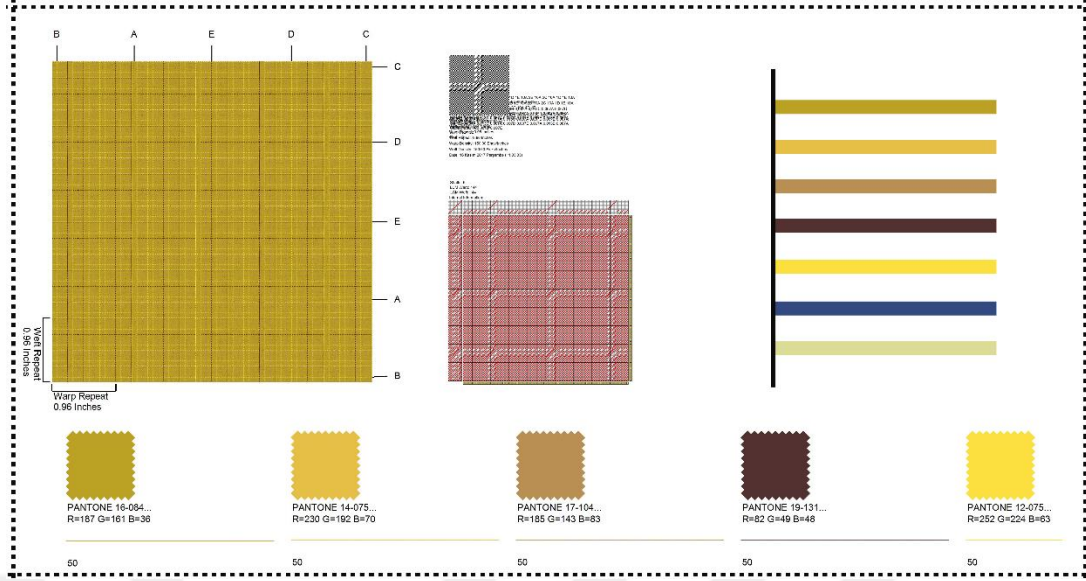
Tasarım hazırlık sürecinde belirlenen tema altında elde edilen bilgiler doğrultusunda renk pantonesi, kumaş yapı referansı ve esinlenen fotoğraf kolajının bulunduğu bir moodboard hazırlanmıştır (Şekil 13.16). Çalışmada 4 ana renk, 3 ara renk belirlenmiştir. 2 reflektif rengi biye ve şerit olarak belirlenmiştir. ‘Who am I’ teması altında dokuma ve giysi tasarımları şekillendirilmiştir.





Şekil 13.16. Moodboard çalışması

Tasarım kumaş yapı, renk ve özellikleri Kaledo Weave programında dokuma kumaş tasarımlarıyla oluşturulmuştur. Öncelikle program içerisinde iplikler, renkleri ve yapı özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen iplik parametreleriyle birlikte moodboard da belirlenen renk kodları tanımlanmıştır. Dokuma raporları hazırlanmış ve ipliklerle birlikte tasarım şekillendirilmiştir. Dokuma raporları hazırlanırken Ç.R.R ve A.R.R belirlenmiş ve tanımlanmıştır. Hazırlanan dokuma tasarımlarının renk varyasyonları ve teknik raporları föy halinde hazırlanmıştır (Şekil 13.17).



Şekil 13.17. İtfaiye kumaş renk ve dokuma raporlarının Kaleido Weave programında hazırlanması

Belirlenen renk pantone ve dokuma raporları ile birlikte kumaşların versiyonları hazırlanmıştır. Dokuma raporları renk ve rapor değişiklikleriyle birlikte şekillendirilmiştir. Kumaşlar PBI kumaş yapısına uygun fiziksel ve görünüm özelliklerinde hazırlanmıştır. İkinci renk alanında lacivert renk tercih edilmiştir. Siyah, lacivert ve sarı temelli renk tonları farklı gruplarda kullanılmıştır (Şekil 13.18).



Şekil 13.18. İtfaiye kumaş tasarımları





Tasarımların detayları ve fonksiyonel parçaları farklı paftalarda hazırlanmış ve geliştirilmiştir (Şekil 13.20).



Şekil 13.20. Eskiz detay çalışma örnekleri

Şekil 13.21’de tasarım eskiz çalışmalarının QR kodu sunulmuştur. Bu kod okutularak giysinin detaylarına ulaşılabilmektedir.



Şekil 13. 21. Eskiz çalışmaları QR kodu

### 13.8. Üç Boyutlu İtfaiyeci Giysi Tasarımlarının Oluşturulması

EN 469 standardındaki itfaiyeci giysileri için gerekli kısıtlar belirlenerek tasarımlarda kullanılmak üzere incelenmiştir. Sektörde yapılan tasarımların çizimleri ve üretilmiş halleri gözlemlenmiş ve tasarım eksiklikleri arasında bağlantı kurulmuştur. Tasarımlar oluşturulurken öncelikle ilk aşamada olduğu gibi ergonomi, yaka tasarımı ve kapatma sistemleri, cepler, dirsek tasarımı, koltukaltı, diz bölgesi, dikkat edilen önemli tasarım unsurlarından bazılarıdır. Hareket kabiliyetini arttırmak için koltuk altı ve dirsek alanında körük ve pens detaylarından faydalanılmaktadır. Kalıp düzeltmeleri kumaş yapı özellikleriyle desteklenmiştir. Yapılan tasarımların aynı zamanda, kask, eldiven, bot ve solunum aparatı gibi diğer koruyucu malzemelerin kullanımına uygun ve bağlantılı olması öngörülmüştür.

Çalışma sürecinde gözlemlenen ve elde edilen verilerle birlikte tasarım unsurları tespit edilmiştir. Kolay giyilebilirlik, yaka tasarımı ve kapatma sistemleri, cepler, dirsek tasarımı, koltukaltı, diz bölgesi, dikkat edilmesi gereken önemli tasarım unsurlarından bazılarıdır. Tasarım oluşturulurken istenilen koruma düzeyini sağlamak için uygun boyutlandırma çok önemlidir. Örneğin; kol ve pantolonun doğru boyu, el ve ayak bileklerine koruma sağlamak için gereklidir. Tasarım ve boyutlandırma sırasında, genellikle üretildikten sonra saptanan fit problemini önlemek için belirli bir uyum testi yapılmalıdır.

İtfaiyeci giysisi tasarım sürecinde EN 469 standardının koşullarına dikkat edilirken, estetik özellikler de ön planda tutulmuştur. Teknik detayların bulunması gereken tasarımlar, diğer bir yandan araştırmalar ve görüşmeler sonucu elde edilen verilerle birlikte şekillendirilmiştir. Elde edilen verilere göre tasarımlar fonksiyonel cep detayları, pat detayları, konforu arttıracı kalıp detayları, diz ve kol dirseklerinde hareket kabiliyetini arttırıcı detaylar, omuz ve sırtta takviye malzemeleri, sırt ortopedisini destekleyici malzemeler kullanılarak detaylandırılmıştır. Belirlenen konfor eksikliklerinin giderilmesine ve hareket rahatlığı sağlanmasına dikkat edilmiştir.

Sonuç olarak beş giysiden oluşan bir koleksiyon hazırlanmıştır. Bu koleksiyona ait Tasarım 1 Şekil 13.22'de sunulmuştur.



Şekil 13.22. Yeni tasarlanan itfaiye giysileri (Tasarım 1).

Tasarım kol ve sırt detayları ile birlikte kullanım rahatlığı sağlayan özelliklere sahiptir. Sırt ve kol orta çizgisinde biye ile dönülüp içeride bolluk payı ile bir açılma oluşturacak fonksiyonel parçalar yerleştirilmiş, bu parçaların kıvrılma noktalarında nervür detayları çalışılmıştır. Kişinin kullanım sırasında hem ergonomik hem de fonksiyonellik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Yapılan yaka ve pat kapaması kullanım ve değişebilirliği ön planda tutmaktadır. Boyun çevresine göre ayarlanabilir bir yaka tasarımı ve üst yaka kısmından açılabilir bir pat parçası koyulmuştur. Bel ve ceket aralığı uzanma veya eğilme durumlarına karşı iç kısımdan birbirine fermuar ile birleştirilebilir şekilde tasarlanmıştır (Şekil 13.23).





**Şekil 13.23.** Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 1)

Cepler özellikle telsiz ve fener için boyu ayarlanabilir şekilde yapılmıştır. Cep tutaç kısımları ve küçük aparatları kullanım rahatlığı sağlamaktadır. Cepler iki katlı farklı özelliklere sahip kullanım olanakları vermektedir. Pantolon yan dikiş kısımlarında cep parçasının altından açılarak kişinin diz bölgesini kullanma durumunda performansını olumlu yönde etkilemektedir. Bu parçanın iç kısmı körüklüdür. Bolluk payı dizin bükülme anında açıklık sağlayarak o bölgeyi rahatlatır.





**Şekil 13.24.** Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 1)

Şekil 13.24'de görüldüğü gibi pantolonun diz bölgeleri açılabilir takviye bölgesinden oluşmaktadır. Kişinin kullanımı sırasında beden uyumsuzluğu ile büyüebilmekte ve değişikliğe uğrayabilmektedir. Pantolon cep tasarımları iki bölmeye ayrılmış ve kullanım özellikleri sağlanmıştır. Giysi sırt kısmından açılan pat ile birlikte kişinin kurtarma kemeri açılmaktadır. Bu, giysiyi iç kısımdan sarmakta ve müdahale edilmesi durumunda taşınma kolaylığını sağlamaktadır.

Pantolon paça ve iç boy kısmında takviye malzemeleri kullanılmış ve içeriye sıvı girişini engelleyen anti wicking malzeme ile biye parçası dikilmiştir. Pantolon iç kısımlarında kullanılan aşınmayı engelleyici parçalar vardır. Pantolon paçası bot ile uyumlu olması için ön beden daha kısa tutulmuşken arka beden daha uzun ve eğimlidir. Pantolon ön ve arka ağ birleşimine yerleştirilen kalıp parçaları bu bölgelerde rahatlığı arttırmıştır. Diz iç kıvrımında pens detayları kullanılmıştır.



Şekil 13.25. Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 1)

Tasarımlarda reflektif şeritlerin konumları giysi kullanım ve hareketlerin dağılmadığı noktalara uygun kullanılmış ve bununla birlikte iki adet reflektif baskı detayı hazırlanmıştır (Şekil 13.25).

Bu koleksiyona ait Tasarım 2 Şekil 13.26'da sunulmuştur. Yapılan ikinci tasarımda (Tasarım 2) konfor özelliklerini iyileştirmek amacıyla kol, yaka, manşet, kol dirseği, omuz ve cep detaylarına yeni kalıp tasarımları yapılmıştır. Yapılan tasarımlarda kalıp detaylarıyla birlikte geliştirilmiş görsel etkiler oluşturulmuştur. Şekil 13.26'da görüldüğü gibi giysi ceket çalışmasında reglan kol düz kol formunda gözükmemektedir. Bu noktada kol ortası çizgisinden omuza dönen noktalarda yeni bir körüklü kol parçası hazırlanmıştır. Bu noktalar omuzda birleşmekte ve hareket halindeyken açılmaktadır. Üst bedendeki cep parçaları taşınabilir ve çıkarılabilir. Telsiz ve fener kullanımı için cep formları antene ve fener tutacağına uygun tasarlanmıştır. Alt cep kenar kısımlarında bir takviye cep tutacağı hazırlanmış bu parça eldiven vb. taşınacak diğer ekipmanlara uygun hale getirilmiştir. Bu parça ile ekipmana tutuculuk sağlanmıştır.



Şekil 13.26. İkinci Yeni tasarlanan itfaiyeci giysileri (Tasarım 2)

Yeni yapılan eldiven ve manşet tasarımları bilek genişliği kontrolüne de katkı sağlamaktadır. Eldiven ve manşet uzunluğu değiştirilebilir fonksiyonlara sahiptir. Yapılan iç ceket tasarım çiziminde örme başlık ceket arka yaka kısmına sabit bir şekilde tasarlanmıştır. Tasarımdaki örme başlık yakada açılabilir bir pat, fermuar detaylandırması ile hızlı kullanım ve sabit taşıma rahatlığı sağlamaktadır. Ceketin iç sırt kısmı ergonomik konfor sağlaması için katmanlar arasında ek malzeme desteğiyle birlikte kişinin sırt ergonomisine göre tasarlanmıştır. Bu tasarım hem kişinin operasyonlarda rahatlığını sağlarken diğer bir yandan koruyucu ekipmanların (tüp) sırtta takıldığı durumlarda ağırları en aza indirmektedir. İtfaiyeci pantolon tasarımları bel, diz, bacak, bilek tasarımlarından oluşmaktadır. Yapılan tasarımlarda hareket anında kişinin konforu sağlanmaktadır. Cep ve takviye malzeme detayları koruyuculuğu arttırmaktadır (Şekil 13.27).





Şekil 13.27. Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 2)

Pantolon paça tasarımları koruyucu ekipman olan bot giyimini kolaylaştırmak ve uyum sağlamak üzere yapılmıştır. Yapılan değişim her bot tipine uygun hale getirilebilmektedir.

Omuz, dirsek, koltukaltı, manşet iç kısımları, ceket iç yanlarda kullanılan kalıp düzenlemeleri ile birlikte rahatlık ve hareket kabiliyeti artırılmıştır. Bu noktalardaki kumaş takviyeleri sürtünme ve aşınma risklerini azaltmaya yönelik revize edilmiştir. Pat tasarımlarında değişikliğe gidilerek çift taraflı kullanım imkânı sunan yeni fonksiyonlar eklenmiştir. Ceplerdeki değişiklikler kullanım rahatlığını ve tasarım özelliklerini değiştirmiştir. Bel kısmından çıkarılabilir takviye cep ve sırt desteği parçası hazırlanmıştır. Bununla birlikte kol ucu kısmında kalıpta yapılan açma ile birlikte manşet ve kol genişliğini düzenleyen fonksiyonel kullanım imkanı oluşturulmuştur. Tasarımda kullanılan reglan kol çalışması kullanımda kol hareket rahatlığını önemli derecede etkilemektedir (Şekil 13.28).



**Şekil 13.28.** Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 2)

Bu koleksiyona ait Tasarım 3 Şekil 13.29'da sunulmuştur. Yapılan üçüncü tasarımda (Tasarım 3) kullanım rahatlığını ön plana çıkarmak için kalıp tasarımları geliştirilmiş ve hareket kabiliyetini artırıcı fonksiyonel detaylar eklenmiştir. Tasarım reflektif ve baskı detayları ile görselleştirilmiştir. Reflektif ve biye kullanımı tasarımın görünürlüğünü ve renk dengesini geliştirmiştir (Şekil 13.29).



Şekil 13.29. Yeni tasarlanan itfaiye giysileri (Tasarım 3)

Ceket tasarımında ön beden 2 parçalı çalışılmış ve telsiz, fener vb. aksesuar malzemeleri için cep tasarımları geliştirilmiştir. Yerleri değiştirilebilir, çıkarılabilir olarak tasarlanan cepler fonksiyonel bir kullanım sağlamaktadır. Bölmeli uzunluğu ayarlanabilen cepler aksesuarların giysi ile uyumunu geliştirmiştir. Ön beden alt bölgede kapaklı körüklü cepler çalışılmış ve cepler parçalı kalıp halinde tutaç ve askılarla birlikte tasarlanmıştır. Ön pat parçası üzerinde bulunan küçük aplike cep isimlik ve kartlık olarak kullanılmaktadır. Bu cebin alt bölgesinden açılan fermuar ile birlikte giysinin bel kısmını saran kurtarma kemeri bulunmaktadır. Reflektif bir biye ile bu bölgeye dikkat çekilmiş acil durumlarda kullanımı için hız kazandırılmıştır.





Şekil 13.30. Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 3)

Tasarımın kol kalıbında omuz noktasından başlayan körüklü bir kol kalıbı çalışılmıştır. Giysinin omuz ve orta kol noktasına kadar olan hareket halindeyken açılan körük kişinin kol uzanma, bükme, kaldırma halinde kullanım rahatlığını ve hareket performansını arttırmaktadır. Kol dirsek bölgesi nervür çalışması ve takviye kalıp parçası ile çalışılmıştır. Bu parça dirsek iç ve dış bölgelerinde oval formda kullanılmıştır. Yerde sürünme ve bükülme halinde o noktalarda hızlı ve rahat hareketliliği sağlamaktadır. Reflektifler ceketle hareketliliğin en fazla olduğu kol, bel, sırt bölgelerinde kullanılmış ve reflektif baskı tasarımları da omuz noktalarında kullanılmıştır (Şekil 14.30).





Şekil 13.31. Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 3)

Sırt bölgesinde kol parçasına uygulanan körük tasarımı uygulanmış ve arka beden iki parçalı çalışılmıştır. Etek uçlarında antiwicking malzeme kullanılmış ve sıvıların içeriye girmesi engellenmiştir. Pantolon çalışmasında diz, bilek, cep noktalarının rahatlığı üzerinde çalışılmıştır. Diz bölgesinde pileli olarak çalışılan destek parçası ve iki taraflı açılma payı olan cep bölgeleri hareketleri sınırlandırmadan performansı olumlu yönde etkilemektedir. Dizin destek parçasının altından üçgen kalıp parçaları hazırlanmıştır. İç paça kısımlarında diz bölgesine kadar aşınmayı azaltıcı destek parçaları kullanılmıştır. Ön ve arka paça uzunluğunda bot ile uyumluluk için ölçü ve form farklılıkları oluşturulmuştur. Ön daha kısa ve oval gelirken arka daha uzun ve eğimlidir (Şekil 14.31.).

Bu koleksiyona ait Tasarım 4 Şekil 13.32’de sunulmuştur. Yapılan dördüncü tasarımda (Tasarım 4) ceket ön ve arka beden omuz noktalarında pens çalışılmıştır. Reglan kol omuz noktalarından parçalı olarak çalışılmış ve kol ortasında üçgen bir parça ile eğimli açıklık elde edilmiştir. Dirsek noktalarında oval bir kalıp parçası ile genişlik ve destek elde edilmiştir. Tasarımda boyun bölgesinde çıkarılabilir ve içeri saklanabilir bir fermuar açıklığı ile dış katman kumaşından başlık çalışılmıştır. Kapüşon kalıbı ile elde edilen başlık önden patlı ve göz çevresi biye ile dönülmüştür. Örne başlıkla uyumlu bir

şekilde hazırlanmıştır. Hızlı hazırlanma ve koruyuculuğu arttırmak için tasarlanan başlık dışardan gelebilecek herhangi yabancı bir maddeye karşı ara katman oluşturmaktadır (Şekil 13.32).



Şekil 13.32. Yeni tasarlanan itfaiye giysileri (Tasarım 4)

Boyun bölgesinde genişliği değiştirilebilir çift taraflı cırt cırt sistemi oluşturulmuştur. Boyun arka kısmında oval formda kullanım rahatlığını arttırmak için kalıp parçası kullanılmış ve bu parçada reflektif bilyeler çalışılmıştır. Ön pat parçası boyuna reflektif olarak çalışılmıştır. Ön beden bel noktasında kurtarma kemeri çıkışı için küçük fleto açıklık hazırlanmıştır. Cep tasarımları eğimli bir formda tasarlanmıştır. Üzerinde bölmeli aksesuar taşıyıcıları ve askılıklar bulunmaktadır. Ceplerde ve askılıklarda reflektifler kullanılmıştır (Şekil 13.33).



Şekil 13.33. Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 4)

Kol dirseği ve diz bölgeleri takviye parçaları ile çalışılmıştır. Oval formlar ve bölgesel hareket çizgilerine göre hazırlanmıştır. Diz bölgesinin üst kısmı parçalıdır. Diz parçasının üstünde elin hareket halindeyken daha kolay girebileceği ve kullanabileceği eğimli bir cep tasarımı yapılmıştır. Paça kısmı ayarlanabilir genişlikte fermuarlı bir şekildedir. Botun formuna ve büyüklüğüne bağlı olarak fermuar açıldığında genişlik ve kapandığında daralma oluşturmaktadır. Sırt bölgesi oval bir şekilde körüklü çalışılmıştır ve bu ikinci kalıp parçası hareket halindeyken kol ve sırt performansını olumlu etkilemektedir. Arka bedendeki eğim ve uzunluk kişi eğilme, uzanma, çömelme durumundayken bel kısmını korumaktadır (Şekil 13.34).





**Şekil 13.34.** Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 4)

Bu koleksiyona ait Tasarım 5 Şekil 13.35'de sunulmuştur. Yapılan beşinci tasarımda (Tasarım 5) ön beden ve arka beden parçalı bir şekilde çalışılmıştır. Kalıpta belde oval bir bölme ve sırtta destek için ikinci bir kalıp, katman vardır. Ön bedendeki cep tasarımları form ve biçim bakımından daha farklı ve kol detayları, boyun kısmı ergonomik şekilde tasarlanmıştır. Tasarım 5 Şekil 13.35'de sunulmuştur.



Şekil 13.35. Yeni tasarlanan itfaiye giysileri (Tasarım 5)

Ceketin boyun ve omuz parçaları nervür detaylı çalışılmış, boyun ve omuz noktalarında konfor sağlanmıştır. Ön pat parçası boyun kapaması ile birlikte çalışılmış ve iki şekilde kullanın olanağı sağlamaktadır. Yaka kaması üstten acil durum patı olarak çalışılmıştır. Yan, üst noktaları iki şekilde açma ve kapamaya uygundur. Boyun formuna ve kişi hareket halindeyken oluşan kırılma noktalarına uygun bir şekilde tasarlanmıştır. Dördüncü tasarımda olduğu gibi bir başlık tasarımı yapılmıştır. Ön bedende dört cep çalışması yapılmıştır. Üst bedende olan cep çalışması telsiz ve aksesuar takımına uygun şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan cep kapağı altındaki aksesuar aparatlarının rahat kullanımını sağlamaktadır. Sol kısımdaki fener cebi de hem fener hem de diğer aksesuarlara uyumludur. Belin eğimli kesimi kişinin çalışma anındaki hareketlerinin (eğilme, çömelme gibi) performansını arttırmak ve ceplerin bu durumlarda daha rahat kullanımını sağlamak için tasarlanmıştır (Şekil 13.36).



Şekil 13.36. Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 5)

Kol ve dirsek detayları farklı malzemeler kullanılarak şekillendirilmiştir. Dirsek formuna uygun bir şekilde destek noktaları oluşturulmuş ve aşınmanın olabileceği kol üst, iç ve yan noktalarına parçalar eklenmiştir. Reflektif bilyeler bu noktalarda görünürlüğü sağlamaktadır. Manşet parçasında reflektif ile hareket halinde görünürlük sağlanmaktadır. Ceketin sırt bölgesine bakıldığında boyun kısmının altı oval bir şekilde nervürlü çalışılmış ve sırt takviyesinde kurtarma kemeri çıkışı hazırlanmıştır. Bu noktanın kalıp parçası reflektif hazırlanmış kolay görülebilirlik sağlanmıştır. Arka beden öne göre daha uzun ve eğimlidir. Antiwicking biye ile çevresi dönülmüştür.

Pantolon diz ve alt bölgesi parçalı çalışılmıştır. Bu noktalarda forma uygun kalıp parçalamalarına gidilmiştir. Dizde destek noktalarında içte hareket halindeyken açılabilir körüklü dizlikler çalışılmıştır. Bunlar kullanım ve hareket rahatlığı sağlamaktadır. Diz arka ve ön kenar noktalarından içe doğru pens çalışmaları yapılmıştır. Dizin bükülme anında arka iç noktalarda rahatlık sağlamaktadır. Bu parçaların üst kısmında daha kolay ulaşılabilir düz bir cep çalışması yapılmıştır. Diz bölgesinin üst kısmında bulunan bu cep, çömelme anında kolun daha ergonomik kullanımını sağlamakta ve ulaşılabilirlik



noktasında desteklemektedir. Reflektif ve biyeler ile görünürlük sağlanmıştır (Şekil 13.37).



Şekil 13.37. Yeni tasarlanan itfaiyeci giysilerinin detaylandırılması (Tasarım 5)

Tasarımların daha detaylı görüntüleri için Şekil 13. 38' de sunulan QR kodu oluşturulmuştur.



Şekil 13. 38. Tasarım çalışmalarının QR kodu



## 14. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Koruyucu giysiler teknik tekstillerin en önemli alanlarından olup kişi ve meslek gruplarının ihtiyaçlarına göre sınıflandırılmaktadırlar. Bu tip ürünlere ihtiyaç duyan itfaiyeciler, güvenlik personeli, otomobil yarışçıları, tıbbi personel, ağır sanayi işçileri vb. gibi çok sayıda iş grubu bulunmaktadır. Bu iş grupları değerlendirildiğinde en çok yangın ve alev riskine maruz kalan itfaiyecilerdir. İtfaiyeciler sadece termal etkiler değil fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklar da yaşamaktadır. Çevresel faktörler ile birlikte kişiler belirli risklere karşı mücadele vermektedir. Bu süreçte çevresel etkiler, insan vücudu, giysi arasındaki uyumluluk ve etkileşim çok önemlidir. İtfaiyeci giysi tasarımlarının koruyucu, konforlu, fonksiyonel ve tasarım özelliklerinin iyileştirilmiş olması gerekmektedir. Tüm bu etkenler birbirini etkilemekte ve eğer doğru çözümler üretilmez ise itfaiyecinin performansını düşürürken sağlık problemleri de oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasında güncel olarak kullanılmakta olan itfaiyeci giysileri fit, stres, gerginlik ve kalıp özellikleri açısından detaylı olarak incelenmiş, eksik yönleri belirlenerek yenilikçi ve tasarım özellikleri geliştirilmiş itfaiye giysi tasarımları oluşturulmuştur. Çalışmada hem incelenen hem de tasarlanan itfaiyeci giysilerinin kalıp, tasarım, renk, malzeme özellikleri için EN 469 standardı referans alınmıştır. Giysi yapı özellikleri incelenirken, avantaj ve dezavantajlarının da değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmalar bu alandaki en büyük yerli üretici firma ve bölgesel olarak Eskişehir'deki itfaiye birlikleri ile birlikte yürütülmüştür. İlk aşamada üretici firmada alınan eğitim ve bilgiler doğrultusunda giysi katman yapısı, giysi performans özellikleri, tasarım özellikleri, standarda uygunluk süreci, kalıp ve üretim aşamaları hakkında temel araştırmalar yapılmıştır. Daha sonra belirlenen iki itfaiye biriminde çalışan 20 kişinin vücut ölçüleri ile kullandıkları giysi kalıpları, bedenleri, giysi ölçü değerleri alınmıştır. Alınan veriler CLO 3D programı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve kişilerin beden yapılarının kullandıkları giysilere uyumluluğu test edilmiştir. Bu aşamada kişilerin giydikleri giysilerin belirlenen hareket pozisyonlarındaki fit, stres ve gerginlik haritaları CLO 3D yazılımı ile çıkartılmıştır. Tüm katılımcılardan elde edilen sonuçlar ayrı ayrı detaylı şekilde değerlendirilmiştir. Kişilerin maruz kaldıkları zorlanmalar belirlenmiş, ilgili standartta verilen ölçü aralıkları da dikkate alınarak yeni bir ölçü tablosu önerisi geliştirilmiştir. Bu tablo kullanılarak yeni bir kalıp oluşturulmuştur. Bu kalıbın uygunluğu aynı şekilde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar hazırlanan yeni kalıpların fit, stres,

gerginlik haritalarında iyileşmeler sağladığını göstermiştir.. Çeşitli yazılımlar kullanılarak yeni kumaş dokuları tasarlanmıştır. Tüm veriler, yeni oluşturulan kalıp temel ölçüleri ve tasarlanan kumaşlar kullanılarak yeni bir itfaiyeci giysisi koleksiyonu oluşturulmuştur. Tasarımlarda konfor, fonksiyonellik ve estetik bir arada ele alınmaya çalışılmıştır. Hazırlanan tasarımlar fonksiyonel yaka, kol, dirsek, diz, paça, pat ve cep detayları içermektedir. Koruyucu giysi tasarımı oluşturulurken ilgili standart ve şartnameler ile kişisel koruyuculuk performansı ön planda tutulmalıdır. Diğer bir yandan da estetik görünüm ve kullanıcıya konfor ve kolay kullanım sağlayan detaylar önemli noktalar. Renk de görünüm ve psikolojik özellikleri etkilemektedir.

Yapılan çalışmalarda itfaiye çalışanlarının giysilerini doğru beden ve özelliklerde seçemedikleri ve kalıpların boyutlandırılmasında problemler olduğu tespit edilmiştir. Bazı parçalar kullanıcının hareketlerini sınırlandırmaktadır. Güncel olarak kullanılan itfaiyeci giysilerinin kalıp, tasarım ve fonksiyonellik özelliklerinde iyileştirilebilir yanlar olduğu tespit edilmiştir. Tüm bunlar günümüz itfaiyeci giysilerinin halen hem ergonomik açıdan hem de tasarım açısından geliştirilmeye açık olduğunu göstermektedir.

Çalışmaya katılan itfaiye personeli ile görüşmeler gerçekleştirilmiş ve tespit edilen problemleri gerçekte yaşayıp yaşamadıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre İTF1’de yazılım ile tespit edilen 149 problemlilik noktanın 58’i itfaiyeciler tarafından teyit edilmiştir. İTF2’de tespit edilen 176 problemlilik noktanın ise 104’ü teyit edilmiştir. Yazılım ile tespit edilen küçük hatalar çoğunlukla itfaiyeciler tarafından bildirilmemektedir. Öte yandan yazılım ile simülasyonu yapılan hareketler aynı şekilde itfaiyeciler tarafından uygulanmamıştır. Bu da bazı hataların tespitini güçleştirmiştir. İtfaiyeci giysileri ağır ve konforu düşük giysilerdir. Kullanıcıların bir bölümünün de koruyucu özelliğinin olmasını yeterli bulduğu, kullanımda yaşadığı kalıp kaynaklı uyum sorunlarını önemsemediği görülmüştür. Bazı itfaiyeciler yazılım ile tamamen aynı geri bildirimleri verirken bazı itfaiyeciler ise görünür problemleri (örneğin kol boyunun kısa olması gibi) dahi bildirmemişlerdir. Sonuç olarak itfaiyeciler tarafından bildirilen hataların yazılım ile tespit edilebildiği belirlenmiştir. Çalışmaya katılan itfaiyeci sayısının azlığı, görüşmelerin yeterli seviyede detaylandırılmamış olması ve istatistiksel açıdan iki veri setinin güvenilir olarak karşılaştırılamayacağı görüldüğünden yapılan görüşmeler detaylandırılmamıştır.

Yapılan çalışmalar itfaiyeci kıyafetlerindeki kalıp problemlerinin CLO 3D yazılımı ile belirlenebildiğini göstermiştir. Bundan sonraki çalışmalarda yeni geliştirilen

tasarımların örneklerinin üretilerek itfaiyeciler tarafından gerçek hayatta test edilmelerinin sağlanması ve yazılım ile elde edilen veriler ile karşılaştırılması planlanmaktadır. Ayrıca çalışmaya katılım sayısının da artırılması elde edilen verilerin güvenilirliğini arttıracaktır.

Tez çalışmasında itfaiyeci giysilerinin uygunluğu CLO 3D yazılımı ile sanal olarak belirlenmiştir. Kumaş ve yeni itfaiyeci giysi tasarımları da sanal olarak gerçekleştirilmiştir. Giysilerin fit analizlerinde 3D yazılımların kullanımları oldukça yenidir. Bu çalışma koruyucu giysi tasarımlarının ve kullanıcıya uygunluklarının başarılı biçimde simüle edilebileceğini göstermiştir. Gerçek hayat testlerinin simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılması, bu tip yazılımların başarılarının tespitine olanak sağlayacaktır. Yüksek başarı oranlarına erişilmesi, bu tip ürünlerin üretim maliyetlerini azaltırken, kullanıcının konforunu da arttıracaktır.

## KAYNAKÇA

- Abbott, N. J., and Schulman, S. (1976). Protection from fire: nonflammable fabrics and coatings. *Journal of Coated Fabrics*, 6(1), 48-64.
- Abbott, N. J., & Schulman, S. (1976). Protection from fire: Nonflammable clothing A review. *Fire technology*, 12(3), 204-218.
- Aschoff, J., Günther, B., and Kramer, K. (1971). *Energiehaushalt und temperaturregulation*. Urban & Schwarzenberg.
- Bajaj, P. (1992). *Protective Clothing*. Manchester , UK: The Textile Institute.
- Bajaj, P. (2000). Heat and flame protection. (Eds. H. Richard, and A. Subhash) in *Handbook of technical textiles*. Woodhead Publishing Limited, UK, 223-263.
- Barker, J., Boorady, L., and Ashdown, S. (2013). Signaling protection: the use and function of color in firefighter clothing. (Eds. M. DeLong and B.Martinson) in *Color and design*. Berg, UK, 110-117.
- Barnett, C. R. (2002). BFD curve: a new empirical model for fire compartment temperatures. *Fire Safety Journal*, 37(5), 437-463.
- Bourbigot, S. (2008). Flame retardancy of textiles: New approaches. In *Advances in fire retardant Materials*. Woodhead Publishing, UK, 9-40.
- Butler, B. (2010). Characterization of convective heating in full scale wildland fires. *Proceedings of the VI International Conference on Forest Fire Research 2010*; Portugal, University of Coimbra.
- Byrne, C. (1997). Technical textiles: a model of world market prospects to 2005. *Techtextil Symposium '97*. Frankfurt, Germany..
- Carballo-Leyenda, B., Villa, J. G., López-Satué, J., and Rodríguez-Marroyo, J. A. (2017). Impact of different personal protective clothing on wildland firefighters' physiological strain. *Frontiers in physiology*, (8), 618.
- Chung, G. S., and Lee, D. H. (2005). A study on comfort of protective clothing for firefighters. In *Elsevier Ergonomics Book Series*. Elsevier 3, 375-378.
- Ciesielska-Wróbel, I., DenHartog, E., and Barker, R. (2018). The influence of designs of protective uniforms on firefighters' performance during moderate physical exercises. *Textile Research Journal*, 88(17), 1979-1991.
- Watkins, S. M., and Dunne, L. (2015). *Functional clothing design: From sportswear to spacesuits*. Bloomsbury Publishing USA.

- Ellison, A. D., Higgins, B. A., Verrochi, M. T., and Groch, T. M. (2006). Thermal manikin testing of fire fighter ensembles.
- Eryuruk, S. H., Koncar, V., Kalaoglu, F., Gidik, H., and Tao, X. (2018). Thermal comfort properties of firefighters' clothing with underwear. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 459,(1). IOP Publishing.
- Fahy, R. F., LeBlanc, P. R., and Molis, J. L. (2012). *Firefighter fatalities in the United States-2011*. Emmitsburg, MD: NFPA.
- Fontana, P., Saiani, F., Grütter, M., Croset, J. P., Capt, A., Camenzind, M., and Annaheim, S. (2018). Thermo-physiological impact of different firefighting protective clothing ensembles in a hot environment. *Textile Research Journal*, 88(7), 744-753.
- Ftaiti, F., Duflot, J. C., Nicol, C., and GrÉlot, L. (2001). Tympanic temperature and heart rate changes in firefighters during treadmill runs performed with different fireproof jackets. *Ergonomics*, 44(5), 502-512.
- Gallagher, J. (1993). The interaction of wind and fire. *International Journal of Wildland Fire*, 21(3), 282-296.
- Vayas, C. A., Marron, K. E., & Lavado, S. M. (2007). Research Techniques for Scald Burns.
- Hasenmeier, P. (2008). The history of firefighter personal protective equipment. *Fire Engineering*, 16.
- Haynes, H. J. (2017). *Fire loss in the United States during 2016*. National Fire Protection Association. Fire Analysis and Research Division.
- He, J., Park, E., Li, J., and Kim, E. (2017). Physiological and psychological responses while wearing firefighters' protective clothing under various ambient conditions. *Textile Research Journal*, 87(8), 929-944.
- Heniford, R. C. (2007). The effects of batting materials on the performance of turnout thermal liners.
- Holcombe, B. V., & Hoschke, B. N. (1986). Do test methods yield meaningful performance specifications? In *Performance of Protective Clothing*. ASTM International, 327-339.
- Holmes, D. A. (2000). Performance characteristics of waterproof breathable fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 29(4), 306-316.

- Holmér, I., Kuklane, K., & Gao, C. (2006). Test of firefighter's turnout gear in hot and humid air exposure. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 12(3), 297-305.
- Horrocks, A. R., & Price, D. (Eds.). (2008). *Advances in fire retardant materials*. Elsevier.
- Horrocks, A. R., Hall, M. E., & Roberts, D. (1997). Environmental consequences of using flame-retardant textiles a simple life cycle analytical model. *Fire and materials*, 21(5), 229-234.
- Horrocks, A. R., & Anand, S. C. (Eds.). (2000). *Handbook of technical textiles*. Elsevier.
- Anonim, (2018). *Yangın ve kazalara mücadele eğitim Kitabı*. Bahçelievler / İstanbul: İBİTEM.
- TS EN ISO 13688-2013 Koruyucu giyecekler - Genel özellikler*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Jhaase, S. (2005). Standards for protective textiles. (Ed. R. A. Scott), in *Textiles for protection*. England: Woodhead Publishing Limited, 31-59.
- Karter, M. J., & Molis, J. L. (2013). *US firefighter injuries-2012*. Quincy, MA: National Fire Protection Association, Fire Analysis and Research Division,
- Karter Jr, M. J. (2008). NFPA studies: 2007 US firefighter injuries-. *NFPA Journal*, 102(6), 46.
- Keiser, C., Becker, C., & Rossi, R. M. (2008). Moisture transport and absorption in multilayer protective clothing fabrics. *Textile Research Journal*, 78(7), 604-613.
- Kilinc, F. S. (Ed.). (2013). *Handbook of fire resistant textiles*. Elsevier.
- Lienhard, J. H. (2011). *A heat transfer textbook*. Courier Corporation.
- Lu, Y., Wang, L., and Gao, Q. (2018). Predicting tensile strength of fabrics used in firefighters' protective clothing after multiple radiation exposures. *The journal of the Textile Institute*, 109(3), 338-344.
- Malik, T., and Sinha, T. K. (2012). Clothing comfort: A key parameter in clothing. *Pakistan Textile Journal*, 61(1), 55-57.
- Mandal, S., Song, G., Ackerman, M., Paskaluk, S., & Gholamreza, F. (2013). Characterization of textile fabrics under various thermal exposures. *Textile research journal*, 83(10), 1005-1019.



- McQuerry, M., Barker, R., and DenHartog, E. (2018). Relationship between novel design modifications and heat stress relief in structural firefighters' protective clothing. *Applied ergonomics*, 70, 260-268.
- Nayak, R., Houshyar, S., and Padhye, R. (2014). Recent trends and future scope in the protection and comfort of fire-fighters' personal protective clothing. *Fire Science Reviews*, 3(1), 4.
- Mao, N. (2019). Textile Materials for Protective Textiles. (Ed. Paul, R.) in *High Performance Technical Textiles*. John Wiley and Sons, Incorporated, 107-157.
- Norton, M. J., Kadolph, S. J., Johnson, R. F., and Jordan, K. A. (1985). Design, construction, and use of Minnesota woman, a thermally instrumented mannequin. *Textile research journal*, 55(1), 5-12.
- Park, H., Park, J., Lin, S. H., and Boorady, L. M. (2014). Assessment of Firefighters' needs for personal protective equipment. *Fashion and Textiles*, 1(1), 8.
- Park, J., and Fletcher, A. (2018). The US firefighter's perception and lived experience with station work uniform: occupational safety concerns in public appearance. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 11(1), 113-122.
- Paul, R. (2019). *High Performance Technical Textiles*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Rossi, R. (2014). Clothing for protection against heat and flames. (Eds. W. Faming and G. Chuansi) in *Protective Clothing*. Woodhead Publishing, 70-89.
- Rossi, R. (2003). Fire fighting and its influence on the body. *Ergonomics*, 46(10), 1017-1033.
- Rossi, R., Indelicato, E., and Bolli, W. (2004). Hot steam transfer through heat protective clothing layers. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 10(3), 239-245.
- Schoppee, M. M., Welsford, J. M., and Abbott, N. J. (1986). Protection offered by lightweight clothing materials to the heat of a fire. (Eds. R. L. Barker and G. C. Coletta) in *Performance of Protective Clothing*. ASTM International, 340-357.
- Scott, R. A. (2005). *Textiles for protection*. USA: Elsevier.
- Serge, B., and Xavier, F. (2002). Heat resistance and flammability of high performance fibers: A review. *Fire and Materials*, 26(4-5), 155-168.
- Song, G., Mandal, S., and Rossi, R. (2017). *Thermal protective clothing for firefighters*. Woodhead Publishing.

- Song, G. (2007). Clothing air gap layers and thermal protective performance in single layer garment. *Journal of industrial textiles*, 36(3), 193-205.
- Söylemez, A. (2012). Bir Yerel Hizmet Birimi Olarak İtfaiyenin Tarihi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*.
- Stoll, A. M., and Chianta, M. A. (1971). Heat transfer through fabrics as related to thermal injury. *Transactions of the New York Academy of Sciences*, 33(7 Series II), 649-670.
- Mandal, S., Song, G., Ackerman, M., Paskaluk, S., and Gholamreza, F. (2013). Characterization of textile fabrics under various thermal exposures. *Textile research journal*, 83(10), 1005-1019.
- Wang, Y. Y., Lu, Y. H., Li, J., and Pan, J. H. (2012). Effects of air gap entrapped in multilayer fabrics and moisture on thermal protective performance. *Fibers and Polymers*, 13(5), 647-652.
- Williams-Leir, G. (1973). Analytic equivalents of standard fire temperature curves. *Fire Technology*, 9(2), 132-136.
- Yoo, S., and Barker, R. L. (2005). Comfort properties of heat-resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment. Part I: Thermophysical and sensorial properties of fabrics. *Textile Research Journal*, 75(7), 523-530.
- Yoo, S., and Barker, R. L. (2005). Comfort properties of heat resistant protective workwear in varying conditions of physical activity and environment. Part II: Perceived comfort response to garments and its relationship to fabric properties. *Textile Research Journal*, 75(7), 531-539.
- Yurt, R. W., Bessey, P. Q., Bauer, G. J., Dembicki, R., Laznick, H., Alden, N., and Rabbits, A. (2005). A regional burn center's response to a disaster: September 11, 2001, and the days beyond. *The Journal of burn care & rehabilitation*, 26(2), 117-124.

## İnternet Kaynakları

- http-1:** <https://wp.hunterapparelsolutions.com/case-study/fire-and-rescue/> (Erişim tarihi: 20.07.2019).
- http-2:** <https://globe.msasafety.com/materials/outer-shell> (Erişim tarihi: 15.05.2019).
- http-3:** <https://globe.msasafety.com/materials/moisture-barrier> (Erişim tarihi: 15.05.2019).
- http-4:** <https://globe.msasafety.com/materials/thermal-liner> (Erişim tarihi: 15.05.2019).
- http-5:** <https://globe.msasafety.com/materials/reflective-trim> (Erişim tarihi: 15.05.2019).
- http-6:** <https://kivancgroup.com/is-guvenligi/itfaiye-urunleri/itfaiyeci-eldiveni/> (Erişim tarihi: 27.05.2019).
- http-7:** <https://kivancgroup.com/itfayeci-ic-giyim-2/> (Erişim tarihi: 27.05.2019).
- http-8:** <https://kivancgroup.com/itfaiyeci-bareti/bullard-magma/> (Erişim tarihi: 27.05.2019).
- http-9:** <https://kivancgroup.com/is-guvenligi/itfaiye-urunleri/itfaiyeci-cizmesi/> (Erişim tarihi: 27.05.2019).
- http-10:** [http://www.fireengineering.com/index/articles/generic-article-tools-template/\\_saveArticle/articles/fire-engineering/featured-content/2008/06/the-history-of-firefighter-personal-protective-equipment.html](http://www.fireengineering.com/index/articles/generic-article-tools-template/_saveArticle/articles/fire-engineering/featured-content/2008/06/the-history-of-firefighter-personal-protective-equipment.html). (Erişim tarihi: 20.07.2019).

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hilal SEVENCAN  
Yabancı Dil : İngilizce  
Doğum Yeri ve Yılı: Yalova / 27.12.1994  
E-posta : hllsvncn@gmail.com

### Eğitim ve Mesleki Geçmiş:

- 2016 – 2019: Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı, Moda Tasarım Programı Tezli YL
- Lisans 2014 – 2016: Eskişehir Anadolu - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - Moda Tasarımı Bölümü
- Ön Lisans 2012 – 2014: Sakarya Üniversitesi - Ferizli Meslek Yüksek Okulu - Moda Tasarımı Bölümü

### Kongre sunumları:

- Sevenscan H., Üreyen M.E., 2018, Computer Aided Design Technologies for Woven Fabric Design, International Congress of Usage of High Technology at Arts, April 19-20, İstanbul, Turkey.

### Fuar Ve Sergiler:

- 2018, Yüksek Lisans Lif Sanatı Sergisi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir
- 2016, Design Week Turkey
- 2016, Anadolu Üniversitesi Öğrenci Merkezi Mezuniyet Sergisi
- 2016, Bursa Merinos Tekstil Sanayi Müzesi Göç Sergisi
- 2015, CNR EXPO İstanbul Uluslararası Ev Tekstili Fuarı

### Projeler:

- Üreyen M.E., Sevenscan H., 2019, Giyim Konforu ve Koruyucu Özellikleri İyileştirilmiş Yenilikçi İtfaiyeci Giysisi Tasarımı, ESTÜ, Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 1706F395.

Program bilgisi:

- CLO | 3D Fashion Design Software
- CLO Show Player
- Marvelous Designer, 3D Design
- DAZ 3D | 3D Models and 3D Software
- Lectra/Kaledo Design Yazılımı
- EAT - The Designscope Company
- İntenTex CAD/CAM
- Assyst Kalıp Yazılımı
- Adobe Photoshop
- Adobe Illustrator
- Adobe Indesign
- CorelDraw