



SICAK ŐEKILLENDİRME HATTINDA ISIL KONFOR

Tuğçe TURAN ABİ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SICAK ŞEKİLLENDİRME HATTINDA ISIL KONFOR

Tuğçe TURAN ABİ

Doç. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2019

TEZ ONAYI

Tuğçe TURAN ABI tarafından hazırlanan “SICAK ŞEKİLLENDİRME HATTINDA ISIL KONFOR” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ

Başkan : Doç. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Doç. Dr. Nurullah ARSLANOĞLU
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kemal Furkan SÖKMEN
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa
Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği
Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

.....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

04.07.2019



Tuğçe TURAN ABİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SICAK ŞEKİLLENDİRME HATTINDA ISIL KONFOR

Tuğçe TURAN ABİ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ

İnsanlar gün içerisindeki faaliyetlerinin büyük bölümünü kapalı alanlarda geçirir. Bu nedenle insanlar için kapalı mahallerde iyi bir havalandırma ve iklimlendirme sistemi tasarlamak son derece kritiktir. İyi bir havalandırma, insanlarda hem vücut sağlığı hem de çalışma verimleri adına önemli bir kısıttır. İnsan vücudunun, enerji dengesi kurabilmesi için enerji üretmesi ve tüketmesi gerekir. Isıl dengenin sağlanması adına vücudun çevre ile arasında ısı transferi yapması esastır. Sıcaklık maruziyeti, vücudun fizyolojik ve psikolojik dengesini, çalışma verimini önemli ölçüde etkileyen ve çalışma ortamında sıkça karşılaşılan problemlerdendir. Isıl konfor ise, kişinin bulunduğu ortamın sıcaklığı ile uyumun sağlanması ve memnuniyetsizliğin bertaraf edilmesi anlamına gelmektedir. Termal konfor şartlarının tam olarak sağlanamadığı ortamlarda çalışmak zorunda kalan çalışanların verimlerinin düştüğü, güvenli çalışma durumunun zayıfladığı ve buna bağlı olarak iş kazasına maruz kalma sıklıklarının arttığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden ısı işleminin zorunlu olduğu, sıcaklık maruziyetinin kaynağında yok edilemediği durumlarda çalışan kişilerin termal konfor şartlarının iyileştirilmeleri öncelikle çalışanların sağlığına sonrasında ise üretim verimine olumlu katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmada, ısı konforu belirleyen parametreler üzerine incelemeler yapılmış olup, örnek mahal olan sıcak şekillendirme prosesi kullanılarak sac şekillendirme yapan hatta çalışan işçilerin ısı konfor için çalışma koşulları gözlenmiştir. Isıl konforu sağlamak adına soğuk yepek üretilmiş ve ısı transferi dikkate alınarak iyileştirici faaliyetler belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Isıl konfor, sıcak şekillendirme, ısı konfor şartları
2019, x + 46 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

THERMAL COMFORT IN HOT STAMPING LINE

Tuğçe TURAN ABİ

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ

People spend most of their activities during the day in closed areas. Therefore, it is extremely critical to design a good ventilation and air-conditioning system in closed spaces for people. Good ventilation is an important criterion for both human health and working efficiencies. The human body must produce and consume energy in order to establish energy balance. It is essential that the body conducts heat transfer between the environment and the environment in order to ensure thermal balance. Temperature exposure is one of the most frequently encountered problems in the working environment, which significantly affects the physiological and psychological balance of the body and the working efficiency. Thermal comfort means compliance with the temperature of the person's environment and eliminating dissatisfaction. It was observed that the efficiency of the employees who had to work in the environments where the thermal comfort conditions could not be fully decreased, the safety status of the workers had weakened and the frequency of exposure to work accidents increased. Therefore, if the thermal treatment is compulsory and the temperature exposure cannot be eliminated at the source, the improvement of the thermal comfort conditions of the employees will firstly contribute to the health of the employees and then to the production efficiency.

In this study, the parameters determining thermal comfort were investigated and the working conditions of the workers who worked on the sheet metal forming even by the hot forming process were observed. In order to provide thermal comfort, cold vests were produced and heating activities were determined considering heat transfer.

Key words: Thermal comfort, hot forming, thermal comfort conditions
2019, vii + 46 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın ortaya çıkmasında emeğini ve vaktini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ'e, imkânları ile destekleyici olan Beyçelik Gestamp firmasına, hayatım boyunca desteğini esirgememiş olan ve yüksek lisans öğrenimine beni teşvik eden annem Mükerrerem TURAN'a, desteklerinden dolayı eşim Selçuk ABİ' ye teşekkürlerimi sunarım.

Tuğçe TURAN ABİ

04.07.2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Kaynak Araştırması	5
2.2. Kuramsal Temeller	7
2.2.1. Isıl Konfor	7
2.2.2. Isıl Konfor Modelleri	13
2.2.3. Şekillendirme Hatlarının Sıcaklık Maruziyeti Açısından Değerlendirilmesi	15
2.2.4 İşletmenin Sıcak Şekillendirme Hatları Hakkında Bilgilendirme	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Çalışma Hakkında Kısa Bilgilendirme	19
3.2. Tesiste Kullanılan Ölçümlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Yönetmelikler ve Standartlar	21
3.3 İşçi Sağlığı Açısından Yönetmeliğin İrdelenmesi	28
3.4 Kullanılan Ölçüm Standardı Ve Cihazlar	28
3.5 Soğuk Yelek Uygulaması	31
4. BULGULAR	35
4.1. Termal Ölçüm Sonuçları	35
4.2. Soğuk Yelek Uygulaması Sonuçları	38
5. SONUÇ	42
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	46

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A	Boyutsuz olarak vücut kütesinin deri bölgesinde bulunan oranı
A_d	DuBois yüzey alanı (m^2)
$C + R$	Deriden duyulur ısı kaybı, W/m^2
C_{res}	Solunum ile olan taşınım ısı kaybı, W/m^2
$c_{p,b}$	Vücudun özgül ısısı (3490 J/kg.K)
E_{res}	Solunum ile olan buharlaşma ısı kaybı, W/m^2
E_{sk}	Deriden toplam buharlaşma ısı kaybı, W/m^2
f_{cl}	Kıyafet yalıtım alan faktörü
h_c	Konvektif ısı transfer katsayısı, $W/(m^2 \cdot K)$
I_{cl}	Kıyafet Yalıtımı, $m^2 \cdot K/W$
l	Boy (m)
m	Kütle (kg)
M	Metabolik ısı enerji üretimi, W/m^2
p_a	Kısmi buhar basıncı (Pa)
S_{cr}	Birim zamanda iç bölmede depolanan ısı enerji, W/m^2
S_{sk}	Birim zamanda deride depolanan ısı enerji, W/m^2
t_a	Kuru hazne (hava) sıcaklığı ($^{\circ}C$)
t_{cl}	Kıyafet yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)
t_g	Küre sıcaklığı ($^{\circ}C$)
t_{nw}	Islak küre sıcaklığı ($^{\circ}C$)
t_r	Ortalama radyal sıcaklık ($^{\circ}C$)
$Q_{cr,sk}$	İç bölmeden deriye vücut dokularından olan iletim ve kan akışı ile olan taşınım ısı geçişinin toplamı, W/m^2
W	Yapılan mekanik iş, W/m^2
v_{ar}	Hava akım hızı, m/sn
Θ	Zaman, s

Kısaltmalar Açıklama

ASHRAE	The American Society of Heating
CFD	Computational Fluid Dynamic(Hesaplama Akışkanlar Dinamiği)
ET	Etkin sıcaklık
Icl	Yalıtım katsayısı (clo)
ISO	International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Örgütü)
PPD	Predicted percentage of dissatisfied (beklenen ortalama memnuniyetsizlik)
PMV	Percentage mean vote (beklenen ortalama karar)
WBGT	Wet bulb global temperature (ıslak hazne küre sıcaklığı) ($^{\circ}C$)
WBGTS	Wet bulb global temperature sun (güneş altında ıslak hazne küre sıcaklığı)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Sıcak şekillendirme hattı	17
Şekil 2.2. Sıcak şekillendirme proses süreci	17
Şekil 2.3. Sıcak şekillendirilmiş parça örneği	18
Şekil 3.1. Ölçüm Noktaları Lay-Out	20
Şekil 3.2. Sıcak Şekillendirme Hatları	20
Şekil 3.3. PMV ve PPD değeri arasındaki ilişki	24
Şekil 3.4 TESTO 480 Çok amaçlı ölçüm cihazı	29
Şekil 3.5 Küre sıcaklığı ölçüm probu	29
Şekil 3.6 Nem ve sıcaklık ölçüm probu	30
Şekil 3.7 Türbülans seviyesi probu (Seri No: 02998652)	30
Şekil 3.8. Yaş hazne sıcaklığı ölçüm probu	30
Şekil 3.9. Çalışan kıyafeti	31
Şekil 3.10. Soğuk yelek	32
Şekil 3.11. 3.Hat sonu	32
Şekil 3.12. Soğuk yelek uygulaması	33
Şekil 3.13. Vücut Sıcaklığı Ölçümü	34
Şekil 3.14. Vücut Sıcaklığı Ölçümünde Kullanılan Termometre	34
Şekil 4.1. Soğuk Yelekle ve Yeleksiz Çalışanların Alın Sıcaklığı Dağılımı	39
Şekil 4.2. 1 Numaralı Çalışan Vücut Bölümleri Sıcaklıkları	40
Şekil 4.3. 2 Numaralı Çalışan Vücut Bölümleri Sıcaklıkları	40
Şekil 4.4. 3 Numaralı Çalışan Vücut Bölümleri Sıcaklıkları	41
Şekil 4.5. 4 Numaralı Çalışan Vücut Bölümleri Sıcaklıkları	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Yüksek sıcaklıkların insana etkileri	9
Çizelge 2.2. Düşük sıcaklığın insan vücuduna etkisi	9
Çizelge 2.3. Hissedilen sıcaklığa nemin etkisi	10
Çizelge 2.4. Farklı hava akımlarının etkisi	12
Çizelge 2.5. Aktivitelere göre metabolizma oranları	12
Çizelge 2.6. Giysilerin yalıtım katsayıları	13
Çizelge 3.1. Ölçüm yapılan bölümler	19
Çizelge 3.2. PMV değerleri	22
Çizelge 3.3. Isının çalışanlara etkisinin TS EN 27243 WBGT indeksine göre tahmini	26
Çizelge 3.4. TS EN 27243 Metabolik oran seviyelerinin tasnifi	27
Çizelge 4.1. Deneysel termal ölçüm sonuçları- PMV- PPD	36
Çizelge 4.2. Deneysel termal ölçüm sonuçları- WBGT	36
Çizelge 4.3. Yelek ile ölçüm zamanlarında teorik PMV-WBGT hesaplama sonuçları..	37
Çizelge 4.4. Soğuk yelekli ve yelek vücut bölümleri sıcaklık değişimi	38

1. GİRİŞ

Doğadaki tüm canlılar birbirleriyle ısı alışverişi içerisinde. Isıl konfor, ortamdan memnuniyeti belirleyen kişisel bir unsurdur ve duyular ile ilgili bir kavramdır (Butera 1998). Ergonomi de ise “iş ortamındaki etkenler ile birlikte insanların vücut özelliklerini, vücut performansı ve gücünü esas alarak, insan, makine ve çevre arasındaki temel yasaları düzenleyen kuramsal temel” olarak tanımlanmaktadır. İnsanlar, vücut sıcaklığında artışa neden olan iklim değişikliklerine dayanıksızdırlar. Bilhassa çevreye ısı veren fırınlarda ya da çok soğuk şartlarda çalışmanın, iş verimliliğini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Çalışma ortamı koşullarını, ortam sıcaklığı, nem ve hava hareketleri etkilemektedir (Erkan 1997).

İş ortamında aşırı ısı, iş verimini düşürmekte, çalışanlarda baş ağrısı, bıkkınlık, sinirlilik ve hatalı işlere sebebiyet vermekte, bunların yanında yüksek ısı çalışanlarda beceri kaybına ve kazalarının artmasına neden olur. (Baltaoğlu 1988). Çevresel koşullarının iş verimi ve çalışma performansı üzerindeki etkilerinin belirlenmesine yönelik literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Uluslararası İç Ortam ve Enerji Merkezi'nde yapılan araştırma sonuçlarına göre iç ortam hava kalitesinin işyeri çalışanlarının üretkenliği üzerinde önemli bir etkisi olmaktadır. Örneğin; literatürde sıcak, soğuk, ve nötr şeklinde belirtilen üç farklı ortam koşulundaki taşıt sürüş performansına ilişkin deneysel çalışmada sıcak ortamdaki deneklerin ısı konfor değerlendirmesinde cevabının genel olarak "sıcak" olduğu ve sürüş performansının %13 azaldığı, soğuk ortamdaki deneklerin cevaplarının ise "soğuk" ile "çok soğuk" arasında olup sürüş performansının %16 azaldığı sonuçlarına varılmıştır (Daanen ve ark. 2003).

Isıl konfor için; kişisel etkenler, yaş, ortama uyumluluk, cinsiyet, hava hızı, ışınım gibi unsurlar dışında konforu etkileyen başlıca faktörler, kişisel ve çevresel unsurlar olarak sınıflandırılır. (McQuiston ve Parker 1994).

Kişisel unsurlar;

- Kişinin aktivite seviyesi
- Kıyafet

- Çevresel unsurlar ise;
- Sıcaklık
- Bağıl nem
- Hava hızı
- Ortalama ışıınım sıcaklığı olarak belirtilebilir.

Ekici (2013) tarafından bildirildiği üzere; yıllarca daha konforlu yaşam alanları adına çabalamış, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri geliştirmiştir. Konforun ölçülmesiyle ilgili olarak P.O. Fanger isimli Danimarkalı bilim insanı 70'lerde bir modelleme yapmıştır. Bu modelleme, Fanger tarafından termal konfora etkisi olan kişisel ve ortama bağlı etkenlerin bileşenlerinin sayısal olarak ifade edilmesini sağlamıştır şeklinde bildirilmiştir. Mahaldeki insanların, konfor hissi ile ilgili bir parametre olan PMV değeri Fanger'in geliştirdiği sistem sonucunda sayısal bir veri olarak belirlenebilmiştir. Ayrıca PMV değeri ile ortamdaki memnuniyet oranını da ortaya çıkaran bir sayısal veri olan PPD değeri de hesaplanabilmektedir (Ekici 2013). Fanger'in PMV metodu uluslararası olarak kabul gören, ısı konforunun belirlenmesinde önemli bir metottur. Isıl konfor standardı, Avrupa'da ISO 7730, Kuzey Amerika'da ASHRAE Standard 55 yaygın olarak kabul görmektedir (Hoof 2007).

İnsan vücudu, besin ve oksijen ile termodinamik bir sistem olarak çalışır. Bu sistemde, vücut sıcaklığı 37 ile 37,5 °C, deri yüzey sıcaklığı da 31,5 ile 33,5 °C arasında olmalıdır. Deri sıcaklığındaki 1-3 °C arasında sıcaklık değişiminin insanı rahatsız etmediği görülmüştür (Avcı ve Yiğit 1992). Ofis ısıısının belirlenmesi adına yapılan bir çalışmada, ısı konforu için ortamın en az 26°C olması belirlenmiştir (Yang ve Zhang 2007). Başka bir çalışmada, düşük enerjili klimanın çalıştığı bir mahalde, termal konfor sağlanabilmesi adına havanın ortalama 23,5 °C ve % 56 nem oranında olması gerektiği saptanmıştır. (Khan ve ark. 2007). Giydiğimiz kıyafetler de, çalışma ortamında bizim ısı konforumuzu etkileyen parametrelerden biridir. 1 clo, giysinin dinlenen insanı 21°C, 0,1 m/sn hava hızı ve % 50 bağıl nemde konfor sağlayan yalıtımı olarak tanımlamaktadır. Havadaki her 6 °C'lik değişim, yalıtımda 1 clo'luk değişime karşılık gelmektedir. (Huang 2006). Günlük hayatta insanların dikkat etmediği fakat ısı konforu üzerine etki eden faktörlerden diğeri de kişinin hareket durumudur. 45-59 yaşlarında hafif kilolu bir insanın dinlenirken

konforlu hissettiği bir mahalde nötral bölge 35 kcal/h.m²'dir (Ivanov 2006). Bazı kaslar kasıldığı için oturur vaziyette bu metabolik hız % 43 artar. Ayağa kalkınca ise %71 artar. Odada dolaşma halinde %285 artar. Yapılan çalışmalara göre uzanır durumdan oturur duruma geçildiğinde vücut ısısı 1 saat içinde 0,51°C artar (Mergen ve Öngel 2009). Havadaki nem miktarı, insanın teninden buharlaşmayla su ile enerji kaybıdır. Ortamdaki nem arttıkça memnuniyetsizlik oluşur. İnsanlar için uygun olan nem oranı 20 °C 'de %30-%80'dir. Düşük oranlarda nem solunum problemlerine neden olur (Yüksel 2005). 2004 yılı dünya standartlarına göre ofis ısıları, yazın %30'luk bağıl nemde 24,5-28°C, %60 bağıl nemde 23-25,5°C, kışın ise %30 bağıl nemde 20,5-25,5°C, %60 bağıl nemde 20-24°C arasında olmalıdır (Anonim 2004). Hava hareketleri, insanın ortamla arasındaki ısı alışverişlerini belirleyen unsurlardan biridir. Hava hareketinin şiddetlenmesi, hareketsiz hava tabakasının azalışına sebebiyet verir. Bu durum üşüme hissiyatına neden olur. Isıl konfor adına hava hızının ortalama 0,05 m/s olması önerilmektedir (Yüksel 2005). Hava hızı arttığında mahal, rüzgarlı ve konforsuz olur. Hava hızının düşük olduğu mahal için hava hareketi azalışından ortamdaki canlılar adına havasızlık ortaya çıkar. (Yiğit ve Horuz 1995).

Isıl konfor ile ilişkili olarak; vücuttaki fizyolojik mekanizmaları ve gizli ısı geçiş mekanizmalarını açıklamak adına iki temel modelden yararlanılır. Bunlardan ilki, Sürekli Rejim Enerji Dengesi Modeli'dir. Bu modele göre üretilen enerji kaybedilen enerjiye eşittir ve bu nedenle vücut sıcaklığının stabil kaldığını varsayar. Diğer model ise, Anlık Enerji Dengesi Modeli'dir. Bu modelde insan vücudu 2 parçada incelenir; iç bölme ve deri tabakası. Bu sistem temelinde, bölmeler arasında kan ve ısı geçişi olduğunu ve bölme sıcaklıklarının birim zamandaki enerjiden etkilendiği kabul edilir (Anonim 1989).

Çalışma alanlarının iklimlendirilmesindeki temel amaç alanda bulunan kişilerin konforlu şartlarda, üretkenlik seviyelerini koruyarak daha da arttırmaktır. Bu sebeple bu çalışmada termal konfor parametreleri irdelenerek, otomotiv sektöründe, sıcak şekillendirme prosesi kullanılarak metal sac şekillendiren pres hattında çalışan insanların, çalıştıkları ortamlarda ölçümler yapılmıştır. Bu ölçüm sonuçlarından yola çıkarak konforsuzluğun ve atölye çalışmalarının en yoğun olduğu alanın çalışanlarında ısı konforunun sağlanması için soğuk yelek uygulaması yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Kaynak Araştırması

Isıl konfor üzerine yapılan literatür çalışmalarında ısı konfor parametrelerinin insan üzerindeki etkileri, ortam şartlarının iyileştirilmesi, gerekli ortam şartları ve vücut sıcaklıkları konularına yoğunlaşmıştır.

Slater (1985) konforun kişiye göre değişen bir özellik olduğundan nicel tanımlama gerektirmeyeceğini belirtmiştir. Slater, konforu insanla çevresi arasındaki fiziksel, fizyolojik ve psikolojik memnuniyetin bir karışımı olarak tanımlamaktadır.

Atmaca (2007) çalışmasında insan vücudu ile çevresi arasındaki ısı etkileşimi simülasyon ile incelemiştir. Böylece ten sıcaklığı, ten ıslaklığı ile zamana bağlı deride meydana gelen duyular ve gizli ısı transferi miktarları belirlenebilmektedir. Simülasyonda 2 bölmeli Gagge modeli kullanılmış, fakat model tüm vücuttan olarak değil 16 bağımsız vücut parçası üzerine uygulanmıştır. Simülasyon sonuçları deneysel veriler ve literatürdeki çalışma sonuçları ile karşılaştırılarak simülasyon sonuçlarının güvenilir olduğu doğrulanmıştır. Geliştirilen ile simülasyon, insanın ısı çevreye verdiği tepki gözlemlenebilmektedir.

Çınar (2016) çalışmasında düzcam ve çukur cam imalatı alanında faaliyet gösteren 4 işletmede ısı işlem yapılan üretim süreçlerindeki termal konfor koşulları objektif ve subjektif olarak değerlendirmiştir. Çalışma sonunda, sıcaklık maruziyetinin yüksek olduğu bölümler ile maruziyetlerin muhtemel sebepleri tespit edilmiş ve bu hususta çözüm önerileri sunulmuştur.

Mogbel (2004), belirlediği oda koşulları ve aktivitelerde insan termal konforunu belirleyen parametreler üzerine CFD modeller üzerinden çalışmıştır. İnsanın ısı konforunda besleme havası sıcaklığının, en önemli etkiye sahip olduğunu vurgulamıştır. Besleme hava sıcaklığını, metabolik ısı üretim oranı ve besleme havası hızının takip

ettiğini, besleme havası bağıl neminin ve türbülans yoğunluğu etkisinin nispeten önemsiz olduğunu belirtmiştir.

Kaynaklı ve Yamankaradeniz (2003) bölümlere ayrılmış vücutta meydana gelen çeşitli kayıpları belirleyerek, bu kayıpların termal konfora olan etkisini gözlemlemiştir. 16 bölüme ayrılan insan vücudunun her bölümünden olan ısı ve kütle transferinin simülasyonu yapılmıştır.

Fountain ve arkadaşları (1999), 20 ve 26 °C arasında değişen sıcaklık ve %60 ile %90 arası izafi nem aralığında çalışmalar yapmışlardır. 1,6 met (1 met = 58,2W/m²) ve daha fazlası değerlerinde metabolizma aktivitelerinde, herhangi nem değerine bakılmaksızın PPD değerinin en az %25 olduğu belirlenmiştir.

Toftum ve arkadaşları (1999) çalışmalarında konfor hissini, sıcaklığına, neme ve deri ıslaklığına göre incelemiştir. 26 °C 'de bağıl nemin maksimum %36, 23°C'de maksimum %57 olması tavsiye edilmiştir. Tatarsız nem değerlerinin insanların yaşadıkları mahallerde sağlıklarına ve binaya oluşturacağı olumsuz etkilerinden bahsedilmektedir.

Tuncer (2006) çalışmasında üniversitede belirlenen sınıfta, ısı konfor açısından gerekli şartların sağlanıp sağlanmadığı Fanger yöntemi kullanılarak incelemiştir. Fanger yönteminde vücudun çevre ile arasındaki ısı transferi formüllerinden faydalanmıştır.

Parameswarappa (2017), Hindistan'da yüksek sıcaklıkta çelik üretimi yapan bir fabrikada, ısı konfor şartlarını araştırarak işçilerin ısı konforunu sağlamak adına "Soğuk Mont" adı verdiği giysi ile işçilerin vücut sıcaklığını düşürmeye yönelik çalışmıştır.

Yang ve ark. (2007), Kore deniz devriye gemilerinin her kabininde en uygun sıcaklığın değerlendirilmesini yapmıştır. Bu çalışmada iki yöntem uygulanmıştır, PMV / PPD ve insan faktörüdür. Ergonomik faktörler, insan faaliyetleri ve kıyafetlerdir. Bu çalışma, 250, 1000 ve 1500 tonluk gemilerden oluşan kabinler içerisinde uygulanmıştır. Her kabin için en uygun hava sıcaklığını bulmak üzere PMV ve PPD hesaplanmıştır. Bu

hesaplama, ortam faktörlerinin ortalama radyan sıcaklığının kuru ampul hava sıcaklığına eşit olduğu ve bağıl hava hızının 0,0 m / s olduğu varsayılmıştır. Farklı faaliyetlerde, çeşitli gemilerde farklı ekip üyeleri bulunduğundan, her kabinde çeşitli optimum sıcaklıklar elde edilmiştir. İnsan faktörlerine göre, optimum sıcaklık 23 ° C ve 29 ° C belirlenmiştir. Sonuçlara göre, Dömen odasında ve konaklama odasında, PMV / PPD durumunda klima ile 6 ° C enerji tasarrufu sağlanabileceği saptanmıştır.

İsmail ve arkadaşları (2013), Malezya otomotiv endüstrisinde termal konfor değerlendirmesine yönelik bulgular üzerinde çalışmışlardır. Pano montajı, gövde montajı, koltuk montajı, kapı montaj, motor alt montajı ve boya atölyesinde çalışan insanlar denek olarak kabul edilmiştir. Islak ampul küre sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem gibi çevresel faktörler, BABUC A cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar ISO Standardı 7730 ve termal duyu ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre motor alt montaj istasyonu ve montaj boya atölyesi % 81 ile % 99 arasındaki memnuniyetsizlik oranı ile en kötü termal ortam olarak kabul edilmiştir.

Kamar ve arkadaşları (2018), Malezya'da bir cami binasının ısı konforunun iyileştirilmesine yönelik çalışmışlardır. Alanda caminin içindeki hava akımı hızını, hava sıcaklığını, bağıl nemi ve ortalama radyant sıcaklığı bir yıl süreyle elde etmek için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Hava akımını tahmin etmek için CFD yöntemi kullanılmıştır. Atık hava fanlarının takılmasının cami içindeki ısı konfor durumu üzerindeki etkilerini incelenmiştir. PMV ve PPD termal sistemlerinde en yüksek gelişmeyi sağlayacak olan atık hava fanlarının düzenini bulmak için parametrik akış analizleri yapılmıştır. Parametrik akış analizlerinin sonuçları, güney tarafındaki duvara 1 m çapında ve zeminden 6 m yükseklikte 10 adet atık hava fanının monte edilmesinin konforsuzluğu azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Abdeen ve arkadaşları (2019), çalışmada Mısır'da termal konforu artırmak için güneş bacası optimizasyonu yapmışlardır. Çalışmada doğal konveksiyonla indüklenen iç mekân hava hızını maksimuma çıkarmak için güneş baca tasarımını optimize etmek için ısı konfor vurgusuna değinmişlerdir. CFD modelini doğrulamak için, tek bir odaya bağlanmış eğimli bir güneş bacalarını içeren deneyler yapılmıştır. En uygun güneş

bacalarını elde etmek için deneyler ve tepki yüzey yöntemi (RSM) kullanılmıştır. Optimizasyon sonuçları iç mekân hava hareketinin geliştirilmesi için en uygun tasarımın, 1.85 m yüksekliğinde, 2.65 m genişliğinde, 75 ° eğim açısında bir güneş bacası kullanılarak elde edildiğini ortaya koymuştur. Duyarlılık analizleri güneş bacasının genişliğinin en etkili parametre olduğunu göstermektedir.

Zhou ve arkadaşları (2019), sürüş koşulları altında bir binek otomobilinde termal konforun deneysel olarak incelenmesi üzerine çalışmışlardır. Kapalı otopark, açık otopark ve dış mekân sürüşü altındaki bir binek otomobilinde termal konforu deneysel olarak araştırmışlardır. Kapalı otopark, açık otopark ve dış mekan sürüş koşullarında korelasyon katsayısı 0.89, 0.68 ve 0,93 olduğunda deneklerin çevreye karşı termal olarak daha duyarlı oldukları tespit edilmiştir.

Literatürde karşımıza çıkan ısı konfor konulu çalışmalar, genel olarak insanların en çok vakit geçirdiği mahaller için ısı konfor şartlarının araştırılması ve konforun sağlanması için gerekli olan çalışmaları analiz etmek ile ilişkilidir. Bu analizlerde CFD modellerinin oluşturulmasının yanı sıra mahallerde çeşitli cihazlarla ortamda ölçümler yapılmıştır. Bazı çalışmalarda ise insan vücudunun çeşitli bölümlerinden ölçümler yapılarak ısı konfor modelleri yorumlanmıştır.

2.2 Kuramsal Temeller

2.2.1 Isıl Konfor

Isıl konfor, kişinin bulunduğu mahaldeki sıcaklık ile uyumlu olması ve memnuniyetsizlik hissetmemesi anlamına gelmektedir. Kişisel bir olgu olarak memnuniyet ya da memnuniyetsizliğin bir ölçüsüdür. İnsanların faaliyetlerine devam ettikleri ortamda sıcaklık, nem ve hava akım hızı gibi parametrelere bağlı olarak rahat olup olmadıklarını ifade eder (İmancı, 2014).

Isıl konfor şartları bulunulan mahalde yetersiz ise rahatsızlık hissi başlar ve özellikle iş ortamında rahatsızlık hali, çalışanlarda performans azalmasına ve verimliliğin düşmesine

sebebiyet verir. Termal şartları istenilen seviyede tutabilmek için metabolik ısının fazlası, terleme, ışıınım ve deri yüzeyindeki ısının taşınması yoluyla dengelenmektedir.

Bir ortamın termal konfor şartlarının ifade edilmesinde 6 temel faktör kullanılır. Hava sıcaklığı, hissedilen sıcaklık, nem, hava akım hızı ve radyant ısı çevresel faktörler iken; metabolik hız ve giysi kişisel faktörler olarak gruplanmıştır.

Hava sıcaklığı, vücudumuzdaki tüm metabolik aktiviteler, vücut sıcaklığı ve mahal sıcaklığına bağlıdır. Hayati faaliyetlerin olması gerektiği şekilde devam etmesi için vücut sıcaklığının optimum değerlerde sabit olarak tutulması gerekmektedir. İnsan vücudu ile bulunduğu ortam arasında ısı transferi sürekli dir. Vücut sıcaklığı, çevre sıcaklığından fazla olursa vücut ısı kaybederken, vücut sıcaklığı çevre sıcaklığından düşük olursa ısı kazanır. Bu şekilde tüm metabolik faaliyetler de değişkenlik gösterir ve denge sağlanamaz ise memnuniyetsiz durumu ortaya çıkar. Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2' de görüldüğü üzere artan ya da azalan hava sıcaklığı insan vücudu üzerinde çeşitli etkilere sebep olmaktadır.

Hissedilen sıcaklık, ortamda insanın kişisel olarak algıladığı sıcaklıktır. Bu sıcaklık, çevre ve giysi ısı direnci gibi parametrelere bağlı olduğu gibi nem, rüzgâr ve radyasyon gibi çevresel parametrelere de bağlı olduğundan öznel bir olgudur. Bu nedenle sıcaklığı algısı kişiden kişiye göre değişir.

Nem, termal konforun belirlenmesinde en az sıcaklık kadar nemin de katkısı çok önemlidir. Örneğin; hava sıcaklığı 40 °C olan bir mahalde, bağıl nem %50 olduğunda hissedilen sıcaklık 55 °C olur (bkz. Çizelge 2.3). Havadaki nem, iki şekilde ifade edilir; Mutlak nem; havadaki moleküllerde bulunan su miktarını ifade ederken; bağıl nem ise mutlak nemin aynı sıcaklıkta havanın taşıyabileceği maksimum su miktarına oranı olarak tanımlanmaktadır. Nemin hesaplanmasında sıcaklık ve hava akım hızı gibi parametreler de düşünölmelidir. İş ortamında nem azalması, üşüme hissine neden olurken, yükselmesi ise rahatsızlığa neden olur ve verim kaybına neden olabilir.

Çizelge 2.1. Yüksek sıcaklıkların insana etkileri (Anonim 2004)

(-1) - 26	Soğuk- Serin	
27 - 32	Sıcak	Fiziksel aktiviteye ve etki zamanına bağlı olarak oluşan ısı stresten dolayı halsizlik, agresiflik, vücut sisteminde birçok rahatsızlık meydana gelebilir.
33-41	Çok Sıcak	Fiziksel aktiviteye ve etki zamanına bağlı olarak kuvvetli ısı stres ile birlikte ısı çarpması ve ısı yorgunlukları oluşabilir.
42-54	Tehlikeli Sıcak	Güneş çarpması, ısı krampları veya ısı bitkinliği meydana gelebilir.
>55	Tehlikeli Sıcak	Isı veya güneş çarpması tehlikesi oluşur. Termal şok an meselesidir.

Çizelge 2.2. Düşük sıcaklıklarda insan vücudu (Anonim 2004)

(-1) - 26	Soğuk	
27 - 32	Çok Soğuk	Kuru ciltte 5 saatten daha az sürede çatlama
33-41	Aşırı Soğuk	Açıkta kalan vücut yüzeylerinde 1 dakika içinde donma riski
42-54	Tehlikeli Soğuk	Açıkta kalan vücut yüzeylerinde 30 saniye içinde donma riski
>55	Tehlikeli Soğuk	Açıkta kalan vücut yüzeylerinde 30 saniyeden daha kısa sürede donma riski

Cizelge 2.3. Hissedilen sıcaklığa nemin etkisi (Anonim 1989)

		BAĞIL NEM (%)																				
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
HAVA SICAKLIĞI	50	45	48	53	58	66	69	76	83	91	99											
	49	44	47	51	55	61	66	72	79	86	94											
	48	43	46	49	53	58	63	68	75	81	88	96										
	47	42	45	48	51	55	60	65	70	76	83	90	98									
	46	41	43	46	49	53	57	62	67	72	78	85	91	99								
	45	41	43	45	48	52	56	62	65	70	76	82	88	96								
	44	40	42	44	46	49	52	57	61	66	71	77	83	89	96							
	43	39	40	42	44	47	50	54	58	62	67	72	77	83	90	97						
	42	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	90	96					
	41	37	38	39	41	43	45	48	51	55	59	63	67	72	78	83	89	96				
	40	36	37	38	39	41	43	45	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95			
	39	35	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	67	71	76	81	87	93		
	38	35	35	36	37	38	40	42	44	47	50	53	56	60	64	68	73	78	83	89		
	37	34	34	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	56	59	63	67	72	76	81		
	36	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	74		
	35	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68		
	34	31	31	32	32	32	33	34	35	37	38	40	42	44	46	49	52	55	58	61		
	33	31	31	31	31	32	32	33	34	36	37	39	40	42	45	47	49	52	55	58		
	32	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53		
	31	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	45	47		
30	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42			
29	27	27	27	27	28	28	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	36	37	38			
28	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34			
27	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32			
26	25	25	25	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	29			
25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27			

Hava akım hızı, iş ortamı ve dışındaki ortamlarda kirli havanın temiz havaya dönüşümü için havalandırmaya ihtiyaç duyulur. Ortam sıcaklığının ve neminin optimum seviyelerde tutulması için de doğal ve mekanik iklimlendirme yöntemlerinin kullanımına gerek duyulabilir. Hava akım hızının sıcaklık ve nem gibi ısıl konfora etkisi oldukça fazladır. Örneğin hava sıcaklığı -4°C olan bir ortamda hava akım hızı 35 km/sa ise hissedilen sıcaklık -12°C olur (Çizelge 2.4). Ayrı sıcaklık ve nem değerlerine sahip olan iki farklı mahalde aynı termal konfor algısının oluşturulabilmesi için hava akım hızlarının ayarlanması gerekir.

Çizelge 2.4. Farklı hava akımlarının etkisi (Anonim 1989)

		HAVA SICAKLIĞI ($^{\circ}\text{C}$)																
		0	-1	-2	-3	-4	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60
RÜZGAR HIZI (km/sa)	6	-2	-3	-4	-5	-7	-8	-14	-19	-25	-31	-37	-42	-48	54	-60	-65	-71
	8	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-14	-20	-26	-32	-38	-44	-50	-56	-61	-67	-73
	10	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63	-69	-75
	15	-4	-6	-7	-8	-9	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66	-72	-78
	20	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68	-75	-81
	25	-6	-7	-8	-10	-11	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70	-77	-83
	30	-6	-8	-9	-10	-12	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72	-78	-85
	35	-7	-8	-10	-11	-12	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73	-80	-86
	40	-7	-9	-10	-11	-13	-14	-21	-27	-34	-40	-48	-54	-61	-68	-74	-81	-88
	45	-8	-9	-10	-12	-13	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75	-82	-89
	50	-8	-10	-11	-12	-14	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76	-83	-90
	55	-8	-10	-11	-13	-14	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77	-84	-91
	60	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78	-85	-92
	65	-9	-10	-12	-13	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79	-86	-93
	70	-9	-11	-12	-14	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80	-87	-94
	75	-10	-11	-12	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80	-87	-94
	80	-10	-13	-13	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	-88	-95
	85	-10	-13	-13	-14	-16	-17	-24	-31	-39	-46	-53	-60	-67	-74	-81	-89	-96
	90	-10	-13	-13	-15	-16	-17	-25	-32	-39	-46	-53	-61	-68	-75	-82	-89	-96
	95	-10	-13	-13	-15	-16	-18	-25	-32	-39	-47	-54	-61	-68	-75	-83	-90	-97
100	-11	-14	-14	-15	-16	-18	-25	-32	-40	-47	-54	-61	-69	-76	-83	-90	-98	
105	-11	-14	-14	-15	-17	-18	-25	-33	-40	-47	-55	-62	-69	-76	-84	-91	-98	
110	-11	-14	-14	-15	-17	-18	-26	-33	-40	-48	-55	-62	-70	-77	-84	-91	-99	

Radyant ısı, termal radyasyon, iletim için ortama gerek olmayan, herhangi bir yüzeyle temas halinde olmadan sıcaklığı değişmeyen elektromanyetik enerjidir. Bu nedenle, radyasyon için havalandırma yapılması faydasızdır. İnsan vücudundaki besinlerin yanması ile ortaya çıkan ısı, metabolizma hızı olarak tanımlanır. İnsanın gerçekleştirdiği aktiviteler, metabolik hızın artmasına ya da azalmasına sebep olur.

Metabolik hız, insan vücudundaki ısı miktarı her kişi de farklıdır. Bu farklılıkları düşük seviyelere indirmek için bazı değişkenler kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, aktivite düzeyi arttıkça deri sıcaklığının ve metabolik hızın arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 2.5). Aktivite düzeyinin yanı sıra ortam sıcaklığı da metabolik hıza etken bir diğer parametredir.

Çizelge 2.5. Aktivitelere göre metabolizma oranları (ASHRAE 2009)

Aktivite	Metabolik Oran (W/m²)	Metabolik Oran (met)	Mekanik Verim η
İstirahat			
Uyku hali	40	0.7	0
Yaslanma	45	0.8	0
Oturmak	60	1.0	0
Ayakta durmak	70	1.02	0
Yürüyüş			
0.9 m/s	115	2.0	0
1.2 m/s	150	1.06	0
1.8 m/s	220	3.08	0
İş ortamı davranışları			
Oturma pozisyonunda okuma- yazma	60	1.0	0
Daktilo, klavye kullanımı	65	1.01	0
Taşıma-paket yapma	120	2.01	0
Araç sürme			
Otomobil	60 - 115	1.0 - 2.0	0
Hava taşıtı	70	1.02	0
Ağır vasıta	185	3.02	0
Çeşitli İş Aktiviteleri			
Aşçılık	95-115	1.6-2.0	0-0.1
Ev Temizleme	115 - 200	2.0 - 3.4	0-0.1
Makine kullanılarak yapılan işler			
Marangozluk işleri	105	1.08	0.1-0.2
Hafif işler	115 - 140	2.0 - 2.4	0.1-0.2
Ağır işler	235	4.0	0.1-0.2
Yük Binmesi	235	4.0	0.1-0.2
Kazma, kırma işlemleri	235 - 280	4.0 - 4.8	0.1-0.2

Giysi, insan ile bulunduğu mahal arasında kalkan görevi yaparak konforlu bir yaşam için gerekli bir unsurdur. İnsan, bulunduğu mahalın hava şartlarında konforlu olabilmesi için,

giydiği kıyafet üzerinde ağırlık hissettirmemeli ve hareketini kısıtlamamalıdır. Bu nedenle insanın yaşadığı ortamdaki konforluluk hali için giydiği giysi de önemli bir rol üstlenmektedir. Giysi türlerine göre yalıtım katsayısı farklılık göstermektedir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6. Giysilerin yalıtım katsayıları (ASHRAE 2009)

Tür	Giysi yalıtım katsayısı	Giysi Yalıtım Alan Faktörü
	I_{cl} , clo	f_{cl}
Kısa kollu şort, Kısa kollu t-shirt	0,36	1,10
Pantolon, kısa kollu gömlek	0,57	1,15
Pantolon, uzun kollu gömlek	0,61	1,2
Pantolon, uzun kollu gömlek, ceket	0,96	1,23
Pantolon, Uzun kollu t-shirt	1,01	1,28
Etek, kısa kollu gömlek	0,54	1,26
Etek, uzun kollu gömlek	0,67	1,29

2.2.2 Isıl Konfor Modelleri

İki Bölmeli Anlık Enerji Dengesi Modeli, Gagge modeli olarak tanımlanan geçici rejim modeli, insan vücudunu iç içe iki silindir olarak tanımlar (Gagge ve ark. 1971, Gagge ve ark. 1986, Anonim 1993). İçteki silindir, iskelet, kaslar ve iç organları, dıştaki silindir ise deriyi ifade eder. Bu modelde silindirlerin birbiri arasında ısı ve kütle transferi olurken dış silindirden çevreye de duyulur ve gizli ısı transferi olmaktadır. Bu model için yapılan kabuller řu şekildedir;

1. Her bölme için üniform olan bir sıcaklık mevcuttur.
2. Vücutta üretilen ısı, yapılan iş ile olan ısı kaybı iç bölme ile bağlantılıdır.
3. Deriden iletimle olan ısı transferi ihmal edilebilir.
4. İç ve dış silindirin birbiriyle iletim ve kan akışı yoluyla enerji alışverişı olur.

Anlık enerji dengesinde, birim zamanda depolanan ısıl enerji, net ısı kazancı ile ısı kaybı arasındaki farka eşittir. Her iki silindir için Termodinamiğin I. kanunu yazılırsa;

$$S_{cr} = (M - W) - (C_{res} + E_{res}) - Q_{cr,sk} \quad (2.1)$$

$$S_{sk} = Q_{cr,sk} - (C + R + E_{sk}) \quad (2.2)$$

olarak tanımlanır (Anonim 1993). Burada;

S_{cr} = iç bölmede depolanan birim zamandaki ısı enerjisi, W/m^2

S_{sk} = deride depolanan birim zamandaki ısı enerjisi, W/m^2

M = metabolik ısı enerjisi üretimi, W/m^2

W = mekanik iş, W/m^2

C_{res} = solunumla ile olan taşınım ısı kaybı, W/m^2

E_{res} = solunum ile olan buharlaşma ısı kaybı, W/m^2

$Q_{cr,sk}$ = iç bölmeden deriye vücut dokularından olan iletim ve kan akışı ile olan taşınım ısı geçişinin toplamı, W/m^2

$C + R$ = deriden duyulur ısı kaybı, W/m^2

E_{sk} = deriden toplam buharlaşma ısı kaybı, W/m^2

şeklindedir. Birim zamanda depolanan enerji, kor ve deri tabakası için ayrı ayrı ısı kapasite ile birim zamanda sıcaklık değişiminin çarpımı olarak ifade edilirse,

$$S_{cr} = (1 - \alpha) \cdot m \cdot c_{p,b} \cdot (dT_{cr} d\theta) / A_D \quad (2.3)$$

$$S_{sk} = (\alpha) \cdot (m) \cdot c_{p,b} \cdot (dT_{cr} d\theta) / A_D \quad (2.4)$$

olarak yazılır. Burada;

α = boyutsuz olarak vücut kütle oranının deri bölgesinde bulunan oranı

m = vücut kütlesi, kg

$c_{p,b}$ = vücudun özgül ısısı

Θ = zaman, s

şeklindedir (Anonim 1993).

Anonim'e (1993) göre çıplak vücut alanı için en kullanışlı ifade, DuBois tarafından verilen

$$A_d = 0.202 \cdot m^{0,425} \cdot l^{0,725} \quad (2.5)$$

denklemdir. Bu denklemde A_d , DuBois yüzey alanı (m^2), m kütle (kg), l boy (m) olarak tanımlanmaktadır.

Sürekli Rejim Enerji Dengesi Modeli, Fanger tarafından geliştirilen sürekli rejim enerji dengesi modeli, insan vücudunun termal olarak dengede olmasına ve ihmal edilebilir seviyede enerji depolayabileceği varsayımına dayalıdır (Anonim 1993, Fanger 1971, 1986). Model, vücudu deri ile sınırlı bir hacim olarak tanımlar. Bu nedenle, vücut kapalı bir tek bölüm olarak varsayılır. Dolayısıyla bu modelde titreme ve kan akışı ihmal edilir. Sıcaklık sabit olarak kabul edilir. (Atmaca 2011).

$$(M - W) = Q_{sk} + Q_{res} = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) \quad (2.6)$$

Bu denklemde,

Q_{sk} = deriden olan toplam ısı kaybı, W/m^2

Q_{res} = solunum ile olan toplam ısı kaybı, W/m^2 'dir.

Bu iki model dışında bir diğeri ise Stolwijk modelidir. İç bölge, kas, yağ ve deri bölgeleri şeklinde dört bölmeye ayrılan vücutta, ısı transferi birbirleri arasında taşınım ile olur. Isı üretimi orantısal olarak dağıtılır. Ortam ile ilişki de olan deride ısı transferi taşınım, ısınım ve buharlaşma yoluyla olur (Atmaca 2011).

2.2.3 Sıcak Şekillendirme Hatlarının Sıcaklık Maruziyeti Açısından Değerlendirilmesi

Termal konfor şartları, çalışanın beden ve ruh sağlığını etkilediği gibi üretkenliğini de etkileyebilmektedir. Vücut, iç sıcaklığı 37-37,5 °C, deri sıcaklığını ise 31,5 ile 33,5 °C arasında dengelemekten sorumludur. Sistemde gerçekleşen tüm metabolik olaylar sıcaklığa bağlı olduğundan sıcaklık - nem dengesi önemlidir (Çınar 2016).

Sac metal şekillendirme yöntemlerinden biri olan sıcak şekillendirme yönteminin, sac levhanın fırında ısıtılmasına dayalı olması, fırınlarının sürekli olarak faaliyette ve

üretim kesintisiz olması, çalışanların sürekli olarak sıcak ortama maruz kalmasına sebebiyet vermektedir. Özellikle pres altında şekillendirilen parçanın kasalanması aşamasında çalışanlar, sıcak parçayla temas içinde olduklarından parçadan yayılan ısıya direkt olarak maruz kalmaktadırlar.

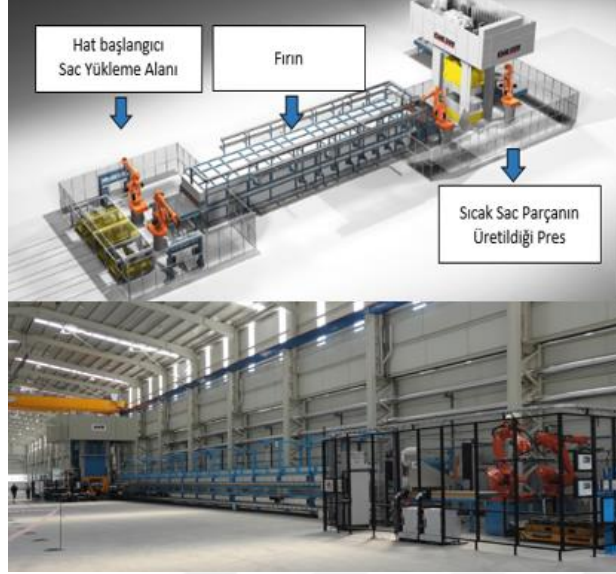
Sıcak ortamda çalışmaya bağlı olarak bıkkınlık, sinirlilik ve dikkatsizlik hallerinin oluşmasından dolayı iş kazalarının artması, zihin yorgunluğu, fiziksel çalışmalarda performans ve beceri azalması gibi olumsuzluklar ortaya çıkabilmekte ve bunun sonucu olarak iş kazalarında artış görülebilmektedir. Özellikle çok dikkat isteyen işlerde, belirli bir seviyeye kadar sıcaklık artışında, kaza sayısı rutin devam etmekte, sıcaklık seviyesi aşılsa iş kazası sayısı çoğalmaktadır (Yıldırım 2015).

2.2.4 İşletmenin Sıcak Şekillendirme Hatları Hakkında Bilgilendirme

Otomotiv endüstrisinde, araç şasesi üretiminde, bulunduğu bölgeye bağlı olarak farklı mukavemet değerlerine sahip sac parçalar kullanılır. Bu parçalardan, özellikle yolcu güvenliğinin kritik öneme sahip olduğu kabin içerisinde yüksek mukavemetli sac parçalar (1200-1500 MPa) kullanılmaktadır. Yüksek mukavemetli bu parçalar, geleneksel soğuk şekillendirme yönteminden farklı olarak sıcak şekillendirme yöntemi ile üretilmektedir.

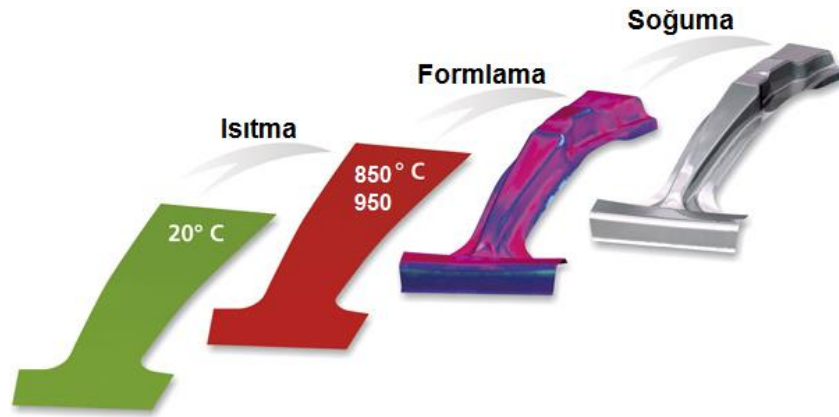
Sıcak şekillendirme, borlu malzemenin (AL-Si kaplamalı 22MnB5) östenitleme sıcaklığına kadar ısıtılıp ve hızlıca kalıba transfer edilip, kalıp içerisinde soğutulup şekillendirilmesidir.

İlk defa bir İsveç firması olan HardTech (bu günkü ismi ile Gestamp-HardTech) tarafından otomotivde uygulanan bu teknoloji, ihtiyaçların artması ve teknolojinin gelişmesi ile her geçen gün daha yaygınlaşmaktadır. Beyçelik Gestamp Firması da dünyada firmada bulunan bu teknolojiye sahip sayılı firmalardan biridir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Beyçelik Gestamp sıcak şekillendirme hattı

Soğuk malzemeden kesilen açınım 3-10 dakika süre ile 880-930°C 'ye kadar da ısıtılmaktadır. Bu işlem parça sertliği ve martenzit dönüşümü için büyük önem taşır. Bu aşamadan sonraki kısım çok önemlidir. Parça fırından olabildiğince hızlı bir şekilde alınıp kalıbın üzerine yerleştirilmelidir. 600-800°C sıcaklık ile prese giren parçaya şekil verilirken, kalıpta bulunan soğutma kanalları vasıtası ile parçanın sıcaklığı çok kısa bir sürede 200 °C 'nin altına kadar düşmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Sıcak şekillendirme proses süreci

Yaklaşık 200°C'deki parça (Şekil 2.3) hattan operatörler vasıtasıyla özel eldivenler ile alınmaktadır.

Bu işlem sırasında operatörler, yüksek sıcaklığa maruz kalmakla beraber kasaya koyulan parçalar da çevreye ısı yayarak soğumaya devam etmektedir.



Şekil 2.3 Sıcak şekillendirilmiş parça örneği

3. MATERYAL VE YÖNTEM

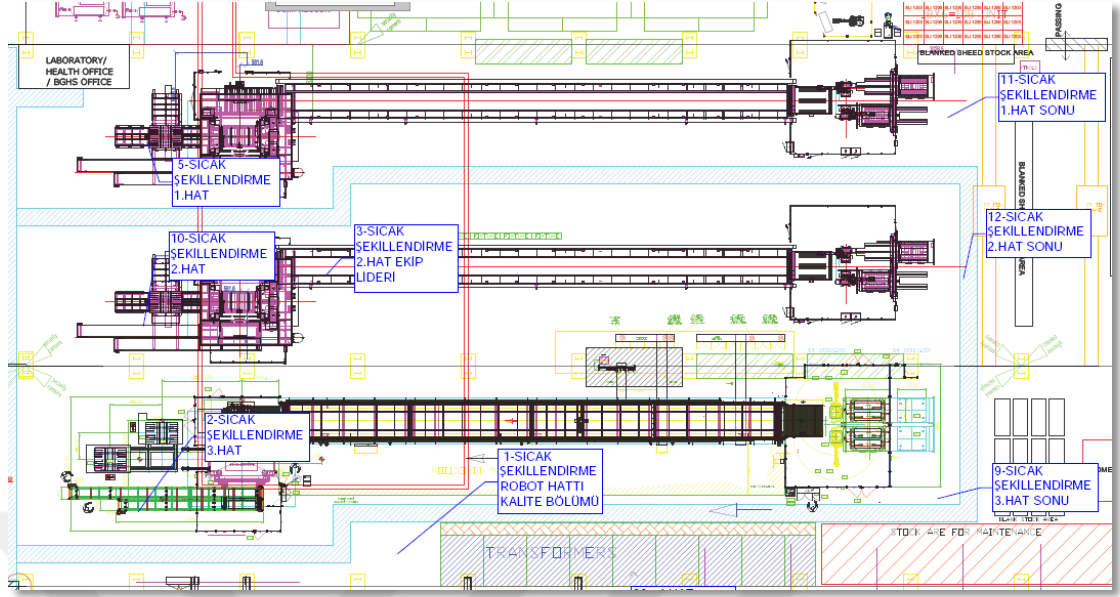
3.1. Çalışma Hakkında Kısa Bilgilendirme

Çalışmada Beyçelik Gestamp firmasının Demirtaş organize sanayi bölgesindeki lokasyonunda bulunan sıcak şekillendirme hatları ile ilişkili 14 farklı alanda (Çizelge 3.1) ortam ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Termal konfor ölçümleri için TS EN ISO 7730 ile TS EN 27243 standartları kullanılmıştır. Ölçümler, 26.06.2018-28.06.2018 tarihleri arasında mesai saati boyunca (08:00-18.00) yapılmıştır.

Yapılan ölçümler sonrasında, termal konforsuzluğun yüksek olduğu 2 bölgede, “soğuk yelek” uygulanmıştır. Soğuk yeleğin çalışan üzerinde etkilerini incelemek için yelekten önce ve yeleği giydikten sonra belirli saat aralıklarında vücudunun çeşitli bölgelerinin sıcaklığı ölçülmüştür. Bu çalışma, 26.06.2018-28.06.2018 tarihleri arasında yapılan ölçümlerdeki hava sıcaklığı ile benzer sıcaklıklarda olan 20.05.2019 ve 21.05.2019 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Termal konfor ortam ölçümleri ile benzer şartları sağlayacağı düşünüldüğünden bu tarihler özellikle seçilmiştir.

Çizelge 3.1. Ölçüm yapılan bölümler

NO	ÖLÇÜM YAPILAN BÖLÜMLER
1	Sıcak Şekillendirme Robot Hattı Kalite Bölümü
2	Sıcak Şekillendirme 3. hat
3	Sıcak Şekillendirme 2.hat Ekip Lideri
4	Sıcak Şekillendirme 4.Hat Ofis
5	Sıcak Şekillendirme 1.Hat
6	Sıcak Şekillendirme Robot Hattı MTR 204
7	4.Hat Sıcak Şekillendirme Ekip Lideri Alanı
8	Sıcak Şekillendirme 4.Hat
9	Sıcak Şekillendirme 3.Hat sonu
10	Sıcak Şekillendirme 2.Hat Kasalama
11	Sıcak Şekillendirme 1.Hat Sonu
12	Sıcak Şekillendirme 2.Hat sonu
13	Sıcak Pres Hattı Kalıp Bakım
14	Sıcak Şekillendirme Üretim Ofisi



Şekil 3.1. Ölçüm noktaları lay-out



Şekil 3.2. Sıcak şekillendirme hatları

Sıcak şekillendirme prosesine müdahale edilmesinden kaçınılması göz önünde bulundurularak atölyede ortamı serinletmek için çeşitli uygulamalar denense de yine de yaz aylarında kesin çözüme ulaşılamamıştır. Özellikle gün geçtikçe artan hat sayısı (Şekil 3.2) ile birlikte, hatların yanyana kurulmasıyla ortam sıcaklığı daha da artmıştır.

3.2. Tesiste Kullanılan Ölçümlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Yönetmelikler ve Standartlar

Bir işyeri ortamında dengesiz ısı etkilerinden olumsuz olarak etkilenmemek için, çalışma mahalinde ısı konfor şartlarına önem vererek uygun şartları sağlamak gerekir. Çalışma ortamında ısı konfor, beş duyu ile belirlenemediğinden; Bu konfor şartlarını sağlamak ve çalışma ortamının mevcut şartlarını belirlemek için gerekli ölçümler yapılır ve sonuçları değerlendirilir.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığına bağlı İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi (İSGÜM), çalışma ortamında termal konfor şartlarının belirlenmesine yönelik ölçümler yapmaktadır.

Tesiste yapılan ölçüm değerlendirmelerinde aşağıdaki mevzuat hükümleri dikkate alınmıştır.

- İşyeri, Bina ve Eklentilerinde Uygulanacak Asgari Sağlık ve Güvenlik Şartları (Resmi Gazete Tarihi: 17.07.2013 Resmi Gazete Sayısı: 28710)
- TS EN 7730 Orta dereceli termal ortamlar- PMV ve PPD indislerinin tayini ve ısı konfor için şartların belirlenmesi
- TS EN 27243 sıcak ortamlar- WBGT veya WBGTS indeksinin tayini ve ısı konfor için şartların belirlenmesi

Isı konfor ölçümleri sayesinde kişilerin maruz kaldığı termal memnuniyetsizliği/ termal konforu tahmin etmek için bir yöntem sunar. Termal Ortam Ergonomisi PMV ve PPD indekslerinin hesaplanması, kullanımı ve lokal termal konfor kriterlerinin değerlendirilmesi ile termal konforun analitik belirlenmesi ve yorumlanmasını sağlar.

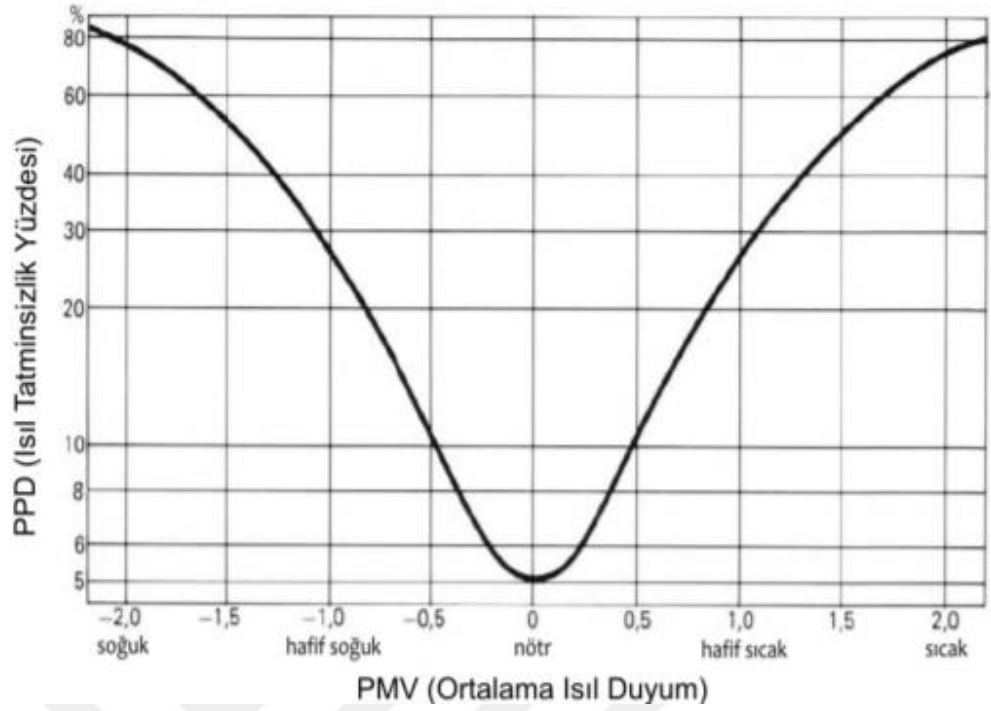
TS EN ISO 7730 standardına göre mahaldeki memnuniyetsiz kişilerin oranının maksimum %10 olması için, konforlu olduğu belirlenen bir mahalde PMV değerlerinin $\pm 0,5$ değerleri arasında olması gerekir.

Çizelge 3.2. PMV değerleri (Anonim 1993)

PMV Değeri	Tanım	Açıklama
3	Aşırı Sıcak	Bunaltıcı ve tolere edilemez
2	Sıcak	Çok sıcak
1	Hafif Sıcak	Tolere edilebilir, sıcak.
0	Nötr	Konforlu
-1	Hafif Serin	Tolere edilebilir, serin
-2	Serin	Çok serin
-3	Soğuk	Tolere edilemez, soğuk

PMV Değerleri 0 - 1 aralığında 'Hafif Sıcak', 1-2 aralığında 'Sıcak' ve 2-3 aralığında ise 'Aşırı Sıcak' olarak değerlendirilir (Çizelge 3.2.).

Ortamdaki insanların memnuniyetsizlik yüzdesini veren PPD değeri ile PMV değeri arasındaki ilişkiye bakıldığında (Bkz. Şekil 3.3), Ekici (2013)'ün Olesen (2005) 'in çalışmasından alıntı yaparak bildirdiği üzere, en konforlu ortamda bile insanların yüzde 5'inin ortamdan memnuniyetsiz olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3 PMV ve PPD değeri arasındaki ilişki (Ekici 2013)

PMV değeri -2 ile +2 aralığında ise TS EN ISO 7730 standardı ile ölçüm yapılır. PMV değeri -2 ile +2 dışında bir değer ise ölçüm stratejisi değiştirilir. PMV değeri +2 üzerinde olduğu ortamlarda (çok sıcak ortamlar) için kullanılan TS EN 27243 standardı kullanılır.

TS EN ISO 7730 standardı ılıman ortamlarda kullanılacak bir standarttır. İki ana kısımdan oluşan bu standardın ilk kısmı kişisel, ikinci kısmı bölgesel memnuniyetsizlik başlıkları altında toplanabilir.

Günümüzde PMV (Tahmin Edilen Ortalama Oy) ve buna bağlı olarak elde edilen PPD (Kişisel Memnuniyetsizlik Yüzdesi) indeksleri kişisel PMV ve PPD, TS EN ISO 7730 (TS EN ISO 7730, 2005) tarafından kullanılan ana indekslerdir. PMV'nin hesaplanması çok kapsamlıdır ve birçok değişkenin hesaplanmasına bağlıdır (Denklem 3.1-3.6). Kullanılan değişkenler, iki ana başlık altında toplanır; nem, rüzgâr hızı, ortalama radyal sıcaklık ve kuru hava sıcaklığı meteorolojik değişkenlerdir. İkinci ana grupta ise giydikleri kıyafetlere bağlı olan kıyafet katsayısı ve yaptıkları işin ağırlığına bağlı olan metabolik orandır.

$$f_{cl} = 1 + 1.29 * I_{cl} \text{ eğer } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad (3.1)$$

$$f_{cl} = 1.05 + 0.645 * I_{cl} \text{ eğer } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad (3.2)$$

$$h_c = 2.38 * (t_{cl} - t_a)^{0.25} \text{ eğer } 2.38 * (t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 * \sqrt{V_{ar}} \quad (3.3)$$

$$h_c = 12.1 * \sqrt{V_{ar}} \text{ eğer } 2.38 * (t_{cl} - t_a)^{0.25} < 12.1 * \sqrt{V_{ar}} \quad (3.4)$$

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028 * (M - W) - I_{cl} * \{3.96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)\} \quad (3.5)$$

$$PMV = [0.303 * e^{(-0.036 * M)} + 0.028] * \{(M - W) - 3.05 * 10^{-3} * [5.733 - 6.99 * (M - W) - p_a] - 0.42 * [(M - W) - 58.15] - 1.7 * 10^{-5} * M(5867 - p_a) - 0.0014 * M * (34 - t_a) - 3.96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)\} \quad (3.6)$$

Burada;

M : Metabolik Oran (W/m^2)

W : Efektif Mekanik Güç (W/m^2)

I_{cl} : Kıyafet Yalıtımı ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)

f_{cl} : Kıyafet yalıtım alan faktörü

t_a : Kuru hazne (hava) sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_r : Ortalama radyal sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)

v_{ar} : hava akım hızı (m/sn)

p_a : kısmi buhar basıncı (Pa)

h_c : Konvektif ısı transfer katsayısı ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

t_{cl} : Kıyafet yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) anlamlarındadır.

Soğuk yelek ile yapılan denemelerde PMV değerinin teorik hesabı için denklem 3.6 kullanılmıştır. Buna bağlı olarak operatörün yaptığı iş, kasalama olarak tanımladığı için metabolik oran 120 W/m^2 olarak kabul edilmiştir. Mekanik iş, operatör çalışırken vücutta güç sarfettirici bir faaliyet olmadığından ihmal edilmiştir. Kıyafet yalıtımı (I_{cl}) ve kıyafet yalıtım alan faktörü f_{cl} ASHRAE standartlarına göre $1,01 (\text{m}^2 \cdot \text{K/W})$ ve $1,28$ alınmıştır (bkz. Çizelge 2.6). Kuru hazne sıcaklığı (t_a) mayıs ayında yapılan denemelerde atölyenin mevcut hava sıcaklığı, termal kamera ile ölçülerek dikkate alınmıştır. Hava şartlarının

çok benzer olması sebebiyle, ortalama radyal sıcaklık (t_r), kısmi buhar basıncı ve hava akım hızı (v_{ar}) 2018 yılındaki ölçüm değerleri ile benzer alınmıştır (bkz. Çizelge 4.2). Konvektif ısı transfer katsayısı (h_c) denklem 3.3 ve denklem 3.4' e göre hesaplanmıştır. Kıyafet yüzey sıcaklığı (t_{cl}), hava sıcaklığı ile operatörün ten sıcaklığına göre ortalama alınarak hesaplanmıştır.

PPD ise sadece PMV'nin kullanılması ile elde edilen memnuniyetsizlik indeksidir (3.7).

$$PPD = 100 - 95 * e^{(0.3353*PMV^4 - 0.219*PMV^2)} \quad (3.7)$$

TS EN 27243 standardında ölçülmesi gereken sıcaklık indeksi, ıslak hazne küre sıcaklığı (WBGT)'dir. Bu sıcaklık indeksinin hesabı için ölçülen değişkenler, küre sıcaklığı (T_g), doğal yaş-hazne sıcaklığı (T_{nw}) ve kuru hava sıcaklığı (T_a)'dır. Kış aylarında hava bulutsuz ve soğuk olsa da, yüzle güneşle temas ettiğinde hissedilen sıcaklık hissi ya da yazın buzluğu açıldığında, yüzde hissedilen serinlemeye neden olan sıcaklık, radyal sıcaklığa bağlı olan küre sıcaklığıdır. Nemli havalarda sıcaklığın etkisi daha çok hissedilir. Bunun hesaba katıldığı indeks ise doğal yaş hazne sıcaklığıdır. Kuru hava sıcaklığı ise termometrenin ölçtüğü sıcaklıktır. Güneş yükü olmayan iç ortamda ile dış ortamda çalışanlar ve güneş yükü olan dış ortamlarda çalışanlar için iki ayrı WBGT indeksi kullanılmaktadır. Bunlara bağlı olarak dış ortamda çalışanlar için kullanılan denklem, 3.8'dir (Yıldırım 2015).

$$WBGT_{dış} = 0,7 * T_{nw} + 0.2 * T_g + 0.1 * T_a \quad (3.8)$$

İç ortamlarda kullanılan indeksin dış ortamlarda kullanılan farkı ise katsayılar değil aynı zamanda kuru hazne sıcaklığının etkisinin hesaba katılmamasıdır.

$$WBGT_{iç} = 0,7 * T_{nw} + 0.3 * T_g \quad (3.9)$$

Meteorolojik etkenlerden başka diğer etken, metabolik orandır. İşin yürütümü sırasında çalışanların harcadıkları enerji metabolik oranlarla ifade edilmektedir. Yapılan iş ne kadar ağır, harcanan enerji ne kadar fazla ise bu oran da o kadar büyüktür.

TS EN 27243 standardında, çizelge 3.3’de görüldüğü üzere, ısı baskı indeksinin referans değer çizelgesine göre her biri için farklı metabolik oran aralıkları vardır. Bu aralıklar için önerilen, hava akımına, kişinin çalıştığı ortamın sıcaklığına alışık olup olmamasına ve metabolik oran aralıklarına göre 18 ile 33 derece arasında değişen farklı WBGT değerleri (bkz. Çizelge 3.3) mevcuttur (Yıldırım 2015). Ölçümlerde bu değerler referans alınır ve ilgili standarda göre yorumlanması sağlanır.

Çizelge 3.3. Isının çalışanlara etkisinin TS EN 27243 WBGT indeksine göre tahmini(Anonim 1989)

Metabolik oran sınıfı	Metabolik oran, M		WBGT'nin referans değeri			
	Bir birim deri yüzey alanıyla (M/m^2)	Toplam (1,8 'lik ortalama deri yüzey alanı için) W	Isıya alıştırmış kişi °C		Isıya alıştırmamış kişi °C	
0 Dinlenme	$M \leq 65$	$M \leq 117$	33		32	
1	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	30		29	
2	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	28		26	
3	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	Hissedilmeyen hava hareketi 25	Hissedilir hava hareketi 25	Hissedilmeyen hava hareketi 22	Hissedilir hava hareketi 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

TS EN 27243 standardında WBGT referans değeri, ısıya alıştırmış kişi ve ısıya alıştırmamış kişi olarak iki gruba ayrılmaktadır. Isıya alıştırmış kişi ifadesi çalışma ortamında uzun süredir çalışan ve ortama alışık kişilerin yani adapte olmuş çalışanları ifade etmektedir. “Isıya alıştırmamış kişi” için de tam tersi durum geçerlidir. Ortamda daha önce bulunmamış ve ısıya adapte olamayan kişiler, bu sınıfta değerlendirilir. Fabrikada yapılan ölçümlerde WBGT referans değeri “ ısıya alıştırmış kişi” sınıfında değerlendirilmiştir.

Vücut içerisinde tüketilen toplam enerji miktarını gösteren metabolik oran ve değerlerinin endüstride birçok çalışma pozisyonuna göre sınıflandırılması TS EN 27243 standardında 4 sınıfa ayrılmıştır. Yapılan aktiviteler 65 ile 260 M/m^2 arasında değişen metabolik oran aralıklarına göre gruplandırılmıştır (Çizelge 3.3).

Atölyede çalışan kişilerin aktiviteleri, hat boyunca banttan kasaya parça taşınması ve göz ile kontrol gibi güç sarf etmek zorunda kalınmayan davranış türleri olduğundan, metabolik oranının “1 düşük metabolik oran” sınıfında olmasına karar verilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. TS EN 27243 Metabolik oran seviyelerinin tasnifi

Sınıf	Metabolik Oran Aralığı M		Ortalama Metabolik Oran Hesabı İçin Kullanılan Değer		Örnekler
	Bir Birim Deri yüzey Alanıyla İlgili (M/m^2)	1,8 m ² 'lik Bir Ortalama Deri Yüzey Alanı İçin (W)	W/m^2	W	
0 Dinlenme	$M \leq 65$	$M \leq 117$	65	117	Dinlenme
1 Düşük Metabolik Oran	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	100	180	Rahat Oturma: yazma, dikiş dikmek; küçük tezgâh aletleri, hafif malzemelerin kontrolü, montaj ve tasnifi; araç kullanma, pedal basma Ayakta: Matkapla delik açma; freze makinası; bobin sarma; küçük armatür sarma; düşük güçlü aletle şekil verme; hafif yürüme (saatte 3,5 km'ye kadar bir hızla)
2 Orta Metabolik Oran	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	165	297	Çekiçle çivi çakmak, dolgu yapmak; kamyon, traktör veya yapı ekipmanlarıyla yapılan arazi işleri; havalı çekiçle çalışma, traktör montajı, sıva yapma, nispeten ağır malzemenin zaman zaman durarak taşınması, ot temizleme, çapalama; hafif iki tekerlekli yük arabası veya tekerlekli el arabasının itilmesi veya çekilmesi; saatte 3,5 km ile 5,5 km arası bir hızla yürüme; demir döğme)
3 Yüksek Metabolik Oran	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	230	414	Kol ve bedenle yapılan ağır işler; ağır malzeme taşıma; kürek işleri; balyoz işleri; sert ahşabın testereyle kesilmesi, rendelenmesi veya keskiyle oyulması; elle çim biçme; kazı yapma; saatte 5,5 km ile 7,0 km arası bir hızla yürüme; ağır yüklenmiş çek çek

3.3 İşçi Sağlığı Açısından Yönetmeliğin İrdelenmesi

Çalışma ortamlarında gözetilen sağlık ve güvenlik önlemlerine ilişkin konular 17 Temmuz 2013 tarihli 28710 sayılı resmi gazete yayınlanmıştır. “İşyeri, Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik ” içerisinde EK-1 Ortam Sıcaklığı bölümündeki 19. ve 20. Maddeler iş yerlerinde termal konforu vurgulamaktadır.

19-)İşyerlerinde termal konfor şartlarının çalışanları rahatsız etmeyecek, çalışanların fiziksel ve psikolojik durumlarını olumsuz etkilemeyecek şekilde olması esastır. Çalışılan ortamın sıcaklığının çalışma şekline ve çalışanların harcadıkları güce uygun olması sağlanır. Dinlenme, bekleme, soyunma yerleri, duş ve tuvaletler, yemekhaneler, kantinler ve ilk yardım odaları kullanım amaçlarına göre yeterli sıcaklıkta bulundurulur. Isıtma ve soğutma amacıyla kullanılan araçlar, çalışanı rahatsız etmeyecek ve kaza riski oluşturmayacak şekilde yerleştirilir, bakım ve kontrolleri yapılır. İşyerlerinde termal konfor şartlarının ölçülmesi ve değerlendirilmesinde TS EN 27243 standardından yararlanılabilir.

20-)Yapılan işin niteliğine göre, sürekli olarak çok sıcak veya çok soğuk bir ortamda çalışılması ve bu durumun değiştirilmemesi zorunlu olunan hallerde, çalışanları fazla sıcak veya soğuktan koruyucu tedbirler alınır.

3.4. Kullanılan Ölçüm Standardı ve Cihazlar

TESTO 480 Çok Amaçlı Ölçüm Cihazı, iç hava/radyan sıcaklık, hava hızı, ve bağıl nem gibi parametreleri PMV/PPD ölçümleri içinde toplamaktadır (bkz. Şekil 3.4) Ölçümlerde 3 farklı çok amaçlı ölçüm cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.4 TESTO 480 çok amaçlı ölçüm cihazı

Küre sıcaklığı ölçüm probu, Küre sıcaklığı, 150 mm çapında, olabildiğince ince, mat siyah bir kürenin merkezine yerleştirilen bir sıcaklık algılayan sensördür, TCK Tipi, 0,+120 °C sıcaklık aralığına sahip radyan ısı ölçümü için kullanılır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Küre sıcaklığı ölçüm probu

Nem ve sıcaklık ölçüm probu, 0,100 %RH nem ve -20, +70 °C sıcaklık aralıklarında ölçüm alabilen probdur (bkz. Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Nem ve sıcaklık ölçüm probu

Türbülans seviyesi probu (Seri No: 02998652), 0, +50 °C sıcaklık 0, +5 m/sn rüzgâr hızı ve +700, +1100 hPa basınç çalışma aralıklarına sahip hava akım hızı ölçebilen probdur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Türbülans seviyesi probu (Seri No: 02998652)

Yaş hazne sıcaklığı ölçüm probu (Seri No: 02717881), +10,+60 °C sıcaklık aralığına sahip ıslak bir yüzeydeki buharlaşma sonucu oluşan hava ile denge sıcaklığını ölçen probdur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Yaş hazne sıcaklığı ölçüm prob

3.5. Soğuk Yelek Uygulaması

Sıcak ortamdaki işler için, tehlikeden korunmak adına koruyucu giysiler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, giyim vücut ve çevre arasındaki ısı değişimini etkiler. Isıya dayanıklı giysiler, nefes alamaz ve vücudun hava sirkülasyonu ile soğumasına izin vermez. Buna bağlı olarak giysi, ter buharlaşma süreçlerini etkiler ve bu durum hastalık riskini artırır. Dolayısıyla koruyucu giysiler terin ciltten buharlaşabileceğinden emin ve nefes alabilir olmalıdır.

Fabrikada beyaz yakalı personeller hariç özellikle sıcaklığa maruz kalan mavi yakalı çalışanların kıyafetlerinde, %100 Pamuk ring iplikten pike örgü kumaş kullanılmaktadır (Şekil 3.9). Fabrikada kullanılan iş kıyafetleri için giysi yalıtım değeri standartlarda 1,01 clo olarak belirlenmiştir (ASHRAE 2009)



Şekil 3.9 Çalışan kıyafeti

Artan sıcak şekillendirme hatlar ile birlikte azalan çalışma konforunu iyileştirmek için hem prosese müdahale etmeden hem de çalışanlara fayda sağlayacak yöntemler araştırılmıştır. Isıl konfor parametrelerinden biri olan giysi faktörü üzerine yoğunlaşılmasına karar verilmiştir. Sıcak şekillendirme hattında çalışan kişiler için yüksek sıcaklığa maruz kalma durumlarını iyileştirecek yöntemlerden biri olarak “soğuk yelek” uygulaması hedeflenmiştir.

Tasarlanan yelek, 3 katmanlı özel su tutabilen bir kumaştan yapılmıştır. İç katman polar, orta katman su geçirmez membran ve dış katman, suya kolaylıkla izin veren, hidrofilik özelliği olan, nefes alabilen bir kumaştır. Sıcak ortama maruz kalındığında orta katman suyu emer ve daha hızlı buharlaşmaya yardımcı olur. Üç tabaka kapitone / ultrasonik yapıştırma yöntemi ile birleştirilerek kompozit bir giysi elde edilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Soğuk yelek

Soğuk yeleğin vücut sıcaklığındaki etkisini incelemek için deneme, sıcak şekillendirme 3.hat sonunda ve 1. Hat sonunda banttan kasaya parça taşıyan operatörler için (bkz. Şekil 3.11) uygulanmıştır.



Şekil 3.11. 3.hat sonu

Soğuk yelek, buharlaşmalı soğutma konsepti üzerine çalışmaktadır. Suya batırılan yelekte depolanan su, insan vücudundan gelen ısı ile yelekten dışarıya buharlaşmaya başlamakta, böylelikle insan vücudunda sıcaklık düşüşü gerçekleşmiş olmaktadır.

Uygulamadan önce yelek su dolu bir kovaya batırılarak 5 dakika su içerisinde bekletilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Soğuk yelek uygulaması

İşe başlamadan hemen önce ve yelek giyildikten hemen sonra çalışanın vücut sıcaklığı Thermoval duo scan markalı termometre ile ölçülmüştür (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Vücut sıcaklığı ölçümü

Kullanılan termometrede ölçüm hassasiyeti $\pm 0,1$ °C'dir. Hava nemi %30 ile %85 aralığında, hava sıcaklığı 10°C ile 40 °C arasında olduğu koşullarda kullanımı uygundur.



Şekil 3.14. Vücut Sıcaklığı ölçümünde kullanılan termometre

İnsan vücudunda ölçümler, günün belirli saat aralıklarında da gerçekleştirilmiştir. Çalışanın, yelekten önce ve yeleği giydikten 5 dakika sonra alın, boyun ve bilek bölgelerinden dijital termometre vasıtasıyla değerler ölçülmüştür. Çalışanın mola saatleri de dikkate alınarak yeleği giydikten 1 saat, 2 saat ve 3 saat sonraya kadar ölçümler devam ettirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Termal Ölçüm Sonuçları

Termal konfor PMV, PPD ölçümleri TS EN ISO 7730 standardı, WBGT - WBGTS ölçümleri TS EN 27243 standardı esas olarak gerçekleştirilmiştir. PMV parametresi, mahaldeki şartlar kişiden kişiye göre farklı değerlendirildiğinden öznel bir tanımdır.

PMV değerine göre ölçüm stratejisi belirlenir. PMV değeri -2 ile +2 arasında ISO 7730, +2 üzerinde ise TS EN 27243 standardı kullanılır. PPD parametresi, mahaldeki insanların % kaçının o mahalden rahatsız olmayacağını yorumlar.

PMV değeri +2 üzerinde olduğu durumlarda TS EN 27243 standardı kullanılır. WBGT, ısı baskısını altındaki insanın konfor şartlarını yorumlayan indekslerden biridir. Güneş yükünün olduğu durumlarda ise WBGTS ölçülür.

Çalışma ortamının termal konfor şartları belirlenirken iki temel bileşen olan çevresel ve kişisel faktörler kullanılmıştır. Ölçümler yapılırken ölçüm cihazına ısı konfor üzerinde etkisi olan giysi yalıtım katsayısı ve işçilerin metabolik hız değerleri (bkz. Çizelge 4.1) girilmiştir.

Fabrikada gerçekleştirilen termal konfor ölçümü gerçekleştirilen 1, 2, 3 ve 4 sıra no'lu noktalarda, PMV indeksi ± 2 aralığı içerisinde olduğundan (bkz. Çizelge 4.1) TS EN ISO 7730 metodu kullanılmıştır.

TS EN ISO 7730 standardı esas alınarak yapılan değerlendirmeye göre 1, 2, 3 ve 4 sıra numaralı alanlar "sıcak" olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Deneysel termal ölçüm sonuçları- PMV- PPD

NO	ÖLÇÜM YAPILAN BÖLÜM	ÖLÇÜM TARİHİ	SICAKLIK (°C)	BASINÇ (hPa)	NEM (%Rh)	HAVA AKIM HIZI (m/sn)	PMV	PPD %	SONUÇ	CLO
1	Sıcak Şekillendirme 3. Hat	26.06.18	29,4	998,5	54,3	0,41	1,96	72,3	Sıcak	1
2	Sıcak Şekillendirme Robot Hattı Kalite Bölümü	26.06.18	23,4	998,4	54,3	0,41	1,95	69,4	Sıcak	1
3	Sıcak Şekillendirme 2.hat Ekip Lideri Alanı	26.06.18	29,2	998,8	48,8	0,32	1,79	63,1	Sıcak	1
4	Sıcak Şekillendirme 4.Hat Ofis	26.06.18	25,7	994,6	37,1	0,2	1,35	43	Sıcak	1

Tesiste 10 noktada TS EN ISO 7730 standardının gerekliliği sağlanamadığından, bu noktalar için WBGT değerleri (Bkz. Çizelge 4.2.) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Deneysel termal ölçüm sonuçları- WBGT

SIRALAMA	ÖLÇÜM YAPILAN BÖLÜM	BAŞ.-BİTİŞ TARİHİ	Ta (°C)	Tg (°C)	Tnw (°C)	NEM (%Rh)	HAVA AKIM HIZI	WBGT	REFERANS DEĞER
							(m/sn)		
1	Sıcak Şekillendirme 1.Hat	26.06.2018	33,5	35,7	23,3	45,7	0,24	27	30
2	Sıcak Şekillendirme Robot Hattı MTR 204	28.06.2018	33,9	38,3	22	40,2	0,14	26,9	30
3	4.Hat Sıcak Şekillendirme Ekip Lideri Alanı	27.06.2018	33,3	35,2	23	45,2	0,29	26,7	30
4	Sıcak Şekillendirme 4.Hat	27.06.2018	33,5	34,8	23	44,5	0,22	26,5	30
5	Sıcak Şekillendirme 3.Hat sonu	27.06.2018	32,8	34	23,1	46,8	0,22	26,4	30
6	Sıcak Şekillendirme 2.Hat Kasalama	26.06.2018	29,8	35	22,5	53,8	0,2	26,3	30
7	Sıcak Şekillendirme 1.Hat Sonu	26.06.2018	32,7	33,7	23	46,7	0,21	26,2	30
8	Sıcak Şekillendirme 2.Hat sonu	27.06.2018	32,3	34,1	22,8	47,2	0,17	26,2	30
9	Sıcak Pres Hattı Kalıp Bakım	28.06.2018	33,1	33,3	21,7	40,8	0,19	25,2	30
10	Sıcak Şekillendirme Üretim Ofisi	26.06.2018	26,9	33,7	17	39,5	0,15	22	30

TS EN 27243 standardına göre metabolik oran seviyelerinin tasnifi çizelgesinde, fabrikada çalışan personeller 1, düşük metabolik oran sınıfına koyulmuştur.

TS EN 27243 standardında belirtilen referans değerler belirtilen metabolik oran sınıfı “1” için ısıya alıştırmış kişi – 30 °C referans alındığında (Bkz. Çizelge 4.2.) WBGT değerlerinin altında kaldığı gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak; 10 nokta için ‘çok sıcak’ ile ‘tolere edilebilir sıcak’ arasında bir seviyede olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3. Yelek ile ölçüm zamanlarında teorik PMV-WBGT hesaplama sonuçları

ÖLÇÜM YAPILAN BÖLÜM	ÖLÇÜM TARİHİ	SICAKLIK	BASINÇ	TEORİK PMV	DENEYSEL PMV	T _{nw} (°C)	T _g (°C)	TEORİK WBGT	DENEYSEL WBGT	REFERANS
Sıcak Şekillendirme 3. Hat sonu 1.operatör	21.05.2019	29,8	998,5	2,48	2,43	22,5	34	25,95	26,3	30
Sıcak Şekillendirme 3. Hat sonu 2.operatör	21.05.2019	32,8	998,5	2,62	2,60	23,1	34	26,37	26,40	30
Sıcak Şekillendirme 1. Hat sonu 1.operatör	21.05.2019	29	998,5	2,12	2,01	22,5	33,7	25,86	26	30
Sıcak Şekillendirme 1. Hat sonu 2.operatör	21.05.2019	32,5	998,5	2,5	2,46	23	33,7	26,21	26,20	30

Yelek ile denemelerin olduğu Mayıs 2019 döneminde teorik olarak PMV ve WBGT hesabı sonuçları Çizelge 4.3’te belirtilmiştir. Haziran 2018 döneminde yapılan deneysel ölçümlerde olduğu gibi, Mayıs 2019 döneminde teorik olarak hesaplanan PMV değerleri de 2’nin üzerinde çıkarak ortamın konforsuz olduğu görülmüştür. Teorik olarak hesaplanan sonuçlar ile deneysel sonuçlar birbirine çok yakın çıkmıştır. Teorik hesaplamalarda, hava şartlarının çok benzer olması sebebiyle, ortalama radyal sıcaklık, kısmi buhar basıncı ve hava akım hızı deneysel hesaplamalar ile benzer alınmıştır. İki hesaplama arasındaki küçük farklılık, konvektif ısı transfer katsayısı ile kıyafet yüzey sıcaklığının farklılığından kaynaklanmaktadır. Teorik hesaplamalarda konvektif ısı

transfer katsayısı ve kıyafet yüzey sıcaklığı birbiri ile ilişkili iki bilinmeyenli denklem olduğundan, kıyafet yüzey sıcaklığı ortam sıcaklığı ile insan ten sıcaklığı arasında ortalama değer alınarak kabul edilmiş ve buna bağlı olarak konvektif ısı transfer katsayısı hesaplanmıştır.

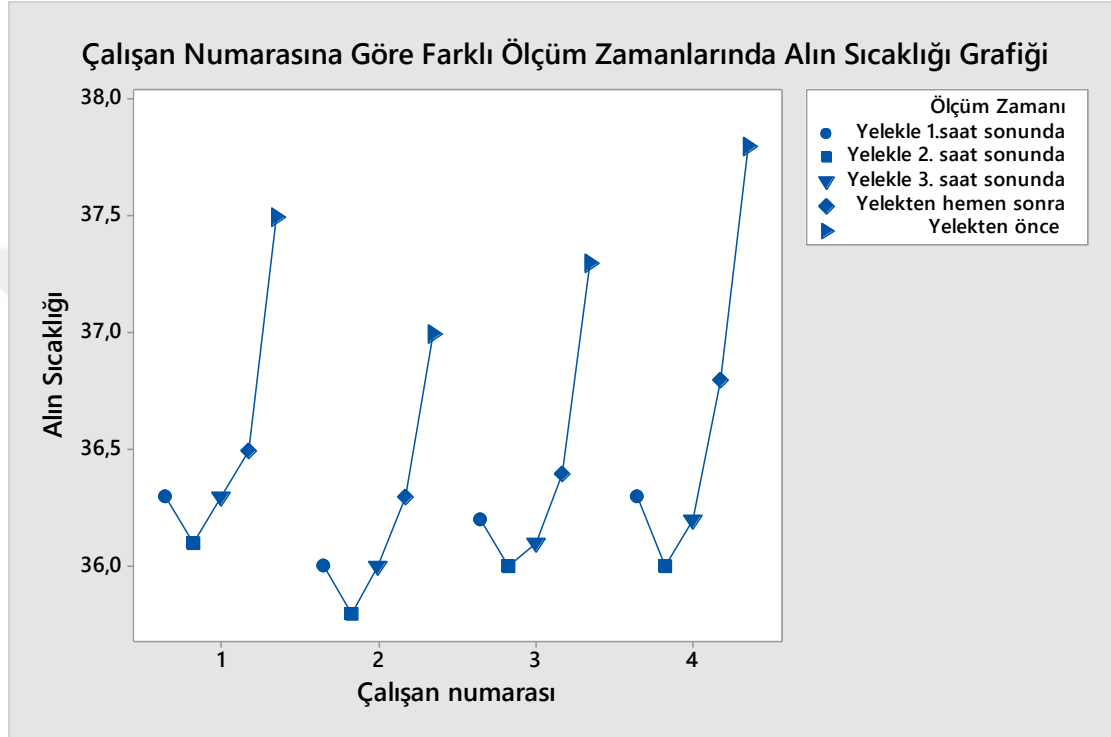
4.2 Soğuk Yelek Uygulaması Sonuçları

Çalışma sonrasında bu yelek ile vücut sıcaklığının 5 dakika içerisinde yaklaşık 1 derece düşmesi sağlanmıştır. Diğer ölçüm zamanlarında da vücut sıcaklığında düşüşü ile konfor sağlanmaya devam etmiştir (bkz. Çizelge 4.4). Ayrıca yeleğin ıslaklığı gün boyu korunmuş ve çalışan kendini konforlu hissetmiştir.

Çizelge 4.4 Soğuk yelekli ve yelek vücut bölümleri sıcaklık değişimi

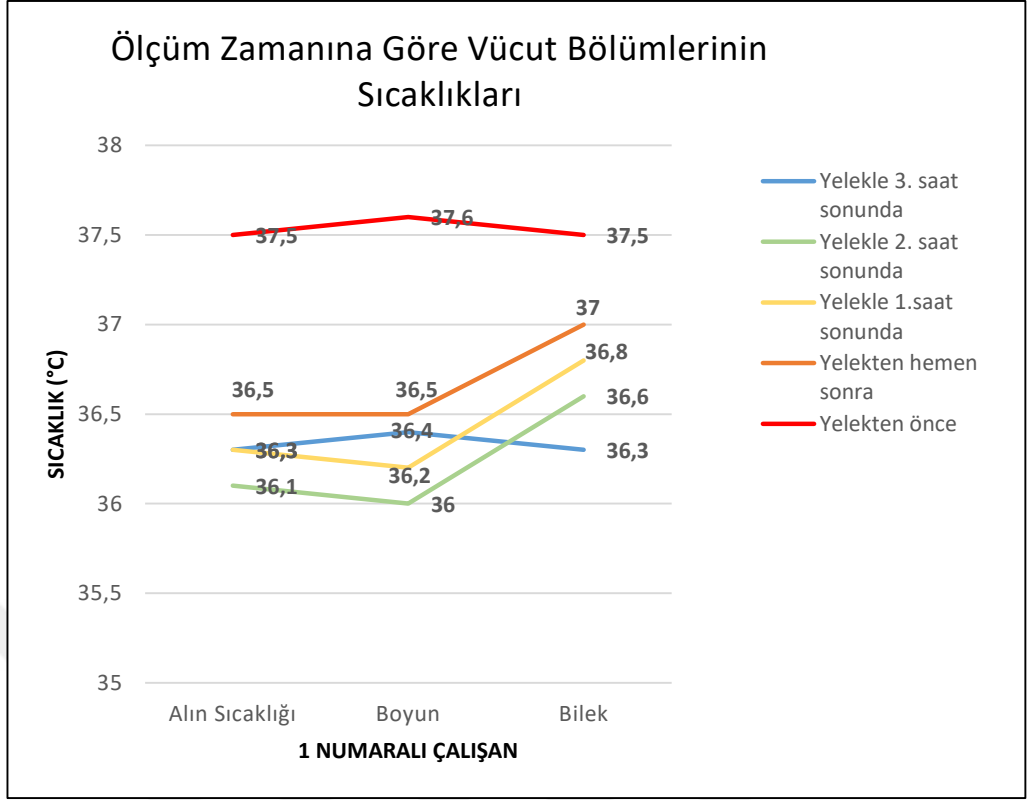
Çalışan numarası	Ölçüm tarihi	Ölçüm Saati	Çalışma ortamı	Giysi Yalıtım Katsayısı (Clo)	Ortam Sıcaklığı	Ölçüm Zamanı	Vücut Bölümleri		
							Alın	Boyun	Bilek
1	21.05.2019	09.00	3.hat sonu	1	29,8°C	Yelekten önce	37,5°C	37,6 °C	37,5 °C
						Yelekten hemen sonra	36,5 °C	36,5 °C	37,0 °C
						Yelekle 1.saat sonunda	36,3 °C	36,2 °C	36,8 °C
						Yelekle 2. saat sonunda	36,1 °C	36 °C	36,6 °C
						Yelekle 3. saat sonunda	36,3 °C	36,4°C	36,3 °C
2	20.05.2019	13.18	3.hat sonu	1	32,3°C	Yelekten önce	37 °C	37,3 °C	37,1 °C
						Yelekten hemen sonra	36,3 °C	36 °C	36,5 °C
						Yelekle 1.saat sonunda	36,0°C	35,8 °C	36,4 °C
						Yelekle 2. saat sonunda	35,8 °C	35,7 °C	36,0 °C
						Yelekle 3. saat sonunda	36,0°C	36,1°C	36,4°C
3	21.05.2019	08.00	1.hat sonu	1	29°C	Yelekten önce	37,3°C	37,5°C	37,5°C
						Yelekten hemen sonra	36,4°C	37,0°C	36,8°C
						Yelekle 1.saat sonunda	36,2°C	36,8°C	36,5°C
						Yelekle 2. saat sonunda	36°C	36,7°C	36,4°C
						Yelekle 3. saat sonunda	36,1°C	36,9°C	36,5°C
4	21.05.2019	13.25	1.hat sonu	1	32,5°C	Yelekten önce	37,8°C	37,6°C	37,8°C
						Yelekten hemen sonra	36,8°C	37,3°C	37,2°C
						Yelekle 1.saat sonunda	36,3°C	36,9°C	36,8°C
						Yelekle 2. saat sonunda	36°C	36,1°C	36,2°C
						Yelekle 3. saat sonunda	36,2°C	36,4°C	36,2°C

Çalışanların alın sıcaklıklarındaki farklılıklarını kıyaslamak adına Şekil 4.1'e bakıldığında, yelek giyilmeden önce 4 numaralı çalışanın diğer çalışanlara göre daha yüksek vücut sıcaklığına sahip olduğu görülmüştür. Yelekten önce ve yelek giyildikten 3. Saat sonunda vücut sıcaklığı farkının en fazla olduğu çalışan ise yine 4 numaralı çalışandır.

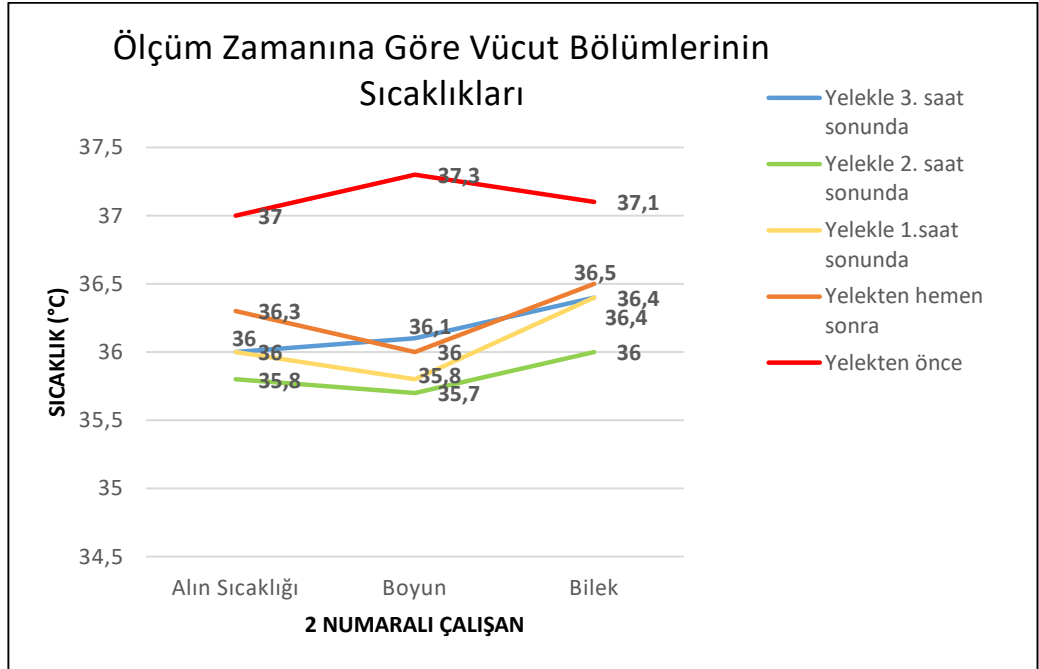


Şekil 4.1. Soğuk yecele ve yeleksiz çalışanların alın sıcaklığı dağılımı

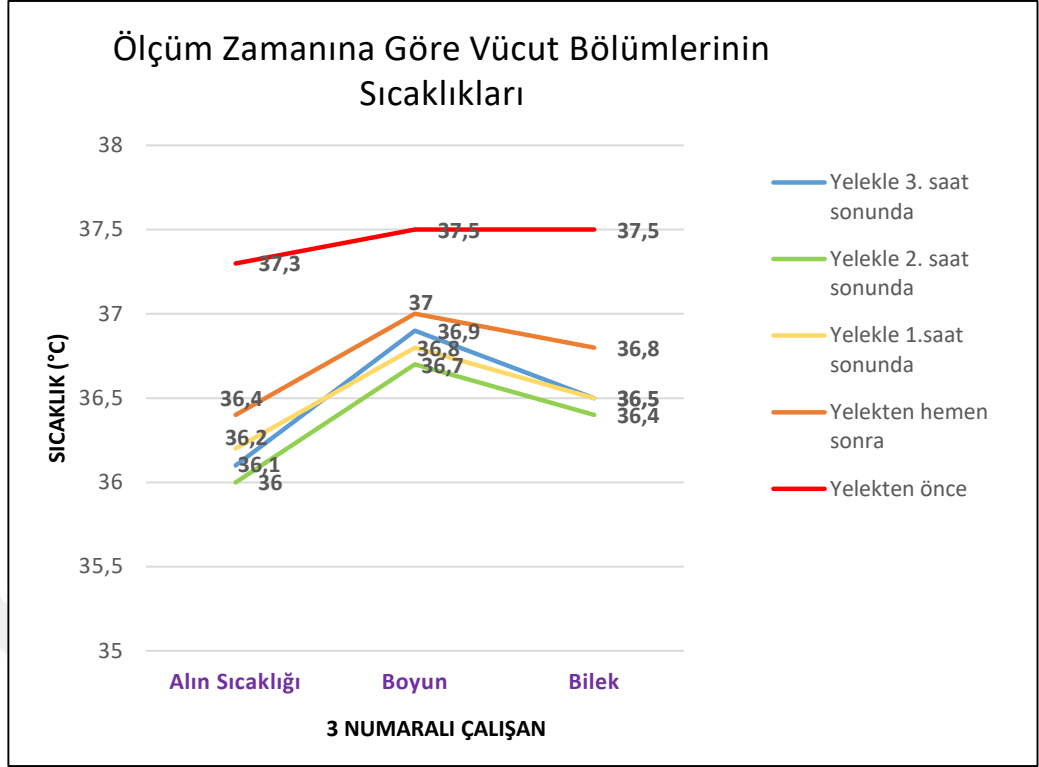
Her çalışanın farklı zamanlarda yapılan ölçümlerde farklı vücut bölümlerindeki (alın-boyun-bilek) sıcaklıklarına (Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5) bakıldığında, genel olarak bilek sıcaklığının alın ve boyun sıcaklığından fazla olduğu görülmektedir.



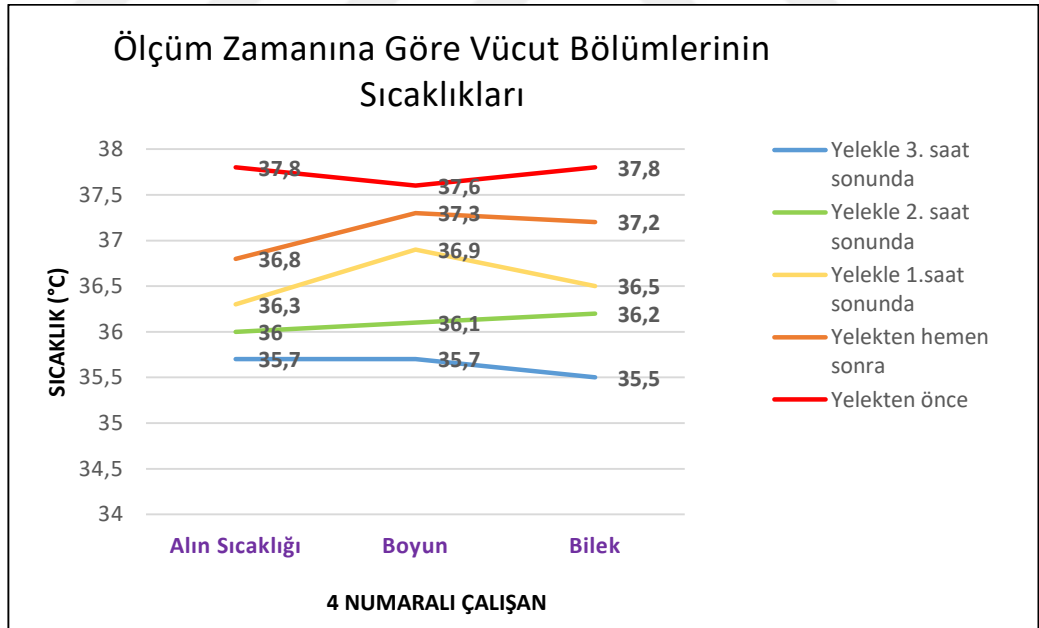
Şekil 4.2. 1 Numaralı çalışanın farklı vücut bölümleri sıcaklıkları



Şekil 4.3. 2 Numaralı çalışanın farklı vücut bölümleri sıcaklıkları



Şekil 4.4. 3 Numaralı çalışan vücut bölümleri sıcaklıkları



Şekil 4.5. 4 Numaralı çalışan vücut bölümleri sıcaklıkları

Soğuk yeleşin, vücut sıcaklığını düşürücü etki yaptığı atölyede yapılan denemeler sonucunda görülmüştür (bkz. Şekil 4.1).

5.SONUÇ

Sıcak Şekillendirme hattında yapılan bu çalışmada, fabrikada çeşitli alanların termal ölçümler ile ortam sıcaklıkları belirlenerek, termal konfor durumları araştırılmıştır. Bu kapsamda firmada araştırma konusu alanlar, şekillendirme hat boyu, hat sonu, üretim ofisleri ve bakım bölgesi olarak belirlenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular değerlendirilmiş, yüksek sıcaklığa maruz kalınan bölgeler için çözüm önerisi düşünülmüştür.

Fabrika içerisinde yapılan termal ölçüm sonuçlarına göre, en sıcak bölgenin sıcak şekillendirme 1. hat olduğu görülmüştür. 14 farklı alanda yapılan ölçümlerde, 10 alanın PMV değerlendirme tablosuna göre “çok sıcak” olduğu ve bu nedenle WBGT indeksine bağlı olarak ölçüm yapılması gerektiği belirlenmiştir. Diğer 4 alanda ise yapılan ölçümlere göre PMV değerlendirme tablosunda “2” nolu seviyenin altında kaldığı ve “tolere edilebilir, sıcak” olduğu görülmüştür.

Ölçümlerin yapıldığı gün içinde en yüksek çevre sıcaklığı 30 °C iken çalışma ortamı sıcaklığı 32,5 °C olarak ölçülmüştür. 32,5 °C olan sıcaklığın kişinin çalışma alanında zaman zaman farklı noktalardan bakıldığında 41°C-41,5°C olduğu da gözlemlenmiştir.

4 farklı kişi üzerinden sabah ve öğleden sonra yapılan 2 günlük ölçümlerde yelekten önce kişilerin vücut sıcaklığı ortalama 37,4 °C iken, yelege giydikten 3 dakika sonra vücut sıcaklığı ortalama 36,5 °C seviyelerine inmiştir. 1. saat ve 2. saat sonunda yapılan ölçümlerde ise vücut sıcaklığının düşüşünün devam ettiği görülmüştür. 3. saatin sonunda hafif derecede vücut sıcaklığında artış görülse de vücut sıcaklığı ortalama 36,1 °C seviyelerinde korunmuştur. Kişinin vücut sıcaklığında, yelege ilk giydiği zaman ile paydos zamanı arasında geçen sürede toplam da 1,3 °C azalma sağlanmıştır.

Bu veriler doğrultusunda ısı konforunun sağlanması adına soğuk yelegen kullanılması, çalışanlara fayda sağlayacağı yapılan vücut sıcaklığı ölçümlerinde görülmüştür. Özellikle havalandırma sisteminin olmadığı, pres içlerinde arıza tamir durumunda çalışan operatör, daha fazla sıcaklığa maruz kalmasına rağmen, ortam şartlarını iyileştirmeye yönelik

vantilatör gibi araçlardan uzak kaldığı için, ortamda çalışırken termal konforu sağlaması adına “soğuk yelek” kullanması çözüm olarak düşünülmektedir.

Bunun dışında termal konforu sağlamak adına aşağıdaki öneriler verilebilir;

- Çalışanların kıyafetleri, ortam sıcaklığına uygun ve terin deriden rahatça uzaklaşmasına olanak sağlayacak cinsten seçilmelidir.
- Çalışma alanı genişletilerek ya da makina, ekipman yoğunluğu azaltılarak ısı kaynaklarının çalışma alanına etkisi azaltılmalıdır.
- Doğal havalandırmanın kullanılmadığı işletmelerde, hava akım ve ısı transferi mekanizmaları simülasyon yardımı ile belirlenebilir. Uygun havalandırma veya iklimlendirme sistemleri kurulabilir.
- Çalışma ortamındaki nemi azaltmak için buhar kaçakları önlenmeli, yerler kuru tutulmalıdır.
- Isıl işlemin yapılmadığı ancak üretim hattının devamı olan işleme ve kalite kontrol bölümleri diğer bölümlerden uygun malzemelerden yapılmış duvarlarla ayrılmalıdır.
- Yeni başlayan ya da işten uzun süre ayrı kalmış çalışanların sıcak çalışma ortamına alışabilmeleri için yeterli zaman (yaklaşık 15 gün) verilmelidir. Ayrıca, iş kazası oranlarının en fazla olduğu hafta başı ya da vardiya başlangıçlarında, çalışma süresi ilk çalışma gününden itibaren kademeli olarak artırılmalıdır.
- Gün içindeki mola sürelerinin sıklığı artırılmalıdır.
- Çalışanlar, ihtiyaç duydukları anda soğuk bir yere gidip mola vermeleri konusunda teşvik edilmeli ve fazla miktarlarda sıvı tüketmeleri sağlanmalıdır.
- Çalışanların, sarf ettikleri enerjiyi azaltmak, metabolizma hızlarını düşürmek amacıyla her takımdaki çalışan sayısı artırılabilir.
- Radyant ısıya maruziyeti azaltmak için koruyucu siperlik, uygun koruyucu gözlük kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1989.** ASHRAE handbook–Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, 8: 29.
- Anonim, 1993.** Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD Indices and Specification Of the Conditions For Thermal Comfort.
- Anonim, 2004.** Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy ANSI / ASHRAE Standard 55.
- Anonim, 2009.** ASHRAE Handbook Fundamentals.
- Atmaca, İ. 2006.** Isıl Konfor Parametrelerinin İnsan Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *Doktora tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Müh. Anabilimdalı, Bursa.
- Atmaca, İ., Kaynaklı, Ö., Yiğit, A. 2007.** Effects of Radiant Temperature on Thermal Comfort. *Building and Environment*, 42:3210-3220.
- Avcı A, Yiğit A. 1992.** Değişik Giysilerin Isı ve Kütle Transferi Özelliklerinin İnsan Konforu Açısından İncelenmesi, 2. Soğutma ve iklimlendirme Kongresi Bildiri Kitabı, s. 165-174, Adana.
- Baltaoğlu, C. 1988.** Çalışma Yerleri İçin Bir bilim Denetim Listesi Geliştirilme ve Çalışma Yerlerinin Değerlendirilmesi, 1.Ulusal Ergonomi Kongresi, M.P.M. Yayınları, Yayın No:372, Ankara.
- Butera, F., M. 1998.** Chapter 3–Principles of Thermal Comfort, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2: 39 – 66.
- Çakır, K., Sağır, E. 2002.** Kapalı Mahallerde Termal Konfor, Havalandırma Sistemlerinde Yeni Nesil Menfezler ve Seçim Kriterleri. *SAU Fen Bilimleri Dergisi*, 6(3): 46-54.
- Çınar, K. 2016.** Cam Üretim Sektöründe Termal Konfor Şartlarının Değerlendirilmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi*, Ankara.
- Daanen, H.,A.,M., Huang, X. 2003.** Driving Performance in Cold, Warm, and Thermoneutral Environments. *Applied Ergonomics*, 34: 597-602.
- Ekici, C. 2013.** PMV Metodu ile Isıl Konfor Ölçümü ve Hesaplanması, VIII Ulusal Ölçüm bilim Kongresi, Bildiriler Kitabı, s.1-5.
- Erkan, N. 1997.** Ergonomi. M.P.M. Yayınları, Yayın No:373, Ankara.
- Fanger, P., O.1970.** Thermal Comfort, Mc Graw - Hill, pp:1-180.
- Fountain M. Arens E. A., Tengfang X., Bauman F., Oguru, M. 1999.** An Investigation of Thermal Comfort at High Humudities, ASHRAE Transactions, 94: 94-102.
- Gagge, A.,P., Stolwijk, J., Nishi, Y. 1971.** An Effective Temperature Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Response. ASHRAE Transactions, 77(1): 247-262.
- Gagge, A.P., Fobelets, A.,P., Berglund, G. 1986.** A Standard Predictive Index of Human Response To the Thermal Environment. ASHRAE Transactions, 92(2B): 709 – 731.
- Hoof., J. V., Hensen, M. 2007.** Quantifying the Relevance of Adaptive Thermal Comfort Models in Moderate Thermal Climate Zones, *Building and Environment*, 42(1): 156-170.
- Horuz, İ., Yiğit, A. 1995.** Isıl Konfor Modellerinin İncelenmesi ve Karşılaştırılması, 10. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Ankara, s. 613-622.
- Huang J., Xu W. 2006.** A New Practical Unit for the Assessment of the Heat Exchange of Human Body with the Environment. *Journal of Thermal Biology*,31: 318-322.
- İmancı, C. 2014.** Döküm Atölyelerinde Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi, *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi*, Ankara.

- İsmail, A., R., Karagaratnan, S., K. 2013.** Thermal Comfort Findings: Scenario at Malaysian Automotive. *Thermal Science*, 17(2): 387-396
- Ivanov, K.,P. 2006.** The Development of The Concepts of Homeothermy and Thermoregulation. *Journal of Thermal Biology*, 31: 24-29.
- Kaynaklı, Ö., Yamankaradeniz, R. 2003.** Isıl Konfor için Gerekli Vücut Sıcaklıkları ve Ortam Şartları. *G.Ü Fen Bilimleri Dergisi*, 16(2):337-338.
- Kaynaklı, Ö., Yamankaradeniz, R. 2003.** Otomobil İçindeki Hava Hızı ve Hareketlerinin Isıl Konfor Şartlarına Etkisinin İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(3): 369-377.
- Kaynaklı Ö., Yiğit A. 2003.** İnsan Vücudu İçin Isı Dengesi ve Isıl Konfor Şartları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2): 9-17.
- Kaynaklı, Ö., Atmaca, İ., Kılıç, M. 2005.** Giysi Isıl Direnç Faktörünün İnsan Konforu Açısından Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makine dergisi*, 46(543): 20-28.
- Kaynaklı Ö. ve Yiğit A. 2003.** İnsan Vücudu İçin Isı Dengesi ve Isıl Konfor Şartları. *G.Ü Fen Bilimleri Dergisi*, 16(2): 327-338.
- Khan, M.,M.,K., Rasul, M.,G. 2007.** Thermal-Comfort Analysis and Simulation For Various Low-Energy Cooling-Technologies Applied to an Office Building in a Subtropical Climate. *Applied Energy*, Elsevier, 85(6): 449-462
- Koyun, T. 2016.** Seçilen Bir Ortam İçin Isıl Konfor Seviyesinin Belirlenmesi. *Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi*, 28(1),57-66.
- McQuiston, F.C., Parker, J., D. 1994.** Heating, Ventilating, and Air Conditioning Analysis and Design, New York, p.100 –136.
- Mogbel, A., M. 2004.** Analysis Of Human Thermal Comfort Using A Coupled Model For Predicting Human Body- Environment Heat and Mass Exchange. *Ph.D. Thesis*, Faculty of Mechanical Engineering, Old Dominion University, Virginia.
- Öngel, K., Mergen, K. 2009.** Isıl Konfor Parametrelerinin İnsan Vücudundaki Etkilerine Yönelik Literatür Taraması. *S.D.Ü. Tıp Fak. Dergisi*, 16(1):21-25.
- Parameswarappa, S. B., Narayana, J. 2017.** Assessment of Effectiveness of Cool Coat in Reducing Heat Strain among Workers in Steel Industry. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 21(1):30-35.
- Slater, K. 1985.** Human Comfort, Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher, Newyork.
- Toftum J., Fanger P. 1999.** Air Humidity Requirements for Human Comfort, ASHRAE Transactions, 99: 641-647.
- Tuncer, K. 2006.** Isıl Konforun Fanger Yöntemi İle İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Üzeyir, P. 2014.** Investigation of Thermal Comfort Parameters in Bus Design. *Ph.D. Thesis*, Faculty of Biotechnology, Fatih University, İstanbul.
- Yang W, Zhang G. 2007.** Thermal Comfort in Naturally Ventilated and Air-Conditioned Buildings in Humid Subtropical Climate Zone in China, China.
- Yüksel, N. 2005.** Günümüz Kamu Kurumlarında Yapısal Konfor Koşullarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Çalışma. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*,10(2):21-28.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tuğçe Turan Abi
Doğum Yeri ve Tarihi : Yıldırım-28.06.1991
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Bursa Anadolu Kız Lisesi
Lisans : Namık Kemal Üniversitesi
Yüksek Lisans :Uludağ Üniversitesi

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Beyçelik Gestamp A.Ş.(2014-Devam ediyor)

İletişim (e-posta) : tugceturan390@gmail.com

Yayınları :

Abi, T. T., 2018. Development of Manufacturing Method Non-Linear Pipe Parts. The International Conference on Materials Science Mechanical and Automotive Engineering and Technology,10-12 April, 2018, İzmir,Türkiye.

Abi, T. T., 2018. Development of Manufacturing Method Non-Linear Pipe Parts. 27th International Conference on Metallurgy and Materials, 23-25 May, 2018, Brno, Çekya.

Abi, T. T., 2018. Determining the Factor Parameters of Vertical Wall Curvature in Forming of High Strength Steels. International Conference on New Forming Technology,18-21 September, 2018, Bremen, Almanya

Abi, T. T., 2018. Factors Determining the Parameters Curvature in Vertical Wall. International Automotive Technologies Congress, 7-8 May, Bursa, Turkey.

Abi, T. T., 2019. Hybrid Quenching in Hot Stamping Prototype Process. The 4th International Conference on Modern Approaches in Science, Technology & Engineering , 15-17 February, 2019, Rome, Italy.

Abi, T. T., 2019. Springback Compansation with Using Two Different radius İn Bending U form Shape Sheet Metal Parts. 4th International Conference on Modern Approaches in Science, Technology & Engineering,15-17 February, 2019, Rome, Italy.