



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL SEKTÖRÜNDE TERMAL KONFOR ŞARTLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

İlknur ARPA AKINCA
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT

DİYARBAKIR- 2024



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL SEKTÖRÜNDE TERMAL KONFOR ŞARTLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

İlknur ARPA AKINCA
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT

DİYARBAKIR- 2024



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY

Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans İlknur ARPA AKINCA'nın hazırladığı “Metal Sektöründe Termal Konfor Şartlarının Değerlendirilmesi” başlıklı tez Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca kapsam ve bilimsel kalite yönünden değerlendirilerek Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT

Jüri Üyeleri

İmza

Jüri Başkanı Prof. Dr. Özgür AKKOYUN

Üye Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT

Üye Doç. Dr. Arzu EKİNCİ

Tarih:/.../2024

Bu tez Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/.../.... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

...../...../.....

Prof. Dr. Mahmut BALKAN
Dicle Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve tezimi Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzu standartlarına uygun bir şekilde hazırladığımı beyan ederim.

08/02/2024

İlknur ARPA AKINCA

İmza

TEŞEKKÜR

Öncelikle tüm yoğunluğuna ve akademik görevlerine rağmen anlayışlı ve teşvik edici yaklaşımıyla tez çalışmama zaman ayıran, benden bilgi, birikim ve tecrübelerini esirgemeyen, bana yol gösteren, proje boyunca beni sabırla yönlendiren ve motive eden, birlikte çalışmaktan onur duyduğum danışmanım sayın Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT hocama teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Meslek sevgisini aşıl原因, tecrübelerinden yaralandığım, bu mesleği seçmeme ve sevmeme sebep olan, bilgi birikimini ve mesleğine verdiği önemi örnek aldığım, projemi devam ettirirken çalışmalarına destek verip beni motive etmeye çalışan sevgili babam ve aynı zamanda hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Orhan ARPA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince yine aynı şekilde üzerimden manevi desteğini ve teşvikini esirgemeyen her zaman yanımda olan ve bu günlere gelmeme vesile olan canım annem Bircan ARPA 'ya sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BEYAN	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ.....	vii
1. ÖZETLER	1
1.1 Türkçe Özet.....	1
1.2 Abstract	2
2. GİRİŞ VE AMAÇ	3
3. GENEL BİLGİLER.....	5
3.1 Metal Sanayi	5
3.1.1 Sektörün Dünya'daki genel durumu	6
3.1.2 Sektörün Türkiye'deki genel durumu	8
3.2 Metal Üretim Sektörü	10
3.2.1 Üretim süreç ve teknolojileri	11
4. GEREÇ VE YÖNTEM.....	15
4.1 Demir ve Çelik Üretimi	15
4.1.2 Tehlikeler ve sağlık	16
4.1.3 Fiziksel tehlikeler.....	17
4.1.4 İş yerinde kimyasallar	18
5. BULGULAR.....	21
5.1 Isı Transferi	22
5.1.2 Isı İletimi	23
5.1.3 Konveksiyon	23
5.1.4 Radyasyon.....	24
5.1.5 Hava hızı	25
5.1.6 Nem.....	26
6. TARTIŞMA	27
7. SONUÇ.....	34
8. KAYNAKLAR.....	35

9.	ÖZGEÇMİŞ.....	38
10.	ORJİNALLİK RAPORU	39



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Dünya çelik üretimi	7
Şekil 2 Türkiye’de en son çelik üretim miktarları.	9
Şekil 3 Türkiye çelik haritası.	10
Şekil 4 Yüksek fırında çelik üretimi.	12
Şekil 5 Elektrik ark fırını	14
Şekil 6 Elektromanyetik spektrum.	25
Şekil 7 Çelik fabrikasında üretim sürecinin akış şeması.....	28
Şekil 8 Dört farklı iş yoğunluğu için ıslak termometre sıcaklığına bağlı olarak üretkenlik kaybı (%).	29
Şekil 9 Karabük demir çelik fabrikasında çalışanların KKD kullanım oranları.	30
Şekil 10 Kardemir de çalışanların verimlilik değişimleri	33

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1 Çelik üretiminde lider 10 ülkenin çelik üretimi (bin ton).	8
Tablo 2 Bir çelik fabrikası tesisi iş istasyonunda ısı stresi dağılımı için maruz kalma profilleri	28
Tablo 3 Hindistan’da bir çelik üretim tesisinde ölçülen ısı stresi değerleri.	30
Tablo 4 Kardemir çelik fabrikası kirletici emisyonları ve WHO limit değerleri.	32



KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ

EAF	: Elektrik ark fırını
FZİ	: Fizyolojik zorlanma indeksi
h	: Konvektif ısı transfer katsayısı
IGS	: Islak globe sıcaklığı
ISO	: Uluslararası standartlar organizasyonu
ITS	: Islak termometre sıcaklığı
k	: Malzemenin ısı iletim katsayısı
KKD	: Kişisel koruyucu donanım
L	: Mesafe
NO ₂	: Azotdioksit
NO _x	: Azotoksitler
PM ₁₀	: Aerodinamik çapı 10 µm veya daha küçük olan partikül madde
Q	: Transfer edilen ısı enerjisi
SO ₂	: Kükürt dioksit
T	: Sıcaklık
TOÇ	: Temel oksijen çelik üretimi
WHO	: Dünya sağlık örgütü
σ	: Stefan-Boltzman sabiti

1. ÖZETLER

Metal Sektöründe Termal Konfor Şartlarının Değerlendirilmesi

Öğrencinin Adı ve Soyadı : İlknur ARPA AKINCA

Danışmanı : Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT

Anabilim Dalı : İş Sağlığı ve Güvenliği

1.1.2 1.1 Türkçe Özet

Amaç: Çalışmanın amacı, metal sektöründe çalışanların termal konfor şartlarının mevcut durumunu araştırmak, olası olumsuz şartların oluşturabileceği olay, kaza ve meslek hastalıkları araştırılarak, alınması gereken önlemlerin belirlenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada özellikle metal ergitme işlemlerinin yapıldığı demir çelik endüstrisinde çalışma ortamındaki termal konfor şartları literatür incelenerek araştırılmıştır.

Bulgular: İnsan vücudu, çevresel değişkenlere, tepkinin uygun olmaması veya enerji seviyelerinin hayatta kalınabilecek sınırların ötesinde olması durumunda ölüme yol açabilecek dinamik bir etkileşim içinde tepki verir ve optimum durumu korumak için kaynaklarını kullanırken vücut üzerindeki gerilimi belirler. Termal ortam söz konusu olduğunda bu, kişinin çok sıcak mı, çok soğuk mu yoksa termal konforda mı olduğunu belirleyecektir. Hava sıcaklığı, radyant sıcaklık, nem ve hava hareketi, insanın termal ortamlara tepkisini etkileyen dört temel çevresel değişkendir.

Sonuç: Yüksek ısıya maruz kalmanın, yüksek ısıya maruz kalan endüstrilerdeki işçilerin sağlığı ve verimliliği üzerindeki olumsuz etkileri bulunmaktadır. İşçilere yönelik refah mekanizmaları ve işyerinde ısıya maruz kalmayı azaltmak için daha serin dinlenme alanlarına sahip iş yerleri tasarlayarak kurum içi önleyici politikalar ve müdahaleler oluşturma konusunda proaktif olunmalıdır. Yüksek sıcaklıkların olduğu iş yerlerinde ısı stresinin değerlendirilmesinde ITS ve fizyolojik zorlanma indeksleri en önde gelen uygulanabilir endeksler olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Metal sektörü, konfor şartları, ısı stres.

1.1.3 1.2 Abstract

Evaluation of Thermal Comfort Conditions in the Metal Industry

Student's Surname and Name :ARPA AKINCA İlknur

Adviser of Thesis :Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT

Department :Occupational Health and Safety

Aim: The aim of the study is to investigate the current state of thermal comfort conditions of workers in the metal industry, to investigate the incidents, accidents and occupational diseases that may be caused by these negative conditions, and to determine the precautions that need to be taken.

Material and Method: In this study, thermal comfort conditions in the working environment, especially in the iron and steel industry where metal melting processes are carried out, were investigated by reviewing the literature.

Results: The human body responds to environmental variables in a dynamic interaction that can lead to death if the response is inappropriate or energy levels are beyond survivable limits and determines the stress on the body while using its resources to maintain an optimum state. In the case of the thermal environment, this will determine whether the person is too hot, too cold, or in thermal comfort. Air temperature, radiant temperature, humidity, and air movement are the four primary environmental variables that influence human response to thermal environments.

Conclusion: Exposure to high temperatures has adverse effects on the health and productivity of workers in industries exposed to high temperatures. It should be proactive in creating in-house preventive policies and interventions by designing workplaces with cooler rest areas to reduce workplace heat exposure and welfare mechanisms for workers. ITS and physiological strain indices are considered the most prominent applicable indices in the assessment of heat stress in work places with high temperatures.

Key Words: Metal industry, comfort conditions, thermal stress.

2. GİRİŞ VE AMAÇ

İşyerinde uzun süreli aşırı sıcaklığa maruz kalan işçiler, ısı stresi riski altında olabilmektedirler. Isı stresi, işçilere yüklenen ısı yükünü tanımlar ve çevresel ısı yükü ile metabolik ısı yükünden oluşur. Çevresel ısı yükünün; hava sıcaklığı, nem, rüzgar hızı ve ortalama ışıınım sıcaklığı gibi dört iklimsel faktörü bulunmaktadır. Isı stresinin metabolik ısı yükü, işçilerin görevlerini yerine getirirken vücutlarında oluşmaktadır (1). Çelik haddehane endüstrisindeki işlemler, işçileri bir dizi tehlikeye veya işyeri faaliyetine veya koşullarına maruz bırakabilir; bu da olaylara, yaralanmalara, ölümlere, kötü sağlığa veya meslek hastalıklarına neden olabilmektedir (2). Çelik haddehane tesisi, işçilerin sürekli sekiz saatlik çalışma süresi boyunca yüksek sıcaklığa maruz kaldıkları bir çalışma ortamıdır. Çeşitli işlemler sırasında (örneğin, çıkarma, haddeleme, hurda eritme, döküm ve erimiş çelik üretimi gibi) çalışanlar yüksek ısıya maruz kalmaktadırlar.

Günümüzde ısı stresi göstergesinin hesaplanmasında Islak Termometre Küre Sıcaklık (ITKS) indeksi, kuru termometre, doğal ıslak termometre ve küre sıcaklığı gibi önemli çevresel faktörle kullanılmaktadır (3). ITKS indeksi aynı zamanda işçilerin metabolik iş yükünü ölçerek iş talebinin katkılarını ayarlanmış maruz kalma kriterleri olarak önermektedir. Isıyla ilişkili rahatsızlıklar, hafif ısı bitkinliği ve ısı krampından şiddetli ısıya bağlı duruma, ısı çarpmasına kadar değişebilmektedir. Yorgunluk, halsizlik, baş dönmesi, ısı döküntüleri, istikrarsız hareket ve ısı çökmesi gibi ısıya bağlı sağlık etkileri, işçilerin aşırı ısıya maruz kalmasına neden olmaktadır(4). Isı gerilimi, ısı stresine karşı fizyolojik tepkiler serisidir. Isı stresi koşullarında vücut sıcaklığı arttıkça ısıya bağlı hastalıkların gelişimi artmaktadır(5). Vücut sıcaklığı, kaslar tarafından üretilen ısıнын derin vücut dokularını ısıttığında yükselme eğilimindedir (6). Kalp hızının fizyolojik yanıtı, ısı stresi maruziyeti sırasında değerlendirildiğinde yükselir(7).Kan, cildin genişlemesine ve vücuda uygulanan ısıyı dağıtmak için cilde doğru akar, böylece vücuttaki kan debisi yükselme eğilimi göstermeye başlar, buna bağlı olarak kalp hızı yükselir (8). Sıcak ortamda cilt damarları genişler, ciltte kan akışı artar, cilt sıcaklığı yükselir ve ardından ciltten ısı yayılması artar. Cilt damarlarının genişlemesi aynı anda kan basıncının düşmesine neden olur (9).

Çalışmanın amacı, metal sektöründe çalışanların termal konfor şartlarının mevcut durumunu araştırmak, bu olumsuz şartların oluşturabileceği olay, kaza ve meslek hastalıklarını araştırarak, alınması gereken önlemleri belirlemektir.



3. GENEL BİLGİLER

Günümüzde modern endüstriyel ekonomilerin metallere yüksek oranda bağımlı olduğu tartışılmaz bir gerçek haline gelmiştir. Özellikle demir ve çelik günlük hayatımızda konut, ulaşım ve sağlık gibi temel ihtiyaçların karşılanmasında merkezi öneme sahiptir (10). Temel metal üretimi, cevher veya hurda kullanarak demirli, değerli ve diğer demir dışı metallerin eritilmesi veya rafine edilmesi gibi faaliyetleri içerir ve metalurjik teknikler kullanılmaktadır. Aynı zamanda, belirli kimyasal elementler ekleyerek saf metale metal alaşımları ve süper alaşımların üretimini de içerir. Genellikle külçe formunda olan ergitme ve rafine çıktısı, haddeleme, çekme ve ekstrüzyon işlemlerinde kullanılır; plaka, sac, şerit, çubuk, çubuk, tel, boru ve boş profiller gibi ürünleri yapmak için kullanılır; ayrıca erimiş halde döküm ve diğer temel metal ürünlerini yapmak için kullanılmaktadır (11).

İş sağlığı ve güvenliği tüm sektörlerde büyük bir önem arz etmektedir. Temel metal üretiminde ciddi yaralanma riskleri, erimiş metal gibi tehlikelerin varlığı nedeniyle genellikle daha yüksektir. Bu tehlikeler, metal endüstrisinin doğasından kaynaklanmakta ve işçilerin korunduğundan ve üretimin güvenli bir şekilde gerçekleştirilebildiğinden emin olmak için ciddi bir şekilde ele alınmalıdır. Bu nedenle, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), demir ve çelik endüstrisinde güvenlik ve sağlık uygulama yönergeleri ve demir dışı metallerde güvenlik ve sağlık uygulama yönergeleri geliştirmeye özellikle önem vermiştir, böylece endüstride yer alan herkese güvenlik ve sağlık kayıtlarını iyileştirme konusunda yardımcı olmaktadır (2).

3.1.2 Metal Sanayi

Temel metaller endüstrisi, demir, çelik, alüminyum ve diğer ara metal ürünlerinin üretimini içerir. Temel metaller endüstrisinin bazı ana ürünleri arasında çelik kirişler, alüminyum levhalar ve bakır teller bulunmaktadır.

Ham cevherleri ve metali eritmek ve şekillendirmek için fırınları ısıtmak için büyük miktarda enerji gereklidir. Temel metaller endüstrisinin bazı bölgelerinde, yakıt seçimi aynı zamanda önemli kimyasal faktörler tarafından da yönlendirilir; örneğin, demir eritme işleminde kullanılan koklaşabilir (veya metalurjik) kömürün ihtiyacı gibi. Bunun yanı sıra, enerji temel metaller endüstrisi için önemli bir girdi

olduğu gibi, metal ürünleri enerji sisteminin önemli bir parçasını oluşturur: ekipmanlar, boru hatları, teller ve yapı malzemeleri, madencilik, rafine ve elektrik endüstrileri tarafından enerji üretimi ve taşınması için kullanılmaktadır.

3.1.1 Sektörün Dünya'daki genel durumu

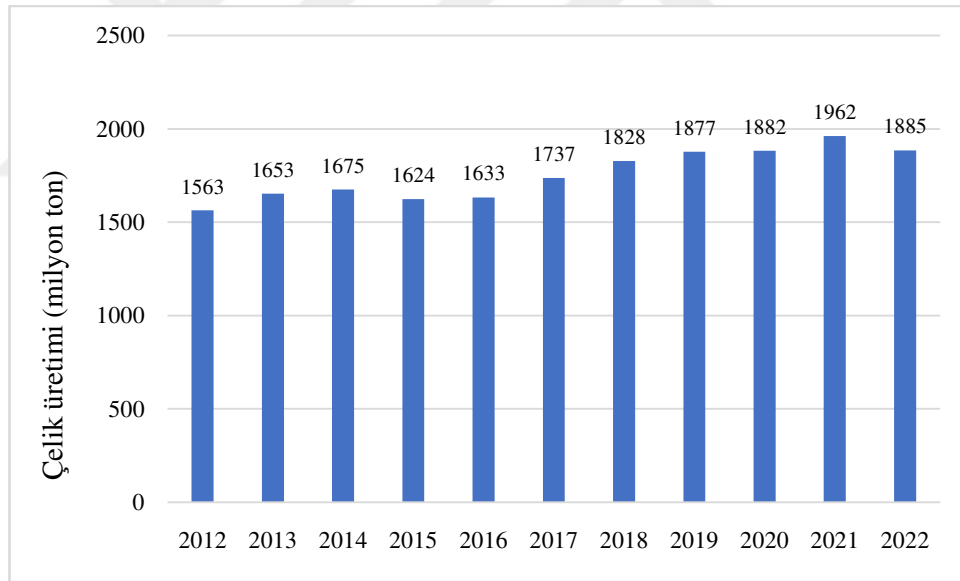
Çelik, endüstriyel üretimde en yaygın kullanılan hammaddelerden biridir. Küresel ekonomi genişledikçe, çelik talebi artar ve bu da daha yüksek arz ihtiyacını yaratır. Örneğin, son 15 yılda küresel paslanmaz çelik üretimi iki katından fazla artmış olup; 2005 yılında çelik üretimi 24 milyon metrik ton iken, 2021 yılında 58 milyon metrik tonun üzerine çıkmıştır. 2022 yılında dünya ham çelik talebinin tahmini olarak 1.8 milyar tondan fazla olduğu düşünülmektedir. Bu rakamın 2023 yılında daha da artması beklenmektedir, ancak küresel ekonomiler sürekli enflasyon, Çin'in ekonomik yavaşlaması ve önemli olarak Rusya'nın Ukrayna'ya saldırısı nedeniyle kötüleşmiştir. Ham çelik talebindeki artışın gelişmekte olan ülkeler tarafından yönlendirilmesi beklenmektedir. Küresel zorluklara rağmen, bu tür ülkeler iç ekonomilerinin yapısal gücü nedeniyle büyümeye devam edeceği tahmin edilmektedir. 2023 yılına gelindiğinde, gelişmekte olan pazarlardaki çelik talebinin 1.4 milyon metrik tonu aşacağı ve bu talebin büyük bir kısmının Çin ve Hindistan'dan gibi ülkelere geleceği tahmin edilmektedir.

Dünya genelinde ülkeler kullanılmış çeliği artan bir hızda geri dönüştürme kapasitelerini arttırmaya çalışmaktadır. 2021 yılında Çin'in çelik hurdası talebi 226.2 milyon metrik ton olarak gerçekleşmiş olup, bu durum diğer önde gelen pazarların en yüksek talebi olarak kayıtlara geçmiştir. Aynı yıl, küresel hurda çelik kullanımı 473.2 milyon metrik tondan yaklaşık 503.5 milyon metrik tona yükseldi. Türkiye' de ise yaklaşık 25 milyon metrik ton çelik hurdası ithalatını gerçekleştirmiştir. Hurda malzemeden çelik üretmek, birincil üretimden daha az enerji tüketmesine rağmen, çoğu durumda hala büyük ölçüde kirletici bir süreçtir(13).

Şekil 1' den görüleceği üzere Worldsteel (12) verilerine göre, 2015 yılında küresel ham çelik üretim kapasitesi 2.351 milyondan 2.384 milyon tona yükseldi. Son 2 yıldır büyüme hızı yavaşlayan Çin'in ham çelik üretim kapasitesinin, 1.140 milyon tondan 1.154 milyon tona arttığı tahmin edilmektedir. Worldsteel' in tahminlerine göre, dünya ham çelik tüketimi 1.66 milyar tondan 1.64 milyar tona düşmüştür. Bahsedilen veriler, 2015 yılında dünya genelinde yaklaşık 750 milyon ton

kapasitenin boş kaldığını göstermektedir. 2007 yılında fazla çelik kapasitesi 270 milyon ton iken 2015 yılında fazla kapasite neredeyse üçe katlandı ve dünya çelik endüstrisinin dengesini ciddi şekilde bozdu, ayrıca dünya çelik tüketimi büyümesinin yavaşlamasının olumsuz etkileriyle birleşti. Son 10 yılda Çin, toplam ham çelik kapasitesini %172 artırmış ve bu açıdan dünya çelik kapasitesindeki 1 milyon tonluk büyümenin yaklaşık %71'ini oluşturmuştur. Keskin kapasite artışı ve tüketim yavaşlaması sonucunda Çin'in fazla kapasitesi 450 milyon tona ulaşmıştır (12).

2007 yılındaki küresel finansal krizden sonra talep hızla düştü, bu nedenle Dünya çelik sektörünün kapasite kullanım oranları %85'ten başlayarak 2009'da %68,9'a kadar düşmüştür. 2014 yılında toparlanma trendinde olan kapasite kullanım oranı %73,4'e yükselmiştir. Üretim düşüşü paralelinde, dünya çelik endüstrisinin kapasite kullanımı %73,4'ten 2014'te %69,7'ye düşmüştür.



Şekil 1 Dünya çelik üretimi (12).

Tablo 1'de çelik üretiminde dünyanın önde gelen ilk on ülkesi verilmiştir. Ülkelerin 2023 Temmuz ayına kadar olan üretimleri göz önüne alındığında Çin 626,5 milyon ton ile birinci sırada, Türkiye'nin ise 18,8 milyon ton ile sekizinci sırada olduğu görülmektedir.

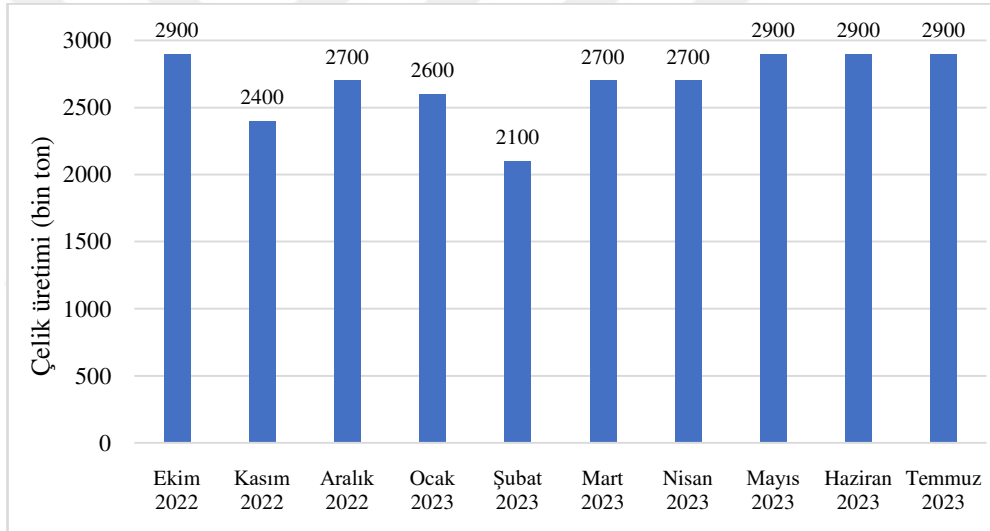
Tablo 1 Çelik üretiminde lider 10 ülkenin çelik üretimi (bin ton) (14).

Ülkeler	Temmuz 2023	Ocak- Temmuz 2023
Çin	90,8	626,5
Hindistan	11,5	79,9
Japonya	7,4	51,2
ABD	6,9	46,8
Rusya	6,3	44,2
Güney Kore	5,7	39,4
Almanya	3	21,5
Türkiye	2,9	18,8
Brezilya	2,7	18,6
İran	2	18,1

3.1.2 Sektörün Türkiye'deki genel durumu

2023 yılı itibari ile bugün Türkiye'de 26 adet elektrik ark fırın tesisi (EAF), 11 adet indüksiyon fırını tesisi ve 3 adet BOF (Bazik oksijen fırını) tesisi bulunmaktadır. Türkiye' nin çelik üretimi, 2015 yılında üst üste üç yıl düşüş göstermiştir. Öte yandan, 2009'daki küresel finansal kriz sonrasında ilk kez 2015 yılında küresel çelik üretimi düşmüştür. Dünya Çelik Birliği'nin verilerine göre, 2015 yılında dünya ham çelik üretimi, 1,67 milyar tondan 1,62 milyar tona %2,8 düşüş gösterdi. Üretimin tüm bölgelerde düşmesine rağmen, 15 çelik üretim ülkesi arasında sadece Hindistan'ın çelik üretimi artmıştır. Hindistan dışındaki diğer 14 çelik üretim ülkesinde üretim düşüşü yaşandı, ancak Ukrayna %15,6lık düşüş ile üretim oranları en çok düşen ülke olmuştur. ABD ise %10,5lik düşüş ile Ukrayna'yı ile takip etmiştir. Ukrayna ve ABD'den sonra %7,4'lük üretim düşüş oranıyla Türkiye, çelik üretiminde en büyük düşüş yaşayan üçüncü ülke olmuştur. Keskin düşüş nedeniyle Türkiye, dünyanın en büyük çelik üretim ülkeleri listesindeki yerini kaybetti ve 8. sıradan 9. sıraya düşmüştür. Önceki yıllarda Çin ve Asya, küresel ölçekte üretim trendini yükseltirken 2015 yılında dünya çelik üretimine tam tersi etki etmişlerdir. 2015 yılında toplam küresel çelik üretimi 48 milyon ton düştü, Çin'in ham çelik üretimi 19 milyon ton azaldı ve Asya 25.5 milyon ton düşüş yaşadı. 2015 yılında Çin, dünya ham çelik üretiminin %49,5'ini oluşturmuştur (13,14).

Türkiye, 2007-2012 döneminde Çin ve Hindistan'dan sonra üretim büyüme hızı açısından en büyük üçüncü ülke oldu. Aslında Türkiye, 2011 ve 2012'de en büyük üretim büyümesini gerçekleştirdi. 2011-2012'de çelik üretim hızını en hızlı artıran ülke olduktan sonra, Türkiye'nin üretim oranı 2013-2015 yılları arasında üst üste üç yıl düşmüştür. 2015 yılında Türkiye'nin ham çelik üretimi %7.4 düşerek 34.04 milyon ton'dan 31.52 milyon tona gerilemiştir. Son üç yılda Türkiye'nin ham çelik üretimindeki toplam düşüş %12.2'ye ulaştı. 2015 yılında kütük üretimi %5.6 düşerek 23.23 milyon tona, slab üretimi ise %12.1 düşerek 8.29 milyon tona geriledi. 2012 üretim seviyesi ile karşılaştırıldığında, kütük ve slab üretimi sırasıyla %14.1 ve %6.2 düşmüştür (13). Türkiye' de 2022 Ekim ve 2023 Temmuz zaman aralığında çelik üretimi miktarları Şekil 2' de, Türkiye çelik üretim haritası da Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 2 Türkiye'de en son çelik üretim miktarları (14).



Şekil 3 Yıllık kapasiteye göre Türkiye çelik haritası (14).

3.1.3 Metal Üretim Sektörü

Çelik, inşaat, araç üretimi, araçlar ve çeşitli diğer uygulamalar için en çok tercih edilen malzemelerden biridir. Demir ve krom gibi diğer elementlerle alaşım oluşturan bir malzemedir.

Çelik, yüzyıllardır üretilmektedir, ancak büyük ölçekli ticarileşme süreci yalnızca 19. yüzyılda başlamıştır. 1850'ler ve 1860'lar, farklı evrimsel tekniklerin gelişimiyle çelik üretim sürecini ana akım bir endüstri haline getirdi. İlerleyen teknolojik gelişmeler, enjeksiyon teknolojisinde ve süreç kontrolünde, çelik üretiminin seri hale gelmesini ve küresel ekonominin ayrılmaz bir parçası haline gelmesini kolaylaştırmıştır (11).

Eski çelik üretim süreci bloomeri (eskiden kullanılan bir tür metalürjik fırın) ve pota adı verilen araçlarda gerçekleştirilirdi. Sanayi Devrimi, büyük ölçekli çelik üretim yöntemlerinin geliştirilmesini getirdi.

Çelik üretimi, kaynak demirden azot, silikon, fosfor, kükürt ve karbon gibi safsızlıkların uzaklaştırılmasını, ayrıca manganez, nikel, krom vb. gibi diğer elementlerin alaşım yapılmasını içerir. Bu şekilde farklı derecelerde çelikler üretilir.

3.1.4 Üretim süreç ve teknolojileri

Modern çelik endüstrileri, yeniden kullanılan malzemeleri ve geleneksel hammadde olan demir cevheri, kömür ve kireçtaşı kullanır. Günümüzde üretilen çeliklerin neredeyse tamamı temel oksijen çelik üretimi (TOÇ) ve elektrik ark fırınları (EAF) gibi iki işlem kullanılarak üretilir.

Çelik, inşaattan üretime kadar bilinen her endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Çelik talebi her yıl artmaktadır. Çelik güçlüdür, ucuzdur ve modern dünya çelik olmadan düşünülemez. Çelik, çimento sonrası dünyanın en fazla üretilen ikinci ürünü olduğu çalışmalarla gösterilmiştir. Çelik çevre dostu, geri dönüştürülebilir, sürdürülebilir ve çeşitli şekil ve formlarda üretilir.

Çelik, temel elementler olarak demir ve karbon (0.002 ile 2.14%) içeren bir demir alaşımdır. Mangan, silikon, krom, nikel, fosfor, oksijen, molibden, bor, kobalt gibi diğer elementler istenilen özellikleri elde etmek için bulunabilir veya amaçlı olarak eklenir. İnşaat, gemiler, silahlar, demiryolları, binalar, araçlar, makineler gibi birçok alanda kullanılır. Çelik, iki kristal yapıya sahiptir: gövde merkezli kübik ve yüz merkezli kübik. Alaşım yapısı neye göre değişirse çeliğin yoğunluğu da 7.750 ile 8.050 kg/m³ arasında değişir. Çelik dayanıklı, sert, dayanıklıdır, iyi bir dayanıklılığa sahiptir ve darbeye dayanabilir (15).

Çelik üretmek için öncelikle demir cevheri bir fırında ısıtılır ve eritilir. Eritilmiş demirden yabancı maddeler uzaklaştırılır. Karbon ve diğer gerekli alaşım elementleri eklenerek çelik üretilir (16). Günümüzdeki çelik üretimi çok gelişmiş ve özelleşmiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan iki süreç vardır:

1. Yüksek Fırın
2. Elektrik Ark Fırını.

Bir yüksek fırın, ısıya dayanıklı tuğla ile kaplı büyük bir çelik silindirdir. Bir yüksek fırında çelik üretimi sürekli bir süreçtir. Bu nedenle, çelik üretimi başladığında, üretim refrakter kaplama hasar görene veya talep düşene kadar yıllarca devam eder. Yüksek fırında çelik üretimi Şekil 4'ten de görüleceği üzere iki aşamadan oluşmaktadır.



Şekil 4 Yüksek fırında çelik üretimi (17).

Çelik üretiminde, doğrudan ark dirençli elektrik fırını kullanılmaktadır. Bu tür elektrik ark fırınında, elektrotlar ile yük arasında oluşan ark, ısı üretmek için kullanılır. Direnç, akımın yükten geçişine sağlar (Şekil 5). Elektrik ark fırınının işletilmesi için iki yöntem bulunmaktadır:

- A. Temel (bazık) yöntem.
- B. Asit yöntemi.

Temel yöntem, bazık astarlı bir fırında gerçekleştirilir. Yüksek kaliteli takım çeliği, alaşım ve özel çeliklerin, ingot formunda üretimi temel yöntemde idealdir. Temel yöntem aynı zamanda çelik dökümlerinin üretimi için de kullanılır. Buna karşılık, silika astarlı bir fırın tabanıyla çalışan asit yöntemi daha çok çelik dökümlerinin üretimi için kullanılır.

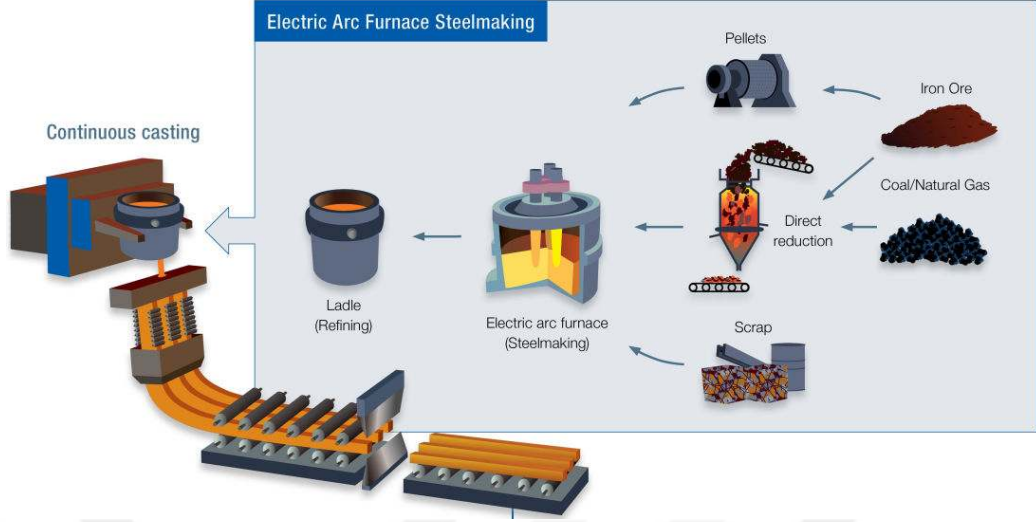
Temel Yöntem: Temel elektrik ark çelik üretim sürecinde geniş bir çelik hurdası yelpazesi kullanılır. Normal çelik üretim prosedürü, hurdanın eritilmesi ve "erime sonunda" iyi bir karbon kaynamasını sağlamak için kırık elektrotlarla kok, antrasit veya kırık elektrotlarla yeniden karbonlandırılmasıdır. Genel olarak dökme demir kullanılmaz.

Asit Yöntemi: Asit astarlı elektrik ark fırınları, çelik dökümhanelerinde çok sınırlı bir uygulamaya sahiptir ve çoğunlukla çelik dökümleri için kullanılır. Asit fırınları, kükürt ve fosfor açısından düşük seçilmiş hurda ve hammadde gerektirir. Birçok dökümhanede, asit fırınları dökümhanede ortaya çıkan hurdanın yeniden eritilmesi için kullanılırken, temel astarlı fırınlar, çeşitli hurdanın düşük kükürt ve fosfor içeren çeliğe dönüştürülmesi için kullanılır.

EAF' ların ana girdisi çelik hurdalar olup, aynı zamanda katılaşmış demir veya sünger demiri de eritebilirler. EAF' lerin tipik kapasitesi yaklaşık 1.5 milyon ton yıllık üretimdir. Ana bileşenler arasında grafit elektrotlar bulunur. Metalin erimesi için gereken ısı, elektrotlar metalle temas ettiğinde oluşan elektrik arkından gelir. Ark sıcaklıkları 3.500 dereceye kadar çıkabilirken, erimiş metal sıcaklığı yaklaşık 1.800 derecedir.

EAF' lar temel ürünlerden, betonarme çelik çubuğa kadar tüm çelik türlerini üretebilirler. Ayrıca esneklik ve daha küçük kapasiteler avantaj sağlayan paslanmaz ve yüksek alaşımlı özel çelikler gibi ürünler de üretebilirler. Döküm ve haddeleme gibi ileri işlem adımları, temel fırın yöntemi ile benzerdir.

AB çeliğinin %40'tan fazlası EAF üretim yoluyla üretilmektedir.



Şekil 5 Elektrik ark fırını (17).

4. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada özellikle metal ergitme işlemlerinin yapıldığı demir çelik endüstrisinde çalışma ortamındaki termal konfor şartları literatür incelenerek göz önüne alınmıştır. Çelik endüstrisi, bulunduğu bölgedeki en fazla istihdam sağlayan sektörlerdir ve bulundukları şehrin ekonomisi bu endüstrilere dayanmaktadır. Yapılan araştırmada İşçilerin çalışma saatleri günde 8 saat olup, bazı tesislerde üretimin en yoğun olduğu günlerde 1 ila 2 saat fazla mesai yapabilmektedirler. Yapılan literatür taramasında çelik üretiminin ısı kaynağı olarak kok kömürü veya elektrik kullanılarak yapıldığı tespit edilmiştir. Her iki yöntemde de sıcak erimiş metalin kanallara döküldüğü aşamada, radyasyon ile büyük miktarlarda ısı enerjisi açığa çıkmaktadır.

Üretim aşamalarında ortaya çıkan İSG tehlikeleri aşağıda detaylı bir şekilde alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.1.2 Demir ve çelik üretimi

Çoğu demir üretimi için temel unsurlar kok ocakları ve fırın üretimidir. Kok kömürden elde edilir ve demir cevheri eritilir (indirgenir) ve sırasıyla yüksek fırında dökme demiri üretilir. Fırın üstten demir cevheri, kok ve kireçtaşı ile doldurulur; alttan sık sık oksijenle zenginleştirilmiş sıcak hava üflenir; koksun ürettiği karbon, demir cevherini karbon içeren dökme demirine dönüştürür ve karbon monoksit ile karbondioksit üretilir. Kireçtaşı akışkan olarak hareket eder. 1600°C sıcaklıkta dökme demiri erir ve fırının altında toplanır. Fırın periyodik olarak açılır (yani dökme demiri çıkarılır) ve dökme demiri daha sonra kullanım için (örneğin dökümhanelerde) yassı parçalara dökülür veya ladiklere dökülür, hala erimiş durumda çelik üretim tesisi taşınır. Karbon içeriği büyük miktarda karbon ve diğer kirleticiler içeren dökme demirini rafine etmek çelik üretim işlemlerinin amacıdır. Karbon içeriği azaltılmalı, kirleticiler oksitlenmeli ve uzun süre dövülebilir ve şekillendirilebilir bir elastik metal haline getirilmelidir. Bu aşamada alaşımlama ajanları eklenebilir. Bu süreçte farklı türlerde eritme fırınları kullanılır.

Bazı çelikler demir cevheri veya kok ihtiyacı olmadan, genellikle elektrik ark fırınlarında direkt olarak hurda veya diğer demir içeren malzemelerden üretilir.

Çelik levhalar, kütükler, çubuklar, lingotlar ve diğer şekillere dökülür. İlerleyen aşamalar arasında tarama, tuz banyosu, tavlama, sıcak ve soğuk haddeleme, ekstrüzyon, galvanizleme, yüzey kaplama, kesme ve dilimleme ve çeşitli çelik ürünleri üretmek için tasarlanmış diğer işlemler bulunabilir.

Demir ve çelik endüstrisindeki işlemler, çalışanları geniş bir tehlike yelpazesi veya iş yeri faaliyetleri veya koşullarına maruz bırakabilir; bu da kazalara, yaralanmalara, ölümlere, kötü sağlığa veya hastalıklara neden olabilir.

4.1.3 Tehlikeler ve sağlık

Demir ve çelik endüstrisinin iş gücünde iş yeri yaralanması ve çalışanların sağlığının bozulmasını önlemek için belirli önlemlerin seçimi ve uygulanması, başlıca tehlikelerin tanınmasına ve beklenen yaralanmalar ile hastalıkların, kötü sağlık ve olayların öngörülmesine dayanır. Aşağıda demir ve çelik endüstrisinde en yaygın yaralanma ve hastalık nedenleri verilmiştir:

- (i) aynı seviyede kayma, tökezleme ve düşmeler;
- (ii) yüksekte düşmeler;
- (iii) korunmasız makineler;
- (iv) düşen nesneler;
- (v) gömülme;
- (vi) kısıtlı alanlarda çalışma;
- (vii) hareketli makineler, iş sahası taşıma araçları, forkliftler ve vinçler;
- (viii) kontrol edilen ve kontrolsüz enerji kaynaklarına maruz kalma;
- (ix) asbeste maruz kalma;
- (x) mineral yünleri ve liflere maruz kalma;
- (xi) solunabilir maddeler (gazlar, buharlar, tozlar ve dumanlar);
- (xii) kimyasallarla cilt teması (tahriş ediciler (asitler, alkali), çözücüler ve duyarlılaştırıcılar);
- (xiii) sıcak metalle temas;
- (xiv) yangın ve patlama;
- (xv) aşırı sıcaklıklar;
- (xvi) radyasyon (iyonlaştırıcı olmayan, iyonlaştırıcı);
- (xvii) gürültü ve titreşim;
- (xviii) elektrik yanıkları ve elektrik çarpması;

- (xix) manuel taşıma ve tekrarlayan iş;
- (xx) patojenlere maruz kalma (örneğin legionella);
- (xxi) otomasyon arızaları;
- (xxii) ergonomi;
- (xxiii) İSG eğitiminin eksikliği;
- (xxiv) zayıf iş organizasyonu;
- (xxv) yetersiz kaza önleme ve denetim;
- (xxvi) yetersiz acil ilk yardım ve kurtarma olanakları;
- (xxvii) yetersiz tıbbi olanaklar ve sosyal koruma.

4.1.4 Fiziksel tehlikeler

4.1.4.1 Gürültü

Yetkili otoriteler tarafından belirlenen gürültü seviyelerine maruz kalmak, gürültü kaynaklı işitme kaybına yol açabilir. Yüksek gürültü seviyelerine maruz kalma, iletişimi engelleyebilir ve iş yaralanma riskini artırabilir.

4.1.4.2 Titreşim

- (a) Bütün vücut titreşimi, vücudun titreşen bir yüzeyde desteklendiği durumdur, bu tüm taşıma biçimlerinde ve titreşen endüstriyel makineye yakın çalışırken meydana gelir; veya
- (b) Elden iletilen titreşim, vücuda eller aracılığıyla girer ve eller veya parmaklar tarafından kavranan veya itilen titreşen araçlar veya iş parçaları tarafından oluşturulur.

4.1.4.3 Sıcaklık ve soğuk stresi

- (a) Sıcaklık ve/veya nem alışılmadık derecede yüksektir;
- (b) Çalışanlar yüksek ısıtılı ısıya maruz kalır;
- (c) Yüksek sıcaklık ve/veya nem ağır koruyucu giysi veya yüksek iş hızı ile birleştiğinde;
- (d) Sıcaklık alışılmadık derecede düşüktür;
- (e) Düşük sıcaklıkta yüksek rüzgar hızı (>5 m/s) hüküm sürer; çıplak ellerle düşük sıcaklıklarda uzun süre çalışılır.

4.1.4.4 İyonlaştırıcı radyasyon

- (a) Normal arka plan seviyesinin üzerinde radyasyon seviyelerine sahip materyaller özellikle şunlardan gelir: nükleer enerji santralleri; askeri hurda; radyografik kaynaklar; endüstriyel radyografi; tıbbi izotoplar; ve diğer araştırma ekipmanları vb. Bu materyallere maruz kalma, kanser de dahil olmak üzere ciddi hastalıklara yol açabilir.
- (b) Endişe kaynağı oluşturan diğer kaynaklar şunları içerebilir: aydınlık göstergeler; gaz/duman dedektörleri; eski uçaklardan düşen tükenmiş uranyum yükü; deniz dışı sondaj çalışmasından kaynaklanan hurda; ve çıkarıcı endüstrilerde kullanılan boru veya tüpler, genellikle "normal olarak meydana gelen radyoaktif malzemeler (NORM)" olarak adlandırılır. Fırınlardan gelen tozun, eğer radyoaktif parçacıklar içeriyorsa, solunduğunda ölümcül hastalıklara neden olabilir.

4.1.4.5 İyonlaştırıcı olmayan radyasyon

- (a) İyonlaştırıcı olmayan radyasyon genellikle ultraviyole (UV), görünür ve kızılötesi (IR) radyasyon olarak adlandırılır.
- (b) Spektrumun UV ve görünür bölgelerinde emilim fotoğrafik reaksiyonları üretir. IR bölgesinde, emilmiş ışıldak enerjisinin tamamı ısıya dönüşür. Bazı radyo frekansı ve mikrodalga radyasyonuna maruz kalma, göz kataraktlarının oluşumuna neden olabilir.
- (c) Gözlerin görünür ve IR radyasyona maruz kalması, retina ve lens üzerinde termal hasara ve katarakt oluşumuna neden olabilir.
- (d) En büyük UV radyasyon kaynağı güneş radyasyonudur ve aşırı maruz kalma kansere yol açabilir. Yapay kaynaklar, ışıklı, floresan ve deşarj tipi ışık kaynaklarını, elektrik ark kaynak ekipmanını, plazma fenerlerini ve lazerleri içerir.
- (e) Gözlerin UV radyasyona maruz kalması, konjonktivanın ve korneanın iltihaplanmasına neden olabilir.

4.1.5 İş yerinde kimyasallar

- (a) Bir kimyasal madde, iş yerinde bir sıvı, katı (parçacıklar dahil) veya gaz (buhar) şeklinde bulunan bir bileşik veya karışımdır. Bu maddeler vücutla

temas veya vücuda emilim sonucu tehlike oluşturabilir. Emilim cilt, yutma veya solunum yoluyla gerçekleşebilir.

- (b) Kimyasallar akut (kısa vadeli) ve/veya kronik (uzun vadeli) sağlık etkilerine sahip olabilir.
- (c) Kimyasallar kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak güvenlik tehlikesi oluşturabilir.

4.1.5.1 Solunabilir maddeler (gazlar, buharlar, tozlar ve dumanlar)

- (a) Demir ve çelik üretimi, gazlar, buharlar, tozlar, dumanlar, dumansızlar ve aerosoller dahil olmak üzere çeşitli solunabilir maddelerin tüketimi ve üretimini içerir. Bu maddeler, tahriş ediciler, kimyasal boğucular, fibrojenler, alerjenler, kanserojenler ve sistemik toksinler dahil olmak üzere çeşitli toksikolojik tehlikeleri içerir.
- (b) Pulmoner sistem (akciğerler), akciğer dokusuna akut (kısa vadeli) hasar, pnömokonyoz gelişimi, akciğer fonksiyon bozukluğu ve akciğer kanseri gelişimi yoluyla zarar verebilir. Akciğerlere zarar veren bazı zararlı maddeler, akciğerlere solunum yoluyla giren ve hedef organ hasarı ve/veya sistemik toksik etkilere neden olabilen maddelerdir. Kimyasal boğucular, oksijeni yerinden çıkararak yüksek konsantrasyonlarda saniyeler içinde ölüme yol açabilir.
- (c) Demir ve çelik endüstrisinde bulunabilecek özel ajanlar arasında ağır metaller (örneğin kurşun, krom, çinko, nikel ve mangan), dumanlar, parçacıklar ve inert toz partiküllerine adsorbatlar dahil edilir. Temizlik bölgelerinden gelen asit sisleri cilt, göz ve solunum yolu tahrişine neden olabilir.

4.1.5.2 Asbest

- (a) Asbese maruziyet, solunum yoluyla veya yutma yoluyla solunum ve sindirim yollarının hastalıklarına neden olabilir ve bir dizi hayati organlarda ikincil hastalığa yol açabilir.
- (b) Asbeste maruziyetin etkileri iki veya üç on yıl boyunca veya hatta daha uzun süre boyunca ortaya çıkmayabilir. Ancak, asbeste maruziyet nedeniyle meydana gelen hastalıklar, asbestoz ve mezotelyoma gibi hastalıklar bir kez teşhis edildiğinde geri dönüşümsüz, sakatlayıcı ve sık sık ölümcüldür.

4.1.5.3 İzolasyon yünleri

"İzolasyon yünü" terimi, cam yünü, taş yünü, refrakter seramik lifler (RCL), RCL'ler dışında kalan refrakter lifler ve özel amaçlı cam liflerini içeren ürün grubunu ifade eder.

- (a) İzolasyon yünlerinin mekanik tahriş edici özellikleri vardır ve gözler, cilt ve üst solunum yollarına hastalık tehdidi oluşturabilir. Ancak, izolasyon yünlerine maruziyetin etkilerinin iki veya üç, on yıl boyunca veya hatta daha uzun süre boyunca ortaya çıkmayabileceği bilinmektedir.
- (b) Özellikle amorf silika içeren RCL'ler, 1000°C (1800°F) üzerinde uzun bir süre boyunca ısıya maruz kaldıklarında kristalin silikaya dönüştürülebilecek potansiyele sahiptir. RCL'ler ısıya maruz kaldıysa, kristalin silikaya dönüşüm geçirdikleri gibi aynı önlemlerle muamele edilmelidir. Solunabilir RCL'ler aynı zamanda maruz kalan işçilerde kansere neden olabilmektedir.

5. BULGULAR

İnsan vücudu termodinamik kanunlarına tabidir. Birinci yasa, enerjinin ne yaratıldığını ne de yok edildiğini, ancak bir formdan diğerine dönüştürülebileceğini belirtir. İkincisi ise aktarımın doğal bir yönünün bulunmasıdır. Isı, sıcak bir cisimden veya ortamdaki soğuk bir cisme veya ortama geçen bir enerji türüdür. Fizik kanunları söz konusu olduğunda insanların özel bir yanı yoktur. Yaşayan bir insan, gıdadaki enerjiden ısı üretir. İnsan doğası olan 37°C civarında bir iç sıcaklığı korumak için, bunun çok fazla ısı mı, çok az ısı mı yoksa doğru mu olduğunu çevresel koşullar belirleyecektir. Eğer dinlenme halindeki vücut, örneğin tamamen yalıtılmış olduğu ortama ısı kaybetmiyorsa, vücut ısısı saatte yaklaşık 1°C yükselecek ve kişi birkaç saat içinde ölecektir. Sıcak hava dalgasında veya koruyucu kıyafet giyildiğinde, ısı kaybetme kapasitesi azalacaktır ve yeterli ısıнын çevreye kaybolmasını veya başka bir şekilde vücuttan dışarı aktarılmasını sağlamak önemlidir. Soğuk koşullarda, giysi veya başka mekanizmalar kullanılarak ısıнын vücutta korunması gerekebilir.

Yaşayan bir insan, ısı üretimi ve ısı transferinden geçen bir vücut kütlelerinden çok daha fazlasıdır. İnsanlar sosyal bir bağlamda var olurlar; arzuları, duyguları, görüşleri ve davranışları vardır. Zevk ve acıyı, tatmini, rahatlığı ve rahatsızlığı yaşarlar ve ortamlar sağlıklarını ve performanslarını etkileyebilir. Onlar da aktiftir, endişeleri, beklentileri, anıları ve dünya modelleri vardır. Senaryoları test ederler ve geleceği tahmin ederler, dinleri, inançları ve kültürleri olduğu kadar sosyal ağları da vardır ve başkalarıyla ve küresel toplumla etkileşimlerinde söylemlerle meşgul olurlar. İnsanın termal ortamlarına ilişkin kapsamlı bir çalışma, özellikle termal konfor ve memnuniyet gibi sosyal ve psikolojik olguları göz önünde bulundururken insanları bir bütün olarak ele almalıdır.

Güneş, yaklaşık 5500°C sıcaklıkta, atmosferin üst kısmındaki dünyaya 1370 W m⁻² oranında ısı sağlar (güneş sabiti: dünyanın güneş etrafındaki yörüngesine bağlı olan kesin değer). Diğer organizmalarla birlikte insanın varlığı da bu enerjiye bağlıdır. Dünya üzerinde enerji bir yerden bir yere ve bir formdan diğerine aktarılarak çok çeşitli ortamlar yaratılır. Bu, dünyanın dönüşü ve güneşe göre eğimi ile desteklenir; bu da gece, gündüz ve mevsimlere bağlı olarak enerjide mekânsal ve zamansal değişikliklere neden olur. Her insanın karşılaştığı zorluk, yerel çevresiyle

başarılı bir şekilde etkileşime girebilmektir. İnsan vücudu, çevresel değişkenlere, tepkinin uygun olmaması veya enerji seviyelerinin hayatta kalınabilecek sınırların ötesinde olması durumunda ölüme yol açabilecek dinamik bir etkileşim içinde tepki verir ve optimum durumu korumak için kaynaklarını kullanırken vücut üzerindeki gerilimi belirler. Termal ortam söz konusu olduğunda bu, kişinin çok sıcak mı, çok soğuk mu yoksa termal konforda mı olduğunu belirleyecektir. Hava sıcaklığı, radyant sıcaklık, nem ve hava hareketi, insanın termal ortamlara tepkisini etkileyen dört temel çevresel değişkendir. İnsan faaliyeti tarafından üretilen metabolik ısı ve bir kişinin giydiği giysilerle birleştiğinde, insanın termal ortamlarını tanımlayan altı temel faktörü (bazen altı temel parametre olarak da adlandırılır) sağlarlar. Genel ama temel nokta, insanların tepki verdiği altı faktörün etkileşimi olduğudur. Bu durum, Fanger (24) tarafından klasik kitabı Thermal Comfort'ta gösterilmiştir. Aynı durum sıcak veya soğuk ortamlardaki insanlar için de geçerlidir. Collins (18) sırtında bir çocukla yokuş aşağı kayak yapan bir yetişkinin örneğini verir. Yokuşun dibindeki yetişkin sıcaktan terliyordu. Ancak çocuk hipotermiye maruz kaldı. Kayak yapan yetişkindeki metabolik ısı üretimi, öncelikle vücutta yüksek bağıl hava hızı ve düşük hava sıcaklıklarından kaynaklanan ısı kaybını telafi etmek için fazlasıyla yeterliydi.

Çoğunlukla ortamlar değerlendirilir veya çevresel sınırlar yalnızca hava sıcaklığına göre tanımlanır. Diğer beş faktör alakalı olduğundan bu yeterli değildir. Örneğin ofislerde veya araçlarda termal konfor, güneş ışınlamından büyük ölçüde etkilenebilir ve konfor sınırlarını yalnızca hava sıcaklığına göre belirlemek yetersiz kalacaktır. Bu, makul varsayımların yapılamayacağı anlamına gelmez. Isıl konfor açısından, radyant sıcaklığın hava sıcaklığına eşit olduğu, hala %50 bağıl nemde havanın bulunduğu ve ortamdaki insanların 'normal' kıyafetler giydiği varsayımlarıyla konfor sınırlarını hava sıcaklığı cinsinden belirlemek bazen mantıklı olabilmektedir. Belirli durumlarda diğer faktörler etkili olabilmektedir; örneğin bir kişinin duruşu, vücut ile vücut arasındaki ısı alışverişini büyük ölçüde etkileyecektir.

5.1.2 Isı transferi

Sıcak cisimlerden soğuk cisimlere ısı transferi sıcaklık farkından kaynaklanır. Buna duyulur ısı transferi denir ve iletim, taşınım ve ışınlım yoluyla gerçekleşebilir. Isı, sıcaklık farkı olmadan, sıvıdan gaza (buharlaşıma) ve gazdan sıvıya (yoğuşma) hal değişimiyle de kaybedilebilir veya kazanılabilir. Buna gizli ısı denir. Tüm bu

mekanizmalar aracılığıyla insan vücudu ile çevre arasındaki ısı transferi ve gizli ısı kaybı, özellikle çevre sıcaklıklarının vücut sıcaklığına yakın veya daha yüksek olduğu durumlarda önem kazanmaktadır.

5.1.3 Isı iletimi

Katılardan veya sabit akışkanlardan ısı transferi iletim yoluyla gerçekleşir. Sıcaklık farkından etkilenir ve akış hızı malzemenin termal direncine bağlıdır. Havanın nispeten yüksek bir termal direnci olduğundan, vücuttan çevreye iletim yoluyla ısı transferi diğer mekanizmalarla karşılaştırıldığında nispeten küçüktür ve bu nedenle çoğu zaman göz ardı edilir. Bununla birlikte iletim, ısıнын vücudun içinden deri yüzeyine aktarılmasının yanı sıra giysiler aracılığıyla ısı transferini sağlayan mekanizmalardan biri olduğundan, insan ısı transferi ile ilgilidir.

İletim yoluyla ısı akışına ilişkin genel bir denklem (Q) şöyledir(19):

$$Q = kA \frac{(T_1 - T_2)}{L}$$

Burada

Q = transfer edilen ısı miktarı (W)

k = ısı iletim katsayısı ($W m^{-1} K$)

A = ısı temas yüzeyi (m^2)

T1 = yüksek sıcaklıktaki temas yüzeyi ($^{\circ}C$)

T2 = düşük sıcaklıktaki temas yüzeyi($^{\circ}C$)

L = ısıнын iletildiği yüzeyler arasındaki mesafe (m)

5.1.4 Konveksiyon

Konveksiyon, bir akışkanın hareketiyle ısı transferidir. Isının katı bir yüzeyden hareketli bir akışkana iletilmesini, ısıнын akışkan tarafından absorbe edilmesini, böylece sıcaklığının yükselmesini ve daha yüksek sıcaklıktaki akışkanın karıştırılarak ve toplu hareket yoluyla daha düşük sıcaklıktaki alanlara hareketini içerir. Konveksiyonla ısı transferi ile ilişkili olan sınır tabakasıdır. Bu, ortamdaki hava sıcaklığından daha yüksek sıcaklıktaki (vücut tarafından ısıtılan) sıvının katının yüzeyine bitişik olacağı ve aslında ek yalıtım sağladığı yerdir. Bu 'hava' katmanının kalınlığı ve dinamiği, sıcaklık farklılıkları ve çevresel koşullar, özellikle de hava hızı tarafından belirlenecektir. Konveksiyonla ısı transferi sıvı akışını içerdiğinden,

akışkanlar dinamiği kullanılarak büyük düzeyde karmaşıklıkta incelenebilir. Konveksiyonla ısı transferi için basit denklem:

$$Q = h_c (T_2 - T_1)$$

Burada $(T_2 - T_1)$ yüzey ile akışkan arasındaki sıcaklık farkı, h_c ise konvektif ısı transfer katsayısıdır.

İnsan vücudu gibi belirli bir yapı için h_c , bir dizi çevre koşulunda h_c , T_1 ve T_2 arasındaki ilişkinin incelenmesiyle deneysel olarak belirlenebilir. Aynı zamanda, toplam ısı transferinin bir sonucunun ölçülebildiği ve radyasyon ve benzeri yoluyla ısı transferinin konveksiyon bileşenini bırakarak kontrol edilebildiği veya çıkarılabildiği kalorimetri ile de tahmin edilebilir (19).

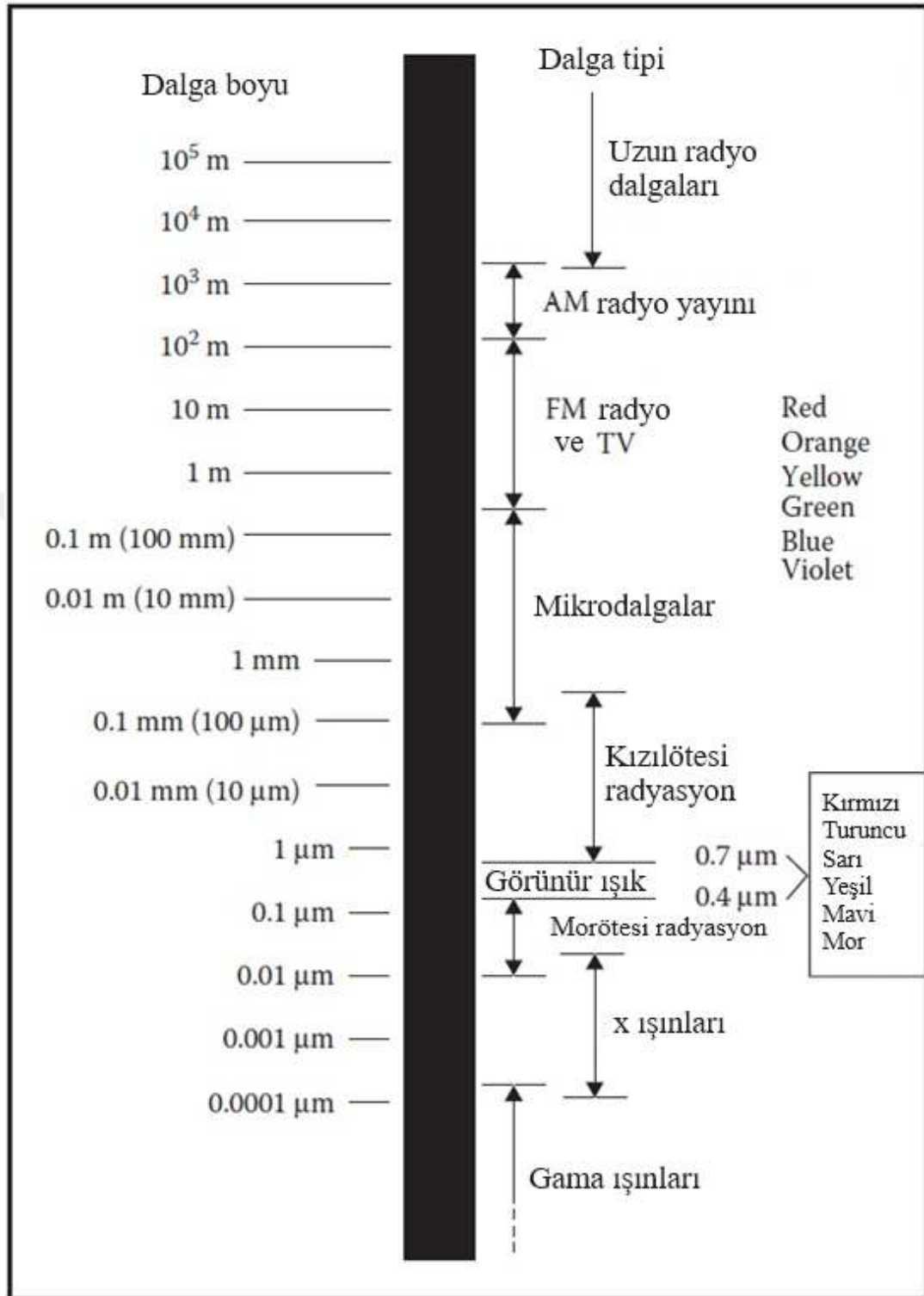
5.1.5 Radyasyon

Radyasyon elektromanyetik spektrumun bir parçasıdır (Şekil 6); (bir yüzey tarafından) emildiğinde, görünür ışıktan radyo dalgalarına kadar dalga boylarındaki radyasyon ısı sağlar. Mutlak sıfır sıcaklığının üzerindeki tüm cisimler radyasyon yayar ve emer. Radyasyon genellikle tek bir dalga boyundan ziyade bir dalga boyu spektrumundan oluşur ve spektrumdaki en yüksek dalga boyu sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık arttıkça, bir cisim için radyasyon spektrumunun tepe enerjisinin dalga boyu azalır. İnsan termal ortamlarını değerlendirirken iki radyasyon kategorisi dikkate alınır. Bunlar, ultraviyoleten yakın kızılötesine kadar kısa dalga boyunda olan güneş ışıınımı ve çevredeki yüzeylerden yaklaşık 100°C'ye kadar uzak kızılötesinde yayılan ışıınımdır. Radyasyon bir boşluk boyunca (örneğin, Güneş'ten gelen uzay yoluyla) aktarılabilir ve iki cisim arasındaki ısı transferi, mutlak sıcaklıkların dördüncü kuvvetlerinin farkı ile doğru orantılıdır.

$$Q = \sigma(T_1^4 - T_2^4)$$

Burada σ Stefan-Boltzman sabiti olup, sayısal değeri $5.670374419 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$ olarak alınmaktadır (19).

$(T_1^4 - T_2^4)$ etkileşen yüzeylerin mutlak sıcaklıklarının dördüncü kuvvetinin farkıdır.



Şekil 6 Elektromanyetik spektrum.

5.1.6 Hava hızı

Vücut üzerindeki hava hareketi, vücutla olan ısı akışını ve dolayısıyla vücut sıcaklığını etkileyebilir. Hava hareketi, zaman, mekân ve yönde değişkenlik

gösterecektir. Bir noktadaki hava hızının bir tanımı, üç ortogonal ekseninde yoğunlukta zaman içindeki bir değişim olarak ifade edilebilir. Kullanım kolaylığı için hava hızı (veya daha doğru bir ifadeyle, hava hızının büyüklüğü) ilgi çeken bir süre boyunca ortalaması alınabilir ve tüm yönlere yayılmış (örneğin her yöndeki hava hızının karelerinin toplamının karekökü) olarak hesaplanabilir. İnsan tepkisini inceleyen çalışmalar, örneğin hava akımından kaynaklanan rahatsızlık, hava hızının değişiminin önemli olduğunu göstermiştir. ISO 7730 (2005), ortalama hava hızının yanı sıra değerin standart sapmasının da dikkate alınması gerektiğini önermektedir. Bu aynı zamanda 'türbülans yoğunluğu' olarak adlandırılan, hava hızının standart sapmasının ortalama hava hızına oranını sağlar. Hava hareketi (hava sıcaklığı ile birleştiğinde) sıcak hava veya buharın vücuttan uzaklaştırılma hızını etkileyecek ve dolayısıyla vücut sıcaklığını etkileyecektir. Yukarıda açıklandığı gibi ortalama hava hızı, bu etkiyi vücut üzerinde temsil etmek için yaygın olarak kullanılan genel bir değer sağlar.

5.1.7 Nem

Hava sıcaklığı konfor aralığında olduğunda nemin termal hisse etkisi sınırlıdır (20). Etki uzun zamandır bilinmektedir ve termal konfor bölgesinin değerlendirilmesi için etkin sıcaklık (ET) ölçeğine dahil edilmiştir (21). Sıcak ortamlarda, yüksek nem seviyeleri nedeniyle ciltte aşırı nem oluşması nedeniyle rahatsızlık oluşabilir. Deneysel çalışmalar, cilt neminin, yüksek nemde rahatsızlığın önemli bir nedeni olduğunu göstermiştir (22-23). Toftum ve Fanger (24) mevcut termal konfor standartlarında belirtilen üst nem sınırına göre cilt nemine göre geliştirilen nem sınırının daha az kısıtlayıcı, solunum konforuna dayalı nem sınırının ise çok daha kısıtlayıcı olduğuna dikkat çekmişlerdir.

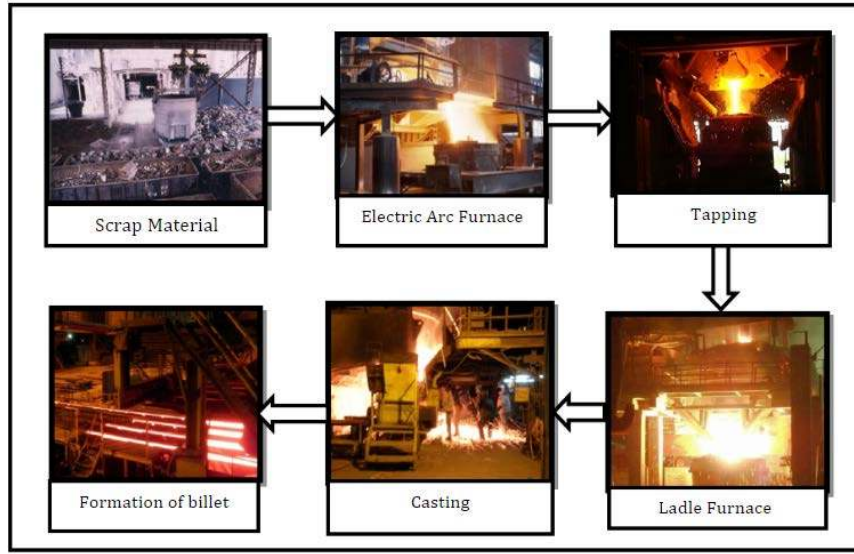
Jing ve arkadaşları (25) tarafından yapılan deneysel çalışmada deneklerin yüksek nemden rahatsız oldukları gözlemlenmiştir. Deneklerin yaklaşık %80'i 30°C ve %80 bağıl nemden oluşan termal ortam şartlarından rahatsız olduklarını ve %84'ü iklim odasındaki nemi azaltma istediklerini ifade etmişlerdir. Bu da yüksek nemin insan denekler üzerinde termal rahatsızlığa neden olabilecek olumsuz etkisini göstermektedir.

6. TARTIŞMA

İşyerinde uzun süre aşırı ısıya maruz kalan çalışanlar ısı stresi riskiyle karşı karşıya kalabilmektedir. Isı stresi çalışanlara uygulanan ısı yükü olarak tanımlanır ve çevresel ısı yükü ile metabolik ısı yükünden oluşur. Hava sıcaklığı, nem, hava hızı ve ortalama radyant sıcaklık gibi çevresel ısı yükünün dört iklim faktörü vardır. Isı stresinin metabolik ısı yükü, iş görevlerini yerine getirirken çalışanların vücudunda üretilir (26). Metal endüstrisindeki operasyonlar, işçileri kazalara, yaralanmalara, ölüme, sağlık sorunlarına veya hastalıklara neden olabilecek çok çeşitli tehlikelere veya işyeri faaliyetlerine veya koşullarına maruz bırakabilir (27). Çelik fabrikası tesisi, işçilerin sürekli olarak sekiz saatlik vardiya boyunca yüksek sıcaklığa maruz kaldığı çalışma ortamlarından biridir. Şekil 1'de gösterildiği gibi ekstraksiyon, kılavuz çekme, hurda yakma, döküm ve erimiş çelik üretimi gibi çeşitli işlemler sırasında yüksek ısıya maruz kalırlar. Islak Termometre sıcaklığı (ITS) endeksi, yaygın olarak kullanılan yaygın ısı stres endeksleridir. Kuru termometre, doğal yaş termometre ve küre sıcaklığı gibi önemli çevresel faktörleri içerir (28). ITS endeksi aynı zamanda çalışanların metabolik iş yükünü ölçerek iş talebinin katkılarına yönelik ayarlanmış maruz kalma kriterlerini de önerdi. Isıya bağlı bozukluklar, ısı bitkinliği ve ısı krampı gibi hafif düzeyden, ısıya bağlı şiddetli duruma, sıcak çarpmasına kadar uzanır. Yorgunluk, uyuşukluk, baş dönmesi, ısı döküntüleri, kararsız hareket ve ısı çökmesi gibi ısıya bağlı sağlık etkileri, vücudun aşırı ısıya maruz kalmasına katkıda bulunur (29). Isı gerilimi, ısı stresine verilen bir dizi fizyolojik tepkidir. Isı stresi durumunda vücut çekirdek sıcaklığının artması, ısıya bağlı hastalıkların gelişimi ile ilişkilidir (12). Kas çalışmasının ürettiği ısı derin vücut dokusunu ısıttığında vücut sıcaklığı yükselme eğilimindedir (30). Isı stresine maruz kalma sırasında ısı gerilimi değerlendirildiğinde kalp atış hızının fizyolojik tepkisi artar (31). Kan cilde doğru artar ve artan kalp debisiyle başa çıkabilmek için vücut tarafından absorbe edilen ısıyı dağıtır.

Çelik fabrikası tesisi, şekil 7'de gösterildiği gibi hammadde, şekillendirme, rafine etme, eritme, kılavuz çekme ve döküm gibi çeşitli işlemlerden oluşur. Bu işlemler, işçileri sıcak ortamlarla meşgul eder. Elektrik akımı, erimiş çelik üretimi için hurdayı ısıtmak üzere kimyasal maddelerle birleştirilir. Operasyon sırasında o bölgede

sıcaklık 1700 °C'ye kadar çıkmaktadır. Fırın radyant ısı kaynağıdır. Erimiş çelik daha sonra, 1800°C civarında yüksek sıcaklıkta potaya dökülür. Daha sonra pota, kimyasal bileşimi ve sıcaklığı iyileştirmek için daha fazla karbon, manganez ve silikonun eklendiği pota fırınına taşınır. Bu sırada sıcaklık 1800°C'de tutulmaktadır. Sıvı çeliğin kimyasal bileşimi ve sıcaklığı, nitrojen gazı ile köpürtülerek standart hale getirilir. Daha sonra erimiş çelik demir, kütük üretimi için sürekli döküm makinesine iletilir.



Şekil 7 Çelik fabrikasında üretim sürecinin akış şeması.

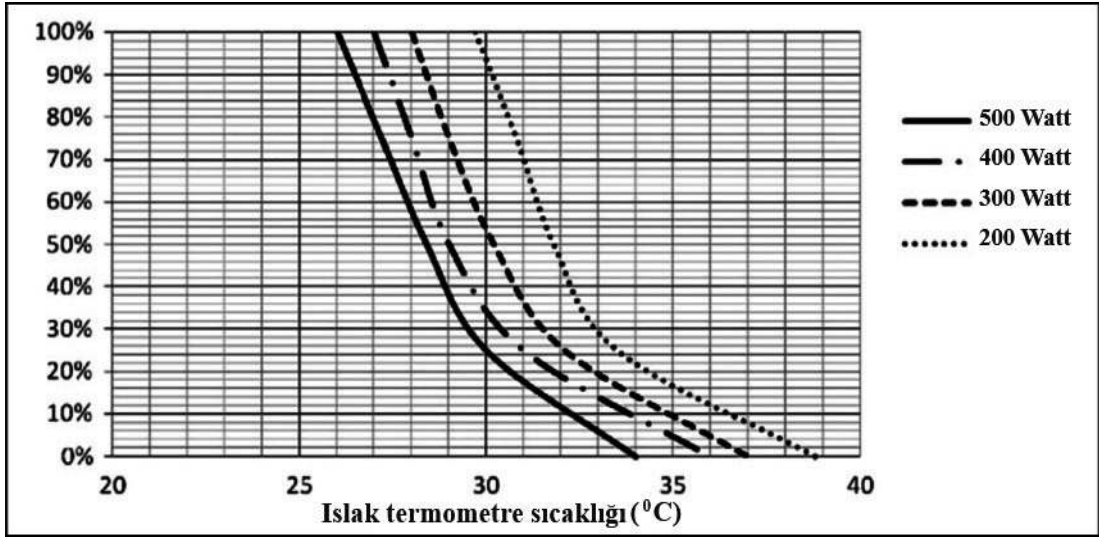
Tablo 2’de çelik üretiminin değişik istasyonlarında çalışanların yaptığı metabolik işin derecesi ve vücutlarında hissettikleri ortalama termometre sıcaklıkları verilmiştir.

Tablo 2 Bir çelik fabrikası tesisi iş istasyonunda ısı stresi dağılımı için maruz kalma profilleri (32).

Çalışma İstasyonu	Metabolik İş Yüğü	Ortalama Islak Termometre Sıcaklığı (°C)
Elektrik Ark Ocağı	Ağır	29.1 ±2.41
Pota Fırını	Ağır	26.5 ± 0.80
Pota Taşıma	Ağır	30.6 ± 2.54
Döküm (Demir, çelik)	Ağır	28.60+ 1.87
Döküm (Pirinç, bronz, alüminyum)	Ağır	28.4 ± 2.437
Vinç ile Taşıma	Ağır	27.4 ± 0.94
İmalat Atölyesi	Ağır	28.4 ± 1.07
Refrakter Atölyesi	Ağır	29.1 ± 1.69

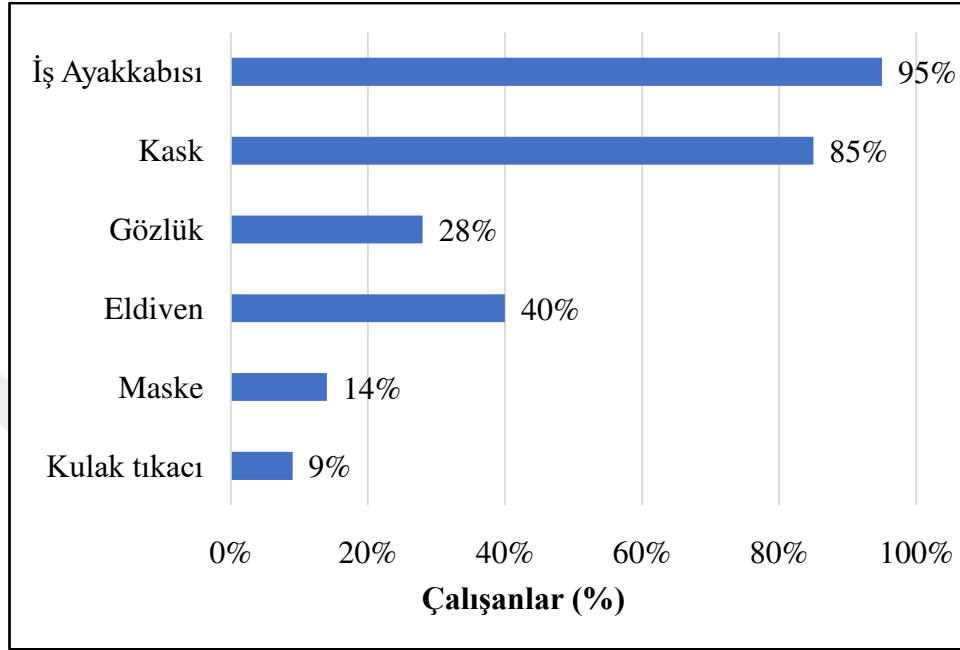
Yapılan araştırmalardan dan elde edilen sonuçlara göre, sıcak yaz günlerinde ortam sıcaklığının 34 ila 40,9 C arasında değiştiği ve çalışanların yoğunluğunun termal rahatsızlıktan şikayetçi olduğunu görülmüştür. Bu konuda yapılan anketlere katılan çalışanların %44'ü çok sıcak hissettiğini, %52'si sıcak hissettiğini ve son olarak %4'nünde ılık hissettiğini belirtmişlerdir(33-35). Isı döküntüleri seçilmiş işyerlerinde en sık görülen sorundur ve çoğu durumda etkilenen işçi serin dinlenme odasına döndüğünde ortadan kaybolmaktadır.

Kjellstrom ve diğerleri (35) tarafından çalışanların yeteneği, aşırı ITS düzeyi ve iş yoğunlukları arasındaki ilişki şekil 8 de verilmiştir. Şekil 8'de farklı ITS endeksleri için farklı çalışma yoğunluklarının farklı çalışma kapasiteleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir: 200 Watt, ofis işi gibi hafif işleri belirtir; 300 Watt, imalat sanayindeki gibi orta düzeyde çalışmayı belirtir; ve 400 Watt inşaat işleri gibi ağır işleri ifade etmektedir. Şekil 8'den çalışanların iş yoğunluğuna bağlı olarak harcadıkları güce ve maruz kaldıkları sıcaklığa bağlı olarak üretkenliklerinde ortaya çıkan azalma verilmiştir. Şekilden görülebileceği üzere işi yapmak için harcanan güç ve çalışanın maruz kaldığı ıslak termometre sıcaklığı arttıkça üretkenlik kaybı artmaktadır.



Şekil 8 Dört farklı iş yoğunluğu için ıslak termometre sıcaklığına bağlı olarak üretkenlik kaybı (%) (33).

Şekil 9 Karabük demir çelik fabrikasında çalışanların kullandıkları kişisel koruyucu donanımların kullanım oranlarını göstermektedir. Yapılan işin özelliği ve çalışılan ortam göz önüne alındığında iş ayakkabısının %95, kaskın %85 gibi yüksek bir oranda kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 9 Karabük demir çelik fabrikasında çalışanların KKD kullanım oranları (34).

Tablo 3'te Hindistan'da faaliyet gösteren bir çelik üretim tesisinin değişik kısımlarında ölçülen en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri verilmiştir. Tablo değerlerinden görülebileceği üzere en yüksek globe sıcaklığı kok fırınının olduğu bölümde 67.6 °C olarak ölçülmüştür.

Tablo 3 Hindistan'da bir çelik üretim tesisinde ölçülen ısı stresi değerleri (35).

Tesis Bölümü	Kuru Termometre sıcaklığı (°C)		Yaş Termometre sıcaklığı (°C)		Globe sıcaklığı (°C)		Yaş Globe sıcaklığı (°C)	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Yüksek fırın	31.5	40.9	25.2	28.5	37.3	51.3	28.9	34.6
Haddehane	30.5	39	24.6	27.9	34.9	44.8	27.7	29.7
Sürekli döküm	38.9	45.9	25.4	28	44.7	64.1	32	38.7
Kok fırını	33.7	42.3	27	30.6	38.6	67.6	30.7	41.7
Sinterleme tesisi	34.3	37.6	23.2	25.4	35.3	39.1	27.2	29.4

Kok fırınları gibi birçok sıcak alanda çalışanlar ve yaş globe sıcaklık seviyelerinin yüksek olduğu alanlarında çalışanların kullandıkları alüminyum giysiler, kalın giysi katmanlarından oluşan KKD' ler işçiler için ısı stresini daha da artırmaktadır. Her ne kadar çalışanların giyime ilişkin algıları farklı olsa da KKD' lerin ciltlerini koruduğunun farkında oldukları görülmektedir. Çalışanların yaklaşık %69,2'si yüksek ısıdan dolayı kalın giysileri kullandıklarını belirtmişlerdir. Çalışanların yaklaşık dörtte biri çalışma hayatında maruz kaldıkları ısı stresi ve ağır çalışma şartlarından dolayı sosyal aktivitelere katılamayacak kadar yorgun olduklarını ve aileleriyle kaliteli zaman geçiremediklerini belirtmişlerdir (35).

Yapılan çalışmalar açıkça görülmektedir ki yüksek ısılı ortamlara maruz kalmak klima, vantilatör kullanmak veya özel olarak tasarlanmış serinletici giysiler giymek gibi etkili soğutma yöntemleri uygulanmadığı sürece çalışanların sağlığını ve verimliliğini etkilemektedir. Her ne kadar klimalar ısı stresi sorununa karşı en çevre dostu veya kalıcı çözüm olmasa da işçileri sıcak çarpmasından korumak için vücudun soğumasına geçici bir rahatlama sağlamak önemli hale gelmektedir.

Çelik endüstrisindeki birçok çalışma yeri, yüksek ısılı işlemler/fırınlar nedeniyle iklimlendirmenin mümkün olmadığı ve alüminyum yelekler ve eldivenler de dahil olmak üzere iş koruyucu kıyafetleri giyme zorunluluğunun işçiler için ısı stresini daha da artırabileceği şeklindedir. Bu nedenle, kişisel soğutma veya serin odalar veya soğutma yelekleri sağlanması gibi uygun müdahaleler olmadan, bu işçilerin birçoğunun çalışma koşullarının zamanla iyileşmesi pek muhtemel değildir. İşyerlerinde yüksek ısıya maruz kalmayla ilişkili sağlık ve insan performansı riskleri, geçtiğimiz yıllarda yapılan fizyolojik ve ergonomik araştırmalarla iyi bir şekilde ortaya konmuştur (36,37).

Sıcak ortamlarda ve fiziksel kapasitenin ötesinde çalışmanın bir diğer önemli ve potansiyel olumsuz sonucu ise iş kaza oranlarındaki artıştır (38,39).

Çelik endüstrisindeki ısı stresi sorununu ele alırken, herhangi bir müdahalenin başarısı işçilerin kabulüne bağlı olduğundan, farklı işçi gruplarının mevcut kültürel ve davranış kalıpları da dikkate alınmalıdır. Mesleki ısı stresi konusunun amirler/yöneticiler tarafından tam olarak anlaşılması, yönetim desteği ve mühendislik kontrolleri gibi müdahaleler için kaynak tahsisi, işin daha serin alanlara yeniden tahsisi de dahil olmak üzere idari kontroller (işçilerin aksama sürelerini azaltmak

için), uygun konfor koşullarının sağlanması çalışma ortamı ve refah koşulları, ısı stresinin yönetiminde olumlu değişikliklere yol açabilir ve işyerinde ısı nedeniyle ortaya çıkan sağlık ve verimlilik sorunlarını iyileştirebilir.

Demir çelik üretim tesislerinde, özellikle yüksek ve bazik oksijen fırınlarına yakın çalışanlar hava emisyonlarından kaynaklanan partikül madde, kükürt oksitler ve karbon monoksitler de dahil olmak üzere toz ve gaz emisyonları nedeniyle ısıya maruz kalmaktadırlar. Tablo 4'e göre PM₁₀'un ortalama yıllık konsantrasyonları Dünya Sağlık Örgütü limitlerinin üzerindeydi. 2016 yılı değerlendirmesinde SO₂ ve NO_x konsantrasyonları WHO limitleri doğrultusunda günlük ve yıllık standartların altında seyrederken, NO₂ konsantrasyonları ise yaklaşık %25'in üzerine çıkmıştır. Bu nedenle havalandırma, hava soğutma, fanlar, ekranlama ve yalıtım, sıcak işyerlerinde ısı stresini ve hava kirliliğini azaltmak için kullanılan önemli kontrollerdir. Çalışanların yaklaşık %30'u mesleki ısı stresi ve hava kirliliğinden kaynaklanan sağlık ve sosyal sorunlardan rahatsız olmaktadır. Rahatsızlıkların arasında halsizlik, aşırı terleme, baş ağrısı, büyük oranda işitme kaybı, havalandırma eksikliği ve iş bittikten sonra aileyle kaliteli zaman geçiremeyecek kadar yorgunluk yer almaktadır (33).

Tablo 4 Kardemir çelik fabrikası kirletici emisyonları ve WHO limit değerleri (33).

Kirletici	Ortalama yıllık konsantrasyon (µg/m ³)	
	Limit değer (WHO)	Mevcut değer
PM ₁₀	20	86
NO ₂	40	50
SO ₂	20	17
NO _x	25	24

Ağır ve sıcak çalışmanın, çelik endüstrisinde el emeği ile çalışan işçilerin sağlık ve verimlilik kayıpları ile ilişkili olduğu, çalışanların algıları ve fizyolojik ölçümleriyle de desteklenmektedir. Düşük ve orta gelirli ülkeler el emeğine bağımlıdır ve işçilerin sağlığı ve refahı, sürdürülebilir endüstriyel büyüme için büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, gelişmekte olan tropik ülkelerdeki işçiler, özellikle küresel iklim değişikliği nedeniyle beklenen sıcaklık artışlarıyla birlikte kendilerini koruyacak soğutma hükümlerinin bulunmaması nedeniyle, aşırı mesleki

ısıya maruz kalma nedeniyle yüksek sağlık yükü riskiyle karşı karşıyadır. Mesleki ısıya maruz kalmanın etkilerinin mevcut ve gelecekteki risklerine ilişkin araştırmalar, mevcut ve gelecekteki çalışan nüfusları ısı stresinin olumsuzluklarından korumaya yönelik kapsamlı kanıta dayalı politikalar geliştirmek için hayati öneme sahiptir.

Şekil 10'a göre, işçilerin üretkenlik düzeyleri ile ıslak globe sıcaklığına (IGS) karşı üretkenlik kaybı eğrisinden elde edilenler arasında önemli bir fark bulunmaktadır (Şekil 8). Farklı endüstri türlerinde ve ülkelerde yapılan çalışmalarda sonuçlar farklılık göstermektedir. Dahası, IGS ile verimlilik kaybı eğrisini çizmek için kullanılan ISO standardı, işçilerin çalıştıkları ortamda dinlendiklerini varsaymakta iken, gerçekte Kardemir fabrikasındaki işçiler daha serin bir tuvalette dinlenme eğiliminde olmaktadır.



Şekil 10 Kardemir de çalışanların verimlilik değişimleri (33).

7. SONUÇ

Ağır ve sıcak çalışmanın, çelik endüstrisinde çalışan işçilerin sağlık ve verimlilik kayıpları ile ilişkili olduğu, görülmektedir. İşçilerin sağlığı ve refahı, sürdürülebilir endüstriyel büyüme için büyük önem taşımaktadır.

Çalışanlarının sağlığının bozulması üretkenlik ve ardından gelen ekonomik kayıplar, sektörün insan kaynakları temelini istikrarsızlaştıracak ve bu da işin kendisi üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilecektir. Yüksek ısıya maruz kalmanın, yüksek ısıya maruz kalan endüstrilerdeki işçilerin sağlığı ve verimliliği üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin mevcut veriler sınırlı olmasına rağmen, işçilerin güvenliğini ve korunmasını sağlayan ilerici politikaları uygulama sorumluluğu endüstriye, politika yapıcılara ve hükümetlere düşmektedir. Endüstri tarafından, işçileri sıcak ortamlarda çalışmanın tehlikeleri, alınması gereken uygun önlemler ve olası ısı hastalıklarının belirti ve semptomları konusunda eğitmeyi amaçlayan programlar başlatılabilir. Ayrıca endüstrilerin işyerindeki ısıyla mücadele etmek için iklim dostu uyum tekniklerine yatırım yapması ve iklim değişikliğinin yaratabileceği potansiyel ek ısı yüküyle yüzleşmeye hazırlıklı olması da akıllıca olacaktır. Endüstriler, işçilere yönelik refah mekanizmaları ve işyerinde ısıya maruz kalmayı azaltmak için daha serin dinlenme alanlarına sahip iş yerleri tasarlayarak kurum içi önleyici politikalar ve müdahaleler oluşturma konusunda proaktif olmalıdır. Bireyleri mesleki ısı stresi riskinden koruyan, sağlık sigortası da dahil olmak üzere programların uygulanmasına hükümetin ve işçi sendikalarının dahil edilmesi, ülkedeki iş sağlığını iyileştirebileceği düşünülmektedir.

Yapılan literatür taraması çelik fabrikaları gibi yüksek sıcaklıkların olduğu iş yerlerinde ısı stresinin değerlendirilmesinde ITS ve fizyolojik zorlanma indeksi (FZİ) en önde gelen uygulanabilir endeksler olduğunu göstermektedir.

8. KAYNAKLAR

- 1 Mangum BW, Hill JE. Thermal Analysis-Human Comfort-Indoor Environments. Maryland: US Department of Commerce;1977.
- 2 Safety and health in the iron and steel industry.
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_112443.pdf /
Erişim tarihi: 20.09.2023.
- 3 Budd GM. Wet bulb globe temperature (WBGT) – its history and its limitation. J Sci Med Sport.2008;11: 20-32.
- 4 Noordin S, HashimJH. A prevalence study on the effect of heat stres among a steel plant employees in Selangor Darul Ehsan. 1997. Jurnal Kesihatan Masyarakat.2006;12(1):1663-1675.
- 5 Becker JA, Stewart LK. Heat related illness. American Family Physician.2011;83(11):1325-1330.
- 6 Plog BA. Fundamentals of Industrial Hygiene (5th ed.). Chicago: National Safety Council;1988;26-28.
- 7 Logan PW, Bernard TE. Heat stres and strain in an aluminums melter. Am Ind Hyg Assoc J.1999;60(5): 659-665.
- 8 Smith B, Crossley JL, Conner J, et al. Exposure to hypoxia during embryonic development affects blood flow patterns and heart rate in juvenile American alligators during digestion. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 2023;282;111440.
- 9 Tanaka M. Health problems and working in cold and hot environment. Occup Med Rev.1999;11:171-185.
- 10 Smil V. Still the Iron Age Changing leadership in iron and steel industry. Oxford; 2016.
- 11 BugayevK, Bychkov Y,TretyakovE, at al. Iron and Steel Production. New York- Hong Kong:The Minerva Group, Inc;2001.
- 12 World crude steel production from 2012 to 2022.
<https://www.statista.com/statistics/267264/world-crude-steel-production/>Erişim Tarihi:20.09.2023
- 13 Turkish Steel Industry <https://celik.org.tr/en/english-turkish-steel-industry/>Erişim Tarihi:20.09.2023

- 14 Turkey Steel Production <https://tradingeconomics.com/turkey/steel-production> /Erişim Tarihi: 20.09.2023
- 15 Ashby MF. Engineering Materials 2, Oxford: Pergamon Press; 1992.
- 16 Türkdoğan ET. Fundamentals of Steelmaking. London: The Institute of Materials; 1996.
- 17 Overview of the steel production process <https://www.eurofer.eu/assets/Uploads/overview-of-the-bof-process-poster-1030x1200.jpg> / Erişim Tarihi: 01.10.2023
- 18 Collins KJ. Hypothermia: The Facts, Oxford: Oxford University Press;1983.
- 19 Theodore LB, Adrienne SL, Frank PI, David PD. Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 8th Edition. Wiley;2018.
- 20 McIntyre DA. Indoor climate, Applied Science Publishers; 1980.
- 21 Houghten F, Yaglou C. ASHVE Research Report No. 673: Determination of the comfortzone: ASHVE Trans; 1923; 29:361.
- 22 Berglund LG: Comfort and humidity: ASHRAE J 1998; 40 (8):35-41.
- 23 Berglund LG, Cunningham DJ. Parameters of human discomfort in warm environments: ASHRAE Trans;1986;92:732.
- 24 Toftum J, Fanger PO. Air humidity requirements for human comfort: ASHRAE Trans;1999;105:641–647.
- 25 Shenglan J,BaizhanL, Meilan T,at al. Impact of Relative Humidity on Thermal Comfort in a Warm Environment. Indoor and Built Environment 2013;(22)4,598-607.
- 26 MangumBW, JEH. Thermal Analysis-Human Comfort-Indoor Environments. Maryland: US Department of Commerce1977.
- 27 International Labor Organization ILO. Code of Practice on safety and health in the iron and steel industry Geneva,2005;1-106.
- 28 Meng X, Xiong H, Yang H, at al. Dynamic prediction of indoor wet bulb globe temperature in an industrial workshop. Applied Thermal Engineering 2021;95,117219.
- 29 Hamerezaee M, Dehghan SF, Golbabaei F, et al. Assessment of Semen Quality among Workers Exposed to Heat Stress: A Cross-Sectional Study in a Steel Industry. Safety and Health at Work 2018;9,232-235.

- 30 Plog BA. Fundamentals of Industrial Hygiene (3rd ed.) Chicago: National Safety Council;1988.
- 31 Logan PW, Bernard TE. 1999. Heat stres and strain in an aluminums melter. Am Ind Hyg Assoc J 1999;60(5): 659-665.
- 32 Shamsul BMT, Nurul H,Shamsul T,et al. The Evaluation of Heat Stress on Steel Mill Workers through Monitoring of Environmental and Acute Physiological Changes, Advances in Environmental Biology, January 2014;8(815):177-183.
- 33 KjellstromT. et al. The direct impact of climate change on regional labor productivity, Arch. Environ. Occup. Health 2009;64 (4) 217–227.
- 34 Abdelkarim F, Ozkaymak M, Siraj A.Impacts of heat exposure on workers' health and performance at steel plant in Turkey, Engineering Science and Technology an International Journal 2018; 21,745–752.
- 35 Manikandan K, Paramesh R, Kumaravel P, et al. Occupational Heat Stress Impacts on Health and Productivity in a Steel Industry in Southern India, Safety and Health at Work 2017;8, Issue 1,99-104.
- 36 Bhattacharya A, McGlothlin JD. Occupational ergonomics: theory and applications. New York: Marcel DekkerInc; 1996. pp.832.
- 37 Lucas RA, Epstein Y, Kjellstrom T. Excessive occupational heat exposure: a significant ergonomic challenge and health risk for current and future workers. Extrem Physiol Med 2014;3:14.
- 38 Knapik JJ, CanhamCM, Hauret K, et al. Seasonal variations in injury rates during US Army Basic Combat Training. Ann Occup Hyg 2002;46:15-23.
- 39 Pachauri RK, Allen MR, Barros VR, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland:2014; 151.

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı	İlknur	Soyadı	ARPA AKINCA
Doğum Yeri		Doğum Tarihi	
Uyruğu	T.C.	Tel	
E-posta			

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık		
Tezli Yüksek Lisans	Dicle Üniv. Fen Bil. Enst. Makine Müh. A.B.D	2021
Tezsiz Yüksek Lisans	----	--
Lisans	Dicle Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Müh. Böl.	2018
Lise	Şehit Süleyman Sorkut Anadolu Lisesi	2014

İş Deneyimi

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)

Yabancı Dil Sınav Notu

KPDS/ÜDS/YDS	YÖKDİL	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
	48.75							

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	72.22	67.46	61.03
(Diğer) Puanı			

10. ORJİNALLİK RAPORU

Turnitin Orijinallik Raporu					
İşleme kondu: 07-Şub-2024 17:15 +03					
NUMARA: 2266113457					
Kelime Sayısı: 8754					
Gönderildi: 4					
METAL SEKTÖRÜNDE TERMAL KONFOR ŞARTLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ İlknur Arpa Akınca tarafından	<table><tr><td>Benzerlik Endeksi</td><td>Kaynağa göre Benzerlik</td></tr><tr><td>%5</td><td>Internet Sources: %7 Yayınlar: %3 Öğrenci Ödevleri: %6</td></tr></table>	Benzerlik Endeksi	Kaynağa göre Benzerlik	%5	Internet Sources: %7 Yayınlar: %3 Öğrenci Ödevleri: %6
Benzerlik Endeksi	Kaynağa göre Benzerlik				
%5	Internet Sources: %7 Yayınlar: %3 Öğrenci Ödevleri: %6				

1% match (04-Ara-2021 tarihli internet) http://acikerisim.dicle.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11468/7696/Ahmet%20Serhat%20BAYARw.docx?isAllowed=y&sequence=1
1% match (27-Kas-2020 tarihli internet) http://celik.org.tr/demir-celik-sektoru/#:~:text=Turkev%27s%20total%20iron%20and%20steel,USD%20
1% match (09-Ara-2022 tarihli internet) https://dl.icdst.org/pdfs/files4/afbeac62b6ae51def792e76b20920f34.pdf
1% match (18-Ara-2017 tarihli öğrenci ödevleri) Submitted to Dicle University on 2017-12-18
1% match (08-Ara-2022 tarihli internet) https://1library.net/document/gpox760g-association-extreme-exposure-physiological-change-workers-terengganu-malaysia.html
1% match (Vidhya Venugopal, Manikandan Krishnamoorthy, Vetriselvi Venkatesan, Vijayalakshmi Jaganathan et al. "Association between occupational heat stress and DNA damage in lymphocytes of workers exposed to hot working environments in a steel industry in Southern India", Temperature, 2019) Vidhya Venugopal, Manikandan Krishnamoorthy, Vetriselvi Venkatesan, Vijayalakshmi Jaganathan et al. "Association between occupational heat stress and DNA damage in lymphocytes of workers exposed to hot working environments in a steel industry in Southern India", Temperature, 2019
TÜRKİYE CUMHURİYETİ DİCLE ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ METAL SEKTÖRÜNDE TERMAL KONFOR ŞARTLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ İlknur ARPA AKINCA YÜKSEK LİSANS TEZİ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ DANIŞMAN Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT DİYARBAKIR- 2024 TÜRKİYE CUMHURİYETİ DİCLE ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ METAL SEKTÖRÜNDE TERMAL KONFOR ŞARTLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ İlknur ARPA AKINCA YÜKSEK LİSANS TEZİ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ DANIŞMAN Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT DİYARBAKIR- 2024 TÜRKİYE CUMHURİYETİ DİCLE ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ ONAY Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans İlknur ARPA AKINCA'nın hazırladığı "Metal Sektöründe Termal Konfor Şartlarının Değerlendirilmesi" başlıklı tez Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca kapsam ve bilimsel kalite yönünden değerlendirilerek Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. Danışman Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT Jüri Üyeleri Jüri Başkanı Üye Üye İmza Prof. Dr. Özgür AKKOYUN Prof. Dr. Abdurrahman SAYDUT Doç. Dr. Arzu EKİNCİ Tarih: .../.../202... Bu tez Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../... tarih ve ... sayılı kararıyla onaylanmıştır. .../.../... Prof. Dr. Mahmut BALKAN Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü BEYAN Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğumu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeden bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve tezimi Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzu standartlarına uygun bir şekilde hazırladığımı beyan ederim. 05/01/2024 İlknur ARPA AKINCA İmza I TEŞEKKÜR