



**T.C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TIBBİ CİHAZ SEKTÖRÜNDE ÜRETİM YAPAN BİR
İŞLETMEDE AYDINLATMA, GÜRÜLTÜ, TERMAL KONFOR
VE TİTREŞİM FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yahya Kemal ÜNAL

(20179241001)

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Turhan KURŞUN

SİVAS

OCAK 2021

Yahya Kemal Ünal'ın hazırladığı ve “**TIBBİ CİHAZ SEKTÖRÜNDE ÜRETİM YAPAN BİR İŞLETMEDE AYDINLATMA, GÜRÜLTÜ, TERMAL KONFOR VE TİTREŞİM FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı Prof. Dr. Turhan KURŞUN

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Fatma Nazlı ÖZSOLAK

Erciyes Üniversitesi

Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Onur ÖZSOLAK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Özlem Pelin CAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Yahya Kemal ÜNAL, 2021

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ 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 ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

08.01.2021

Yahya Kemal ÜNAL

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, tez aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Turhan KURŞUN'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması süresince bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren Nitrocare firması yetkililerinden Ayhan BEKKİ, Ferhat DELİBAŞ ve tüm personeline;

Manevi destekleriyle her zaman yanımda olan, bilgiye ulaşabilmem adına her türlü imkanları seferber eden aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.



ÖZET
TIBBİ CİHAZ SEKTÖRÜNDE ÜRETİM YAPAN BİR İŞLETMEDE
AYDINLATMA, GÜRÜLTÜ, TERMAL KONFOR VE TİTREŞİM
FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ

Yahya Kemal Ünal

Yüksek Lisans Tezi

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Turhan KURŞUN

2021, 90+xviii sayfa

Değişen ve gelişen dünya koşullarında işletmelerin rekabet açısından ayakta durabilmeleri için daha fazla üretim yapabilmeleri gerekliliği oluşmuştur. Ancak bu anlayış insanın bir makine gibi görülmesine yol açmış, sınırlı iş görme kabiliyetine sahip insanın üretim artışı uğruna kapasitesinin üstünde çalıştırılması, insanın yorularak ya da hızlı çalışması sebebiyle hata yaparak iş kazalarına, ıskarta ürün oluşmasına veya makinaların bozulmalarına neden olacağı yani sonuç olarak üretimi aksatacağı ve genel olarak üretim verimliliğini düşüreceği anlaşılmıştır. Bunun sonucunda ergonomi çalışmaları ortaya çıkmış ve bu çalışmalar zaman içerisinde değişimlere uğramıştır.

Günümüzde ergonomik çalışmaların hedefi sadece üretimi artırmak ve iş kazalarını önlemek değil bunlarla birlikte insanın çalışma ortamını kendisini mutlu edecek ortamlara dönüştürmektir.

Ülkemizde son yıllarda İş Sağlığı ve Güvenliği konusu büyük önem kazanmış ve bununla ilgili bir dizi yönetmelik ve düzenlemeler yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda çalışanların işçi sağlığını ergonomik açıdan olumsuz yönde etkileyen gürültü, aydınlatma, titreşim, termal konfor konuları detaylı bir biçimde incelenmiş ve bunların iyileştirilmesi için uluslararası çalışma örgütlerinin çalışmalarından da yararlanılarak belirli standartlar geliştirilmiştir.

Bu çalışmada öncelikle ergonomik çevresel faktörler olan aydınlatma, gürültü, termal konfor ve titreşim faktörleri açıklanmış bu faktörlerin ölçümü için kullanılan ölçüm metodolojileri üzerinde durulmuştur. Ülkemizde ve dünyada önemli bir üretim ve

tüketim istihdam hacmine sahip ve dinamik yapısı gereği sürekli gelişmekte olan tıbbi cihaz sektöründe faaliyet gösteren bir işletme ergonomik açıdan irdelenerek aydınlatma, gürültü, titreşim, termal konfor ölçümleri yapılmış ve ortamın çalışanlar için İş Sağlığı ve Güvenliği açısından uygunluğu değerlendirilmiştir. Bulunan bu neticeler sonucunda oluşabilecek iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi için alınabilecek tedbirler belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği, Ergonomi, Tıbbi Cihaz, Aydınlatma, Gürültü, Titreşim, Termal Konfor



ABSTRACT

EXAMINING OF LIGHTNING, NOISE, THERMAL COMFORT AND VIBRATION FACTORS IN A MANUFACTURING ENTERPRISE IN THE MEDICAL DEVICE SECTOR

Yahya Kemal Ünal

Master Thesis

Department of Occupational Health and Safety

Supervisor: Prof. Dr. Turhan KURŞUN

2021, 90+xviii pages

In changing and developing world, in order for business to survive in terms of competition, they need to make more production. However, this idea has caused people to be seen as a machine. It has understood that the person who has limited working capacity will cause work accidents, waste product or machine breakdown by getting tired and making mistakes in the products that are over their capacity because they have overworked; as a result it will disrupt production and generally decrease production.

As a result of this, ergonomics studies have emerged and these studies have changed over time. Only today, the goal of ergonomic studies is not to increase production but also to transform the working environment into the environments that will make them happy.

In recent years, the Occupational Health and Safety has gained an importance and a series of regulations have been made. In these studies, the issues like noise, lightning, vibration, thermal comfort that negatively affect the workers employee health has examined in detail and certain standards have been developed by taking advantage of the work of international labor organizations to make them better.

In this study, firstly, the environmental factors like lightning, noise, thermal comfort and vibration factors have been explained and the measurement methodologies used to measure these factors are emphasized. In our country and the world, an enterprise operating in the medical device sector, which has a significant production and consumption employment volume and is constantly developing due to its dynamic feature has been made lightning, noise, vibration, thermal comfort measurements by analyzing ergonomically and the suitability of the environment in terms of the Occupational Health and Safety for the employees has been evaluated. As a result of these results, the measures that can be taken to prevent the occupational accidents and the diseases that may occur have been tried to determined.

Anahtar Kelimeler: The Occupational Health and Safety, Ergonomics, Medical Device, Lightning, Noise, Vibration, Thermal Comfort

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR.....	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER.....	xvi
KISALTMALAR	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. TIBBİ CİHAZ SEKTÖRÜ.....	3
2.1. Tıbbi Cihaz Tanımı.....	3
2.2. Tıbbi Cihaz Sektörünün Önemi	3
2.3. Tıbbi Cihazların Sınıflandırılması	4
2.4. Tıbbi Cihaz Pazarı	6
2.4.1. Dünyada Tıbbi Cihaz Pazarı	6
2.4.2. Türkiye'de Tıbbi Cihaz Pazarı	8
3. ERGONOMİ	12
3.1. Aydınlatma.....	13
3.1.1. Aydınlatma Parametreleri	14
3.1.1.1. Işık Akısı (Φ).....	14
3.1.1.2. Işık Şiddeti (I)	14
3.1.1.3. Aydınlanma Düzeyi (E).....	14
3.1.1.4. Parlaklık (L).....	15
3.1.1.5. Kamaşma	15
3.1.1.6. Renk Sıcaklığı.....	15
3.1.2. Aydınlatma Türleri	16
3.1.2.1. Doğal Aydınlatma.....	16
3.1.2.2. Yapay Aydınlatma	16
3.1.3. Aydınlatmanın Ergonomik Açısından İncelenmesi.....	17
3.2. Gürültü	18
3.2.1. Gürültünün Sınıflandırılması	19
3.2.1.1. Frekans Spektrumuna Bağlı Gürültü Türleri	19
3.2.1.2. Zamana Bağlı Gürültü Türleri	19

3.2.2. Ses ve Gürültünün Fiziksel Özellikleri	20
3.2.2.1. Sesin Yayılma Hızı(c).....	20
3.2.2.2. Sesin Frekansı(f)	21
3.2.2.3. Sesin Şiddeti (I)	22
3.2.2.4. Ses Basıncı (P)	22
3.2.2.5. Sesin Gücü (W).....	23
3.2.3. Gürültü Kaynakları	23
3.2.4. Gürültünün Ergonomik Açıdan İncelenmesi	24
3.3. Titreşim.....	25
3.3.1. Titreşim Parametreleri	25
3.3.1.1. Frekans.....	25
3.3.1.2. Yer Değiştirme.....	26
3.3.1.3. Hız.....	26
3.3.1.4. İvme	27
3.3.2. Titreşimin Genliği.....	27
3.3.3. İnsan Titreşimi	27
3.3.3.1. El-Kol Titreşimi	28
3.3.3.2. Tüm Vücut Titreşimi	29
3.3.4. Titreşimden Etkilenme Sınırları.....	29
3.3.5. Titreşimin Ergonomik Açıdan İncelenmesi	30
3.4. Termal Konfor	32
3.4.1. Termal Konfor Parametreleri.....	32
3.4.1.1. Çevresel Parametreler	33
3.4.1.2. Kişisel Parametreler	36
3.4.2. Termal Konfor Bölgesi	38
3.4.3. Termal Duyarlılık Ölçeği.....	38
3.4.4. PMV – PPD İndisleri	39
3.4.5. Termal Konforun Ergonomik Açıdan İncelenmesi	40
4. ÖLÇÜM YAPILACAK İŞLETME BİLGİLERİ VE KULLANILAN CİHAZLAR	41
4.1. Ölçüm Yapılan İşletmenin Bilgileri.....	41
4.1.1. Faaliyet Alanı.....	41
4.1.2. Çalışma Süresi	42
4.1.3. Üretim Hattı ve Makineler	42
4.1.4. Tesis içi Yerleşim	44

4.2. Ölçüm Yapılan Cihazların Bilgileri	45
5- MATERYAL METOD.....	49
5.1. Aydınlatma Ölçüm Metodu	49
5.1.1. Bilgisayarsız Masalarda Ölçüm	49
5.1.2. İç Destek Alanlarında Ölçüm	49
5.1.3. Gösterim Ekran Cihazı (VDT).....	50
5.2. Gürültü Ölçüm Metodu.....	51
5.3. Titreşim Ölçüm Metodu.....	52
5.4. Termal Konfor Ölçüm Metodu	55
6. BULGULAR.....	58
6.1. Aydınlatma Ölçüm Sonuçları	58
6.2. Gürültü Ölçüm Sonuçları.....	62
6.2.1. İç Ortam Gürültü Ölçüm Sonuçları	62
6.2.2. Gürültü Maruziyet Ölçüm Sonuçları	65
6.3. Titreşim Ölçüm Sonuçları.....	70
6.3.1. El-Kol Titreşim Maruziyet Ölçüm Sonuçları	70
6.3.2. Tüm Vücut Titreşim Maruziyet Ölçüm Sonuçları.....	71
6.4. Termal Konfor Ölçüm Sonuçları	72
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
KAYNAKLAR	84
EK-1	88
EK-2	89
ÖZGEÇMİŞ	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Tıbbi cihazlar katma değerinin üretim değerine oranı.....	4
Şekil 2.2 Tıbbi cihazlar alt faaliyet kolları.....	6
Şekil 2.3. 2015-2025 dünyada tıbbi cihaz pazar büyüklüğü (Milyar ABD Doları).....	6
Şekil 2.4. 2005-2010 dünya tıbbi cihazlar pazarı (Milyon ABD Doları)	7
Şekil 2.5. Ülkelere göre tıbbi cihaz sektör payı	8
Şekil 2.6. 2011-2020 Türkiye toplam tıbbi cihaz pazarı (milyar ABD Doları)	9
Şekil 2.7. Tıbbi cihaz pazar büyüme tahmini	10
Şekil 2.8. 2011-2020 Türkiye ve diğer ülkeler toplam tıbbi cihaz pazarı (%).....	11
Şekil 3.1. Ergonomik sistem	13
Şekil 3.2. Direkt (A) ve Yansımali (B) Parıltı	15
Şekil 3.3. Işık yönlendirilmesine göre aydınlatma.....	17
Şekil 3.4. Görsel alan	18
Şekil 3.5. Gürültü türleri	20
Şekil 3.6. Genlik- frekans grafiği.....	26
Şekil 3.7. Beyaz parmak sendromu.....	29
Şekil 3.8. Titreşim ivmelerine tahammül sınırları	31
Şekil 3.9. Ortalama hava hızı – sıcaklık - memnuniyet ilişkisi	35
Şekil 3.10. Sağlık için en uygun bağıl nem aralığı	36
Şekil 3.11. Memnun olmayanların tahmini yüzdesi (PPD) değerinin tahmini ortalama oy (PMV) değerinin fonksiyonu olarak değişimi.....	40
Şekil 4.1. Üretim akış şeması.....	43
Şekil 4.2. Tesis içi yerleşim planı	44
Şekil 4.3. Aydınlatma ölçüm cihazı.....	46
Şekil 4.4. Hava hızı ve nem ölçüm cihazı.....	46
Şekil 4.5. Kişisel maruziyet gürültü ölçüm cihazı	47
Şekil 4.6. İç ortam gürültü ölçüm cihazı.....	47
Şekil 4.7. Titreşim ölçüm cihazı	48
Şekil 4.8. Termal konfor ölçüm cihazı	48
Şekil 5.1. Masalarda aydınlatma ölçümü.....	49
Şekil 5.2. İç ortam aydınlatma ölçümü	49
Şekil 5.3. Ekranlı araçlarda (VDT) aydınlatma ölçümü	50
Şekil 5.4. Elle tutma konumu.....	52
Şekil 5.5. Çalışanın çalışma pozisyonuna göre eksenler	53

Şekil 5.6. Titreşim yayılan bölgeler	54
Şekil 6.1. Aydınlatma ölçüm sonuçları	58
Şekil 6.2. Montaj hattı bölümleri aydınlatma ölçümleri sonuçları	58
Şekil 6.3. Depo bölümleri aydınlatma ölçümleri sonuçları	59
Şekil 6.4. Kontrol bölümleri aydınlatma ölçümleri sonuçları	60
Şekil 6.5. Üretim hattı bölümleri aydınlatma ölçümleri sonuçları.....	60
Şekil 6.6. Boyahane bölümü aydınlatma ölçümleri sonucu.....	61
Şekil 6.7. Preshane bölümü aydınlatma ölçümleri sonucu	62
Şekil 6.8. Montaj bölümü iç ortam gürültü ölçüm sonuçları	62
Şekil 6.9. Kaynakhane bölümü iç ortam gürültü ölçüm sonuçları.....	63
Şekil 6.10. Preshane bölümü iç ortam gürültü ölçüm sonuçları	63
Şekil 6.11. Boyahane bölümü iç ortam gürültü ölçüm sonuçları.....	64
Şekil 6.12. Taşlama bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm sonuçları	65
Şekil 6.13. Taşlama bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm hesaplamaları.....	65
Şekil 6.14. Kaynakhane bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm sonuçları.....	66
Şekil 6.15. Kaynakhane bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm hesaplamaları	67
Şekil 6.16. Preshane bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm sonuçları	67
Şekil 6.17. Preshane bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm hesaplamaları.....	68
Şekil 6.18. Montaj bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm sonuçları	69
Şekil 6.19. Montaj bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm hesaplamaları.....	69
Şekil 6.20. El-kol titreşim ölçümleri hesap değeri kıyaslaması.....	71
Şekil 6.21. Tüm vücut titreşim ölçümleri hesap değeri kıyaslaması	72
Şekil 6.22. Montaj bölümü termal konfor ölçüm hesaplamaları	73
Şekil 6.23. Kaynakhane bölümü termal konfor ölçüm hesaplamaları	74
Şekil 6.24. Preshane bölümü termal konfor ölçüm hesaplamaları.....	74
Şekil 6.25. Boyahane bölümü termal konfor ölçüm hesaplamaları	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Dünya toplam tıbbi cihaz pazarı (milyar ABD Doları)	8
Çizelge 3.1. İşyerlerinde bazı alanlarda ve işlerde gerekli aydınlık düzeyi değerleri	14
Çizelge 3.2. Lamba türlerinin ışık etkinliği ve kullanım ömürleri	16
Çizelge 3.3. Sesin bazı ortamlarda yayılma hızı	21
Çizelge 3.4. Canlıların ses işitme ve ses üretme aralığı frekansları	22
Çizelge 3.5. Değişik kaynakların ses basınç düzeyleri	23
Çizelge 3.6. Gürültü açısından etkenler	24
Çizelge 3.7. Gürültülerin sınıflandırılması	25
Çizelge 3.8. Yaşam boyu ve günlük titreşim maruziyetlerinde el-kol dolaşımında etkilenmenin görüldüğü ivmeler(rms)	28
Çizelge 3.9. Titreşim yapan farklı cihazların ivmeleri ve önerilen kullanım süreleri	30
Çizelge 3.10. Titreşimin sebep olduğu şikayetler	31
Çizelge 3.11. Termal konfor parametreleri	33
Çizelge 3.12. Sıcaklık arttıkça meydana gelebilecek metabolik olaylar	33
Çizelge 3.13. Hava akım hızının insan üzerine etkileri	35
Çizelge 3.14. Aktivite seviyesi değerleri	37
Çizelge 3.15. Çeşitli giysi türleri ve yalıtım katsayıları	37
Çizelge 3.16. Termal konfor değerleri	38
Çizelge 3.17. Bazı termal konfor duyarlık ölçekleri	39
Çizelge 3.18. Yüksek sıcaklık sonucu oluşabilecek durumlar	40
Çizelge 4.1. Çalışan demografik bilgileri	42
Çizelge 5.1. Çeşitli giysi türleri için yalıtım katsayıları	55
Çizelge 5.2. Aktivite seviyesi değer tablosu	56
Çizelge 6.1. El- kol titreşim maruziyeti ölçüm sonuçları	70
Çizelge 6.2. Tüm vücut titreşim maruziyeti ölçüm sonuçları	71
Çizelge 6.3. Termal Konfor Ölçüm Sonuçları	72
Çizelge 7.1. Aydınlatma ölçüm sonuçları	76
Çizelge 7.2. İç ortam gürültü ölçüm sonuçları	77
Çizelge 7.3. Gürültü maruziyet ölçüm sonuçları	78
Çizelge 7.4. El-kol titreşim maruziyet ölçüm sonuçları	79
Çizelge 7.5. Tüm vücut titreşim maruziyet ölçüm sonuçları	79
Çizelge 7.6. Termal Konfor ölçüm sonuçları	80
Çizelge 7.7. PMV-PPD hesaplama sonuçları	80

SİMGELER

c: Sesin Yayılma Hızı, m/s

λ : Dalga Boyu, m

T: Periyot, s

I: Ses Şiddeti, W/m²

P: Ses Basıncı, N/ m²

L_w: Uluslararası ses gücü, W

W: Sesin Gücü, watt

X:Yer değiştirme, m

X₀: Maksimum genlik, Pa

t_r: Ortalama ışıınım sıcaklığı, °C

t_{pr1}: Mekan döşeme yüzey sıcaklığı, °C

t_{pr2}: Mekan tavan yüzey sıcaklığı, °C

t_{pr3}: Mekan sağ düzlem yüzey sıcaklığı, °C

t_{pr4}: Mekan sol düzlem yüzey sıcaklığı, °C

t_{pr5}: Mekan ön düzlem yüzey sıcaklığı, °C

t_{pr6}: Mekan arka düzlem yüzey sıcaklığı, °C

L_P: Ses basınç seviyesi, dB

P: Pa olarak ses basıncı, Pa

P₀: Referans ses basıncı, 2μPa

L_{PA}: A-ağırlıklı ses basınç seviyesi, dB

P_A: Pa olarak A-ağırlıklı ses basıncı, Pa

L_{AeqT}:Eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basınç seviyesi, dB

L_{EX,8h}: Anma 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş maruz kalınan gürültü seviyesi, dB

T_E: Çalışma gününde etkin olarak maruz kalınan periyot, sa

T₀: Referans maruz kalma periyodu, 8 sa

a_{hwix}: -x yönündeki titreşim ivmesi, m/s²

a_{hwi}: -y yönündeki titreşim ivmesi, m/s²

a_{hwiz}: -z yönündeki titreşim ivmesi, m/s²

a_{hv}: i işlemi için titreşimin her 3 eksenindeki a_{hwi} değerlerinin karelerinin k.o.k değeri, m/s²

A(8): Günlük titreşime maruz kalma, m/s²

a_{wmax}: i işlemi için frekans ağırlıklandırılmış maksimum titreşim değerleri, m/s²

M: Metabolik oran, W/m²

I_d: Kıyafet yalıtımı, m².K/W

f_d: Kıyafet yalıtım alan faktörü

t_a: Kuru hazne (hava) sıcaklığı, °C

t_r: Ortalama radyal sıcaklık, °C

v_{ar}: Hava akım hızı, m/s

h_c: Konvektif ısı transfer katsayısı, W/m².K

t_{cl}: Kıyafet yüzey sıcaklığı, °C

WBGT: Islak hazne küre sıcaklığı, °C

T_{nw}: Doğal-yaş hazne sıcaklığı, °C

T_g: Küre sıcaklığı, °C

L: Parıltı, sb

Φ: Işık Akısı, lm

KISALTMALAR

AR-GE: Araştırma Geliştirme

CIE: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu

HAVS: El-Kol Titreşim Sendromu

USFDA: United States Food and Drug Administration

SARS: Ağır Akut Solunum Yolu Yetersizlięi Sendromu

Covid-19: Yeni Koronavirüs Hastalığı

ABD: Amerika Birleřik Devletleri

YB: Yüksek Basınç

AB: Alçak Basınç

LED: Işık Yayan Diyot

PMV: ortamın termal durumuna ilişkin beklenen ortalama karar

PPD: bir ortamda bulunan termal açıdan memnuniyetsiz kişilerin sayısal yüzdesi

VDT: Gösterim Ekran Cihazı

ILO: Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)

TS: Türk Standartları

EN: Avrupa Standartı (Europeane Norm)

ISO: Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Organization for Standardization)

COHSR: Kanada İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatı

İSG: İş Sağlığı ve Güvenliği

KKD: Kişisel Koruyucu Donanım

1. GİRİŞ

Günümüz toplumlarında insana ve işin verimine verilen değer geçmiş dönemlere göre daha çok önem kazanarak disiplinler arası bir bilim dalı olan İş Sağlığı ve Güvenliği kavramını ortaya çıkarmıştır. İş Sağlığı ve Güvenliği kavramının amacı, yapılan çalışmalarla iş kazaları ve meslek hastalıklarının önüne geçmektir. Böylece ilk öncelik olan çalışanların çalışma ortamları optimize olacak, sağlıklı olarak işlerini yürütmeleri ve hayatlarına devam etmeleri sağlanacaktır. Ayrıca oluşacak maddi ve manevi kayıpların önüne geçilerek iş verimini arttıracaktır.

Her bireyin iş yapış şekli ölçülebilen ve belirli formüllerle ifade edilebilen fiziksel olayları içerir ve makine ile insan karşılaştırıldığında görülen temel farklılıklardan bir tanesi insanın fiziksel iş kapasitesinin makineye göre daha sınırlı olmasıdır. Dolayısıyla çalışanın günlük iş yükü, gün boyunca gerçekleştirebileceği düzeyde tutulmalıdır. Aksi takdirde çalışan yorulur ve bu yorgunluk hali iş sağlığı ve güvenliği, işin kalitesi, iş verimliliği ve kişinin psikolojik dengesi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Endüstride karşılaşılan tüm bu sorunlara çözüm bulmak adına, “İnsan – Çevre – Makine” ilişkilerini derinlemesine incelemek ve çalışanların sağlıklı, güvenli ve verimli çalışabilmeleri için geliştirmeler yapmak önem kazanmıştır. Bu çalışmalar ergonomi biliminin gelişimine katkıda bulunmuştur.

Ergonomi bilimi, iş gören üzerinde çalışma ortamının psikolojik ve fiziksel etkilerini incelemektedir. Ergonomi prensipleri; kolay ve hızlı işlem yapılabilmesi amacıyla iş alanlarının tasarımında, operatörler ve makineler arasındaki iletişim ve görev dağılımını düzenleyen metotların düzenlenmesinde kullanılmaktadır. Özellikle emek yoğun üretim yapılan montaj hatlarında, işlerin tekrarlı olarak ve sürekli yapılmasından dolayı çalışanlarda çeşitli meslek hastalıkları oluşur. Bu hastalıklar oluşuktan sonra bazen tedavi edilmesi imkânsız olmakta bazen ise tedavi süreleri çok uzun olmaktadır. Bunun sonucunda işletmelerde işgücü kaybı ve verimlilik kayıpları ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle iş ortamındaki ergonomik faktörlerin bilincinde olarak bu faktörlerin belirlenen standart seviyelerin üzerinde tutulması işgücü, kaybı ve verimlilik kaybının oluşmamasına ve iş kazaları ile birlikte meslek hastalıklarının önüne geçilmesine destek olur[1].

İnsan faktörünün olumsuz etkilenmesinin önüne geçmek, onun gelişen makine ve çalışma sistemleri karşısında yetersiz kalmasını önlemek için, insan özelliklerinden en iyi şekilde yararlanılmasının ve iş ortamının düzenlenmesinin gerekli olduğu anlaşılmıştır. İnsan iş ortamında çalışırken çevresel faktörlerin etkisi altında çalışır. Çalışma ortamındaki sıcaklık, nem gibi iklime dayalı çevre koşullarına karşı insan vücut ısısı dengesini korumaya çalışır. Bu ısı dengesi söz edilen faktörlerin belli değerlerde olmasıyla mümkündür. Ayrıca ortam içindeki aydınlatma, gürültü ve titreşim faktörleri iş özelliklerine uygun düzeylerde tutulmalıdır. Dolayısıyla bu faktörlerin etkisinin en aza indirilmesi çalışanın işine karşı olan ilgisini yükselteceği ve verimini artıracakı düşünülmektedir [2].

Ülkemizde istihdam ve katma değer açısından henüz üst sıralarda bulunmayan fakat gün geçtikçe daha da önem kazanan tıbbi cihaz sektöründe çalışma şartlarının değerlendirilerek mevcut olan çalışma zorluklarının iyileştirilmesi sonucu, çalışanların iş kazalarına sebebiyet vererek hem kendi güvenliklerini hem de iş güvenliğini tehlikeye atmaları önlenebilecek ve meslek hastalıklarına yakalanmamaları adına bir adım atılmış olacaktır. Ayrıca bu iyileştirmeler sonucu iş verimi ve kalitesi artacak hem işletme sahibi hem çalışan için kazan-kazan durumu oluşacaktır. Bu nedenle optimal ortam koşulların sağlanmaması sebebiyle iş kazaları ve meslek hastalıklarının oluşumunda payı yüksek olan aydınlatma, gürültü, termal konfor ve titreşim faktörlerinin incelenerek çalışanlar için gerekli optimal ortam koşulların sağlanmasının zorunlu hale gelmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu çalışmada öncelikle ergonomik çevresel faktörler olan aydınlatma, gürültü, termal konfor ve titreşim faktörleri açıklanmış bu faktörlerin ölçümü için kullanılan ölçüm metodolojileri açıklanmıştır. Ülkemizde ve dünyada önemli bir üretim ve tüketim istihdam hacmine sahip ve dinamik yapısı gereği sürekli gelişmekte olan tıbbi cihaz sektöründe faaliyet gösteren bir işletme ergonomik açıdan irdelenerek aydınlatma, gürültü, titreşim, termal konfor ölçümleri yapılmış ve ortamın çalışanlar için İş Sağlığı ve Güvenliği açısından uygunluğu değerlendirilmiştir. Bulunan bu neticeler sonucunda oluşabilecek iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi için alınabilecek tedbirler belirlenmeye çalışılmıştır.

2. TIBBİ CİHAZ SEKTÖRÜ

2.1. Tıbbi Cihaz Tanımı

Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan tanıma göre tıbbi cihaz, insanda kullanıldıklarında asli fonksiyonunu farmakolojik, immünolojik veya metabolik etkiler ile sağlamayan fakat fonksiyonunu yerine getirirken bu etkiler tarafından desteklenebilen ve insan üzerinde,

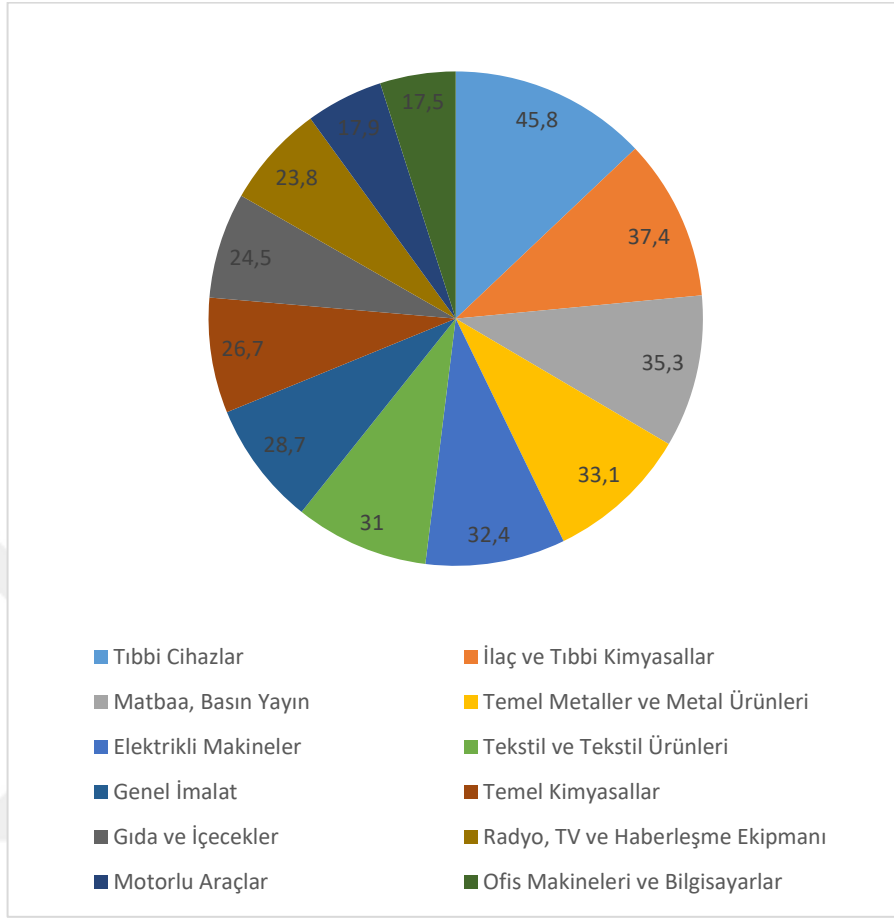
1. Hastalığın tanısı, önlenmesi, izlenmesi, tedavisi, hafifletilmesi veya mağduriyetin giderilmesi
2. Yaralanma veya sakatlığın tanısı, izlenmesi, tedavisi, hafifletilmesi veya mağduriyetin giderilmesi
3. Anatomik veya fizyolojik bir işlevin araştırılması, değiştirilmesi veya yerine başka bir şey konulması
4. Doğum kontrolü

Amacıyla kullanılmak üzere imal edilmiş, tek başına veya birlikte kullanılabilen, imalatçısı tarafından özellikle tanı ve/veya tedavi amaçlı kullanılmak üzere imal edilmiş ve tıbbi cihazın amaçlanan işlevini yerine getirebilmesi için gerekli olan yazılımlar da dahil her türlü araç, alet, teçhizat, yazılım, aksesuar veya diğer malzemeleri ifade eder [3].

2.2. Tıbbi Cihaz Sektörünün Önemi

Tıbbi cihaz sektörü birçok alt bilim dalını etkileyen ve özellikle sağlık sistemleri sanayi ile doğrudan ilişkili bir sektör olması sebebiyle farklı bir anlam kazanmakta ve diğer sektörlerle kıyaslandığında öncelik sırası üst sıralarda olmaktadır.

Sektör, yaşamsal olma niteliğinin bir türevi olarak ekonomik krizlerden, diğer sektörlerle göre daha az etkilenmektedir. Tıbbi cihaz sanayi yenileşimci bir sanayi olmasından dolayı tüm dünyada tıbbi cihaz sanayinin Ar-Ge' ye ayırdığı pay çok yüksektir [4].



Şekil 2.1. Tıbbi cihazlar katma değerinin üretim değerine oranı [5]

Dünyada, tıbbi cihaz sektörü katma değerinin diğer sektörlerle birlikte üretim değerine oranı Şekil 2.1’ de verilmiştir.

2.3. Tıbbi Cihazların Sınıflandırılması

İnsanlığın ilk zamanlarından bu yana dönemin şartlarına göre şekillendirilmiş tıbbi cihazlar sağlığın her alanında kullanılmaya başlanan ekipmanlar olmuştur. Bu kullanımla birlikte çeşitlilik de ciddi bir şekilde artmaya başlamıştır. Bu çeşitlilikle birlikte tıbbi cihazlar çeşitli şekillerde sınıflandırılmıştır [6].

Genel olarak tıbbi cihaz ve aletleri için aşağıdaki gibi temel bir sınıflandırma yapmak mümkündür:

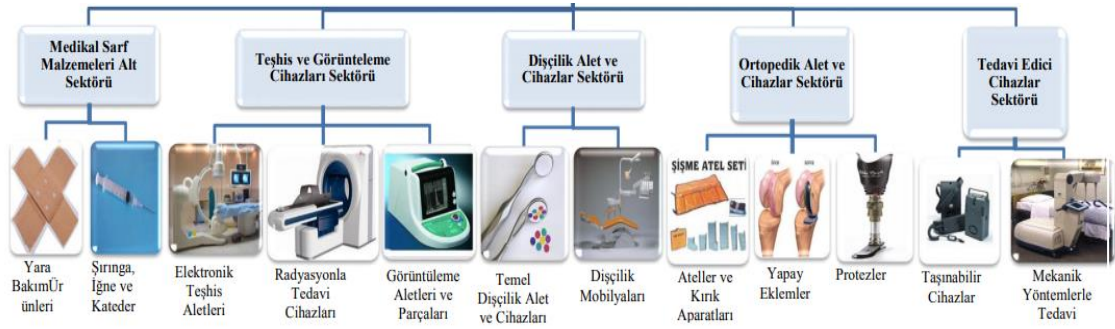
1. Tıbbi Görüntüleme Sistemleri
2. Ameliyathane ve Solunum Cihazları

3. Biyokimya, Moleküler Biyoloji, Hematoloji, Genetik ve Mikrobiyoloji Cihazları
4. Biyolojik Sinyal İzleme Cihazları
5. Radyoterapi Sistemleri
6. Fizik Tedavi Cihazları
7. Optik Tıbbi Cihazlar
8. Sterilizatör ve Etüv Cihazları
9. Diş, KBB ve Göz Üniteleri
10. Ses ve İşitme Cihazları (Odyometre, Empedansmetre)
11. Mekanik Cihazlar ve Cerrahi Aletler
12. Tıbbi Gaz Sistemleri
13. Hemodiyaliz Cihazları, Su Sistemleri (Deiyonize, Distile, Ters Ozmoz)
14. Tek Kullanımlık Sarf Malzemeleri
15. Protez ve Ortezler [7]

Tıbbi cihazlar ile ilgili farklı bir sınıflandırma ise şöyle oluşturulmuştur:

1. Medikal Sarf Malzemeleri Sektörü
 - Yara Bakım Ürünleri
 - Şırınga İğne ve Kateter
2. Medikal Teşhis ve Görüntüleme Cihazları Sektörü
 - Elektronik Teşhis Cihazları
 - Radyasyonla Teşhis Cihazları
 - Görüntüleme Aletleri ve Parçaları
3. Dişçilik Alet ve Cihazlar Sektörü
 - Temel Dişçilik Alet ve Cihazları
 - Dişçilik Mobilyaları
4. Medikal Ortopedik Alet ve Cihazlar Sektörü
 - Ateller ve Kırık Aparatları
 - Yapay Eklemler
 - Protezler
5. Medikal Tedavi Edici Cihazlar Sektörü
 - Taşınabilir Cihazlar
 - Mekanik Yöntemlerle Tedavi Cihazları [8]

Tıbbi cihazların sınıflandırılmasına Şekil 2.2’ de değinilmiştir.

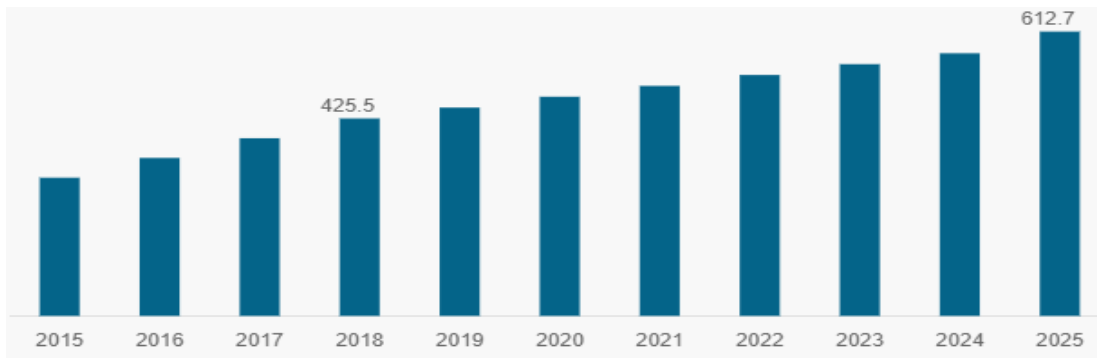


Şekil 2.2. Tıbbi cihazlar alt faaliyet kolları [8]

2.4. Tıbbi Cihaz Pazarı

2.4.1. Dünyada Tıbbi Cihaz Pazarı

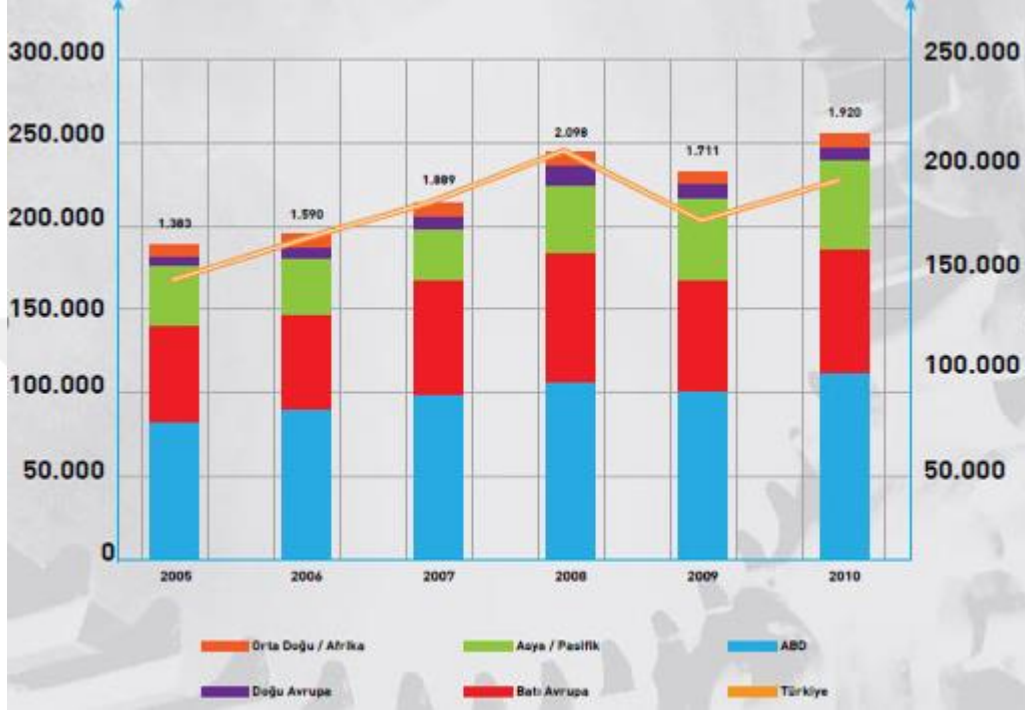
Tıbbi cihazların Pazar büyüklüğü 2018’de 425,5 milyar ABD doları değerindedir ve 2025 yılına kadar 625 milyar ABD dolarına ulaşması, 2018 ile 2025 yılları arasında %5,4 bileşik yıllık büyüme hızında büyümesi beklenmektedir. Tıbbi teknoloji şirketlerinin yeni nesil tıbbi cihazların AR-GE’sine yapılan yatırımlara artan ilgisi ve düzenleyici makamların onaylar için yeşil sinyali, 2018-2025 tahmin döneminde tıbbi cihaz endüstrisinin pazar payını artıracaktır. Örneğin USDFA (US Food and Drug Administration) veri tabanına göre FDA tarafından 2017 ve 2018 yıllarında sırasıyla 27 ve 54 yeni tıbbi cihaz onaylanmıştır. Sağlık alanındaki karşılanmamış ihtiyaçların üstesinden gelmek için teknolojik tedaviler ve yenilikçi terapilere yönelik artan talep, tahmin süresi boyunca tıbbi cihaz pazarındaki büyümeyi destekleyen bir başka faktör olarak kabul edilmektedir [9]. Tıbbi cihazların Pazar büyüklüğü tahmini Şekil 2.3’ de verilmiştir.



Şekil 2.3. 2015-2025 dünyada tıbbi cihaz pazar büyüklüğü (Milyar ABD Doları) [9]

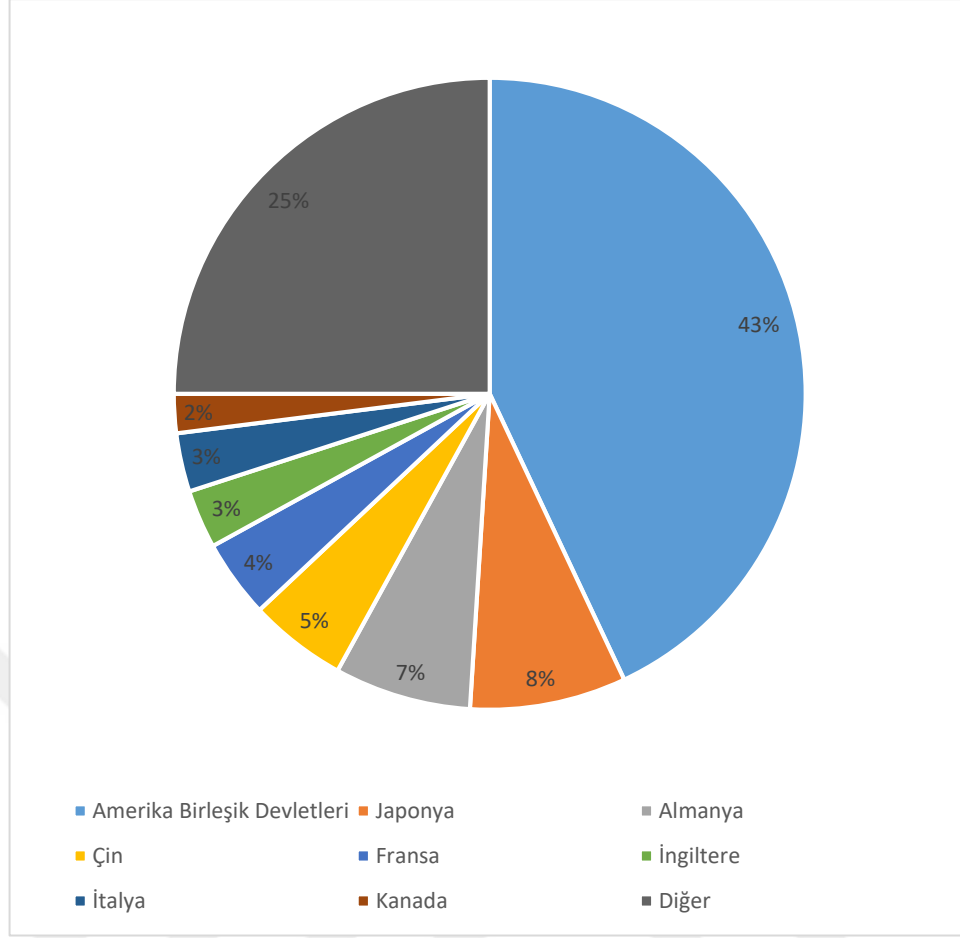
Tıbbi cihaz pazarı dinamik bir çalışma alanına sahip olduğu ve çevresel faktörler tarafından doğrudan etkilenecek hızlıca yönlenebilen bir pazar olduğu için pazar

hakkında tahminde bulunulması oldukça güçleşmektedir. Örneğin 2003 yılında ortaya çıkan SARS virüsü, 2005 yılında ortaya çıkan kuş gribi virüsü, 2019 yılında ortaya çıkan Covid-19 (Corona) virüsü sonucu oluşan hastalıklar, global çapta toplumları etkileyerek devletlerin tıbbi cihaz sektörüne daha fazla yatırım yapma gerekliliği sonucunu doğurmuştur.



Şekil 2.4. 2005-2010 dünya tıbbi cihazlar pazarı (Milyon ABD Doları) [10]

Şekil 2.4' e bakacak olursak 2005-2008 yılları arasında dünyayı etkileyen kuş gribi vakası tıbbi cihaz pazarındaki artışı hızlandırmış, hastalığın tedavisi bulunduktan sonraki yılda düşüş yaşanmıştır.



Şekil 2.5. Ükelere göre tıbbi cihaz sektör payı [11]

Şekil 2.5' e göre Tıbbi cihaz sektöründe %43' lük pay ile ABD 1. sırada bulunmaktadır, onu %8 ile Japonya, %7 ile Almanya takip etmektedir. Tıbbi cihaz pazarında en büyük 8 ülke pazarın %75' ine hakimken geri kalan ülkeler yalnızca % 25' lik bir pazar payına sahiptir.

2.4.2. Türkiye'de Tıbbi Cihaz Pazarı

Türkiye'nin dünya tıbbi cihaz pazarındaki yeri Çizelge 2.1' de verilmiştir.

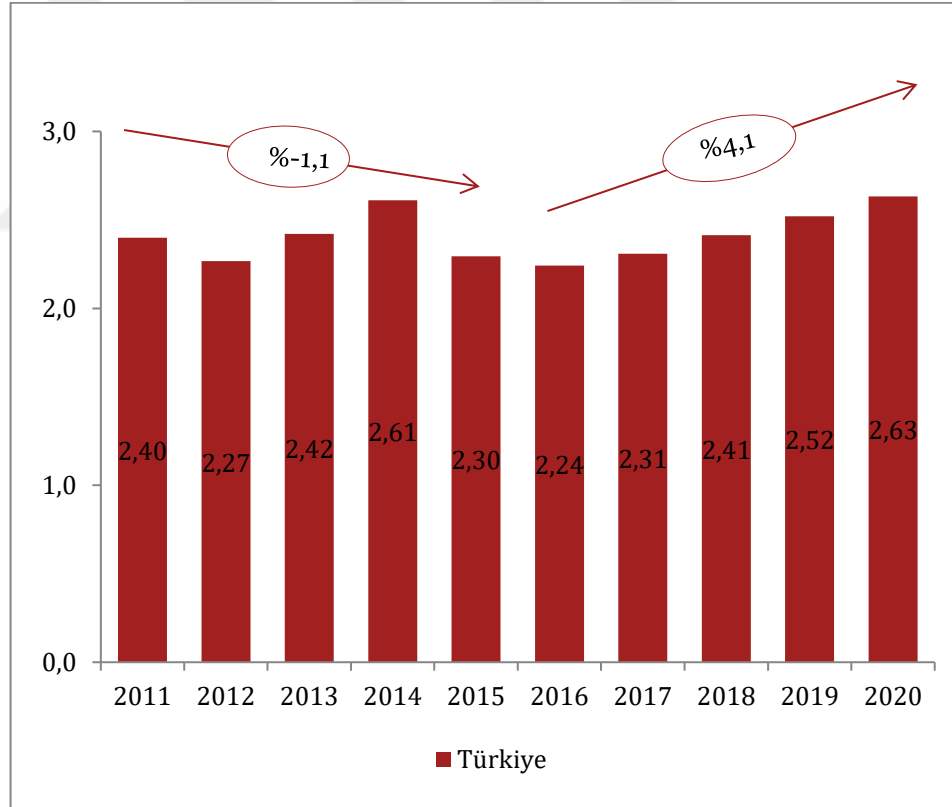
Çizelge 2.1. Dünya toplam tıbbi cihaz pazarı (milyar ABD Doları) [11]

Sıra	Ülke	2011	2012	2013	2014	2015
1	ABD	117.535	121.133	127.159	133.594	140.144
2	Japonya	30.437	32.929	28.208	28.101	26.013
3	Almanya	24.532	23.544	25.554	26.256	22.668
4	Çin	11.883	14.079	16.075	17.207	17.774
5	Fransa	14.055	13.520	14.619	14.609	12.567
6	İngiltere	9.713	9.769	10.186	11.316	10.864
7	İtalya	10.132	9.064	9.621	10.043	8.281
8	Kanada	1.727	6.878	6.837	6.720	6.157

Çizelge 2.1 devamı;

9	Güney Kore	4.786	4.930	5.083	5.441	5.504
10	Brezilya	5.205	5.387	5.537	5.633	4.591
11	İspanya	5.140	4.640	4.902	5.330	4.552
12	Rusya	6.813	8.426	6.718	6.118	4.369
13	Avustralya	4.557	4.842	4.904	5.001	4.181
14	Meksika	3.244	3.405	3.683	4.036	3.919
15	İsviçre	3.554	3.273	3.501	3.689	3.504
16	Hindistan	2.830	3.179	3.226	3.354	3.500
17	Hollanda	3.601	3.498	3.745	3.953	3.374
18	Türkiye	2.399	2.267	2.421	2.612	2.295
19	Belçika	2.373	2.275	2.514	2.607	2.227
20	Suudi Arabistan	1.349	1.669	1.889	2.052	2.214
TOPLAM		265.865	278.707	286.382	295.321	288.698

Çizelge 2.1 verilerine göre ülkemiz dünya tıbbi cihaz pazarında ortalama %0,7' lik bir paya sahiptir.

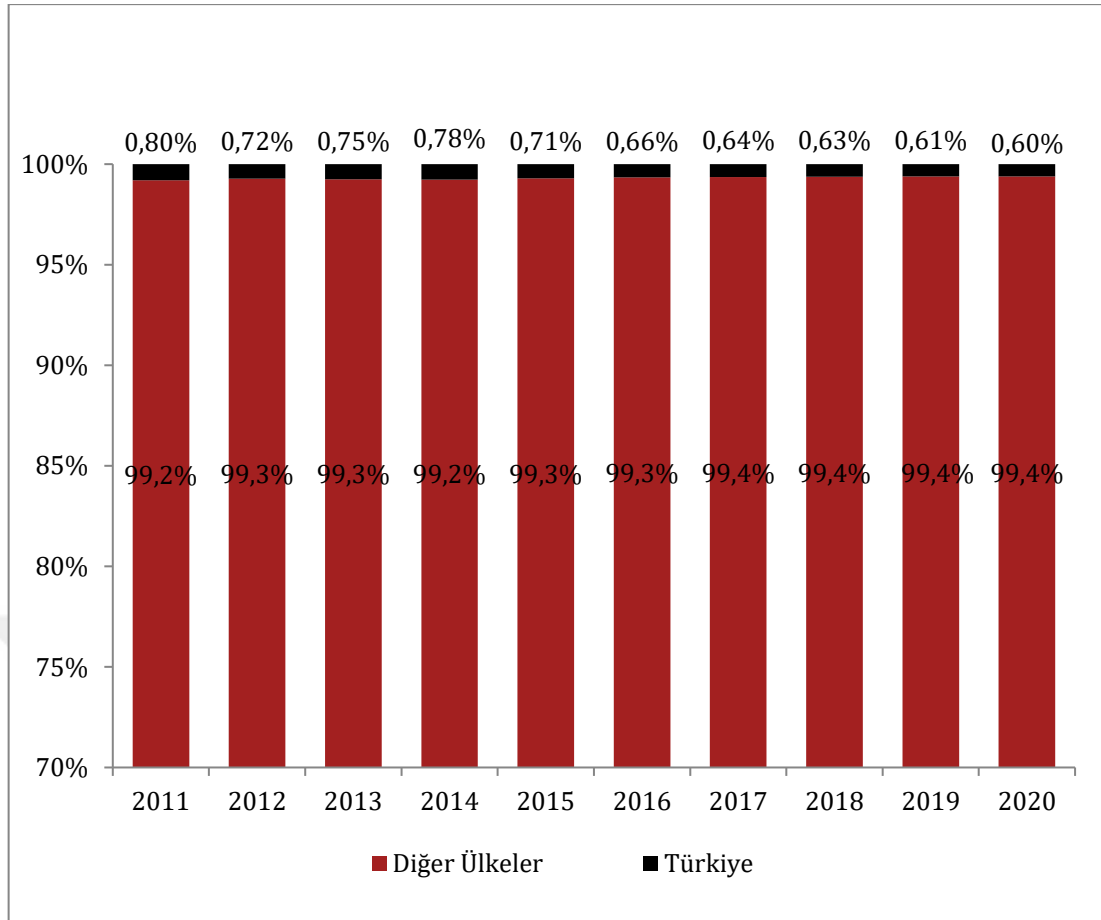


Şekil 2.6. 2011-2020 Türkiye toplam tıbbi cihaz pazarı (milyar ABD Doları) [5]

Milyar Dolar	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Global Pazar	302	315	324	336	324	339	361	386	413	436

Şekil 2.7. Tıbbi cihaz pazar büyüme tahmini [5]

Şekil 2.6’ da Türkiye’ de ve Şekil 2.7’ de dünyada 2011-2015 yılları arasında gerçekleşmiş olan ve 2016-2020 yılları arasında gerçekleşmesi beklenen tıbbi cihaz pazarının büyüklük değerleri verilmiştir. Türkiye tıbbi cihaz pazarının büyüklük değeri yaklaşık 2,4 milyar dolar iken, bu değer yıllık %1,1 bileşik küçülme oranıyla 2015 yılı sonunda 2,3 milyar dolar seviyesine geldiği gözlenmektedir. 2011 yılındaki tıbbi cihaz pazarının toplam büyüklük değeri yaklaşık 302 milyar dolar iken, bu değerinin yıllık %1,8 bileşik oran ile büyüyerek 2015 yılı sonunda yaklaşık 324 milyar dolara ulaştığı gözlemlenmektedir. 2011-2015 yılları arasında pazar büyüklüğü Türkiye ve global pazar için sırasıyla 2,61 milyar dolar ve 336 milyar dolar ile 2014 yılında en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2016-2020 yılları arasındaki tahmin döneminde ise pazar büyüklüğünde sürekli bir artış beklenmektedir. 2016 yılında toplam tıbbi cihaz pazarının büyüklük değeri yaklaşık 339 milyar dolar olarak beklenirken, bu değer yıllık %6,4 bileşik büyüme yaşayarak 2020 yılının sonunda yaklaşık 436 milyar dolara ulaşması öngörülmektedir. Türkiye pazarında ise 2016 yılında toplam tıbbi cihaz pazarı büyüklüğü 2,24 milyar dolar olarak beklenirken, bu değer yıllık %4,1 bileşik büyüme oranıyla yaklaşık 2,63 milyar dolara ulaşması beklenmektedir.



Şekil 2.8. 2011-2020 Türkiye ve diğer ülkeler toplam tıbbi cihaz pazarı (%) [11]

Şekil 2.8’ de 2011-2015 yılları arasında gerçekleşmiş olan ve 2016-2020 yılları arasında gerçekleşmesi beklenen tıbbi cihaz pazarının büyüklük değerlerinin yüzdeleri verilmiştir. Gösterimde kolaylık olması açısından grafik gösterimi %70 seviyesinden başlatılmıştır. 2011 yılında Türkiye’nin toplam tıbbi cihaz pazarında yaklaşık %0,8 paya sahip olduğu görülmektedir. Türkiye’nin tıbbi cihaz pazarındaki payı 2015 yılı sonu itibarıyla yaklaşık %0,1 azalarak %0,71 olduğu görülmektedir. Türkiye tıbbi cihaz pazarı toplam sahip olduğu pay içinde en yüksek değere %0,80 ile 2011 yılında ulaşmıştır. 2016-2020 yılları arasındaki tahmin döneminde ise Türkiye’nin tıbbi cihaz pazarında sahip olduğu payda sürekli bir düşüş yaşanarak %0,60 seviyesine gerileyeceği öngörülmektedir.

3. ERGONOMİ

Ergonomi, Yunanca “ergon=iş, çalışma”, “nomos=yasa” anlamına gelen sözcüklerin birleştirilmesiyle elde edilen bir sözcüktür. Ergonomi, insanın biyolojik, psikolojik özelliklerini göz önünde bulundurarak insan-makine-çevre uyumunun doğal ve teknik kurallarını araştıran, disiplinler arası araştırma geliştirme ve uygulama çalışmaları olarak tanımlanabilir. Ergonominin başlıca amacı çalışanların, verimlerini düşürmeden güvenliklerini sağlamak ve onları fiziksel ve psikolojik olarak sağlıklı kılabilmektir.

Ergonomi, iş kazaları araştırmaları sonucu iş kazalarının ortaya çıkma nedenleri, çalışma ortamlarındaki güvensiz durumlar, hareketler ve çalışma ortamlarındaki güvensiz davranışlar olan iki temel etmen ile yakından ilgilenmektedir. Bunun sebebi çalışma ortamlarında iş güvenliğine aykırı olan veya tehlike oluşturan tüm etmenler, genel olarak insandan veya makineden kaynaklı olarak ortaya çıkmaktadır [12].

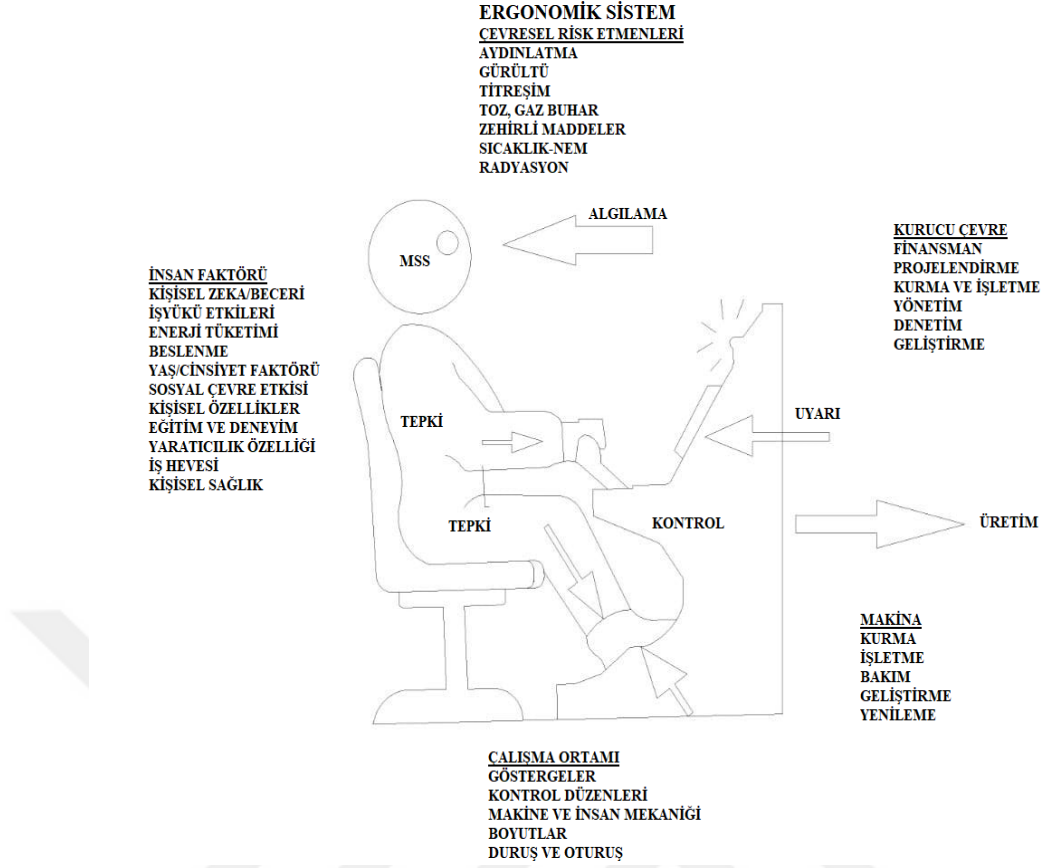
İşin insana uyumu şu öğelerden oluşur;

- Çalışılan ortamın ve kullanılan makine-ekipmanın analiz ve düzeni
- İş çevresinin gürültü, aydınlatma, titreşim ve iklim koşulları açısından analiz ve düzeni
- İşin içeriği, çalışma süresi, mola zamanlarının analiz ve düzeni [13]

İnsanın işe uyumu ise şu öğelerden oluşur;

- Çalışanın eğitimi, işe uygunluğu, bilgi eksikliğinin saptanması
- Çalışanın yaş, cinsiyet ve bedensel yapısının dikkate alınması
- Çalışanın yorgun olmaması, heyecanlı veya sinirli olması gibi duygu durumunu işe yansıtması
- Çalışanın kendine aşırı güven duymadan ilgili ve düzenli bir biçimde işini yapması [14]

Ergonominin konusu iş ve insan ilişkilerini ve bu ilişkileri etkileyen çevresel etkenlerdir. Ergonominin alt başlıkları olan çevresel faktörler, psikolojik faktörler ve fiziksel faktörler bir bütünsel sistem yaklaşımı olarak incelenir [15]. Ergonomik sistem Şekil 3.1’ de verilmiştir.



Şekil 3.1. Ergonomik sistem [16]

3.1. Aydınlatma

Görsel uyanım uyandıran ışınım ışık denir. 1913 yılında kurulan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından aydınlatmanın tanımı, “nesnelerin ve çevrenin gereği gibi görünebilmesini sağlayan ışık uygulamalarıdır.” Bu tanımdan hareketle aydınlatmada amaç nesneleri ışıklı kılmak değil, nesneleri ve çevrelerini görünür kılmaktır [17].

Bir ortamda bulunan cisimleri görünür kılmaya yani algılamaya uygun kılınan ışık uygulamalarına aydınlatma denilmektedir. Bu belirli ortam hacminin tamamının aydınlatılması amacıyla yapılan ışıklandırmaya genel aydınlatma, belirli kısıtların olduğu durumlarda kısmi bölgelerin ışıklandırılmasına bölgesel aydınlatma denilir [18].

3.1.1. Aydınlatma Parametreleri

3.1.1.1. Işık Akısı (Φ)

Işık kaynağı tarafından birim zamanda yayılan ve gözün değerlendirebildiği ışık miktarına ışık akısı denir. Bir aydınlatma kaynağının ışık gücünün ifade eder. Birimi lümen (lm) dir [19, 20].

3.1.1.2. Işık Şiddeti (I)

Işık kaynağı tarafından farklı yönlere, farklı kuvvetlerde ışınım yayılmaktadır. Işık şiddeti, ışık kaynağının belirli bir yöndeki yaydığı ışık enerjisidir. Birimi kandela (cd)' dir [19, 20].

3.1.1.3. Aydınlık Düzeyi (E)

Aydınlik düzeyi, bir cismin aydınlatılacak yüzeyine (ΔS) düşen ışık akısına ($\Delta \Phi$) oranını belirtir. Birimi lüks (lx)'tür [21]. Ortam aydınlatması için önerilen aydınlık düzey aralıkları Çizelge 3.1' de verilmiştir [22].

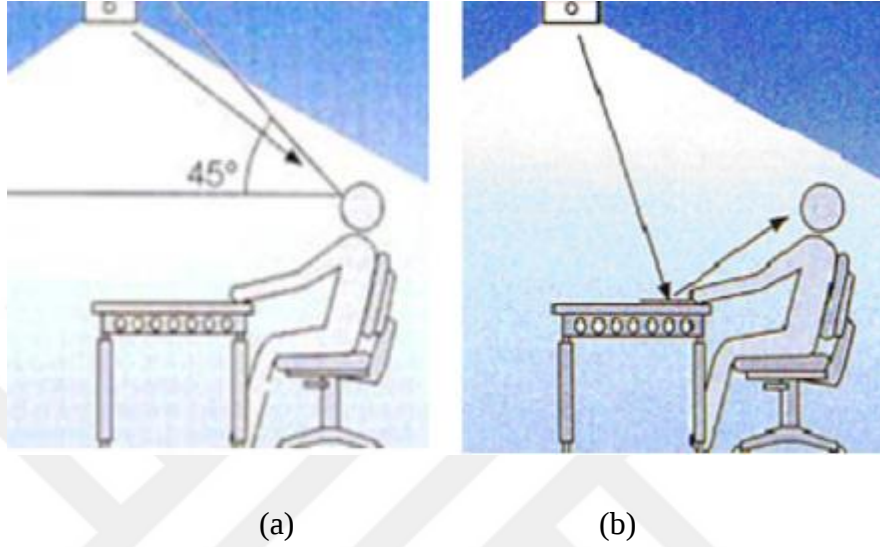
Çizelge 3.1. İşyerlerinde bazı alanlarda ve işlerde gerekli aydınlık düzeyi değerleri [22]

Aktivitenin Yapıldığı Yerin Özellikleri	Aydınlik Düzeyi Aralığı (lx)
Etrafı karanlık olan kamusal alanlar	20 – 50
Kısa süreli ve geçici uğranılan hızlı adapte olunabilecek yerler	50 – 100
Görevin görsel olarak ara sıra yapıldığı yerler	100 – 200
Yüksek kontrastlı ve büyük boyutta işlerin yapıldığı yerler	200 – 500
Orta kontrastlı ve küçük boyutta işlerin yapıldığı yerler	500 – 1000
Orta kontrast düzeyinde, çok küçük boyutta işlerin yapıldığı yerler	1000 – 2000
Düşük kontrastlı ve büyük boyutta işlerin uzun süre yapıldığı yerler	2000 – 5000
Detaylı görsel görevlerin uzun süre yapıldığı yerler	5000 – 10000

3.1.1.4. Parıltı (L)

Kendisi ışık yayan veya aldığı ışığı yansıtan, dağıtan veya geçiren nesnenin yaydığı ışık kuvvetine parıltı denilmektedir. Yani bir ışık kaynağından veya yüzeyden ışık yayılımına parıltı denir. Birimi stilb (sb)'dir[17, 22].

Doğrudan ve yansiyarak gelen parıltı tipleri Şekil 3.2' de verilmiştir.



Şekil 3.2. Direkt (a) ve Yansımali (b) Parıltı [23]

3.1.1.5. Kamaşma

Doğrudan veya yansiyarak göze gelen rahatsızlık verici ışıklılığa kamaşma denilir. Parıltı görsel gürültü olarak düşünülebilir, görmeyi veya insan gözünü rahatsız edecek parlaklığa ise kamaşma denilmektedir [21].

3.1.1.6. Renk Sıcaklığı

Işık kaynağından yayılan ve gözün algılayabildiği ışığa ışığın renk sıcaklığı denilir. Birimi Kelvin(K)' dir. Bir cismin belirli bir renkte ışık vermesi için gerekli sıcaklık olarak düşünülebilir. Örneğin siyah bir cismi ele alırsak, ısıtıldığında önce koyu kırmızı daha sonra sırasıyla kırmızı, turuncu, sarı, beyaz ve mavi beyaz bir ışık yayar [19, 22].

Renk sıcaklığı bir ortamın atmosfer algısında ve kişilerin psikolojileri üzerinde etkilidir. Işğın renk sıcaklığı üçe ayrılmaktadır;

Sıcak (kırmızımsı beyaz) <3300 K

3300 K <orta (doğal beyaz) <5500 K

Soğuk (mavimsi beyaz) <5500 K [24]

3.1.2. Aydınlatma Türleri

3.1.2.1. Doğal Aydınlatma

Gün ışığından faydalanılarak elde edilen aydınlatma türüne doğal aydınlatma denir [19]. Işığın pencere, kapı, çatı gibi boşluklardan içeri girmesiyle aydınlatma olmaktadır.

Günümüzde birçok alanda olduğu gibi aydınlatmada da enerji verimliliği önemli bir konudur. Bu sebeple doğal aydınlatma ev, ofis ve endüstri işletmelerinde daha etkin bir şekilde kullanılmalıdır.

3.1.2.2. Yapay Aydınlatma

Ortaman aydınlatılması amacıyla doğal ışık kaynakları ile aynı veya benzer renkte ışık veren yapay ışık kaynaklarının yaptığı aydınlatma biçimine yapay aydınlatma denir [25].

Doğal ışık kaynağının yani günışığının yeterli olmadığı durumlarda, gece aydınlatmalarında yapay aydınlatma kullanılır. Yapay aydınlatma lambalar aracılığı ile yapılmaktadır. Lamba, elektrik enerjisini ışık enerjisine çeviren ekipmandır. Yapay aydınlatmada lamba seçimi çok önemlidir. Çizelge 3.2’ de lamba türleri ile ilgili bilgi verilmiştir.

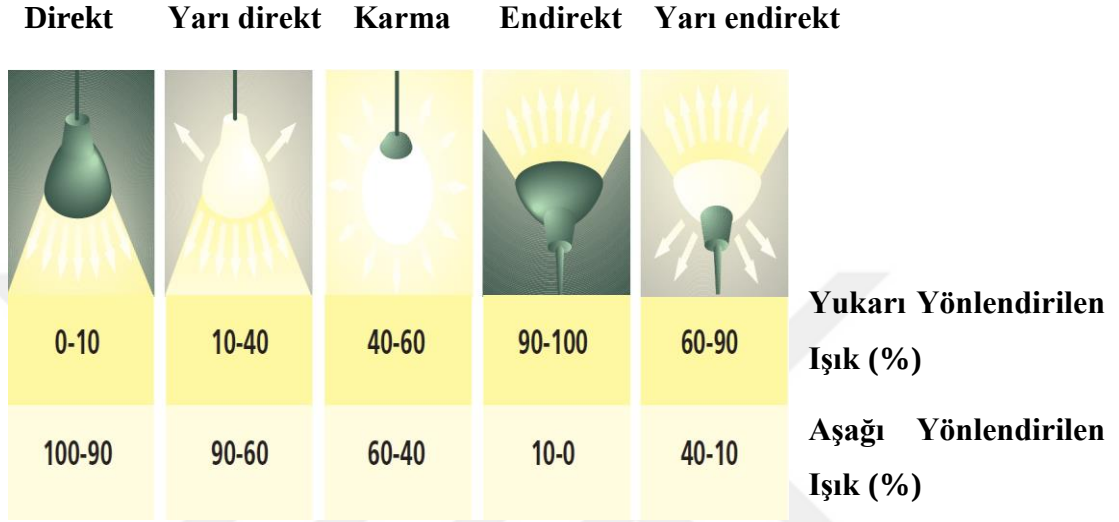
Çizelge 3.2. Lamba türlerinin ışık etkinliği ve kullanım ömürleri [26]

Lamba Türü	Işık Etkinliği (lm/W)	Kullanım Ömrü (S)
Akkor Lamba (Enkandesan)	8 – 16	100
Halojen Lamba (Tungsten)	12 – 26	2.000 – 4.000
Floresan Lamba	45 – 100	6.000 – 15.000
YB Civa Buharlı Lamba	36 – 60	6.000 – 8.000
Metal Halide Lamba	71 – 98	5.000 – 6.500
Endüksiyon	68 – 72	5.800 – 6.200
YB Sodyum Buharlı Lamba	66 – 142	10.000 – 15.000
AB Sodyum Buharlı Lamba	100 – 198	11.500 – 20.000

Çizelge 3.2 devamı;

LED	80 - 165	50.000 – 100.000
-----	----------	------------------

Yapay aydınlatma ışığın yönlendirilmesine göre direkt, endirekt, yarı direkt, yarı endirekt ve karma olarak farklı şekillerde yapılabilmektedir[20]. Işığın yönlendirilmesine göre aydınlatma düzeyleri yüzde olarak Şekil 3.3’ te verilmiştir.



Şekil 3.3. Işık yönlendirilmesine göre aydınlatma [27]

3.1.3. Aydınlatmanın Ergonomik Açıdan İncelenmesi

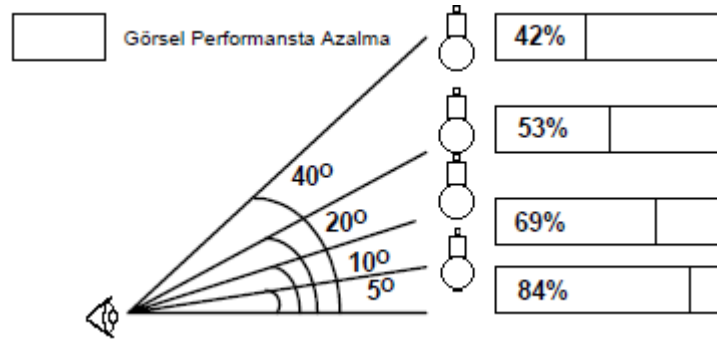
Işık, insanlarda görme duyusunu sağlayarak insan sağlığı için sadece fizyolojik yarar sağlamaz, aynı zamanda kişinin iyi ve güvende hissettirmesi ve performansının olumlu yönde artırması gibi etkilerinin de bilinmesiyle insan sağlığını psikolojik olarak da etkiler [19]. İnsan algılamasının %80-90 aralığında görme duyusu ile gerçekleşmesi aydınlatmanın önemini gözler önüne sermektedir [28]. Kişinin başı sabit tutulduğu zaman gözleri ile algıladığı alan görsel alan olarak tanımlanır. Görsel alanda açı büyüdükçe görme performansı düşer. Görsel alan üç başlıkta incelenir [29];

*Net görme alanı: düşeyle 1° açı

* Orta alan: düşeyle 40° açı

*Çevresel alan: düşeyle 40° - 70° açı

Görsel alan Şekil 3.4’ te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Görsel alan [29]

Çalışanların iş kazaları yaşamamaları, daha konforlu ve verimli çalışabilmeleri için uygun aydınlatma koşulları şarttır. Amerika’ da ağır sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin montaj hattı ele alınmış, yetersiz olarak değerlendirilen aydınlık düzey değerleri 200 lükse çıkarıldıktan sonra iş kazalarında %32’ lik bir iyileşme sağlandığı kaydedilmiştir [30].

Kötü aydınlatma sonucu çalışan sağlığında oluşabilecek olumsuz durumlar şu şekilde sıralanabilir;

- ✓ Baş ağrısı
- ✓ Gözdeki refleks hareketlerinin değişmesi
- ✓ Göz kaşıntısı
- ✓ Göz kuruluğu
- ✓ Göz yaşarması
- ✓ Yakına odaklanma sıkıntısı
- ✓ Renk yanlgıları
- ✓ Görme bulanıklığı [21, 28]

3.2. Gürültü

Nesnel bir kavram olan ses, titreşim yapan bir kaynağı hava basıncında yaptığı dalgalanmalar ile oluşan ve insanda işitme duygusunu uyaran fiziksel bir olay olarak tanımlanmaktadır [31]. Ayrıca ses, iletildiği ortamın elementlerinin titreşimi sonucu yayılan basınç dalgaları olarak tanımlanır. Ses, dalgalar halinde yayılan bir enerji şeklindedir. Titreşen nesne, önündeki havayı sıkıştırır. Bu durumda titreşen nesnenin arkasında ani bir basınç düşüşü oluşur ve arkada bulunan hava bu boşluğu doldurur. Bu hareketle komşu moleküllerde aynı biçimde titreşir ve zincirleme hareket sonucu

titreşimler yayılır. Havada oluşan basınç dalgaları kulağa ulaşır ve kulak zarını titreştirir, sinirler bu titreşimleri elektrik sinyallerine çevirerek beyne ulaştırır, sesin özelliklerine ve işitme organının duyarlılığına bağlı olarak duyma olayı gerçekleşir [31].

Gürültü, hoş gitmeyen veya rahatsız edici olan, canlıların sağlığını tehdit eden ses olarak tanımlanır. Gürültü çağımızın en önemli endüstriyel ve çevresel sorunlarından birisidir. Gürültü türleri sahip olduğu frekans spektrumuna, ses seviyesinin zamanla değişimine ve sesin yayıldığı alanın yapısına bağlıdır [31].

3.2.1. Gürültünün Sınıflandırılması

3.2.1.1. Frekans Spektrumuna Bağlı Gürültü Türleri

Geniş Bant Gürültü

Birçok gürültü sürekli bir spektruma sahiptir. Gürültüyü meydana getiren sesin frekansı, tüm frekans boyunca yayılmıştır. Tabiatta bulunan bütün renklerin karışımı nasıl beyaz ışığı meydana getirirse, bütün frekans aralıklarına sahip sürekli spektrumlu sesler de beyaz gürültüyü meydana getirir [32].

Dar Bant Gürültü

Geniş bant gürültünün tersine, gürültünün frekans dağılımı belli bir frekans bandında toplandığında söz konusu olmaktadır. Örneğin döner testerenin gürültüsü buna örnektir [32].

3.2.1.2. Zamana Bağlı Gürültü Türleri

Kararlı Gürültü

Gürültü seviyesi, ölçülen süre boyunca önemli değişiklikler göstermeyen gürültülerdir.

Kararsız Gürültü

Ölçme süresince, seviyesinde önemli ölçüde değişiklikler olan gürültülerdir.

Dalgalı Gürültü

Gözlem süresince seviyesinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler olan gürültüdür [32].

Kesikli Gürültü

Gözlem süresince seviyesi aniden ortam gürültü seviyesine düşen ve ortam gürültü seviyesi üzerindeki değeri bir saniye veya daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültüdür. Trafik gürültüsü bu gürültü türüne en güzel örnektir [32].

Anlık Gürültü (Darbeli Gürültü)

Her biri bir saniyeden daha az süren bir veya birden fazla vuruşun çıkardığı gürültüdür. Bu gürültüye en iyi örnek, çekiç ve perçin makinası gürültüsüdür [32].

Gürültü türleri Şekil 3.5’ te verilmiştir.



Şekil 3.5. Gürültü türleri [33]

3.2.2. Ses ve Gürültünün Fiziksel Özellikleri

3.2.2.1. Sesin Yayılma Hızı(c)

Ses dalgaları elastik ortamda ortamın özelliğine bağlı olarak hesaplanabilen belirli bir hızda yayılırlar. Sesin yayılma hızı ya da ses hızı olarak adlandırılan bu hız ses dalgalarının frekansından bağımsızdır ve ortamın elastik özellikleri ile yoğunluğa bağlı olarak değişmektedir. Dalga boyu λ olan bir dalga, periyodu T olan sürede kendi boyu kadar mesafe yer değiştireceğinden, dalganın yayılma hızı(m/sn) aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir.

$$C = \frac{\lambda}{T} \quad [3.1]$$

Çizelge 3.3' te sesin 20 °C sıcaklıkta bazı ortamlarda sesin yayılma hızları verilmiştir [34].

Çizelge 3.3. Sesin bazı ortamlarda yayılma hızı[34]

Ortam	Yayılma Hızı (m/sn)
Hava	344
Mantar	500
Kurşun	1200
Su	1500
Sert Kauçuk	1400-2400
Beton	3000-3400
Ahşap	3300-4300
Cam	5200
Çelik-Alüminyum	5100

Hızı etkileyen yoğunluk ve esneklik gibi özellikler katı ve sıvılarda sıcaklıkla düzenli biçimde değişmezler. Bu nedenle, bu tür maddelerde sıcaklığın hız üzerindeki etkisi çok azdır. Gazlardaysa sıcaklık artışı molekül çarpışmalarını önemli ölçüde etkiler. Örnek olarak havada ses hızı 0 °C de 331 m/sn iken 100 °C de 386 m/sn dir[33].

3.2.2.2. Sesin Frekansı(f)

Bir salınım çevrim sayısı olarak ifade edilir ve gürültü ile ilgili olarak sesin tizliğini (yüksek frekans) veya pesliğini (düşük frekans) belirler. Frekans birimi Hertz olup Hz simgesi ile gösterilir. Sağlıklı ve genç bir insan 20 Hz ile 20000 Hz arasındaki sesleri duyar [35].

Kulak tarafından algılanan sesin geniş bir frekans spektrumu olduğu için her frekansta ölçüm yapmak zordur. Bu nedenle uluslararası standartlaştırılmaya gidilmiş ve frekans bantları olarak bilinen oktav bantları belirlenmiştir. Ses on oktavdan oluşur. Oktav sözcüğü, frekansın bir öncekine göre iki katına çıktığı ya da sonrakine göre yarıya indiği bir aralığı tanımlamada kullanılır. Uluslararası olarak kullanılan oktav orta frekansları aşağıdaki gibidir.

32 64 125 250 500 1000 2000 4000 8000 16000 [32]

Bazı hayvanların insanların duyabileceğinden çok yüksek (büyük frekanslı) sesler üretebildiği ve duyabildiği Çizelge 3.4' de gösterilmiştir [36].

Çizelge 3.4. Canlıların ses işitme ve ses üretme aralığı frekansları[3.6]

Canlı Türü	İşitme Aralığı Frekansı (Hz)	Ses Üretme Aralığı Frekansı (Hz)
Köpek	15 – 50000	450 - 1080
Kedi	60 - 65000	760 - 1520
Yunus	150 – 150000	7000 - 120000
Yarasa	1000 – 120000	10000 - 120000
İnsan	20 – 20000	85 - 1100

3.2.2.3. Sesin Şiddeti (I)

Bir noktasal kaynaktan yayılan ses dalgası, serbest alanda giderek büyüyerek, küresel olarak yayılır. W gücüne sahip bir ses dalgasının A alanından geçtiği zaman birim alandaki gücü ses şiddetini verir. Birimi Watt/m² dir. Bir dalgaının ses kaynağına uzaklığı 2 kat arttığında küresel alan dört kat artar.

Ses şiddeti bağıntısı aşağıda verilmiştir.

Ses Şiddeti= Ses Gücü/ Toplam Küresel Alan

$$I= W/4d^2 \pi \quad [3.2]$$

I kaynağın ölçülen şiddeti ve I₀ referans ses şiddeti (10⁻¹²W/m²) olmak üzere bir kaynağın ses şiddet düzeyi aşağıdaki gibi hesaplanır [33];

$$L_1= 10 \log(I/I_0) \quad [3.3]$$

3.2.2.4. Ses Basıncı (P)

Ses dalgalarından ötürü hava moleküllerinin titreşimi ile atmosferik basınçta oluşan değişime ses basıncı denir. Birimi N/m², dyn/cm² veya mikrobar olabilir. Buna göre ses basınç düzeyinin birimi dB dir.Ses basınç düzeyi aşağıdaki denklemlerle bulunur[32];

$$L_p= 10 \log(P/P_0)^2 \quad [3.4]$$

Değişik kaynakların ses düzeyleri Çizelge 3.5’ te verilmiştir [36].

Çizelge 3.5. Değişik kaynakların ses basınç düzeyleri[36]

Ses Basınç Düzeyi dB(A)	Gürültü Kaynak veya Ortamı
20	Fısıltı ile konuşma (Kaynaktan 1,5 m uzaklıkta)
30 – 40	Kırsal kesimde konut, kitaplık
40 – 60	Gürültülü konut, çalışma yeri
50 – 60	Ortalama gürültülü konuşma
60 – 70	Ortalama yoğunlukta trafik (Kaynaktan 30 m uzaklıkta)
70 – 80	Otomobil motoru (Kaynaktan 6 m uzaklıkta)
80 – 90	Yoğun trafik, bağırarak konuşma
90 – 100	Yeraltı treni
100 -110	Marangoz atölyesi, traktör gürültü sınırı
110 – 120	Otomobil kornası (Kaynaktan 1 m uzaklıkta)
130 – 130	Kulak sancı eşiği
140 – 150	Tabanca ve tüfek sesi
180	Roket motoru

3.2.2.5. Sesin Gücü (W)

Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne, ses gücü veya akustik güç, bu gücün düzeyine ise ses gücü düzeyi denir. L_w uluslararası referans ses gücü olarak $W=10^{-12}W$ kullanılır. Bu tanıma göre ses gücü W olan bir kaynağın ses gücü düzeyi aşağıdaki eşitlikte verilmiştir [33].

$$L_w = 10 \log W / 10^{-12} \quad [3.5]$$

3.2.3. Gürültü Kaynakları

Gürültü kaynağı ve gürültüye maruz kalan kişilerin aynı çevre içindeki konumlarına ve gürültünün yayılma yollarına bağlı olarak iki grupta incelenebilir.

Yapı içi gürültüler; yapı içinde yer alan her türlü elektronik, mekanik sistemler ve hayati faaliyetlerden meydana gelen bütün gürültülerdir.

Yapı dışı çevre gürültüleri, gerek yapı içindeki hacimleri, gerekse yapı dışında açık alanları kullanan kişileri etkileyen ve yapı dışında yer alan kaynaklardan yayılan gürültülerdir. Bu gürültüler şöyle sıralanabilir;

- Ulaştırma gürültüleri: Karayolu, Havayolu
- Endüstri gürültüleri: İş yeri makineleri
- İnşaat gürültüleri: Yol, bina inşaatları

- Reaksiyon gürültüleri: Çocuk parkları, spor salonları
- Ticari amaçlı gürültüler: Açık hava sinemaları, konserleri [32]

3.2.4. Gürültünün Ergonomik Açıdan İncelenmesi

Gürültü genel olarak istenmeyen rahatsız edici ses olarak tanımlanır. Endüstrideki gürültü ise işyerlerinde çalışanların işitme sağlığını ve algılamasını olumsuz yönde etkileyen, fizyolojik ve psikolojik etkiler bırakan ve iş verimini olumsuz yönde etkileyen sesler olarak tanımlanmaktadır. Gürültünün insan beden ve ruh sağlığına olumsuz etkilediği bilinmektedir [37].

Gürültünün insan sağlığına etkisi ve etken biçimleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Gürültü açısından etkenler [37]

1) Fiziksel Etkenler	• İşitme Hasarlılığı
2) Fizyolojik Etkenler	• Vücutta bozukluklar • Kalp atışının bozulması • Kesiklik • Metabolizmada bozukluk • Uyku bozukluğu
3) Psikolojik Etkenler	• Sinir sistemi dejenere olur • Aşırı tepkiler • Hoşnutsuzluk, tedirginlik duygusu
4) Performans Etkileri	Eylem üzerindeki etkisi • Konuşma ile girişim olayının olması, konuşmanın kesilmesi • Dinlenme ve anlaşma güçlüğü • Konsantrasyonun kesilmesi • Dinlenmenin etkilenmesi
5) Dinlenme Bozukluğu	

Gürültü tipine göre insan sağlığının etkilenme seviyesi Çizelge 3.7’ de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Gürültülerin sınıflandırılması [37]

I. Derecedeki Gürültüler 30 - 65 dB(A)	• Konforsuzluk • Rahatsızlık • Sıkılma Duygusu • Kızgınlık • Konsantrasyon • Uyku Bozukluğu
II. Derecedeki Gürültüler 65 - 90 dB(A)	• Fizyolojik Etkiler • Kalp Atışının Değişimi • Solunum Hızlanması • Beyindeki Basıncın Azalması
III. Derecedeki Gürültüler 90 - 120 dB(A)	• Fizyolojik Etkiler • Baş ağrısı
IV. Derecedeki Gürültüler 120 - 140 dB(A)	• İç kulakta bozukluk
V. Derecedeki Gürültüler 140 > dB(A)	• Kulak zarının patlaması

3.3. Titreşim

Bir cismin belli bir noktaya göre alternatif olarak yer değişimi titreşim hareketi olarak tanımlanır. Başka bir ifadeyle titreşim, bir cismin iç veya dış kuvvetlerin etkisiyle yaptığı salınım hareketidir. İnsan titreşimi ise titreşen bir yüzey veya cisim ile temas sonucunda kişinin hissettiği titreşim olarak tanımlanır. Titreşim, insan vücuduna temas eden titreşen yüzey aracılığı ile iletilir. Bu yüzey bir makinanın tutamak kısmı, bir aletin yüzeyi veya motorlu bir makinanın koltuğu olabilir [38].

3.3.1. Titreşim Parametreleri

Birbiri ile bağlantılı dört titreşim parametresi vardır: Frekans, ivme, hız, yer değiştirme. Tek frekans değeri için bu parametrelerden ikisi biliniyorsa kalan parametreler hesaplanabilir [39].

3.3.1.1. Frekans

Saniye başına devir sayısı olarak Hertz biriminde verilen titreşim frekansı, vücuda iletilen titreşimin iletim yolunu ve titreşim vücuda olan etki derecesini belirler[40].

Başka bir ifadeyle frekans, cismin bir saniye içinde yaptığı tam devir sayısıdır. Örneğin bir cisim saniyede 10 tam salınım hareketi yapıyorsa, cismin frekansı 10 devir/sn veya 10 Hz dir [39].

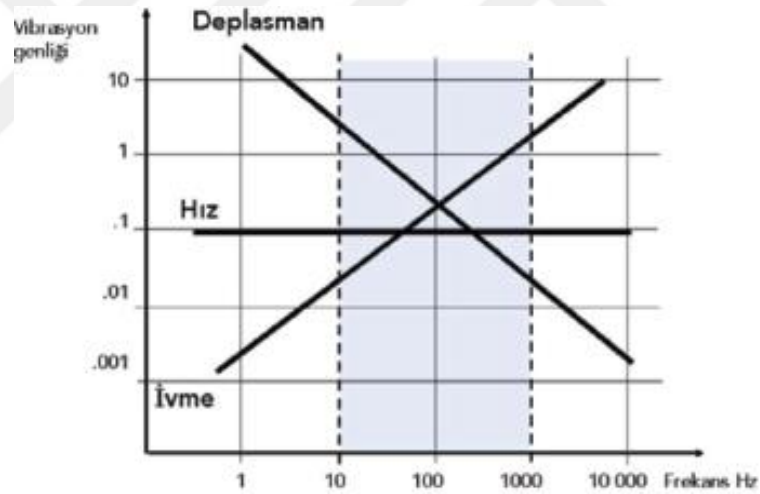
Titreşimin kendini tekrar ettiği zaman aralığına periyot denir. Titreşimin birim zamandaki tekrarlanma sayısı ise frekanstır. Frekans denklemi aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$f = \frac{1}{T} \quad [3.6]$$

3.3.1.2. Yer Değiştirme

Sıfır konumundan başlayarak maksimuma, oradan tekrar sıfır konumuna oluşan harekette yer değiştirme miktarı mm veya mikron cinsinden ifade edilebilir. Titreşim ile geçen zaman arasındaki bağıntı şu şekildedir [40];

$$X = X_0 \sin(Wt) \quad [3.7]$$



Şekil 3.6. Genlik- frekans grafiği [40]

Genlik frekans grafiği Şekil 3.6' da verilmiştir.

3.3.1.3. Hız

Hız cismin yer değiştirmesinin zamana olan oranıdır. Salınım yapan bir cismin dönüşümlü olarak bir yönde ve daha sonra buna zıt yönde hızı vardır. Bu hız değişiminin anlamı, cismin önce bir yönde, daha sonra buna zıt yönde devamlı hızlandığıdır [39].

Titreşim hareketini yapan kütle hareket ettikçe kütlenin seyir hızı sıfırdan maksimuma doğru değişir. Hız cismin yer değiştirme fonksiyonunun birinci türevi ile temsil edilir [39].

$$V = \frac{dX}{dt} \quad [3.8]$$

3.3.1.4. İvme

Hızda birim zamanda meydana gelen değişime ivme denir. Fizyolojik açıdan önemli frekans bölgelerinde, titreşim zorlanmasının şiddeti ivme olarak adlandırılmaktadır. Hız denkleminin zamana göre türevinin alınması sonucu elde edilir.

$$a = \frac{dV}{dt} \quad [3.9]$$

3.3.2. Titreşimin Genliği

Genlik yani titreşim şiddeti, tepe değer, tepeler arası değer, rms ve ortalama olmak üzere dört şekilde ifade edilebilir [41].

- Tepe Değer: X_0 ile ifade edilen, sıfır noktasından tepe noktasına olan uzaklık, titreşim değerinin maksimuma ulaştığı noktaya denir.
- Tepeler Arası Değer: Titreşim değerinin maksimum tepe noktasıyla minimum tepe noktası kadar aldığı değerdir. $2X_0$ değeri kadardır.
- RMS: Titreşim değerinin t_1 ve t_2 zaman aralığında aldığı değerlerin karelerinin ortalamasının kareköküdür.
- Ortalama: Titreşim değerinin t_1 ve t_2 zaman aralığındaki aritmetik ortalamasıdır.

3.3.3. İnsan Titreşimi

Titreşim, genellikle katı ortamlarda yayılan ve dokunma duyusu ile hissedilen alçak frekanslı ve yüksek genlikli mekanik bir enerjinin vücuda aktarımıdır. Fizyolojik ve biyolojik açıdan oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan insan vücudu, titreşimden iki tipte etkilenmektedir;

- El –kol titreşimi
- Tüm vücut titreşimi

3.3.3.1. El-Kol Titreşimi

İnsanda el-kol sistemine aktarıldığında, çalışanın sağlık ve güvenliği için risk oluşturan ve özellikle de damar, kemik, eklem, sinir ve kas bozukluklarına yol açan titreşim biçimidir [42]. Başka bir ifadeyle enerji ile çalışan aletlerden yayılan, parmaklardan veya elin avuçlarından vücuda giren mekanik enerjiye el-kol titreşimi denir. Operatörü el- kol titreşimine maruz bırakan ve enerji ile çalışan aletler birçok endüstri alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. El-kol titreşim maruziyeti üretim, taşımacılık, maden, inşaat, tarım ve ormancılık alanlarında elle kullanılabilen, enerji ile çalışan aletlerden kaynaklanabilir. Avrupa ülkelerinde ve Amerika’ da çalışanların %1,7 ile %3,6 sının zararlı etkileri olabilecek titreşime maruz kaldıkları tahmin edilmektedir. El kol titreşim sendromu (HAVS) terimi, el-kol titreşim maruziyeti ile ilgili işaret ve semptomları ifade etmek için kullanılır ve şu durumları içerir[38, 41];

- Damarsal hastalıklar
- Kemik ve eklem hastalıkları
- Kas hastalıkları
- Diğer Hastalıklar (tüm vücut, merkezi sinir sistemi)

El- kol titreşiminin neden olduğu parmak beyazlaması yapabilecek frekans ağırlıklı titreşim ivme büyüklükleri (rms) Çizelge 3.8’ de verilmiştir. Beyaz parmak sendromu örneği Şekil 3.7’ de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Yaşam boyu ve günlük titreşim maruziyetlerinde el-kol dolaşımında etkilenmenin görüldüğü ivmeler(rms) [43]

Günlük Maruziyet	Yaşam Boyu Maruziyet					
	6 ay	1 yıl	2 yıl	4 yıl	8 yıl	16 yıl
8 saat	44,8	22,4	11,2	5,6	2,8	1,4
4 saat	64,0	32,0	16,0	8,0	4,0	2,0
2 saat	89,6	44,8	22,4	11,2	5,6	2,8
1 saat	128,0	64,0	32,0	16,0	8,0	4,0
30 dakika	179,2	89,6	44,8	22,4	11,2	5,6
15 dakika	256,0	128,0	64,0	32,0	16,0	8,0



Şekil 3.7. Beyaz parmak sendromu [44]

3.3.3.2. Tüm Vücut Titreşimi

Vücudun tümüne aktarıldığında çalışanın sağlık ve güvenliğini için risk oluşturan, özellikle de bel bölgesinde rahatsızlık ve omurgada travmaya yol açan titreşim şeklidir. Titreşimli bir yüzeyde uzanıp yatma, ayakta durma ya da oturma durumunda titreşimin var olduğu yüzeyler tüm vücuda titreşimi iletir. Bazı makinaların yanında çalışıldığında, iş makinaları kullanan kişilerde veya taşımanın bütün tiplerinde tüm vücut titreşimi oluşmaktadır [43].

Tüm vücut titreşiminin en önemli giriş yolları şunlardır:

- Ayaklar
- Kalça
- Sırt
- Başın arka tarafı

Bir işyeri bileşkesi içinde bu tür titreşimden etkilenmiş kişi ya oturuyor ya da ayakta durmaktadır. Çalışan ayakta ise, enerji ayaklar yoluyla vücuda girecektir. Kişi oturur durumda iken, bazı durumlarda enerji koltuk arkılığı veya sırt arkılığından vücuda girerken, esas olarak kalça ve ayaklar yoluyla vücuda geçer. Bazen gemi, uçak gibi taşıma araçlarında uzanmış halde bulunan kişiler de bu titreşimden etkilenebilirler. Bu durumda titreşimin vücuda sırttan girdiğinin kabul edilmesi gerekir [39].

3.3.4. Titreşimden Etkilenme Sınırları

Tüm vücudun veya el ve kolların titreşime maruziyeti sonucunda oluşan etki, titreşimin büyüklüğüne, frekansına, yönüne ve süresine, uygulandığı bölge ve bölgenin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Titreşimli cihazın ivmesi 1 m/s^2 'nin

altında olduğunda el-kol dolaşımına olumsuz etkisi görülmemektedir [43]. 1 m/s^2 ’den sonraki ivmelerde olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte ivmenin şiddeti ile maruziyet süresinin artması da olumsuz etkilerin ortaya çıkmasında aktörlerdir.

Titreşim yapan farklı cihazların ivmeleri ve kullanım sırasında sağlık etkileniminin ortaya çıkmaması için önerilen kullanım sınır süreleri Çizelge 3.9’ da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Titreşim yapan farklı cihazların ivmeleri ve önerilen kullanım süreleri [38, 43]

Cihaz Tipi	Titreşim İvmesi (m/sn^2)	Kullanımda Önerilen Zaman Sınırı
Yüzey taşılama çekici	10 – 40	2 – 40 dakika
Kum karıştırıcı	25 – 40	2 – 6 dakika
Ezici – kırıcı	2 – 35	3 dakika – 16 saat
Dairesel kesici	4 – 10	40 dakika – 4 saat
Dairesel zımpara	10 – 15	16 – 40 dakika
Kaya çekici	15 – 35	3 – 16 dakika

3.3.5. Titreşimin Ergonomik Açıdan İncelenmesi

Titreşimin insan sağlığı üzerindeki etki düzeyleri, aşağıda verilen faktörlere bağlı olarak değişmektedir;

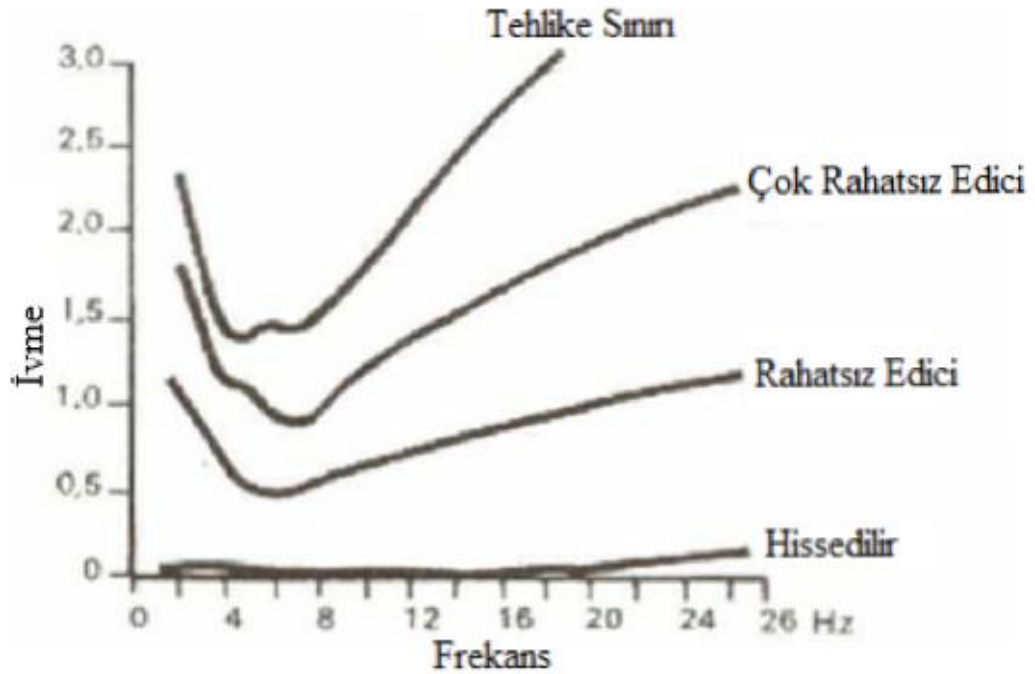
- Titreşimin frekansı, şiddeti ve yönü
- Maruz kalınan süre
- Uygulandığı bölge
- Titreşime maruz kalan kişinin yaşı, cinsiyeti ve kişisel duyarlılığı ile genel sağlık durumu [31]

Titreşimin neden olduğu şikayetler ve frekans değerleri Çizelge 3.10’ da verilmiştir [45].

Çizelge 3.10. Titreşimin sebep olduğu şikayetler [45]

Titreşim Kaynaklı Şikayetler	Titreşimin Frekans Değerleri (Hz)
Nefes alma zorluğu Karın ağrısı, göğüs boşluğunda ağrı Kas reaksiyonları, çene rezonansı	1 – 4 Hz
Genel huzursuzluk	4 – 10 Hz
Sırt ağrıları Kas gerilmeleri, baş ağrısı Görme bozuklukları, boğaz ağrısı	8 – 12 Hz
Konuşma zorluğu, tuvalet ihtiyacı hissi	10 – 20 Hz
Deniz tutması, kusma	0,2 – 0,7 Hz

Titreşim ivmelerine tahammül sınırları Şekil 3.8’ de verilmiştir.



Şekil 3.8. Titreşim ivmelerine tahammül sınırları [36]

3.4. Termal Konfor

Termal konfor, sıcaklık, nem hava akımı ve termal radyasyon gibi iklim şartları açısından çalışanların bedensel ve zihinsel faaliyetlerini devam ettirirken rahatlık içinde bulunmalarıdır [46]. Başka bir deyişle kişinin, mekânın termal durumunu zihnen tatmin edici olarak nitelendirmesidir. Çalışanların, çalışma ortamında hissettikleri sıcaklık, kuru termometre ile ölçülen sıcaklık değil, fizyolojik olarak hissettikleri ısıdır. Bu ısı ise, içinde bulunulan ortamın kuru termometre sıcaklığı, ortamdaki hava akım hızı, havanın nemi ve diğer etkenlere bağlı olarak oluşan ısıdır [47].

3.4.1. Termal Konfor Parametreleri

İnsanın boyu, yaşı, cinsiyeti gibi birçok parametreye bağlı olsa bile en genel anlamda termal konforu etkileyen parametreleri kişisel ve çevresel parametreler olarak sınıflandırabiliriz [48].

Fanger'e göre Termal konforu etkileyen parametreler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır [48].

- Aktivite seviyesi (metabolik oran)
- Kıyafet termal direnci (clo-değeri)
- Hava sıcaklığı
- Ortalama ışıınım sıcaklığı
- Hava hızı
- Bağıl nem

Szokolay ise termal konforu etkileyen parametrelili 3 gruba ayırmıştır [48].

- Çevresel Değişkenler
 - o Hava sıcaklığı
 - o Hava hızı
 - o Bağıl nem
 - o Işınım (mekânı oluşturan iç yüzeylerin ortalama ışıınım sıcaklığı)
- Kişisel Değişkenler
 - o Metabolik oran
 - o Giyinme
 - o Sağlık durumu
 - o İklimlendirme

- Katkısı olan diğer değişkenler
 - o Yeme-içme
 - o Vücut şekli
 - o Deri altı yağı
 - o Yaş ve cinsiyet

Mevcut standartlardan ve ısı konfor modellerinden görüleceği üzere en temel parametreler, ortam sıcaklığı, hava hızı, nem miktarı, ışıma sıcaklığı, metabolik aktivite seviyesi ve giysi durumudur [49].

Çizelge 3.11’ de termal konfor parametreleri sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.11. Termal konfor parametreleri[49]

Termal Konfor Parametreleri	
Çevresel Parametreler	Kişisel Parametreler
- Hava sıcaklığı - Hava akış hızı - Ortalama ışıma sıcaklığı - Bağıl nem	- Metabolik oran - Giysi durumu

3.4.1.1. Çevresel Parametreler

Hava Sıcaklığı

Bulunulan ortamdaki havanın kuru termometre sıcaklığıdır. Termal konforu en bariz biçimde etkileyen parametredir ve termometre ile ölçülür. Hava sıcaklığı direkt olarak taşınım ve buharlaşmayla ısı kaybı üzerine etkili, dolaylı olarak odadaki nesnelerin yüzey sıcaklığı etkisiyle meydana gelen ısı kaybı üzerine etkilidir [48, 50].

Çalışılan ortamdaki hava sıcaklığı değeri değiştikçe çalışan performansı ve verimi de değişkenlik gösterir. İşyerlerinde çalışma esnasında optimum sıcaklık olan 20 °C’ den insan vücudunun duyabileceği maksimum sıcaklık olan 35-40 °C’ ye doğru sıcaklık artışında meydana gelebilecek durumlar Çizelge 3.12’ deki gibidir [48].

Çizelge 3.12. Sıcaklık arttıkça meydana gelebilecek metabolik olaylar[48]

20 °C optimal sıcaklık (tam çalışma kapasitesi)
↓
Bıkkınlık
↓
Asabiyet

Çizelge 3.12 devamı;

↓
Dikkatsizlik
↓
Beceri isteyen işlerde %50 verim düşüklüğü
↓
İş kazası riskinin artması
↓
Ağır fiziksel işlerde verim kaybı
↓
Aşırı yorgunluk
↓
Su ve asit baz dengesinin bozulması
↓
Kan dolaşımının zorlanması
↓
35-40 °C dayanılabilir en yüksek sıcaklık

Çalışma ortamında dayanılabilir en yüksek sıcaklık değeri bulunurken, dayanılabilir en düşük sıcaklık değeri bulunamamaktadır. Bunun sebebi çalışana verilecek ekstra ekipmanlarla (içlik, cep sobası) ve uygun iş elbiseleriyle önüne geçilebilecek olmasıdır. Fakat sıcaklığın çok düşük olması durumlarında da insan sağlığını ve çalışmasını etkileyecek etkiler ortaya çıkabilir. Örneğin algılamada düşüklük ve reaksiyon süresinin kısılması gibi etkilerden söz edilebilir.

Hava Akış Hızı

Havanın ortamdaki yer değiştirme hızına hava akış hızı denilmektedir. Birimi m/sn dir. Çalışma ortamında hissedilen termal konfor duyumu, hava hareketine karşı çalışanların duyarlılık seviyelerini doğrudan etkiler ve hava akış hızı anemometre ile ölçülür [48].

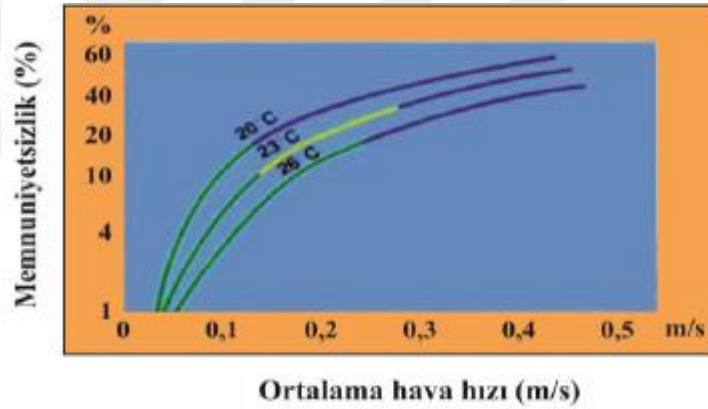
Hava akış hızı taşınım ile ısı alışverişini hızlandırır. Çalışma ortamında hava akış hızının değeri değiştikçe çalışan üzerindeki etkilerinde de değişimler olur. Çizelge 3.13’ de hava hızının insan üzerine etkileri görülmektedir.

Çizelge 3.13. Hava akım hızının insan üzerine etkileri[51]

Hava Akım Hızı	Ortam Hissi
<0,1 m/sn	havasız oda
0,2 m/sn	fark edilmez
0,5 m/sn	Hoş
1 m/sn	fark edilir
1,5 m/sn	hava akımlı(cereyanlı)
>1,5 m/sn	Sıkıcı

Büro ve montaj işlerinde 0,5 m/sn; ayakta veya yürüyerek çalışmada 0,15-0,5 m/sn hava akım hızı ideal olarak değerlendirilebilir[51].

Hava hareketi algısı hava akış hızına, akış hızındaki dalgalanmalara, ortam sıcaklığı parametreleri ile birlikte aktivite seviyesi, giysi yalıtımı gibi kişisel faktörlere de bağlıdır [48]. Ortalama hava hızı ve sıcaklık parametrelerinin memnuniyet seviyesi ile ilişkisi Şekil 3.9’ daki gibidir.



Şekil 3.9. Ortalama hava hızı – sıcaklık - memnuniyet ilişkisi [52]

Ortalama Işınım Sıcaklığı

Ortalama ışıınım sıcaklığı değeri insanı çevreleyen tüm duvar ve yüzeylerin sıcaklıklarının ortalamasıdır [50]. Globe termometre ile ölçülür ve birimi °C’ dir. Ortam sıcaklığı, hava akış hızı ve bağıl nem parametreleri istenilen değerde tutulsa bile bulunan hacimde soğuk veya sıcak yüzeyler, mekanı kullananlar için konforsuzluğa sebebiyet verebilir [46].

Sıcaklık yayılımı her nesne için aynı değildir. Güneş ışığı veya iş ortamında kullanılan ısıtıcı veya fırın gibi ekipmanların ısısı daha yüksek olmasından dolayı sıcaklık yayılımı olmaktadır. Sıcaklığı yayan bu etmenler havayı ısıtır fakat insanlar, mobilyalar ve makineler gibi katı yüzeyleri daha hızlı ısıtır [48].

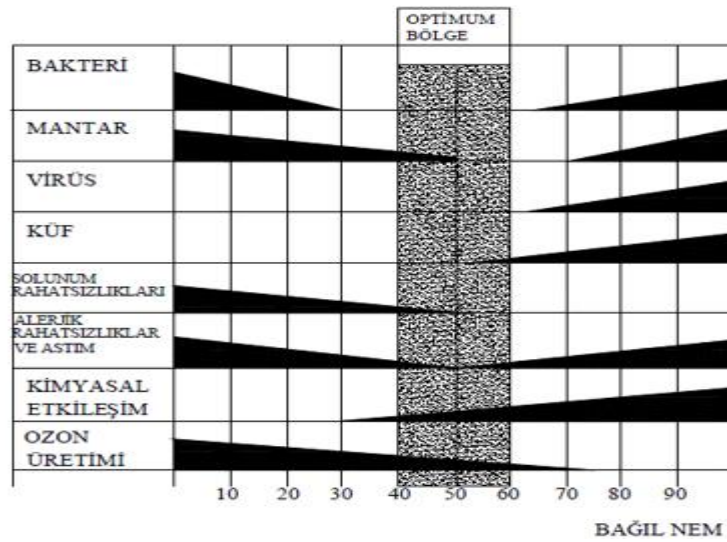
Ortalama ısıtım sıcaklığı aşağıdaki denklem ile hesaplanır [48]:

$$tr = \frac{0,08(tpr1 + tpr2) + 0,23(tpr3 + tpr4) + 0,35(tpr5 + tpr6)}{2(0,08 + 0,23 + 0,35)} \quad [3.10]$$

Bağıl Nem

Nem, birim havada bulunan su buharı miktarıdır. Bağıl nem ise havadaki gerçek su buharı miktarı ile hava sıcaklığında tutulabilen maksimum su buharı miktarı oranıdır. [48] Birimi g/cm³ tür ve higrometre ile ölçülür.

Çalışılan ortamda istenilen bağıl nem oranı için %40-%70 aralığı, %30-%80 aralığı gibi farklı değerler bulunmakla birlikte genel olarak istenilen bağıl nem oran aralığı %30-%70 aralığıdır[47, 48, 53].



Şekil 3.10. Sağlık için en uygun bağıl nem aralığı [48]

3.4.1.2. Kişisel Parametreler

Metabolik Oran

İnsanın metabolik etkinliği yani vücutta besinlerin yanması ile açığa çıkan enerjiden kazanılan ısı üretimidir [47]. Fiziksel aktivite sonucu vücut ısı üretir, termodinamiğin ikinci yasasına göre bu üretilen ısı vücut dışına atılmak zorundadır. İnsan vücudu, vücut sıvılarının buharlaşması ile ısıyı dışarı atar. Üretilen ısıнын atılamaması durumunda termal memnuniyetsizlik oluşur [54].

Metabolik oran birimi “met”tir. Kişi sakin bir şekilde oturduğu zaman metabolik oran 1 met olarak kabul edilir. (1 met= 58,15 W/m²) Yapılan işe göre metabolik oran değeri Çizelge 3.14’ deki gibidir [55].

Çizelge 3.14. Aktivite seviyesi değerleri [55]

Aktivite	Metabolik Oran	
	W / m ²	met
Uzanmak	46	0,8
Rahat şekilde oturma	58	1,0
Oturan aktivite (ofis, konut, okul, laboratuvar)	70	1,2
Ayakta, hafif aktivite (alışveriş, laboratuvar, hafif endüstri)	93	1,6
Ayakta, orta ağırlıkta aktivite (tezgahtarlık, ev işi, makine işi)	116	2,0
Yürüyüş		
2 km / saat	110	1,9
3 km / saat	140	2,4
4 km / saat	165	2,8
5 km / saat	200	3,4

Giyisi Durumu

Giysiler, çalışanları yalıtım seviyelerine göre insanla çevresi arasındaki ısı transferini yansıyan ısıdan koruyabilirler veya yalıtabilirler. Konfor denklemleri içerisinde giysi yalıtımı için “clo” birimi kullanılır [48]. (1 clo= 0,155 W/Km²)

Çeşitli giysi türlerinin yalıtım katsayıları Çizelge 3.15’ deki gibidir:

Çizelge 3.15. Çeşitli giysi türleri ve yalıtım katsayıları [56]

Giysi Türleri	Yalıtım Katsayısı (clo)
Pantolon, kısa kollu gömlek	0,57
Pantolon, uzun kollu gömlek	0,61
Pantolon, uzun kollu gömlek,ceket	0,96
Diz uzunluğunda etek, kısa kollu gömlek	0,54
Ayak bileği uzunluğunda etek, uzun kollu gömlek, ceket	1,10

Çizelge 3.15 devamı;

Etek / elbise	0,54 – 1,10
Şort	0,36
Önlük / tulum	0,72 – 1,37
Spor Kıyafetleri	0,74
Uzun kollu pijama ve uzun pijama altlığı	0,96

3.4.2. Termal Konfor Bölgesi

Çalışanın kabul edilebilir termal konfor aralığında bulunduğu ortama termal konfor bölgesi denilmektedir. Termal konforu etkileyen dört ana çevresel parametre, termal konfor bölgesinin oluşmasında etkindir. İşyerlerinde önerilen termal konfor değerleri Çizelge 3.16’ da verilmiştir.

Çizelge 3.16. Termal konfor değerleri [57]

Çalışma Şekli ve İş Yüğü	Hava Sıcaklığı (°C)			Bağıl Nem (%)			Hava Akım Hızı (m/sn)
	min	opt	maks	min	opt	maks	Maks
Ofis işi	18	21	24	30	50	70	0,1
Oturarak hafif iş	18	20	24	30	50	70	0,1
Ayakta hafif iş	17	18	22	30	50	70	0,2
Ağır iş	15	17	21	30	50	70	0,4

3.4.3. Termal Duyarlılık Ölçeği

Termal konfor sıcaklığını belirlemek amacıyla birçok termal duyarlılık ölçeği çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları Çizelge 3.17’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17. Bazı termal konfor duyarlık ölçekleri [48]

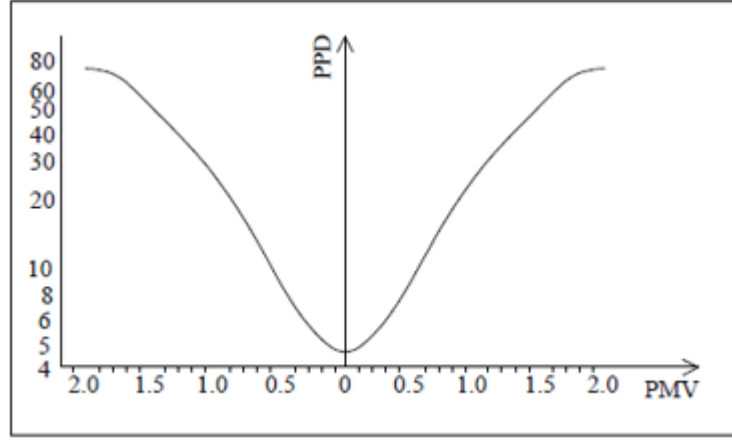
Bedford		ASHRAE	
Çok Daha Ilık	1	Soğuk	1
Çok Ilık	2	Serin	2
Konforlu Olarak Ilık	3	Biraz Serin	3
Konforlu	4	Nötr	4
Konforlu Olarak Serin	5	Biraz Ilık	5
Çok Serin	6	Ilık	6
Çok Daha Serin	7	Sıcak	7
Fanger		Rohles ve Nevins	
Soğuk	-3	Çok Soğuk	-4
Serin	-2	Soğuk	-3
Biraz Serin	-1	Serin	-2
Nötr	0	Biraz Serin	-1
Biraz Ilık	1	Nötr	0
Ilık	2	Biraz Ilık	1
Sıcak	3	Ilık	2
		Sıcak	3
		Çok Sıcak	4
		Izdırap Verici	5

Termal konfor duyarlık ölçekleri için yapılan çalışmaların hesaplama sonuç değerleri farklı çıkmakta fakat ortam koşulu hakkındaki sonuç değeri çok benzer çıkmaktadır. Örneğin belirli bir ölçüm sonucu grubunu değerlendirmek için Bedford tarafından geliştirilen metodoloji ile yapılan hesaplama sonucu 3, Rohles ve Nevins tarafından geliştirilen metodoloji ile yapılan hesaplama sonucu 1 çıkmaktadır. Bu değerleri tabloda kontrol ettiğimiz zaman iki metodoloji için de hemen hemen aynı sonuca ulaşılır, yani Bedford’ a göre ortam konforlu olarak ılık, Rohles ve Nevins’ e göre biraz ılık çıkmaktadır. Fanger’ in PMV metodu ısı konforun belirlenmesinde bilim dünyasında yüksek kabul görmesinden dolayı çalışmada kullanılan termal konfor duyarlılık ölçeği Fanger 7-nokta metoduna göre yapılmıştır. Fanger 7-nokta termal duyarlılık ölçeği, çok sayıda insandan oluşan toplulukta en az %80 memnuniyet olacak şekilde termal konfor sıcaklığını tahmin etmeye çalışmıştır. -1, 0, 1 değerleri termal konfor bölgesi olarak kabul edilmiştir [48].

3.4.4. PMV – PPD İndisleri

PMV indeksi, ısı çevrenin bir grup tarafından fizyolojik değerlendirilmesinin sayısallaştırılmasıdır. PPD indeksi ise, tahmin edilebilir rahatsızlık oranını ifade eder. PMV değerinden hesaplanarak ortamdaki kişilerin yüzde kaçının sıcak veya soğuk

hissettiği hakkında bilgi verir. PMV ve PPD arasındaki fonksiyon değişiminin grafiği Şekil 3.11’ de verilmiştir.



Şekil 3.11. Memnun olmayanların tahmini yüzdesi (PPD) değerinin tahmini ortalama oy (PMV) değerinin fonksiyonu olarak değişimi [55]

3.4.5. Termal Konforun Ergonomik Açıdan İncelenmesi

Çalışanlar için, işletmelerde çalışma alanlarında standartların dışındaki ısı ve nemlilik koşulları; duyu organlarının yeteneklerinin azalması, uyku hali yorgunluk, halsizlik, bitkinlik, dikkat eksikliği, konsantrasyon düşüşü gibi etkenleri ortaya çıkarır. Ortaya çıkan bu etkenler ise iş kazalarına davetiye çıkarır [58]. Ortamdaki sıcaklık arttıkça vücutta meydana gelebilecek durumlar Çizelge 3.18’ de verilmiştir.

Vücut sıcaklığındaki artış, çalışma yüküne ya da çalışma sırasında harcanan enerjiye bağlı olarak değişir. Hafif ve orta ağır olarak nitelendirilen işlerde, vücut ısısı, çalışmanın 30-40 dakikalarında bir dengeye ulaşır [59].

Çizelge 3.18. Yüksek sıcaklık sonucu oluşabilecek durumlar [59]

Artan Sıcaklık ↓	Aşırı terlemeler nedeniyle kaslarda kasılma şeklinde ısı krampları
	Tansiyon düşüklüğü ve baş dönmesine yol açan ısı yorgunlukları
	Vücut ısısının 41 °C’ ye kadar ulaşması sonucu ısı çarpması

Ortamdaki düşük sıcaklık ise uyuşukluk, uyku hali, hissizlik gibi olumsuz etkileri doğurur [59].

4. ÖLÇÜM YAPILACAK İŞLETME BİLGİLERİ VE KULLANILAN CİHAZLAR

4.1. Ölçüm Yapılan İşletmenin Bilgileri

4.1.1. Faaliyet Alanı

Tıbbi cihaz sektöründe faaliyet gösteren işletme 2009 yılında hastane mefruşatı ve medikal ekipmanlar üretmek amacıyla kurulmuştur. Şirket hastane mobilyası ve medikal ekipmanlar sektöründe özellikle medikal mobilyaların ihracatında Türkiye’de lider konumdadır. Üretilen ürünler 80 ülkeye ihraç edilmekte olup özellikle Latin Amerika pazarında güçlü bir isim olarak var olmaktadır. Fabrika ilk yıllarda 10.000 metrekare bir alanda üretim yaparken, yıllar içerisinde bu alanını genişleterek 2013 yılında üretim alanını 20.000 metrekareye çıkarmıştır. Ayrıca halihazırda yapımına devam eden 15.000 metrekare bir alan mevcut olup bu alanında devreye girmesiyle fabrika üretim alanının 35.000 metrekare olması planlanmaktadır. İşletme, TS EN ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi, TS EN ISO 14001:2015 Çevre Yönetim Sistemi, TS EN 18001:2014 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi ve TS EN ISO 13485:2014 Tıbbi Cihazlar Yönetim Sistemi ve TS EN ISO 17025:2017 ilkelerini referans alarak üretim faaliyetlerini yürütmektedir.

Hastane ekipmanları ve medikal ekipmanların üretimini yapan işletmenin ürünleri büyük çoğunlukla hastanelerde kullanılmaktadır. Talebin geniş bir kısmını oluşturan hastanelerin sayısı işletme için önemli bir faktördür. Dünya genelinde hasta vakalarının artması hastanelere olan talebi ve ihtiyacı artırmaktadır. Şirketin üretim bünyesinde 9 ana kategoriye ayrılmış ürün portföyü bulunmaktadır ve üretilen ürünlerin yaklaşık %50’ lik kısmı dış pazarlara temin edilmektedir. Ürün portföyünde bulunan ürün kategorileri;

- Hasta karyoları
- Sedyeler
- Hasta taşıma sandalyeleri
- Jinekolojik muayene masaları
- Kan alma koltukları
- Fizik tedavi ve rehabilitasyon koltukları

- İlaç ve tedavi arabaları

- Bebek kodları

- Mobilya gruplarıdır.

Çalışan Bilgileri

İşletmede toplam 171 çalışan bulunmakta olup çalışanlarla ilgili demografik bilgiler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışan demografik bilgileri

Demografik Özellikler		Kadın (Adet)	Erkek (Adet)	Genel			Kendi İçinde	
				Yüzde	Yüzde Kadın	Yüzde Erkek	Yüzde Kadın	Yüzde Erkek
Yaş Grubu	20-30	6	39	26%	4%	22%	13%	87%
	30-40	7	70	45%	4%	41%	9%	91%
	40-50	1	35	21%	1%	20%	3%	97%
	50+		13	8%	0%	8%	0%	100%
Eğitim Durumu	Yüksek Lisans	1	2	2%	1%	1%	33%	67%
	Lisans	7	10	10%	4%	6%	41%	59%
	Önlisans		3	2%	0%	2%	0%	100%
	Lise	1	57	34%	1%	33%	2%	98%
	Ortaokul	3	40	25%	2%	23%	7%	93%
	İlkokul	2	45	27%	1%	26%	4%	96%
Toplam		14	157					
Genel Toplam		171						

4.1.2. Çalışma Süresi

İşletmede mesai süresi 8 saat olup haftada 5 gün tam mesai 1 gün yarım mesai şeklinde çalışılmaktadır. Tek vardiya çalışılmaktadır.

4.1.3. Üretim Hattı ve Makineler

İşletme üretim alanı temel olarak 6 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar,

- Kaynakhane
- Preshane
- Boyahane
- Kalıphane
- Montaj
- Depo

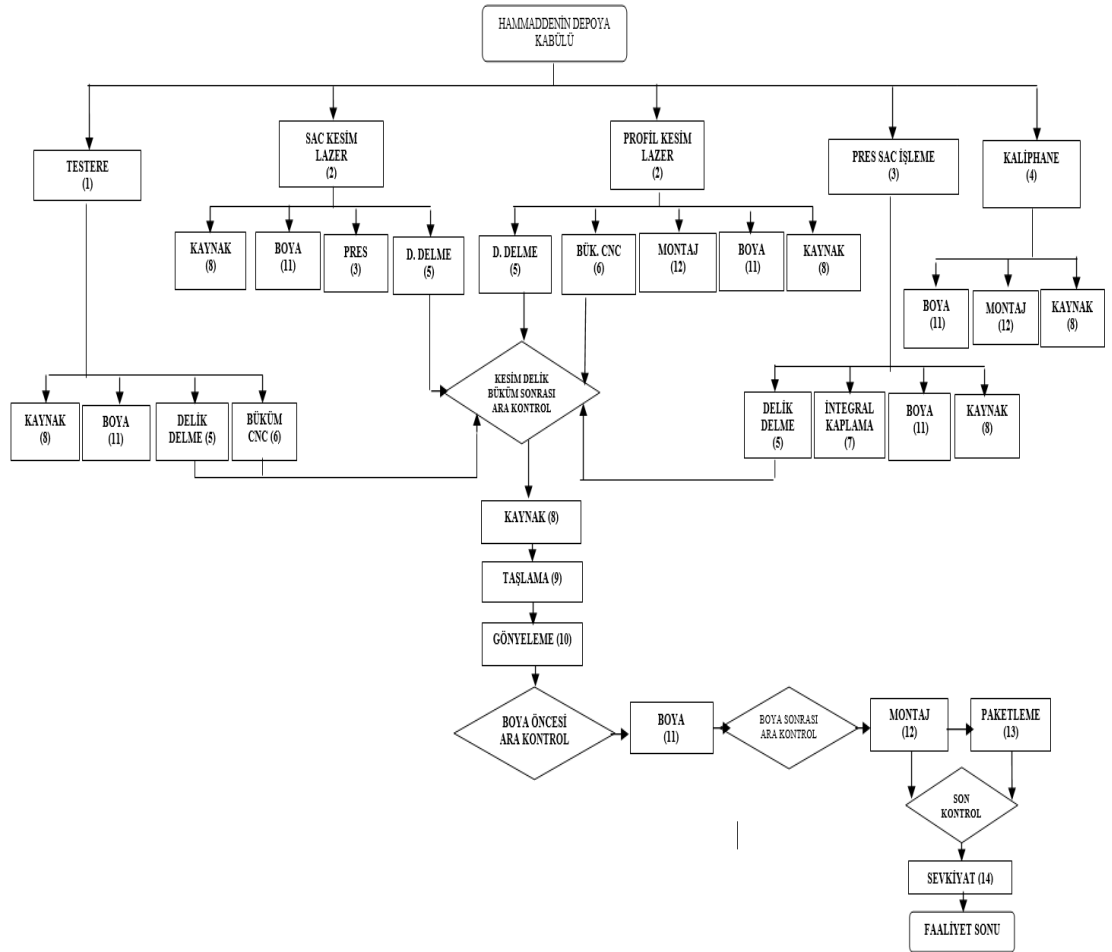
İşletmede bulunan makinalar;

- Kaynak robot makinası
- Kaynak makinası
- Taşlama makinası
- Pres
- Profil Kesim Lazer
- Sac Kesim Lazer
- Matkap
- Torna
- Freeze

İşletmede bulunan araçlar;

- Forklift

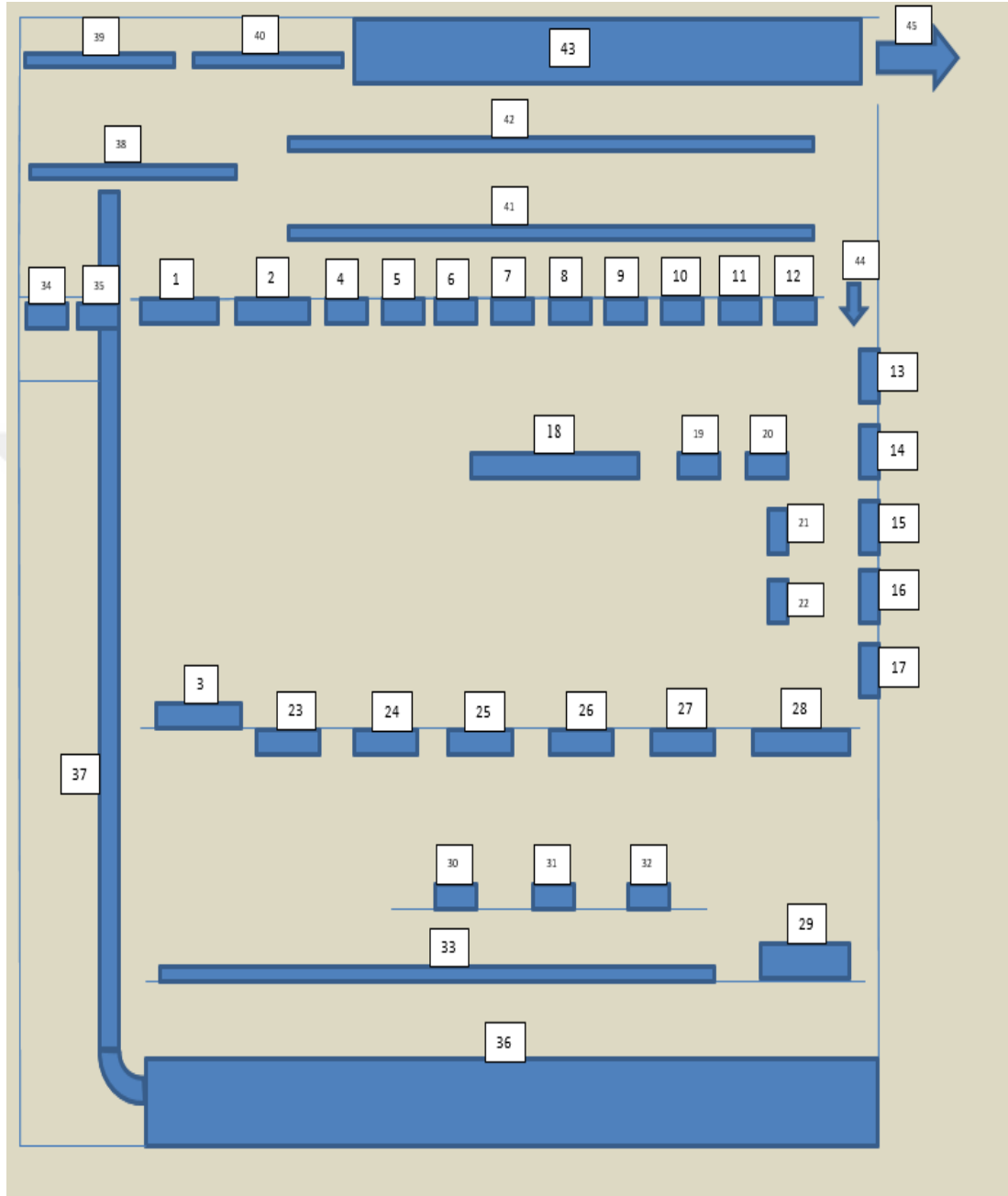
Üretim akış şeması ise Şekil 4.1' deki gibidir.



Şekil 4.1. Üretim akış şeması

4.1.4. Tesis içi Yerleşim

İşletmede tesis içi yerleşim planı Şekil 4.2' deki gibidir.



Şekil 4.2. Tesis içi yerleşim planı

1-3 Arası: Kaynak Robot

4-17 Arası: Kaynak

18: Taşlama

19-20: Boru Büküm

21-22: Testere

23-27: Pres ve Kesim

28: Profil Lazer

29: Sac Lazer

30-32: Matkap

33: Lazer Rafları

34: Torna

35: Freze

36: Boyahane

37: Konveyör Sistem

38: Ray Hattı Montaj

39: Kol Montaj

40: Montaj ve Paketleme

41: Montaj-1

42: Montaj-2

43: Depo

44: Hammadde Giriş – Ara Kontrol

45: Sevkiyat

4.2. Ölçüm Yapılan Cihazların Bilgileri

Şekil 4.3’ te aydınlatma ölçüm cihazı verilmiştir. Aydınlatma ölçümleri Tenmars marka TM-209M model ışıkölçer cihazı ile yapılmıştır. Cihazın ölçüm aralığı 40-400.000 lüks aralığındadır. Cihaz $\pm$ %3 doğruluk sapmasına sahip olup 99 adet manuel kaydı hafızasında tutabilmektedir.



Şekil 4.3. Aydınlatma ölçüm cihazı

Şekil 4.4’ te hava hızı ve nem ölçüm cihazı verilmiştir. Hava hızı, nem ölçümleri Kestrel marka 3000 model anemometre cihazı ile yapılmıştır. Cihaz hava hızı, hava-kar-su sıcaklığı, hissedilen sıcaklık, bağıl nem ve çiğ noktası sıcaklığı ölçümleri yapabilmektedir. Hava hızı için hassasiyet %3, bağıl nem için hassasiyet %3’ tür. Hava hızı için ölçüm aralığı 0,4-60 m/sn, bağıl nem için 0-%100’ dür.



Şekil 4.4. Hava hızı ve nem ölçüm cihazı

Şekil 4.5’ te kişisel maruziyet gürültü ölçüm cihazı verilmiştir. Kişisel Maruziyet Gürültü ölçümleri Extech marka SL-355 model kişisel gürültü ölçer dozimetre cihazı ile yapılmıştır. Cihazın ölçüm aralığı A bandında 60-130 dB, C bandında 70-140 dB’dir. Cihaz 94 dB veya 114 dB’ e göre kalibre edilebilir ve 1 saniye ile 1 saat aralığında zamanlandırılabilir. 20 doz ölçümü hafızasında tutabilmekte ve usb arabirimi ile bilgisayara aktarımı yapılabilmektedir.



Şekil 4.5. Kişisel maruziyet gürültü ölçüm cihazı

Şekil 4.6' da iç ortam gürültü ölçüm cihazı verilmiştir. İç Ortam Gürültü ölçümleri Cesva marka SC-420 model Tip 1 gürültü ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Cihaz 1/3 oktav bantlarında ses seviyesi ölçümü yapabilmekte veya gerçek zamanlı spektrum analizörü olarak kullanılabilir. Ölçüm aralığı 23,4-137 dB' dir. Cihazın sapması $\pm 0,5$ dB'dir. MicroSD kart girişi sayesinde binlerce ölçümü hafızasında tutabilmektedir.



Şekil 4.6. İç ortam gürültü ölçüm cihazı

Şekil 4.7' de titreşim ölçüm cihazı verilmiştir. El-kol Titreşim ve Tüm Vücut Titreşim ölçümleri Cesva marka VC-431 model titreşim ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Cihaz 3 eksende titreşim ölçmektedir. Cihazın hafızasında 256 adet kayıt tutulabilmektedir. AC031 model aparatı ile el-kol titreşim ölçümleri, AC033 model aparatı ile tüm vücut titreşim ölçümleri yapılmaktadır. AC031 model cihazın ölçüm aralığı 0,4 -17.000 Hz,

duyarlılığı 10 mV/g' dir. AC033 model cihazın ölçüm aralığı 0,25-4.000 Hz, duyarlılığı 100 mV/g' dir.



Şekil 4.7. Titreşim ölçüm cihazı

Şekil 4.8' de termal konfor ölçüm cihazı verilmiştir. Termal Konfor ölçümleri, Delta Ohm marka 32.3A model mikroklima analiz cihazı ile yapılmıştır. Cihaz globe sıcaklık, ıslak hazne sıcaklığı, çevresel sıcaklık, ortam sıcaklığı, bağıl nem ve hava hızı faktörlerini ölçebilmektedir. Cihaza 3 farklı prob bağlanabilir. WBGT, PMV, PPD ve Radyant Sıcaklık değerlerini hesaplayabilmektedir. Cihazın 15 saniye ile 1 saat aralığında kayıt aralığı seçeneği ve 67.600 kayıt hafızası bulunmaktadır.



Şekil 4.8. Termal konfor ölçüm cihazı

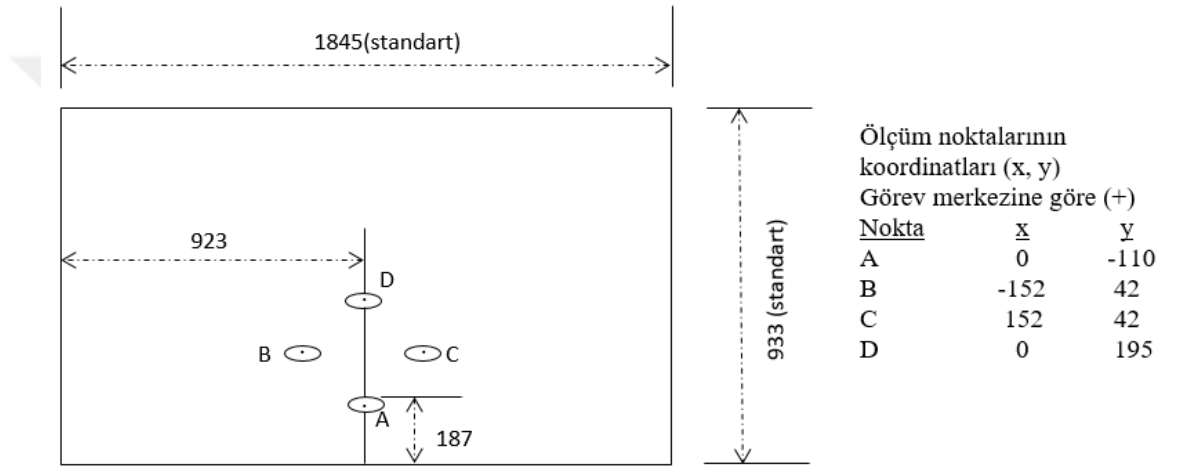
5- MATERYAL METOD

5.1. Aydınlatma Ölçüm Metodu

İşletmede yapılan çalışma alanlarında aydınlatma ölçümleri COSHR-928-1-IPG-039'un prensiplerine göre yapılmıştır. Aydınlatma şiddeti ölçümleri, tesis normal çalışma koşullarındayken (aydınlatma kaynakları açık) yapılmıştır.

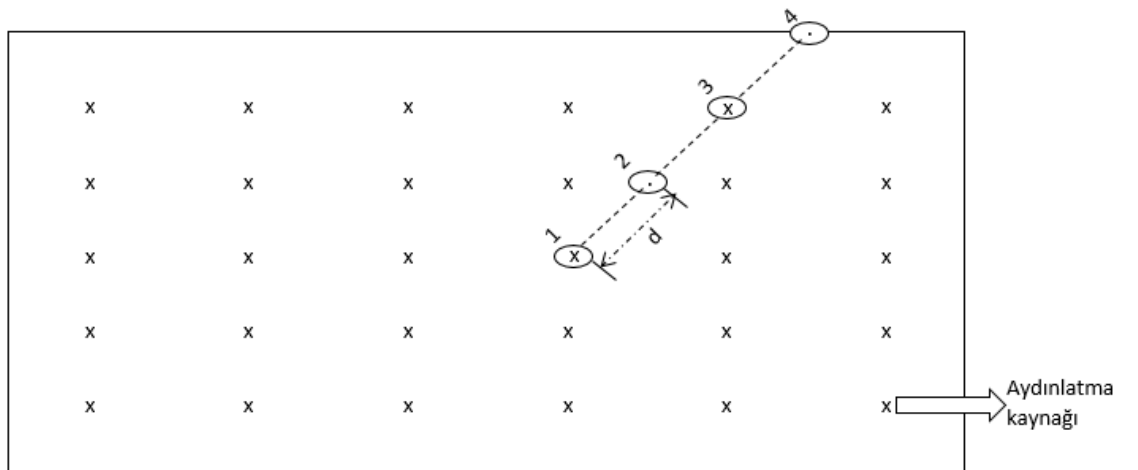
5.1.1. Bilgisayarsız Masalarda Ölçüm

Masalarda gerçekleştirilecek aydınlatma şiddeti ölçümleri için Şekil 5.1' deki şablon dikkate alınarak ölçüm yapılmalıdır;



Şekil 5.1. Masalarda aydınlatma ölçümü

5.1.2. İç Destek Alanlarında Ölçüm



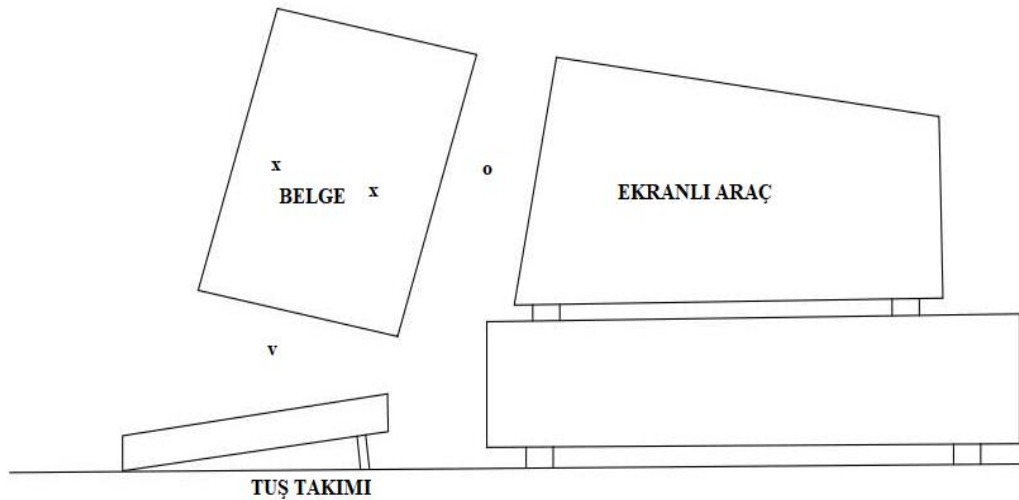
Şekil 5.2. İç ortam aydınlatma ölçümü

Şekil 5.2' de iç destek alanlarının aydınlatma ölçümü metodolojisi gösterilmiştir.

- Aralarında 3 metre veya daha az mesafe olacak şekilde düz bir çizgi oluşturan seçilmiş 4 noktada ölçümler yapılmaktadır.
- Ölçümler aydınlatma kaynağından başlayıp duvarda son bulmaktadır.
- Lüksmetre yerden 1 metre yüksekte yere paralel konumda iken ölçüm alınmaktadır.
- Eğer oda büyük veya düzensiz şekilli ise bu işlemi birkaç kez tekrarlamak gerekebilir.
- Aynı teknik yürüyüş yolları boyunca, merdivenler ve çalışma alanları destek mekanları için de kullanılmaktadır.

5.1.3. Gösterim Ekran Cihazı (VDT)

Operatörün sadece veri girişi yaptığı dönüşümlü olarak ekranına ve belgeye baktığı interaktif bir çalışma veya operatörün hiç ekranına bakmaksızın bir belgeyi okuduğu çalışmadır.



Şekil 5.3. Ekranlı araçlarda (VDT) aydınlatma ölçümü

Şekil 5.3’ te ekranlı araçlarda aydınlatma ölçümü metodolojisi gösterilmiştir.

10 cm aralıklı ölçümler “o” 2 adet, 20 cm aralıklı ölçümler “v” 2 adet, okuma gerektiren iş varsa; belgeden 10 cm aralıklı ölçümler “x” 2 adet yapılmalıdır.

- Klavye konumunda, birbirinden 20 cm aralıklarla iki ölçüm ve ekrana yakın birbirinden 10 cm aralıklarla iki ölçüm daha alınır.
- Luxmetre her durumda zemine yatay durumda olmalıdır.
- Daha sonra bu 4 ölçümün ortalaması alınmalıdır.
- Belge üzerindeki aydınlanma seviyesini belirlemek için 10 cm aralıklarla belge üzerinde belgeye yatay iken iki ölçüm alınarak bu ölçümlerin ortalaması alınır.

- Belge zeminde veya şövale üzerinde eğimli de olsa lüksmetre belgeye yatay konumda olmalıdır.

Ölçüm yerlerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması şirket yetkilileri ile birlikte yapılmıştır. Tavsiye edilen değerlerin ve uygunluğun belirlenmesi TS EN 12464-1 Işık ve Aydınlatma – Çalışma Yerlerinin Aydınlatılması – Bölüm-1: Kapalı Çalışma Alanları ve TS EN 12464-2 Işık ve Aydınlatma – Çalışma Yerlerinin Aydınlatılması – Bölüm-2: Açık Çalışma Alanları standartlarına göre yapılmıştır. Ölçüm değerleri belirtilen bu standartlarda bulunan mevcut sınır değerler ile kıyaslanarak değerlendirme yapılmıştır.

5.2. Gürültü Ölçüm Metodu

*Ses Basınç Seviyesi (L_p)

Aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır;

$$L_p = 10\log(P/P_0)^2 \quad [5.1]$$

*A-ağırlıklı ses basınç seviyesi (L_{pA})

Aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır;

$$L_{pA}: 10\log(P_A/P_0)^2 \quad [5.2]$$

*Eş değer Sürekli A-ağırlıklı ses basınç seviyesi ($L_{Aeq,T}$)

Aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır;

$$L_{Aeq,T} = 10\log\left[\frac{1}{t_2-t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{PA^2(t)}{P_0^2} dt\right] \quad [5.3]$$

Sürekli gürültü için seviyedeki değişmezlik L_{Aeq} , sayısal olarak L_{pA} değerine eşittir.

*Anma 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş, maruz kalınan gürültü seviyesi ($L_{EX,8h}$)

Aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır;

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10\log(T_e/T_0) \quad [5.4]$$

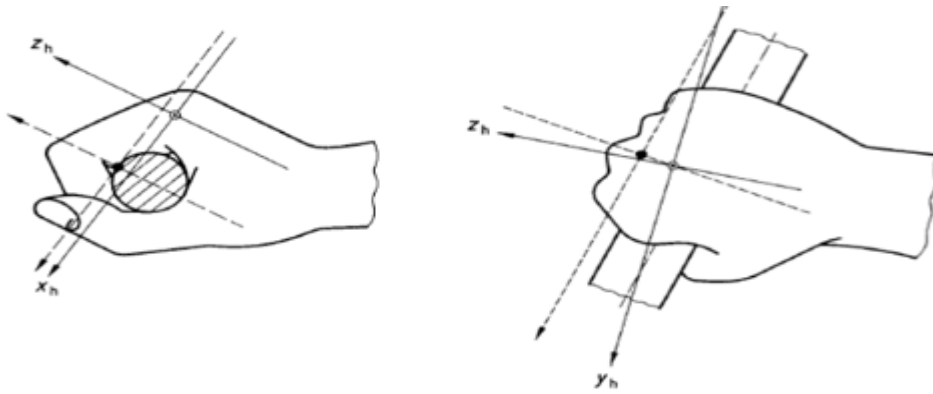
Çalışma gününde etkin olarak maruz kalınan periyot, T_e 8 saati geçemez ve $L_{EX,8h}$ sayısal olarak $L_{Aeq,8h}$ değerine eşdeğerdir.

Ortam gürültü ölçümleri için, ölçüm noktaları işletme içindeki riskli alanların belirlenmesi amacıyla kısa süreli gürültü ölçümleri yaparak belirlenir. Bu amaca uygun olarak gürültü kaynakları yanında operatörlerin çalışma yerleri gözetilecek operatörün baş-kulak hizasından ölçümler yapılır. Ölçüm süresi en az 30 saniye olmalıdır. Kişisel maruziyet ölçümleri için, riskli alanlarda mikrofon, temsili seçilen kişilerin dış kulak kanalından 10 cm mesafeye yerleştirilir. İşçi bu halde günlük faaliyetlerine devam eder ve gürültülü alanlarda kaldığı sürelerde ölçüme devam edilir. Ölçüm cihazının doğrulaması ölçüm serisine başlamadan önce ve ölçüm serisi tamamlandıktan sonra kalibratör ile yapılır. 0,5 dB' den büyük fark varsa ölçüm sonuçları tekrar edilir. Cihaz A frekans ağırlıklandırma modunda çalıştırılır.

Ölçümler, TS 2607 ISO 1999 Akustik İşyerinde Maruz Kalınan Gürültünün Tayini ve Bu Gürültünün Sebebi Olduğu İşitme Kaybının Tahmini standardı ve TS EN ISO 9612:2009 Akustik - Mesleki Gürültü Maruziyetinin Belirlenmesi standartına göre yapılmıştır ve Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik' te bulunan sınır değerlere göre değerlendirilmiştir.

5.3. Titreşim Ölçüm Metodu

El kol Titreşim ölçümleri, TS EN ISO 5349-1 Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı, Elle İletilen titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi standardı ve TS EN ISO 5349-2 Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı, Elden Vücuda İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi standardına göre yapılmıştır. Titreşimler 3 farklı eksende tespit edilir. Titreşim kaynağından birbirine dik 3 eksen ($-x$, $-y$, $-z$), yayılan ivme değerlerinin elle iletilen titreşim için frekans ağırlıklandırma karakteristiği (W_h) frekans bandında ağırlıklandırılarak zamana göre ölçülür ve maruz kalınan sürenin referans süreye göre değerlendirilir.



Şekil 5.4. Elle tutma konumu

Şekil 5.4’ te elle tutma konumu metodolojisi verilmiştir. İvme ölçerler personele kelepçe ile bağlanır, el, silindir biçimli çubuk üzerindeki standart bir tutamağı Şekil 5.4’ deki biçimde kavrayacak şekli alır. Ölçüm öncesi ve sonrası kalibratör ile cihazın doğrulaması yapılır. Ölçümü yapılacak alanın sıcaklık ve nem ölçümü yapılır. Ölçüm süresi maruziyeti temsil edebilecek sürede ve en az 1 dakika boyunca devam ettirilir. En az 3 seri ölçüm alınır. Ölçüm hesaplaması aşağıdaki gibidir;

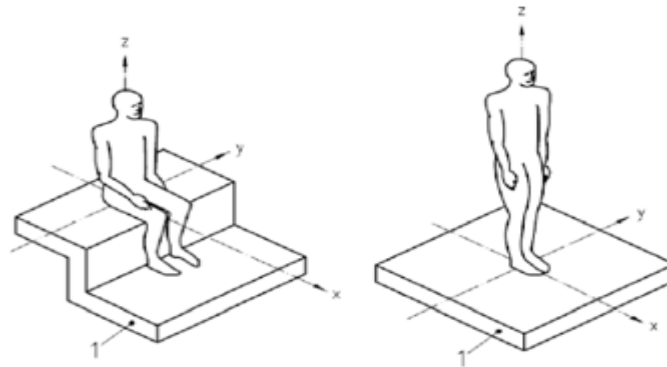
$$a_{hv} = \sqrt{ahwx^2 + ahwy^2 + ahwz^2} \quad [5.5]$$

Günlük titreşime maruz kalma aşağıdaki denklem ile hesaplanır;

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [5.6]$$

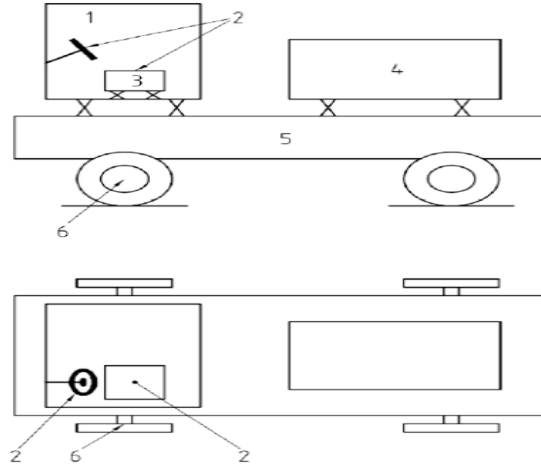
Firmada normal işletme koşullarında firma yetkilileri ile belirlenen kişilerde el-kol titreşim maruziyet ölçümleri yapılmıştır. Mesai süresi ve maruz kalınan süre firma yetkilileri ve çalışanlar tarafından beyan edilmiştir. Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte yer alan sınır/eylem değerlerine göre mevcut değerler kıyaslanmıştır.

Tüm Vücut Titreşim ölçümleri, TS EN 1032+A1 Mekanik Titreşim – Titreşim Emisyon Değerlerinin Belirlenmesi Amacıyla Hareketli Makinaların Deneye Tabi Tutulması ve TS ISO 2631-1 Mekanik Titreşim ve Şok – Tüm Vücut Titreşime Maruz Kalma Değerlendirilmesi standartlarına göre yapılmıştır. Titreşimler 3 farklı eksende tespit edilir. Titreşim kaynağından birbirine dik 3 eksende (-x, -y, -z), yayılan ivme değerlerinin -x ve -y eksenlerinde W_d , -z ekseninde W_k frekans bandında ağırlıklandırılarak zamana göre ölçülür ve maruz kalınan sürenin 8 saatlik referans süreye göre değerlendirilmesi yapılır.



Şekil 5.5. Çalışanın çalışma pozisyonuna göre eksenler

X eksenini, sırttan göğüse doğru; Y eksenini, sağ taraftan sol tarafa doğru; Z eksenini ise kalçadan veya ayaklardan kafaya doğru olan düzlemdir. Titreşim eksenleri Şekil 5.5’te verilmiştir. Titreşim öncesi ve sonrası kalibratör ile cihazın doğrulaması yapılır. Ölçümü gerçekleştirilecek alanın sıcaklık ve nem ölçümü yapılır. Titreşim Kaynağı üzerinde titreşim yayılan bölgeler belirlenir. Şekil 5.6’te titreşim yayılan bölgeler verilmiştir.



Şekil 5.6. Titreşim yayılan bölgeler

- 1- Kabin
- 2- Titreşim Temas bölgesi
- 3- Koltuk
- 4- Motor
- 5- Karoser
- 6- Tekerlek

Titreşim ivmeölçeri, çalışanın pozisyonuna ve mobil makinanın kullanım şekline göre çalışanın ayaklarının altına veya oturduğu koltuğun üstünde stabil olacak şekilde konumlandırılır. Ölçüm süresi maruziyeti temsil edebilecek sürede ve en az 3 dakika boyunca devam ettirilir. En az 3 seri ölçüm alınmalıdır. Ölçüm hesaplaması aşağıdaki gibidir;

$$a_{wmax} = \max\{1,4a_{wx}, 1,4 a_{wy}, a_{wz}\} \quad [5.7]$$

Günlük titreşime maruz kalma aşağıdaki denklem ile hesaplanır;

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [5.6]$$

Firmada normal çalışma koşullarında firma yetkilileri ile belirlenen kişilerde tüm vücut titreşim maruziyet ölçümü yapılmıştır. Mesai süresi ve maruz kalınan süre firma yetkilileri ve çalışanlar tarafından beyan edilmiştir. Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte yer alan sınır/ eylem değerler ile ölçüm değerleri kıyaslanmıştır.

5.4. Termal Konfor Ölçüm Metodu

Termal konfor ölçümleri, TS EN ISO 7730:2005 Orta Dereceli Termal Ortamlar-PMV ve PPD indislerinin tayini termal rahatlık için şartların belirlenmesi standardı ve TS EN 27243:2002 Sıcak Ortamlar-WBGT (Yaş Hazne Küre Sıcaklığı) İndeksine Göre Isının Çalışan Üzerindeki Baskısının Tahmini standardına göre yapılmıştır. Çalışanların termal konfor algılarının belirlenmesi amacıyla çalışma ortamının sıcaklığı (t_a), çalışma ortamının radyal sıcaklığı (t_r), çalışma ortamının nemi (%RH) ve çalışma ortamının hava akım hızı (v_{ar}) gibi fiziksel parametrelerin ölçülmesi ve çalışanların iş aktiviteleri(M) ve kıyafet izolasyon (I_{cl}) katsayıları kullanılarak ortamın termal durumuna ilişkin beklenen ortalama karar (PMV) ve bir ortamda bulunan termal açıdan memnuniyetsiz kişilerin sayısal yüzdesi yani beklenen ortalama memnuniyetsizlik (PPD) değerleri hesaplanır. Ölçüm yapılacak kişinin üzerindeki kıyafetlere göre Çizelge 5.1' e göre yalıtım değeri hesaplanır. Toplam yalıtım değeri çalışanın üzerindeki tüm giysilerin yalıtım katsayıları toplamına eşittir.

Çizelge 5.1. Çeşitli giysi türleri için yalıtım katsayıları [56]

Giysi Türleri	Yalıtım Katsayısı (clo)
Pantolon, kısa kollu gömlek	0,57
Pantolon, uzun kollu gömlek	0,61
Pantolon, uzun kollu gömlek, ceket	0,96
Diz uzunluğunda etek, kısa kollu gömlek	0,54
Ayak bileği uzunluğunda etek, uzun kollu gömlek, ceket	1,10
Etek / elbise	0,54 – 1,10
Şort	0,36
Önlük / tulum	0,72 – 1,37

Çizelge 5.1 devamı;

Spor Kıyafetleri	0,74
Uzun kollu pijama ve uzun pijama altlığı	0,96

Yalıtım değeri belirlendikten sonra çalışanın metabolik oranı belirlenmelidir. Çizelge 5.2' de yapılan aktiviteye göre belirlenen metabolik oran değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.2. Aktivite seviyesi değer tablosu [55]

Aktivite	Metabolik Oran	
	W / m ²	Met
Uzanmak	46	0,8
Rahat şekilde oturma	58	1,0
Oturan aktivite (ofis, konut, okul, laboratuvar)	70	1,2
Ayakta, hafif aktivite (alışveriş, laboratuvar, hafif endüstri)	93	1,6
Ayakta, orta ağırlıkta aktivite (tezgahtarlık, ev işi, makine işi)	116	2,0
Yürüyüş		
2 km / saat	110	1,9
3 km / saat	140	2,4
4 km / saat	165	2,8
5 km / saat	200	3,4

Çalışma şartlarına göre değerlerin belirlenmesinin ardından ortamın sıcaklık, radyal sıcaklık, % bağıl3 nem ve hava akım hızı ölçümleri gerçekleştirilir. Bu ölçümleri yapabilmek için ölçüm yapılacak cihaza ilgili problemler takılmalıdır. Ölçüm problemlerinin konumu sıcaklık farklarının çok değişmediği ortamlarda 1,1 metre gibi bir yüksekliğe ayarlanmalıdır. Ölçümler en az 1 saat süre ile devam ettirilmelidir. Ölçüm sonucunda PMV ve PPD değerleri hesaplanır. PMV değeri -2<PMV<+2 değerleri arasında ise değerlendirme yapılabilir. Eğer PMV>+2 ise TS EN ISO 27243 standardına göre

WBGT ölçümü yapılır, PMV<-2 ise TS EN ISO 11079 standardına göre ölçüm yapılır.

Aşağıdaki denklemlere göre hesaplamalar yapılır;

$$f_{cl} = \begin{cases} 1 + 1,29 \times I_{cl} & \text{eğer } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \times \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 \times I_{cl} & \text{eğer } I_{cl} \geq 0,078 \text{ m}^2 \times \text{K/W} \end{cases} \quad [5.8]$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \times (t_{cl} - t_a)^{0,25} & \text{eğer } 2,38 \times (t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1 \times \sqrt{Var} \\ 12,1 \times \sqrt{Var} & \text{eğer } 2,38 \times (t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1 \times \sqrt{Var} \end{cases} \quad [5.9]$$

$$12,1 \times \sqrt{Var} \text{ eğer } 2,38 \times (t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1 \times \sqrt{Var} \quad [5.10]$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \times (M - W) - I_{cl} \times \{ 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \} \quad [5.11]$$

$$PMV = [0,303 \times e^{(-0,036 \times M)} + 0,028] \times \{ (M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5,733 - 6,99 \times (M - W) - P_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - P_a) - 0,0014 \times M \times (34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \} \quad [5.12]$$

$$PPD = 100 - 95 \times e^{(0,3353 \times PMV^4 - 0,219 \times PMV^2)} \quad [5.13]$$

Güneş yükü olmayan iç ortamlar ile güneş yükü olan dış ortamlar için iki ayrı ıslak hazne küre sıcaklığı (WBGT) hesap yöntemi bulunmaktadır. İç ortam için yapılan hesaplamada kuru hazne sıcaklığı hesaba katılmamaktadır.

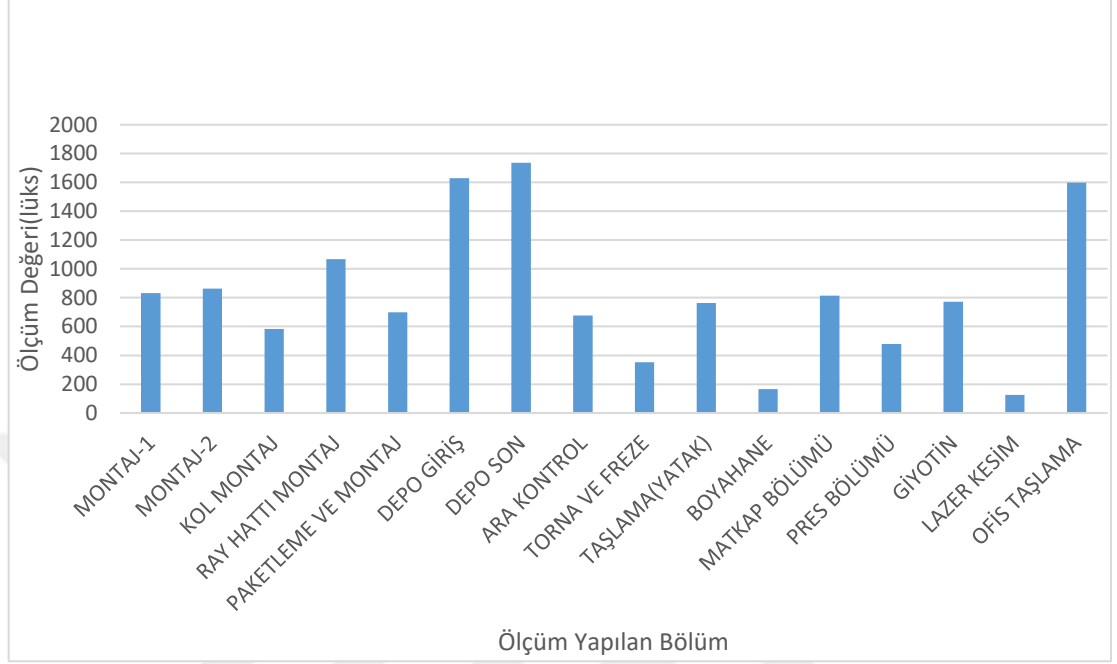
$$WBGT_{dışortam} = 0,7 \times T_{nw} + 0,2 \times T_g + 0,1 \times T_a \quad [5.14]$$

$$WBGT_{içortam} = 0,7 \times T_{nw} + 0,3 \times T_g \quad [5.15]$$

Firmada normal çalışma koşullarında, gündüz saatlerinde firma yetkilileri ile belirlenen alanlarda termal konfor ölçümü yapılmıştır. TS EN ISO 7730 standardında yer alan sınır/ eylem değerler ile ölçüm değerleri kıyaslanmıştır.

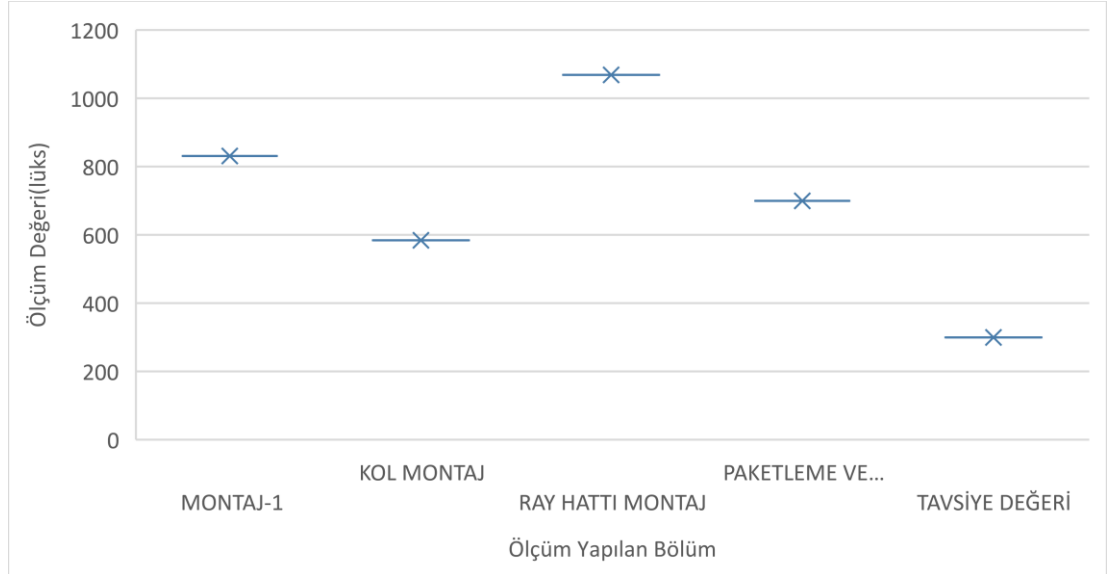
6. BULGULAR

6.1. Aydınlatma Ölçüm Sonuçları



Şekil 6.1. Aydınlatma ölçüm sonuçları

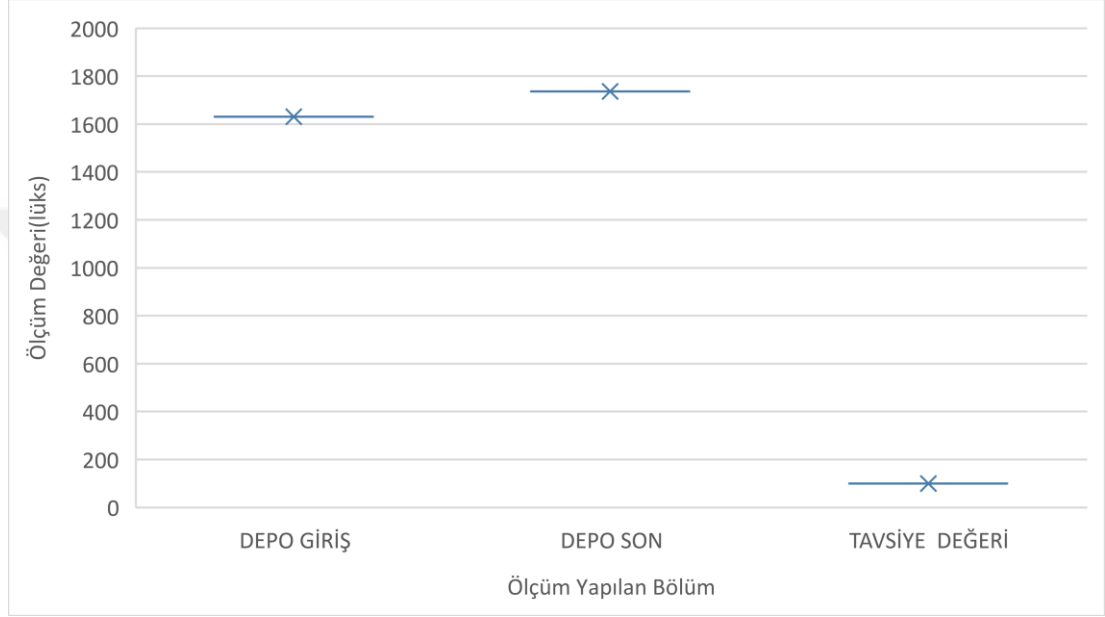
Her bölüm için 4’ er adet aydınlatma ölçümü alınmış olup, ölçüm sonuçları Şekil 6.1’ deki gibi gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Montaj hattı bölümleri aydınlatma ölçümleri sonuçları

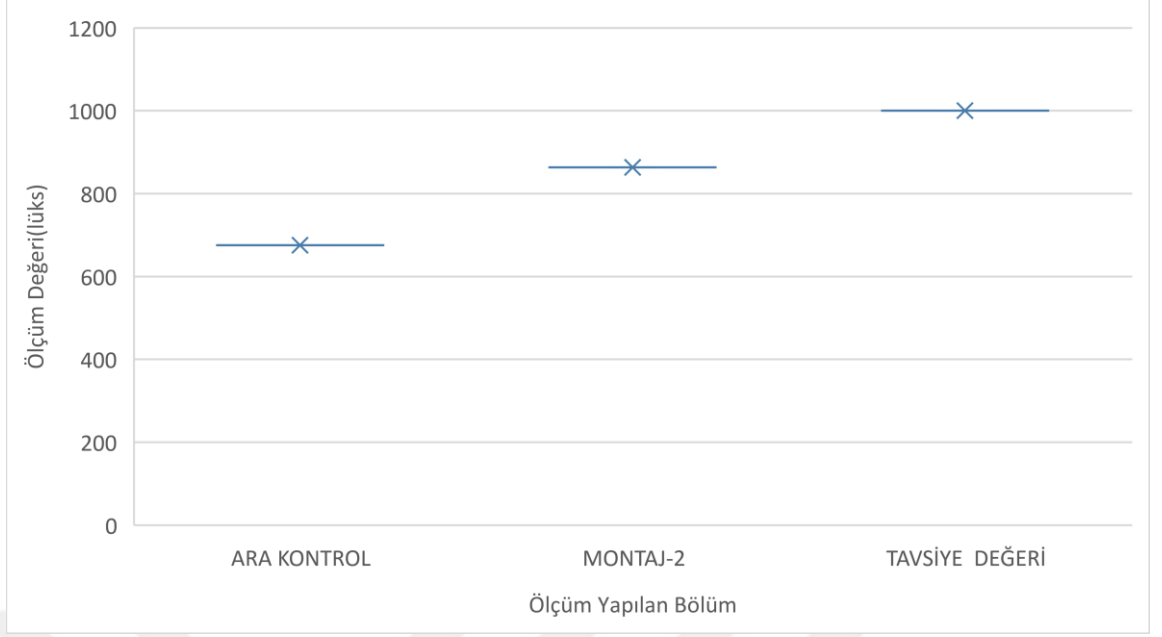
Montaj hattı bölümünde bulunan alanların ölçüm sonuçları Şekil 6.2’ de verilmiştir. Montaj-1 bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 831 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 300 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli

bulunmuştur. Kol Montaj bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 583,5 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 300 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmuştur. Ray Hattı Montaj bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 1068,5 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 300 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmuştur. Paketleme ve Montaj bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 699,5 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 300 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmuştur.



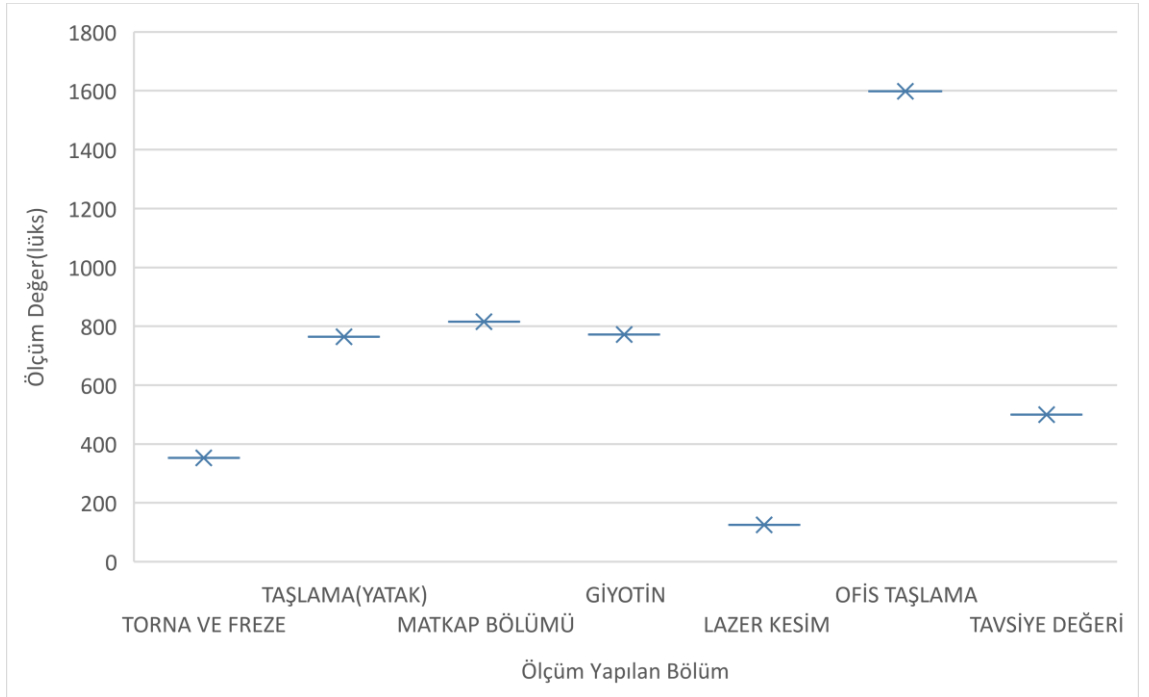
Şekil 6.3. Depo bölümleri aydınlatma ölçümleri sonuçları

Depo bölümünde bulunan alanların ölçüm sonuçları Şekil 6.3' te verilmiştir. Depo Giriş bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 1630 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 100 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmuştur. Depo Son bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 1736,25 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 100 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmuştur.



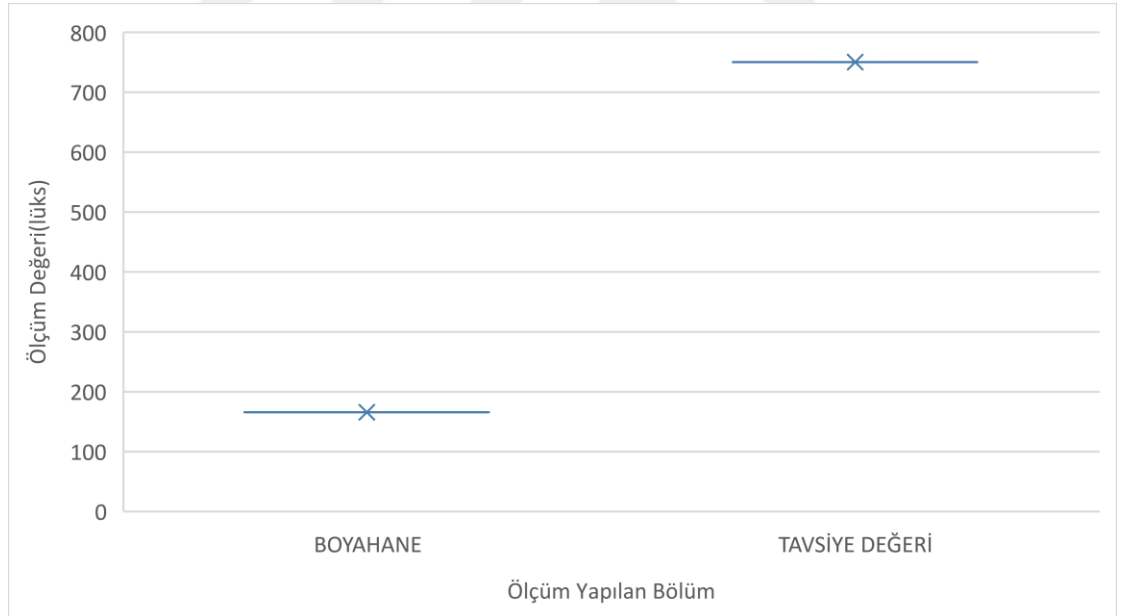
Şekil 6.4. Kontrol bölümleri aydınlatma ölçümleri sonuçları

Kontrol bölümleri için ölçüm sonuçları Şekil 6.4’ te verilmiştir. Ara kontrol bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 675,5 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 1000 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmamıştır, Montaj-2 bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 863,25 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 1000 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmamıştır.



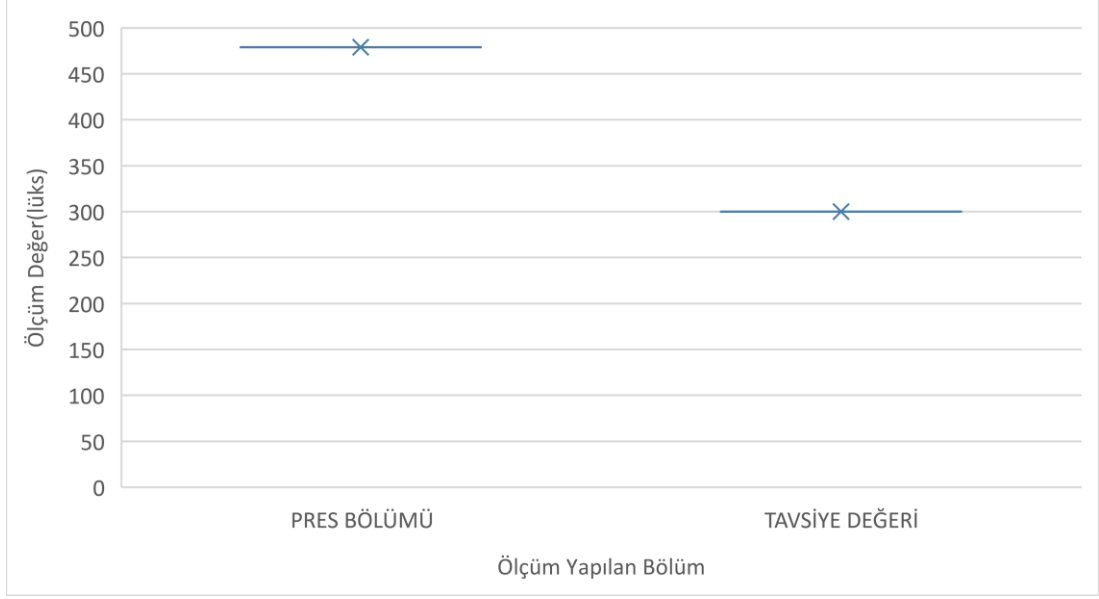
Şekil 6.5. Üretim hattı bölümleri aydınlatma ölçümleri sonuçları

Üretim hattı bölümünde bulunan alanların ölçüm sonuçları Şekil 6.5’ te verilmiştir. Torna ve Freze bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 353 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 500 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmamıştır. Taşlama (Yatak) bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 764 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 500 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmuştur. Matkap bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 815,25 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 500 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmuştur. Giyotin bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 772,5 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 500 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmuştur. Lazer Kesim bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 125,5 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 500 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmamıştır. Taşlama (Ofis) bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 1598,75 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 500 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmamıştır.



Şekil 6.6. Boyahane bölümü aydınlatma ölçümleri sonucu

Boyahane bölümü için yapılan ölçüm sonuçları Şekil 6.6’ da verilmiştir. Boyahane bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 165,75 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 500 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmamıştır.

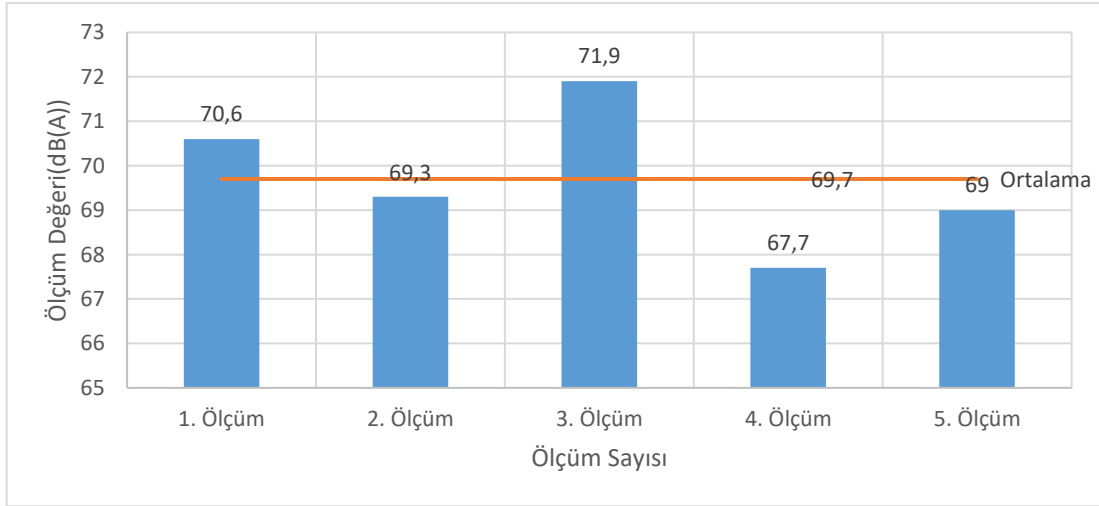


Şekil 6.7. Preshane bölümü aydınlatma ölçümleri sonucu

Preshane bölümü için yapılan ölçüm sonuçları Şekil 6.7’ de verilmiştir. Preshane bölümü için yapılan 4 ölçümün ortalaması 479 lüks olarak ölçülmüş ve TS EN 12464 standardına göre belirlenen 300 lüks tavsiye lüks değerine göre yeterli bulunmuştur.

6.2. Gürültü Ölçüm Sonuçları

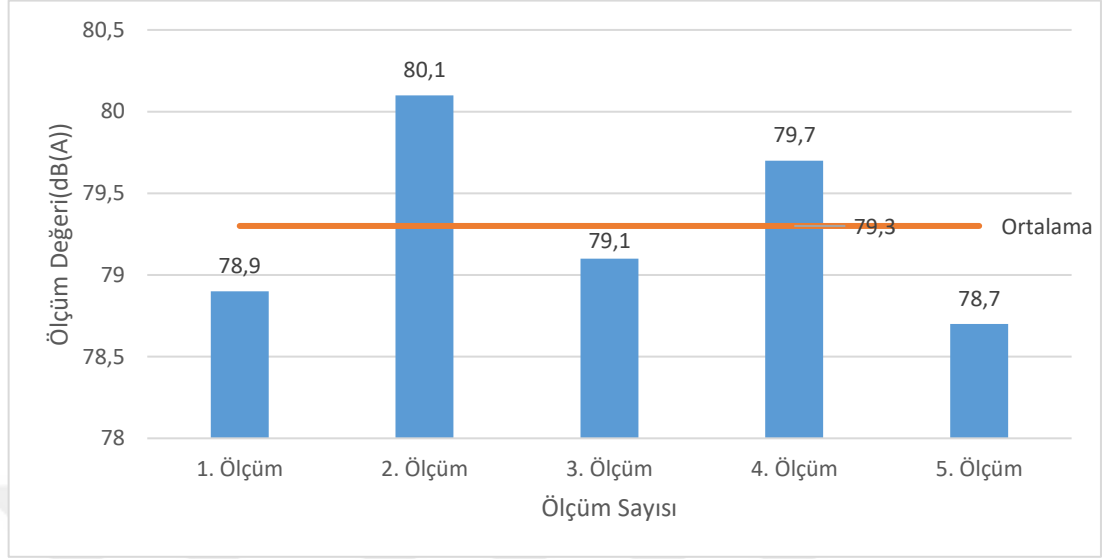
6.2.1. İç Ortam Gürültü Ölçüm Sonuçları



Şekil 6.8. Montaj bölümü iç ortam gürültü ölçüm sonuçları

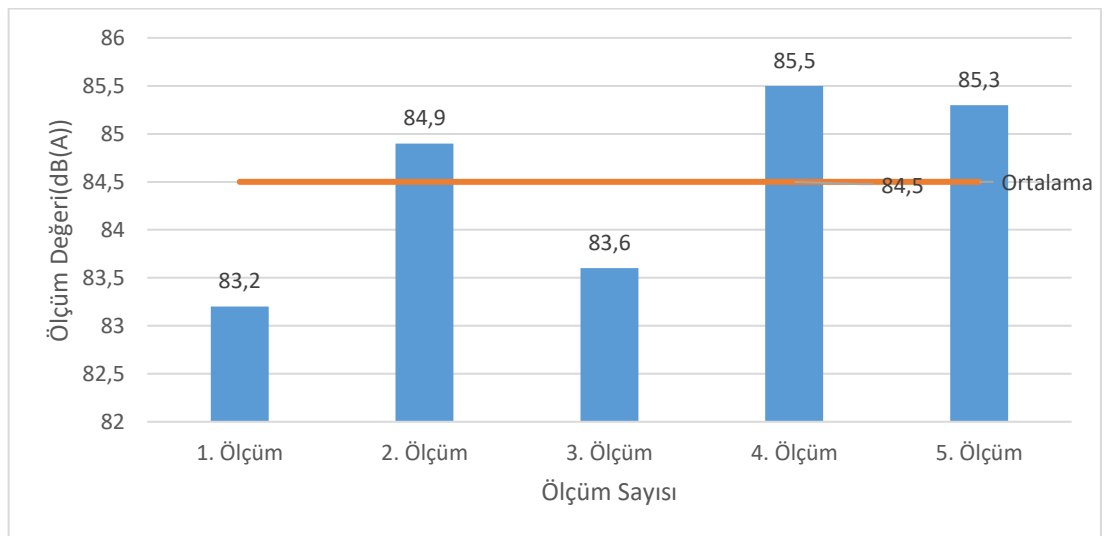
İşletme yetkilileri ile birlikte belirlenen bölümlerden Montaj bölümünde yapılan iç ortam gürültü ölçümleri kapsamında ortamda 5 adet ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 6.8’ de verilmiştir. Ölçümler çalışma saatinin yoğun olduğu makine ve çalışanların tam verimle çalıştığının öngörüldüğü öğle molasından sonra yapılmıştır. Alınan ölçüm sonuçlarına göre çıkan ortalama 69,7 dB(A) değeri Çevresel Gürültünün

Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne (2010,Sayı: 27601) göre belirlenen sınır değer 70 db(A)'den düşük bulunmuştur.



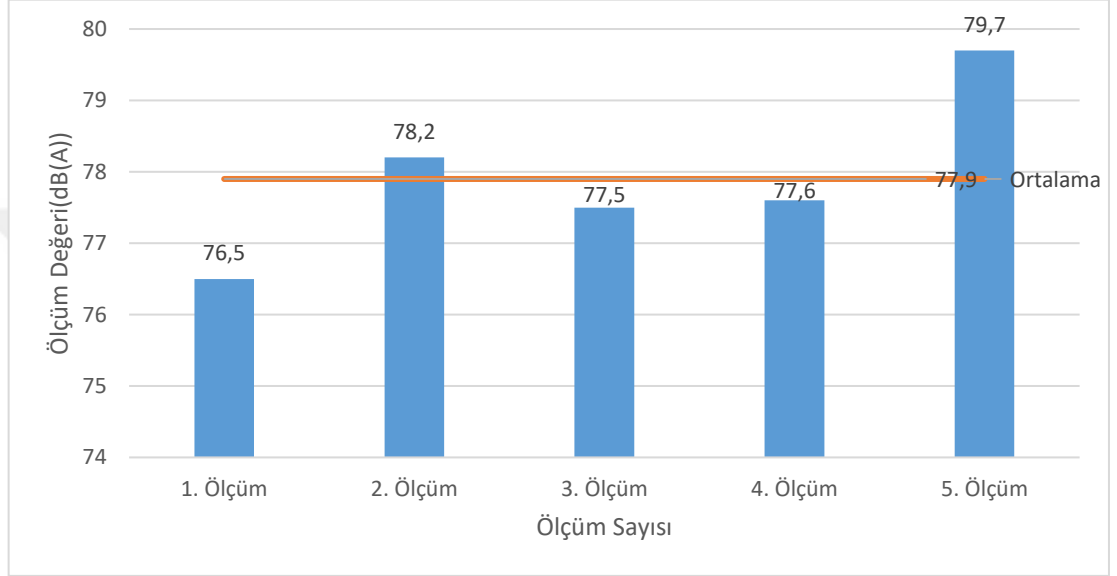
Şekil 6.9. Kaynakhane bölümü iç ortam gürültü ölçüm sonuçları

İşletme yetkilileri ile birlikte belirlenen bölümlerden Kaynakhane bölümünde yapılan iç ortam gürültü ölçümleri kapsamında ortamda 5 adet ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 6.9'da verilmiştir. Ölçümler çalışma saatinin yoğun olduğu makine ve çalışanların tam verimle çalıştığının öngörüldüğü öğle molasından sonra yapılmıştır. Alınan ölçüm sonuçlarına göre çıkan ortalama 79,3 dB(A) değeri Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne (2010,Sayı: 27601) göre belirlenen sınır değer 70 db(A)'den yüksek bulunmuştur.



Şekil 6.10. Preshane bölümü iç ortam gürültü ölçüm sonuçları

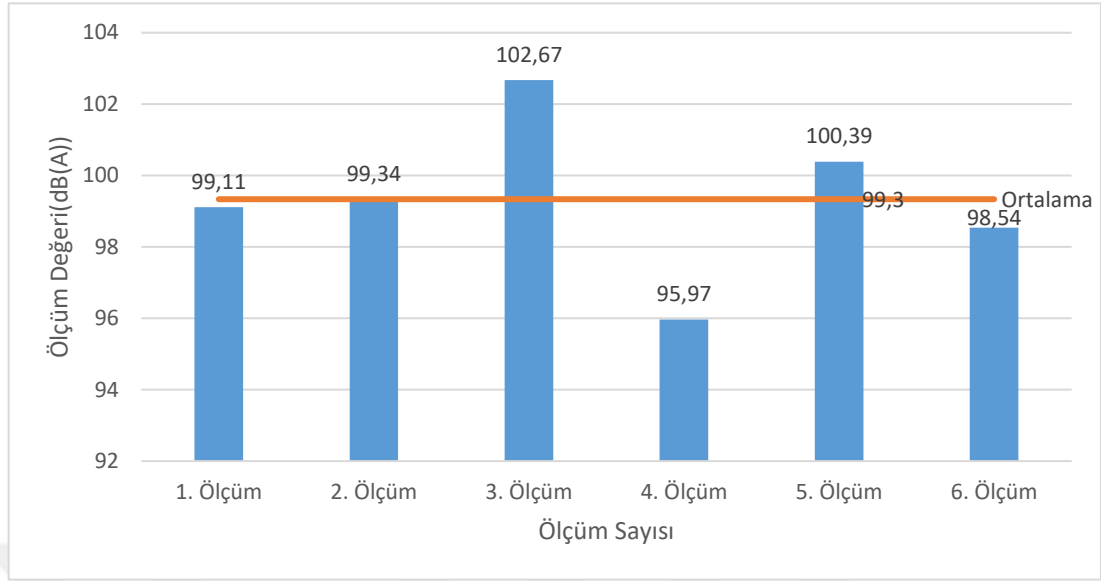
İşletme yetkilileri ile birlikte belirlenen bölümlerden Preshane bölümünde yapılan iç ortam gürültü ölçümleri kapsamında ortamda 5 adet ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 6.10'da verilmiştir. Ölçümler çalışma saatinin yoğun olduğu makine ve çalışanların tam verimle çalıştığının öngörüldüğü öğle molasından sonra yapılmıştır. Alınan ölçüm sonuçlarına göre çıkan ortalama 84,5 dB(A) değeri Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne (2010, Sayı: 27601) göre belirlenen sınır değer 70 db(A)'den yüksek bulunmuştur.



Şekil 6.11. Boyahane bölümü iç ortam gürültü ölçüm sonuçları

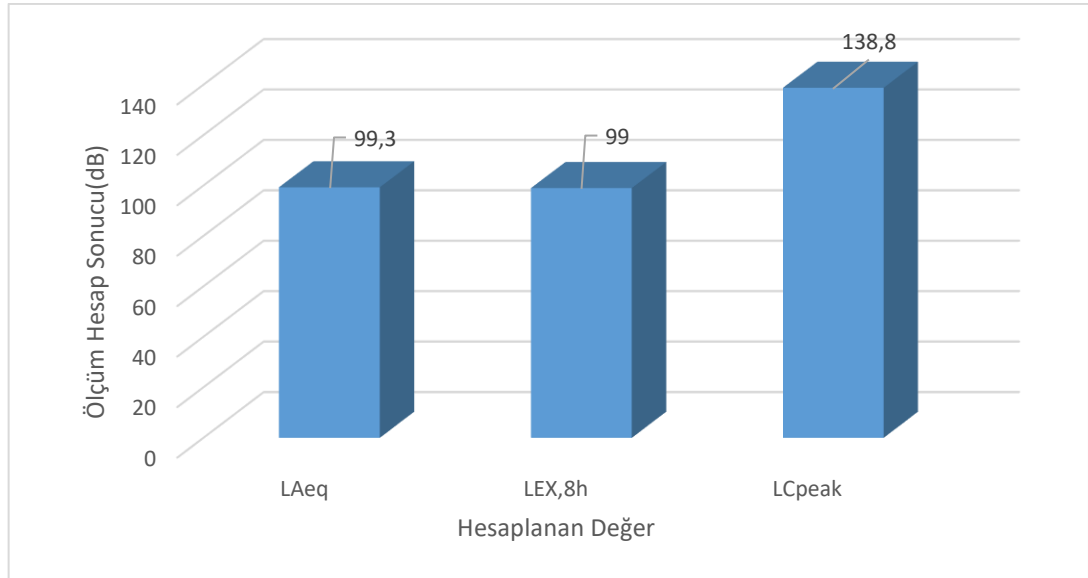
İşletme yetkilileri ile birlikte belirlenen bölümlerden Boyahane bölümünde yapılan iç ortam gürültü ölçümleri kapsamında ortamda 5 adet ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 6.11'de verilmiştir. Ölçümler çalışma saatinin yoğun olduğu makine ve çalışanların tam verimle çalıştığının öngörüldüğü öğle molasından sonra yapılmıştır. Alınan ölçüm sonuçlarına göre çıkan ortalama 77,9 dB(A) değeri Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne (2010, Sayı: 27601) göre belirlenen sınır değer 70 db(A)'den yüksek bulunmuştur.

6.2.2. Gürültü Maruziyet Ölçüm Sonuçları



Şekil 6.12. Taşlama bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm sonuçları

İşletmede yetkililer ile birlikte belirlenen Taşlama bölümündeki bir kişiye gürültü ölçüm ekipmanları bağlanarak 6 adet ölçüm alınmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 6.12’ de verilmiştir. Ölçümler çalışma saatinin yoğun olduğu öğle molasından sonra yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre hesaplanan değerler Şekil 6.13’ deki gibidir.



Şekil 6.13. Taşlama bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm hesaplamaları

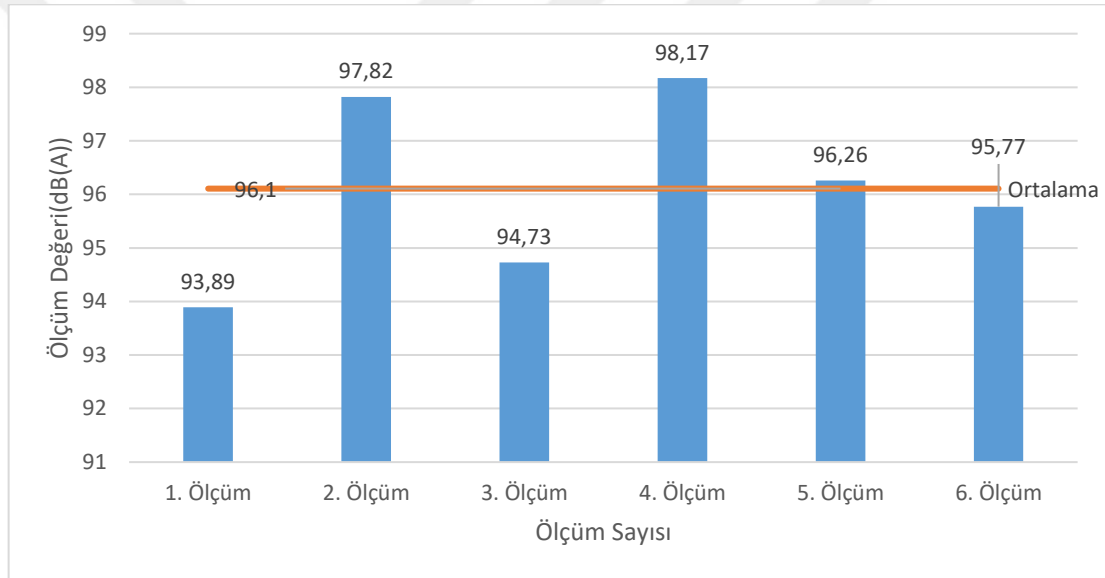
Hesaplanan değerlere göre 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş, maruz kalınan gürültü seviyesi ($L_{EX,8h}$) değeri ve C frekans ağırlıklı (L_{Cpeak}) değeri için Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte bulunan sınır değerler;

En düşük maruziyet eylem değerleri: $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 135 \text{ dB(C)}$

En yüksek maruziyet eylem değerleri: $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 137 \text{ dB(C)}$

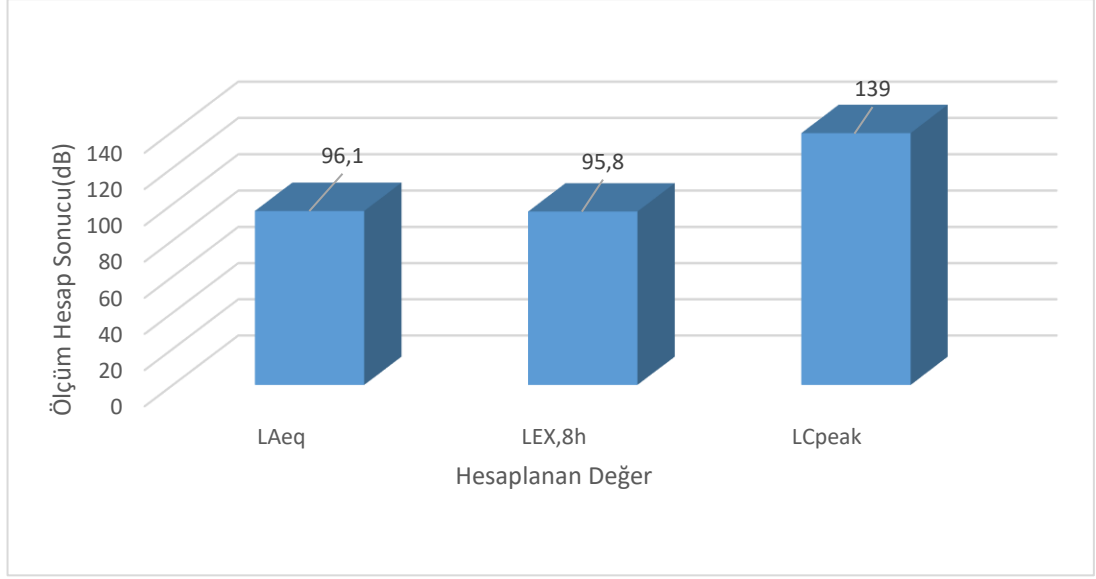
Maruziyet sınır değerleri: $L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 140 \text{ dB(C)}$

99 dB(A) olarak ölçülen $L_{EX,8h}$ en yüksek maruziyet eylem değeri olan 85 dB(A) ve maruziyet sınır değeri olan 87 dB(A)' dan yüksek çıkmıştır. 138,8 dB(C) olarak ölçülen L_{Cpeak} , en yüksek maruziyet eylem değeri 137 dB(C) 'den yüksek, maruziyet sınır değeri 140 dB(C)' den düşük bulunmuştur.



Şekil 6.14. Kaynakhane bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm sonuçları

İşletmede yetkililer ile birlikte belirlenen Kaynakhane bölümündeki bir kişiye gürültü ölçüm ekipmanları bağlanarak 6 adet ölçüm alınmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 6.14' de verilmiştir. Ölçümler çalışma saatinin yoğun olduğu öğle molasından sonra yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre hesaplanan değerler Şekil 6.15' deki gibidir.



Şekil 6.15. Kaynakhane bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm hesaplamaları

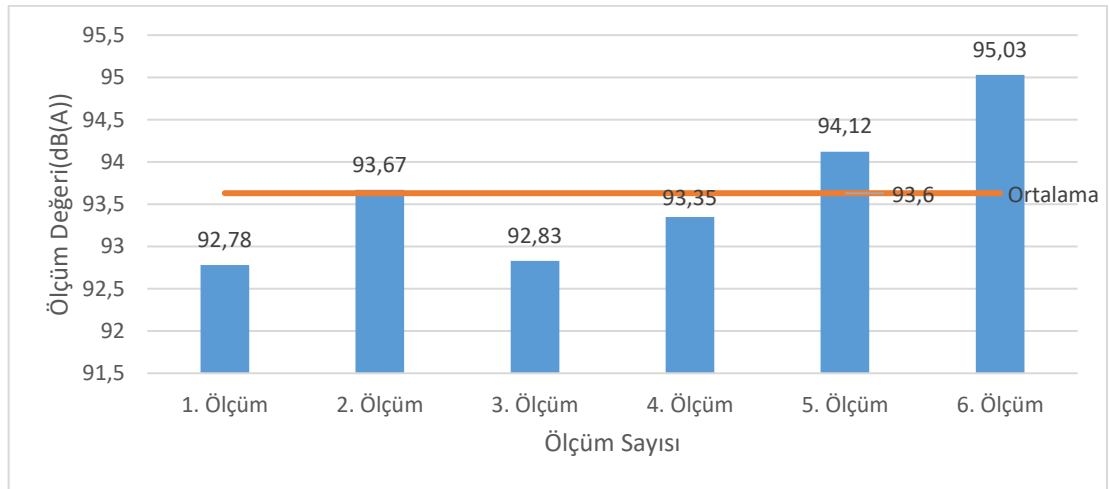
Hesaplanan değerlere göre 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş, maruz kalan gürültü seviyesi ($L_{EX,8h}$) değeri ve C frekans ağırlıklı (L_{Cpeak}) değeri için Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte bulunan sınır değerler;

En düşük maruziyet eylem değerleri: $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 135 \text{ dB(C)}$

En yüksek maruziyet eylem değerleri: $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 137 \text{ dB(C)}$

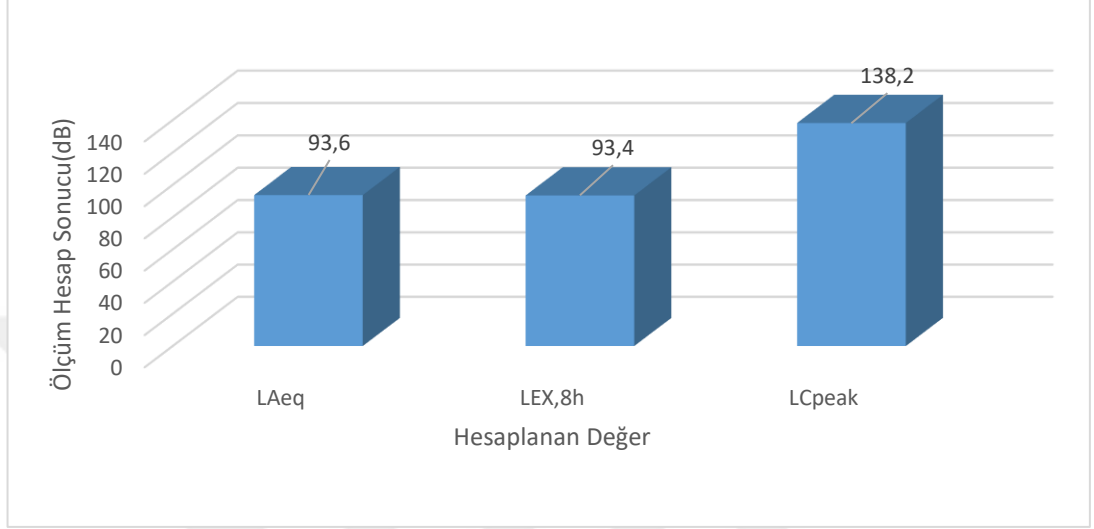
Maruziyet sınır değerleri: $L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 140 \text{ dB(C)}$

95,8 dB(A) olarak ölçülen $L_{EX,8h}$ en yüksek maruziyet eylem değeri olan 85 dB(A) ve maruziyet sınır değeri olan 87 dB(A)' dan yüksek çıkmıştır. 139 dB(C) olarak ölçülen L_{Cpeak} , en yüksek maruziyet eylem değeri 137 dB(C) 'den yüksek, maruziyet sınır değeri 140 dB(C)' den düşük bulunmuştur.



Şekil 6.16. Preshane bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm sonuçları

İşletmede yetkililer ile birlikte belirlenen Preshane bölümündeki bir kişiye gürültü ölçüm ekipmanları bağlanarak 6 adet ölçüm alınmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 6.16’ da verilmiştir. Ölçümler çalışma saatinin yoğun olduğu öğle molasından sonra yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre hesaplanan değerler Şekil 6.17’ deki gibidir.



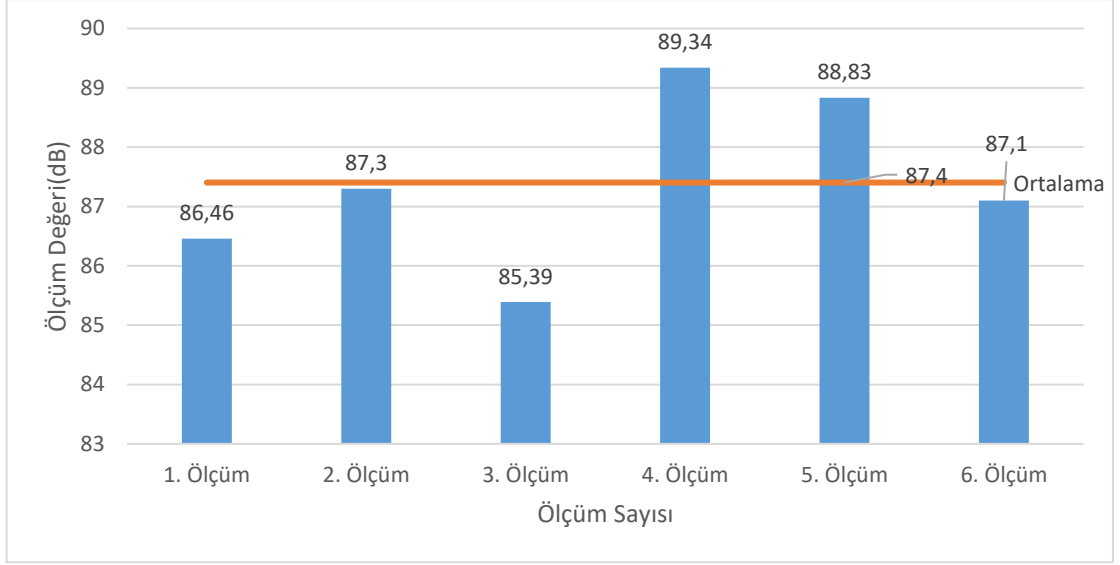
Şekil 6.17. Preshane bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm hesaplamaları
Hesaplanan değerlere göre 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş, maruz kalınan gürültü seviyesi ($L_{EX,8h}$) değeri ve C frekans ağırlıklı (L_{Cpeak}) değeri için Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte bulunan sınır değerler;

En düşük maruziyet eylem değerleri: $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 135 \text{ dB(C)}$

En yüksek maruziyet eylem değerleri: $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 137 \text{ dB(C)}$

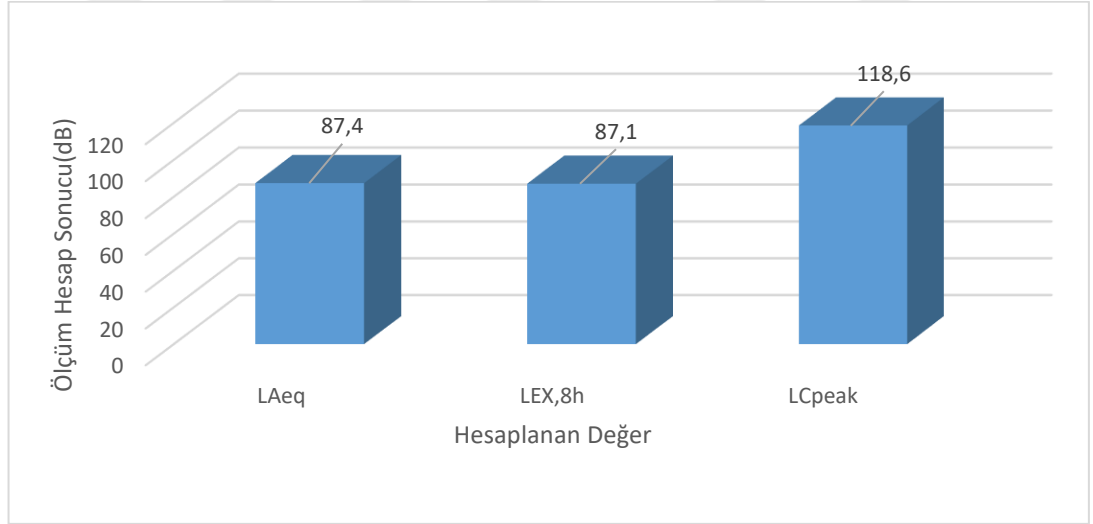
Maruziyet sınır değerleri: $L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 140 \text{ dB(C)}$

93,6 dB(A) olarak ölçülen $L_{EX,8h}$ en yüksek maruziyet eylem değeri olan 85 dB(A) ve maruziyet sınır değeri olan 87 dB(A)’ dan yüksek çıkmıştır. 138,2 dB(C) olarak ölçülen L_{Cpeak} , en yüksek maruziyet eylem değeri 137 dB(C) ‘den yüksek, maruziyet sınır değeri 140 dB(C)’ den düşük bulunmuştur.



Şekil 6.18. Montaj bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm sonuçları

İşletmede yetkililer ile birlikte belirlenen Montaj bölümündeki bir kişiye gürültü ölçüm ekipmanları bağlanarak 6 adet ölçüm alınmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 6.18’ de verilmiştir. Ölçümler çalışma saatinin yoğun olduğu öğle molasından sonra yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre hesaplanan değerler Şekil 6.19’ daki gibidir.



Şekil 6.19. Montaj bölümü çalışan maruziyet gürültü ölçüm hesaplamaları

Hesaplanan değerlere göre 8 saatlik çalışma gününe normalize edilmiş, maruz kalınan gürültü seviyesi ($L_{EX,8h}$) değeri ve C frekans ağırlıklı (L_{Cpeak}) değeri için Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte bulunan sınır değerler;

En düşük maruziyet eylem değerleri: $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 135 \text{ dB(C)}$

En yüksek maruziyet eylem değerleri: $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 137 \text{ dB(C)}$

Maruziyet sınır değerleri: $L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ veya $L_{Cpeak} = 140 \text{ dB(C)}$

87,1 dB(A) olarak ölçülen $L_{EX,8h}$ en yüksek maruziyet eylem değeri olan 85 dB(A) ve maruziyet sınır değeri olan 87 dB(A)' dan yüksek çıkmıştır. 118,6 dB(C) olarak ölçülen L_{Cpeak} , en düşük maruziyet eylem değeri 135 dB(C)' den, en yüksek maruziyet eylem değeri 137 dB(C) 'den ve maruziyet sınır değeri 140 dB(C)' den düşük bulunmuştur.

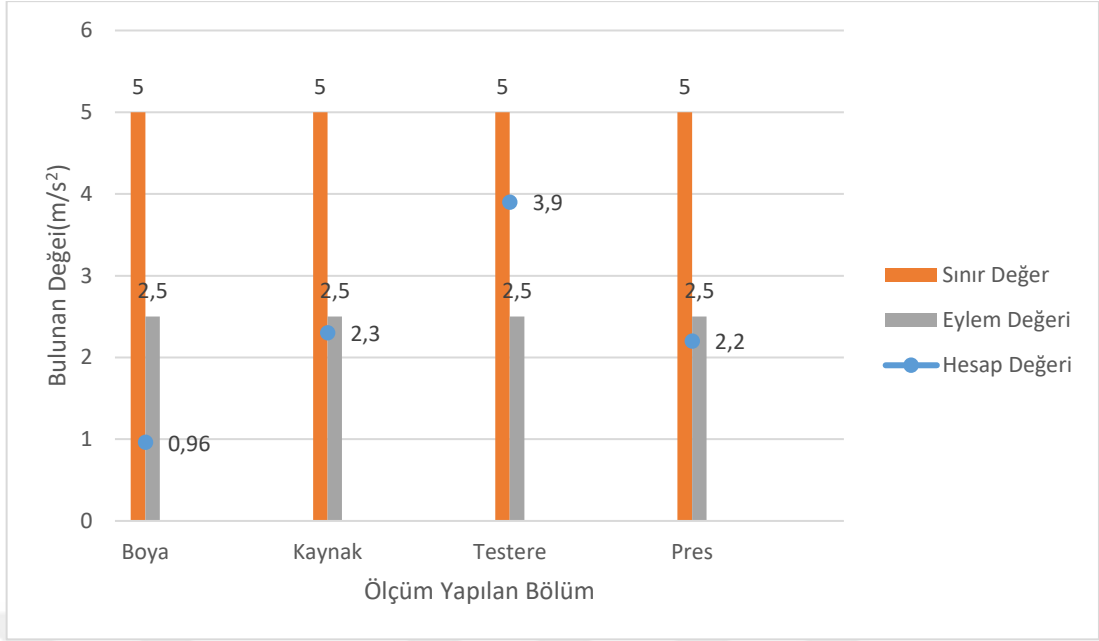
6.3. Titreşim Ölçüm Sonuçları

6.3.1. El-Kol Titreşim Maruziyet Ölçüm Sonuçları

Çizelge 6.1. El- kol titreşim maruziyeti ölçüm sonuçları

ÖLÇÜM YERİ / ÇALIŞAN / SAĞ EL- SOL EL	ÖLÇÜM SAYISI	ÖLÇÜM ZAMANI	MESAI SÜRESİ (S)	MARUZİYET SÜRESİ (S)	ÖLÇÜM DEĞERİ - RMS (m/s ²)				HESAP DEĞERİ A(8)* (m/s ²)
					X	Y	Z	ahv	
BOYA / MEHMET / SAĞ EL	1. ÖLÇÜM	14:34-14:37	8	7,5	0,43762	0,66784	0,6833	1,1	0,96
	2. ÖLÇÜM	14:38-14:41			0,48103	0,54003	0,75655	1	
	3. ÖLÇÜM	14:42-14:45			0,54369	0,46376	0,51057	0,9	
KAYNAK / İSMAİL / SAĞ EL	1. ÖLÇÜM	14:50-14:53	8	7,5	1,31068	1,34697	1,38672	2,3	2,3
	2. ÖLÇÜM	14:54-14:57			1,30156	1,4671	1,40358	2,4	
	3. ÖLÇÜM	14:58-15:01			1,33659	1,39347	1,46134	2,4	
TESTERE / AYHAN / SAĞ EL	1. ÖLÇÜM	14:21-14:24	8	7,5	2,21896	2,27135	2,40139	4	3,9
	2. ÖLÇÜM	14:25-14:28			2,23589	2,36784	2,29463	4	
	3. ÖLÇÜM	14:29-14:32			2,19015	2,33671	2,4978	4,1	
PRES / SİNAN / SAĞ EL	1. ÖLÇÜM	14:43-14:46	8	7,5	1,18765	1,35336	1,43589	2,3	2,2
	2. ÖLÇÜM	14:47-14:50			1,21683	1,28676	1,30468	2,2	
	3. ÖLÇÜM	14:51-14:54			1,20453	1,2722	1,32761	2,2	

İşletmede yetkililer ile birlikte belirlenen çalışma bölümleri ve personellere gerekli ölçüm ekipmanları takılarak 3'er adet ölçüm alınmıştır. Yapılan ölçümler 3 eksenlidir. Ölçüm değerleri Çizelge 6.1'de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre hesap değerler belirlenerek Titreşim Yönetmeliğinde bulunan sınır ve eylem değerlerine göre kıyaslaması yapılmıştır.



Şekil 6.20. El-kol titreşim ölçümleri hesap değeri kıyaslaması

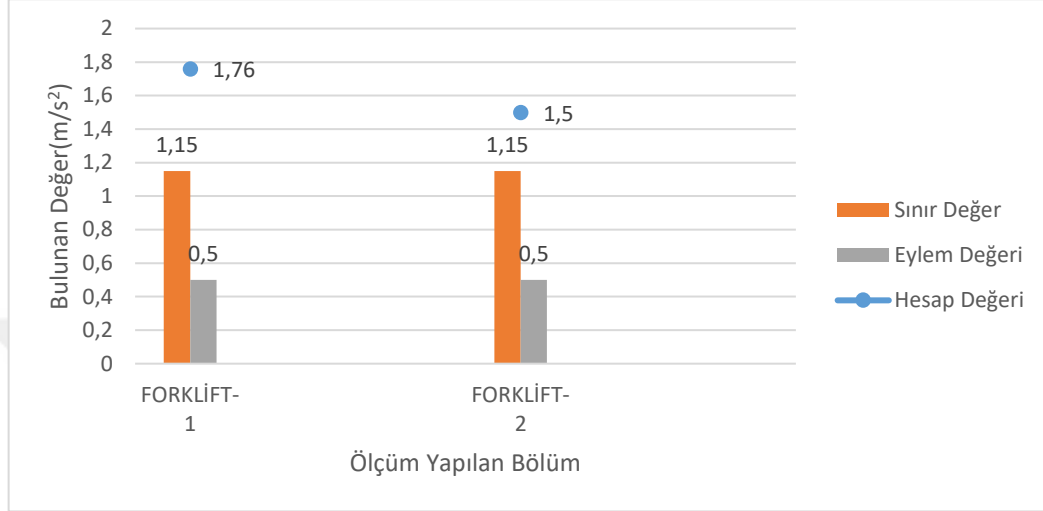
Şekil 6.20’ de verilen hesap değerleri ve sınır değerlere göre Boyahanede çalışan işçinin el-kol titreşim değeri $0,96 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmış olup $2,5 \text{ m/s}^2$ eylem değerinden ve 5 m/s^2 sınır değerinden düşük çıkmıştır, Kaynakhanede çalışan işçinin el-kol titreşim değeri $2,3 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmış olup $2,5 \text{ m/s}^2$ eylem değeri ve 5 m/s^2 sınır değerinden düşük çıkmıştır, Testere bölümünde çalışan işçinin el-kol titreşim değeri $3,9 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmış olup $2,5 \text{ m/s}^2$ eylem değerinden yüksek ve 5 m/s^2 sınır değerinden düşük çıkmıştır, Preshanede çalışan işçinin el-kol titreşim değeri $2,2 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmış olup $2,5 \text{ m/s}^2$ eylem değerinden ve 5 m/s^2 sınır değerinden düşük çıkmıştır.

6.3.2. Tüm Vücut Titreşim Maruziyet Ölçüm Sonuçları

Çizelge 6.2. Tüm vücut titreşim maruziyeti ölçüm sonuçları

ÖLÇÜM YERİ / ÇALIŞAN	ÖLÇÜM SAYISI	ÖLÇÜM ZAMANI	ÖLÇÜM DEĞERİ - RMS (m/s²)			MESAI SÜRESİ (S)	MARUZİYET SÜRESİ (S)	A _{8i}	HESAP DEĞERİ A(8)* (m/s²)
			X	Y	Z				
FORKLİFT / TUFAN	1. ÖLÇÜM	14:12-14:16	1,6716	1,74484	1,32481	8	7,5	1,82	1,76
	2. ÖLÇÜM	14:16-14:20	1,0495	1,09566	1,03599				
	3. ÖLÇÜM	14:20-14:24	1,01304	1,0577	0,99876				
FORKLİFT / HAKAN	1. ÖLÇÜM	15:30-15:34	1,104421	1,138295	0,978795	8	7,5	1,54	1,5
	2. ÖLÇÜM	15:34-15:38	1,093217	1,095956	1,039979				
	3. ÖLÇÜM	15:38-15:42	1,023125	1,075522	0,972896				

Tüm vücut titreşim ölçümleri işletmede bulunan iki adet forklift şoförlerine yapılmıştır, çalışanlara ve araca ölçüm ekipmanları takılarak 3'er adet ölçüm alınmıştır. Yapılan ölçümler 3 eksenlidir. Ölçüm değerleri Çizelge 6.2' de verilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre hesap değerler belirlenerek Titreşim Yönetmeliğinde bulunan sınır ve eylem değerlerine göre kıyaslaması yapılmıştır.



Şekil 6.21. Tüm vücut titreşim ölçümleri hesap değeri kıyaslaması

Şekil 6.21' de verilen hesap değerleri ve sınır değerlere göre Forklift-1' de çalışan işçinin tüm vücut maruziyet titreşim ölçüm değeri 1,76 m/s² olarak hesaplanmış olup 0,5 m/s² eylem değerinden ve 1,15 m/s² sınır değerinden yüksek çıkmıştır, Forklift-2' de çalışan işçinin tüm vücut maruziyet titreşim ölçüm değeri 1,5 m/s² olarak hesaplanmış olup 0,5 m/s² eylem değerinden ve 1,15 m/s² sınır değerinden yüksek çıkmıştır.

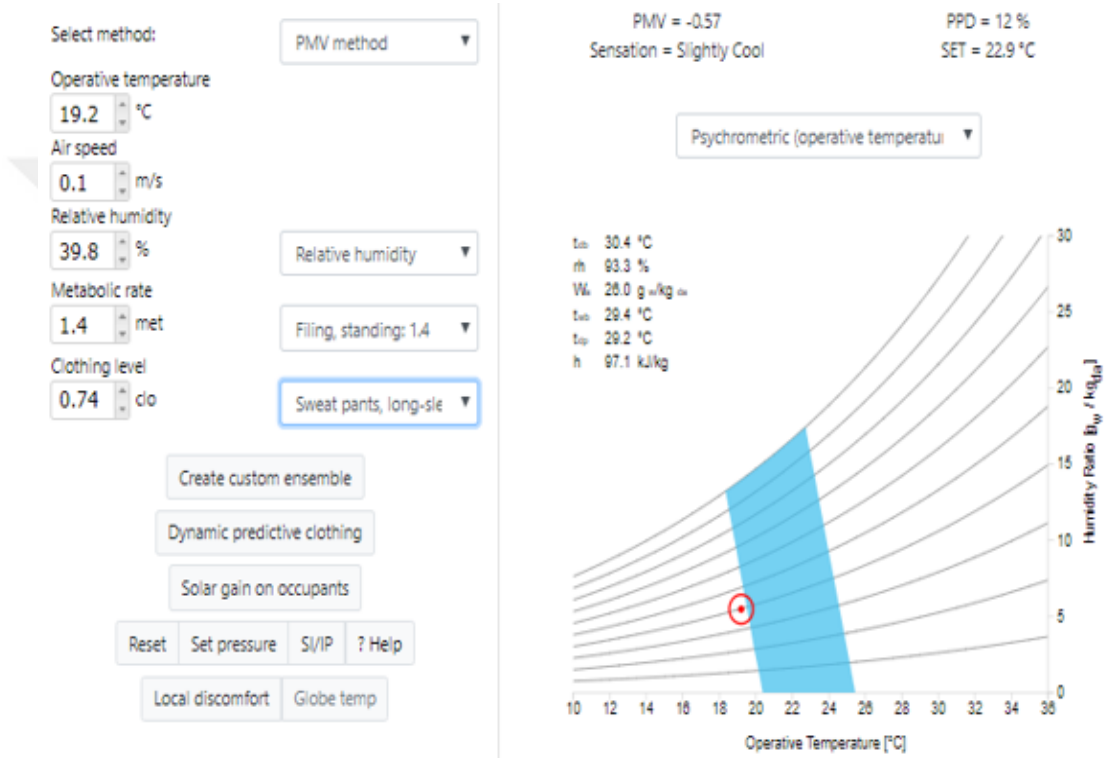
6.4. Termal Konfor Ölçüm Sonuçları

Çizelge 6.3. Termal Konfor Ölçüm Sonuçları

BÖLÜM ADI	Tw ISLAK HAZNE PROP SICAKLIĞI (°C)	Tg KÜRE PROBU SICAKLIĞI (°C)	Ta ORTAM SICAKLIĞI (°C)	BAĞIL NEM (%RH)	HAVA AKIM HIZI (m/s)
MONTAJ BÖLÜMÜ	11,8	19,5	19,2	39,8	0,1
KAYNAKHANE	13,7	23,1	23,2	32,6	0
PRESHANE	13,4	24	23,5	29,8	0,1
BOYAHANE	14,1	25,3	25	27,8	0,1

İşletme yetkilileri ile birlikte belirlenen 4 adet bölümden termal konfor ölçümleri kapsamında 60' şar dakika süre ile termal konfor ölçüm cihazından seri olarak

ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Çizelge 6.3’ de verilmiştir. Ölçümler çalışma saatinin yoğun olduğu makine ve çalışanların tam verimle çalıştığının öngörüldüğü öğle molası saatine yakın zamanlarda yapılmıştır. Alınan ölçüm sonuçlarına göre Montaj Bölümünde çıkan ortalama ortam sıcaklığı 19,2 °C, küre probu sıcaklığı 19,5 °C, ıslak hazne prop sıcaklığı 11,8 °C, bağıl nem %39,8 RH ve hava akım hızı 0,1 m/s bulunmuştur. Şekil 6.22’ de PMV metoduna göre ortam sıcaklığının algısı hesaplanmış olup PMV değeri -0,57 olarak bulunmuş ve bu sonuca göre ortam biraz serin olarak değerlendirilmiştir.



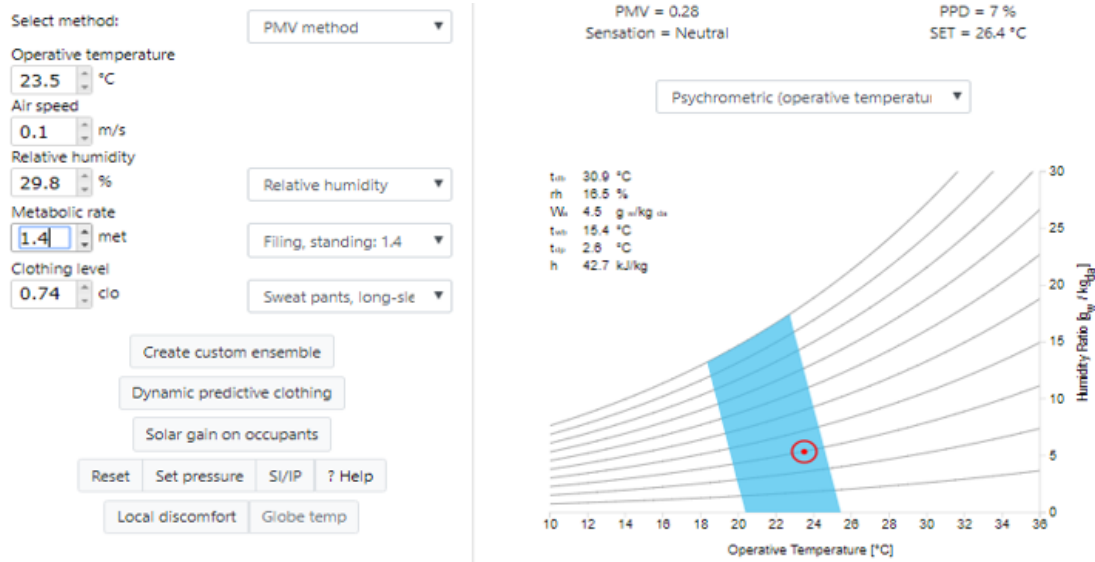
Şekil 6.22. Montaj bölümü termal konfor ölçüm hesaplamaları [60]

Alınan ölçüm sonuçlarına göre Kaynakthane Bölümünde çıkan ortalama ortam sıcaklığı 23,2 °C, küre probu sıcaklığı 23,1 °C, ıslak hazne prop sıcaklığı 13,6 °C, bağıl nem %32,6 RH ve hava akım hızı 0,0 m/s bulunmuştur. Şekil 6.23’ de PMV metoduna göre ortam sıcaklığının algısı hesaplanmış olup PMV değeri 0,26 olarak bulunmuş ve bu sonuca göre ortam normal olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 6.23. Kaynakhane bölümü termal konfor ölçüm hesaplamaları [60]

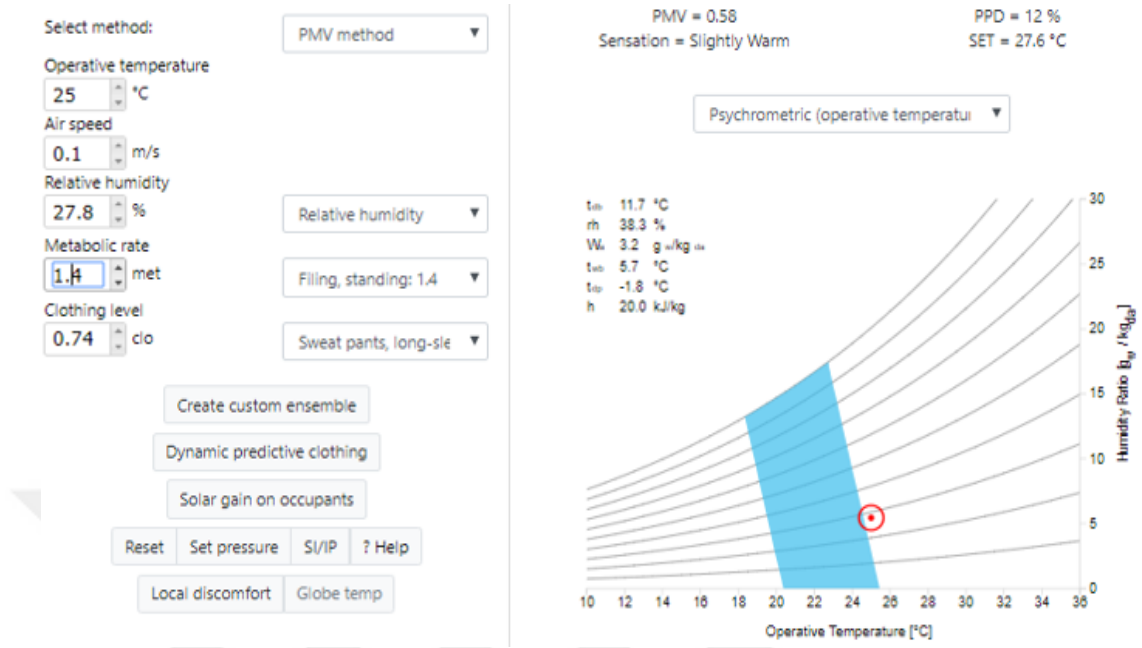
Alınan ölçüm sonuçlarına göre Preshane Bölümünde çıkan ortalama ortam sıcaklığı 23,5 °C, küre probu sıcaklığı 24,0 °C, ıslak hazne prop sıcaklığı 13,4 °C, bağıl nem %29,8 RH ve hava akım hızı 0,1 m/s bulunmuştur. Şekil 6.24’ de PMV metoduna göre ortam sıcaklığının algısı hesaplanmış olup PMV değeri 0,28 olarak bulunmuş ve bu sonuca göre ortam normal olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 6.24. Preshane bölümü termal konfor ölçüm hesaplamaları [60]

Alınan ölçüm sonuçlarına göre Boyahane Bölümünde çıkan ortalama ortam sıcaklığı 25,0 °C, küre probu sıcaklığı 25,3 °C, ıslak hazne prop sıcaklığı 14,1 °C, bağıl nem %27,8 RH ve hava akım hızı 0,1 m/s bulunmuştur. Şekil 6.25’ de PMV metoduna göre

ortam sıcaklığının algısı hesaplanmış olup PMV değeri 0,58 olarak bulunmuş ve bu sonuca göre ortam biraz ılık olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 6.25. Boyahane bölümü termal konfor ölçüm hesaplamaları [60]

Eğer $PMV > +2$ ise TS EN ISO 27243 standardına göre WBGT ölçümü yapılır, $PMV < -2$ ise TS EN ISO 11079 standardına göre ölçüm yapılır. Bulunan PMV değerleri $-2 < PMV < +2$ aralığında olduğu için WBGT değerinin hesaplanmasına gerek yoktur.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çizelge 7.1. Aydınlatma ölçüm sonuçları

SIRA NO	BÖLÜM ADI	YAPILAN İŞ	AYDINLATMA TİPİ	AYDINLATMA ÇEŞİDİ	IŞIK ŞİDDETİ (lx)					TAVSİYE DEĞER (lx)
					ÖLÇÜM-1	ÖLÇÜM-2	ÖLÇÜM-3	ÖLÇÜM-4	ORTALAMA	
1	MONTAJ-1	MONTAJ	LED	YAPAY	790	814	810	910	831	300
2	MONTAJ-2	SON KONTROL	FLORESAN	YAPAY	910	815	814	914	863,25	1000
3	KOL MONTAJ	MONTAJ	LED	YAPAY	550	589	585	610	583,5	300
4	RAY HATTI MONTAJ	MONTAJ	FLORESAN	YAPAY	1060	1065	1081	1068	1068,5	300
5	PAKETLEME VE MONTAJ	MONTAJ	FLORESAN	YAPAY	580	618	610	990	699,5	300
6	DEPO GİRİŞ	DEPO	LED	YAPAY	1590	1610	1610	1710	1630	100
7	DEPO SON	DEPO	LED	YAPAY	1610	1610	1910	1615	1736,25	100
8	ARA KONTROL	KONTROL	SPOT	YAPAY	551	961	610	580	675,5	1000
9	TORNA VE FREZE	TALAŞLI İMALAT	LED	YAPAY	340	381	331	360	353	500
10	TAŞLAMA(YATAK)	TAŞLAMA	SPOT	YAPAY	763	751	781	761	764	500
11	BOYAHANE	BOYA	ÇİFTLİ FLORESAN	YAPAY	155	165	162	181	165,75	750
12	MATKAP BÖLÜMÜ	MATKAP	SPOT	YAPAY	813	820	814	814	815,25	500
13	PRES BÖLÜMÜ	PRES	SPOT	YAPAY	493	461	481	481	479	300
14	GIYOTİN	KESİM	SPOT	YAPAY	783	781	765	761	772,5	500
15	LAZER KESİM	KESİM	SPOT	YAPAY	114	120	118	150	125,5	500
16	OFİS TAŞLAMA	TAŞLAMA	SPOT	YAPAY	1649	1614	1521	1611	1598,75	500

İşletmede yapılan aydınlatma ölçüm sonuçlarına göre ortalama aydınlatma şiddeti değerleri Çizelge 7.1’ de verilmiştir. Montaj-1 bölümünde 831 lüks, Montaj-2 Bölümünde 863,25 lüks, Kol Montaj Bölümünde 583,5 lüks, Ray Hattı Montaj Bölümünde 1068,5 lüks, Paketleme ve Montaj Bölümünde 699,5 lüks, Depo Giriş Bölümünde 1630 lüks, Depo Son Bölümünde 1736,25 lüks, Ara Kontrol Bölümünde 675,5 lüks, Torna ve Freze Bölümünde 353 lüks, Taşlama(Yatak) Bölümünde 764 lüks, Matkap Bölümünde 815,25 lüks, Giyotin Bölümünde 772,5 lüks, Lazer Kesim Bölümünde 125,5 lüks, Ofis Taşlama Bölümünde 1598,75 lüks, Boyahane Bölümünde 165,75 lüks ve Pres Bölümünde 479 lüks olarak belirlenmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre Montaj-1 bölümü, Montaj-2 Bölümü, Kol Montaj Bölümü, Ray Hattı Montaj Bölümü, Paketleme ve Montaj Bölümü, Depo Giriş Bölümü, Depo Son Bölümü, Taşlama(Yatak) Bölümü, Matkap Bölümü, Giyotin Bölümü, Lazer Kesim Bölümü, Ofis Taşlama Bölümü ve Pres Bölümü TS EN 12464 Standartında bulunan tavsiye lüks değerlerinden yüksek bulunmuştur, Ara Kontrol Bölümü, Montaj-2 Bölümü, Torna ve Freze Bölümü ve Boyahane Bölümü ise TS EN 12464 Standardında bulunan tavsiye lüks değerlerinden düşük bulunmuştur.

Çizelge 7.2. İç ortam gürültü ölçüm sonuçları

SIRA NO	BÖLÜM ADI	ORTAM ŞARTLARI			L _{Aeq}	Ortalama	Sınır Değer (dB(A))
		SICAKLIK (°C)	NEM (%)	HAVA HIZI (m/s)			
1	MONTAJ BÖLÜMÜ						
	1. Ölçüm	21,4	44	0,54	70,6	69,7	70
	2. Ölçüm	21,4	44	0,54	69,3		70
	3. Ölçüm	21,4	44	0,54	71,9		70
	4. Ölçüm	21,4	44	0,54	67,7		70
	5. Ölçüm	21,4	44	0,54	69		70
2	KAYNAKHANE						
	1. Ölçüm	21,5	44	0,54	78,9	79,3	70
	2. Ölçüm	21,5	44	0,54	80,1		70
	3. Ölçüm	21,5	44	0,54	79,1		70
	4. Ölçüm	21,5	44	0,54	79,7		70
	5. Ölçüm	21,5	44	0,54	78,7		70
3	PRESHANE						
	1. Ölçüm	21,6	44	0,53	83,2	84,5	70
	2. Ölçüm	21,6	44	0,53	84,9		70
	3. Ölçüm	21,6	44	0,53	83,6		70
	4. Ölçüm	21,6	44	0,53	85,5		70
	5. Ölçüm	21,6	44	0,53	85,3		70
4	BOYAHANE						
	1. Ölçüm	21,4	44	0,54	76,5	77,9	70
	2. Ölçüm	21,4	44	0,54	78,2		70
	3. Ölçüm	21,4	44	0,54	77,5		70
	4. Ölçüm	21,4	44	0,54	77,6		70
	5. Ölçüm	21,4	44	0,54	79,7		70

İşletmede yapılan gürültü ölçüm sonuçlarına göre ortalama iç ortam gürültü şiddeti değerleri Çizelge 7.2’ de verilmiştir. Montaj bölümünde 69,7 dB(A), Kaynakhane bölümünde 79,3 dB(A), Preshane Bölümünde 84,5 dB(A) ve Boyahane Bölümünde 77,9 dB(A) olarak belirlenmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre Montaj bölümü Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2010, Sayı: 27601) Ek-VII Tablo-9’ a göre belirlenen sınır değer 70 db(A)’den düşük bulunmuştur, Kaynakhane bölümü, Preshane bölümü ve Boyahane bölümü Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2010,Sayı: 27601) Ek-VII Tablo-9’ a göre belirlenen sınır değer 70 db(A)’den yüksek bulunmuştur.

Çizelge 7.3. Gürültü maruziyet ölçüm sonuçları

BÖLÜM ADI / ÇALIŞAN ADI	MARUZ KALINAN SÜRE (S)	ÇALIŞMA PERİYODU (S)	L _{Aeq}	L _{EX,8h} (dBA)	EN DÜŞÜK MARUZİYET EYLEM DEĞERİ (dBA)	EN YÜKSEK MARUZİYET EYLEM DEĞERİ (dBA)	MARUZİYET SINIR DEĞERİ (dBA)
TAŞLAMA / BEDRETTİN							
1. Ölçüm	7,5	8	99,11	99	80	85	87
2. Ölçüm			99,34				
3. Ölçüm			102,67				
4. Ölçüm			95,97				
5. Ölçüm			100,39				
6. Ölçüm			98,54				
KAYNAK / EROL							
1. Ölçüm	7,5	8	93,89	95,8	80	85	87
2. Ölçüm			97,82				
3. Ölçüm			94,73				
4. Ölçüm			98,17				
5. Ölçüm			96,26				
6. Ölçüm			95,77				
PRES / RAMAZAN							
1. Ölçüm	7,5	8	92,78	93,4	80	85	87
2. Ölçüm			93,67				
3. Ölçüm			92,83				
4. Ölçüm			93,35				
5. Ölçüm			94,12				
6. Ölçüm			95,03				
MONTAJ / ÖMER							
1. Ölçüm	7,5	8	86,46	87,1	80	85	87
2. Ölçüm			87,3				
3. Ölçüm			85,39				
4. Ölçüm			89,34				
5. Ölçüm			88,83				
6. Ölçüm			87,1				

İşletmede yapılan gürültü ölçüm sonuçlarına göre 8 saate göre normalize edilmiş maruziyet gürültü ölçüm değerleri Çizelge 7.3’ te verilmiştir. Taşlama bölümünde çalışan personelde 99 dB(A), Kaynak bölümünde çalışan personelde 95,8 dB(A), Pres bölümünde çalışan personelde 93,4 dB(A), Montaj bölümünde çalışan personelde 87,1 dB(A) olarak belirlenmiştir, Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Madde 5 Bend 1-a’ ya göre en düşük maruziyet eylem değeri 80 dB(A) Madde 5 Bend 1-b’ ye göre en yüksek maruziyet eylem değeri 85 dB(A) Madde 5 Bend 1-c’ ye göre maruziyet sınır değeri 87 dB(A) olarak belirlenmiştir. Buna göre 8 saate göre normalize edilmiş maruziyet ölçüm sonuçlarına göre Taşlama bölümü, Kaynak bölümü, Pres bölümü ve Montaj bölümünde çalışanların ölçüm sonuçları en düşük maruziyet eylem değerinden, en yüksek maruziyet değerinden ve sınır eylem değerinden yüksek tespit edilmiştir.

Çizelge 7.4. El-kol titreşim maruziyet ölçüm sonuçları

EL- KOL TİTREŞİM MARUZİYET ÖLÇÜM SONUÇLARI												
SIRA NO	ÖLÇÜM YERİ / ÇALIŞAN / SAĞ EL-SOL EL	ÖLÇÜM SAYISI	ÖLÇÜM ZAMANI	MESAI SÜRESİ (S)	MARUZİYET SÜRESİ (S)	ÖLÇÜM DEĞERİ - RMS (m/s ²)				HESAP DEĞERİ - A(8) (m/s ²)	SINIR DEĞER (m/s ²)	EYLEM DEĞERİ (m/s ²)
						X	Y	Z	ahv			
Boya	BOYA / MEHMET / SAĞ EL	1. ÖLÇÜM	14:34-14:37	8	7,5	0,43762	0,66784	0,6833	1,1	0,96	5	2,5
		2. ÖLÇÜM	14:38-14:41			0,48103	0,54003	0,75655	1			
		3. ÖLÇÜM	14:42-14:45			0,54369	0,46376	0,51057	0,9			
Kaynak	KAYNAK / İSMAİL / SAĞ EL	1. ÖLÇÜM	14:50-14:53	8	7,5	1,31068	1,34697	1,38672	2,3	2,3	5	2,5
		2. ÖLÇÜM	14:54-14:57			1,30156	1,4671	1,40358	2,4			
		3. ÖLÇÜM	14:58-15:01			1,33659	1,39347	1,46134	2,4			
Testere	TESTERE / AYHAN / SAĞ EL	1. ÖLÇÜM	14:21-14:24	8	7,5	2,21896	2,27135	2,40139	4	3,9	5	2,5
		2. ÖLÇÜM	14:25-14:28			2,23589	2,36784	2,29463	4			
		3. ÖLÇÜM	14:29-14:32			2,19015	2,33671	2,4978	4,1			
Pres	PRES / SINAN / SAĞ EL	1. ÖLÇÜM	14:43-14:46	8	7,5	1,18765	1,35336	1,43589	2,3	2,2	5	2,5
		2. ÖLÇÜM	14:47-14:50			1,21683	1,28676	1,30468	2,2			
		3. ÖLÇÜM	14:51-14:54			1,20453	1,2722	1,32761	2,2			

İşletmede yapılan titreşim ölçüm sonuçlarına göre el-kol titreşim şiddeti değerleri Çizelge 7.4' te verilmiştir. Boyahane bölümü için 0,96 m/s², Kaynak bölümü için 2,3 m/s², Testere bölümü için 3,9 m/s², Pres bölümü için 2,2 m/s² olarak belirlenmiştir. Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Madde 5 Bend a-1' ya göre sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri 5 m/s², Madde 5 Bend a-2' ye sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri 2,5 m/s² olarak belirlenmiştir. Buna göre el-kol titreşim ölçüm sonuçlarına göre Boyahane bölümü, Kaynak bölümü, Testere bölümü ve Pres bölümü günlük maruziyet sınır değerinden düşük bulunmuştur. Boyahane bölümü, Kaynak bölümü, Pres bölümü günlük maruziyet eylem değerinden düşük bulunmuştur. Testere bölümü günlük maruziyet eylem değerinden yüksek bulunmuştur.

Çizelge 7.5. Tüm vücut titreşim maruziyet ölçüm sonuçları

ÖLÇÜM YERİ / ÇALIŞAN	ÖLÇÜM SAYISI	ÖLÇÜM ZAMANI	ÖLÇÜM DEĞERİ - RMS (m/s ²)			MESAI SÜRESİ (S)	MARUZİYET SÜRESİ (S)	A _{8i}	HESAP DEĞERİ - A(8) (m/s ²)	SINIR DEĞER (m/s ²)	EYLEM DEĞERİ (m/s ²)
			X	Y	Z						
FORKLİFT1 / TUFAN ÖZDEMİR	1. ÖLÇÜM	14:12-14:16	1,6716	1,74484	1,32481	8	7,5	1,82	1,76	1,15	0,5
	2. ÖLÇÜM	14:16-14:20	1,0495	1,09566	1,03599						
	3. ÖLÇÜM	14:20-14:24	1,01304	1,0577	0,99876						
FORKLİFT2 / HAKAN ŞAHİN	1. ÖLÇÜM	15:30-15:34	1,104421	1,138295	0,978795	8	7,5	1,54	1,5	1,15	0,5
	2. ÖLÇÜM	15:34-15:38	1,093217	1,095956	1,039979						
	3. ÖLÇÜM	15:38-15:42	1,023125	1,075522	0,972896						

İşletmede yapılan titreşim ölçüm sonuçlarına göre tüm vücut titreşim maruziyet şiddeti değerleri Çizelge 7.5’ te verilmiştir. Forklift-1 için $1,76 \text{ m/s}^2$, Forklift-2 için $1,50 \text{ m/s}^2$ olarak belirlenmiştir. Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik Madde 5 Bend b-1’ ya göre sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri $1,15 \text{ m/s}^2$, Madde 5 Bend b-2’ ye göre sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri $0,5 \text{ m/s}^2$ olarak belirlenmiştir. Buna göre tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarına göre Forklift-1 ve Forklift-2 günlük maruziyet sınır değerinden ve günlük maruziyet eylem değerinden yüksek bulunmuştur.

Çizelge 7.6. Termal Konfor ölçüm sonuçları

TERMAL KONFOR ÖLÇÜM SONUÇLARI							
SIRA NO	BÖLÜM ADI	ÖLÇÜM ZAMANI	Tw ISLAK HAZNE PROP SICAKLIĞI (°C)	Tg KÜRE PROBU SICAKLIĞI (°C)	Ta ORTAM SICAKLIĞI (°C)	BAĞIL NEM (%RH)	HAVA AKIM HIZI (m/s)
1	MONTAJ BÖLÜMÜ	11:01-12:01	11,8	19,5	19,2	39,8	0,1
2	KAYNAKHANE	11:01-12:01	13,7	23,1	23,2	32,6	0
3	PRESHANE	11:01-12:01	13,4	24	23,5	29,8	0,1
4	BOYAHANE	11:01-12:01	14,1	25,3	25	27,8	0,1

Çizelge 7.7. PMV-PPD hesaplama sonuçları

SIRA NO	BÖLÜM ADI	PMV	PPD(%)	PMV-PPD DEĞER
1	MONTAJ BÖLÜMÜ	-0,5	12	HAFİF SERİN
2	KAYNAKHANE	0,3	7,9	NÖTR
3	PRESHANE	0,3	7,6	NÖTR
4	BOYAHANE	0,6	14	BİRAZ ILIK

İşletmede yapılan termal konfor ölçüm sonuçlarına göre ortam değerleri Çizelge 7.6’ da ve bu sonuçlara göre hesaplanan PMV-PPD değerleri Çizelge 7.7’ de verilmiştir. Montaj bölümü için ortalama ortam sıcaklığı $19,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, küre probu sıcaklığı $19,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ıslak hazne prop sıcaklığı $11,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, bağıl nem $\%39,8 \text{ RH}$ ve hava akım hızı $0,1 \text{ m/s}$, Kaynak bölümü için ortalama ortam sıcaklığı $23,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, küre probu sıcaklığı $23,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ıslak hazne prop sıcaklığı $13,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, bağıl nem $\%32,6 \text{ RH}$ ve hava akım hızı $0,0 \text{ m/s}$, Pres bölümü için ortalama ortam sıcaklığı $23,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, küre probu sıcaklığı $24,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ıslak hazne prop sıcaklığı $13,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, bağıl nem $\%29,8 \text{ RH}$ ve hava akım hızı $0,1 \text{ m/s}$, Boyahane bölümü için ortalama ortam sıcaklığı $25,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, küre probu sıcaklığı $25,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ıslak hazne prop sıcaklığı $14,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, bağıl nem $\%27,8 \text{ RH}$ ve hava akım hızı $0,1 \text{ m/s}$

olarak belirlenmiştir. TS EN ISO 7730 standardına göre hesaplamalar yapılarak ortamın termal durumuna ilişkin beklenen ortalama karar (PMV) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, Montaj bölümü için PMV -0,5, Kaynak bölümü için PMV 0,3, Pres bölümü için PMV 0,3, Boyahane bölümü için PMV 0,6 olarak belirlenmiştir. Belirlenen PMV değerleri, TS EN ISO 7730 standardına göre değerlendirildiğinde Montaj bölümü hafif serin, Kaynak bölümü ve Pres bölümü normal, Boyahane bölümü ise hafif ılık olarak belirlenmiştir.

Yapılan aydınlatma ölçümlerine göre alınabilecek önlemler;

Montaj-1 bölümü, Kol Montaj bölümü, Ray Hattı Montaj bölümü, Paketleme ve Montaj bölümü, Depo Giriş bölümü, Depo Son bölümü ve Ofis Taşlama bölümü ölçümleri tavsiye edilen lüks değerinden çok yüksek bulunmuştur. Bu bölümler için ışık şiddeti daha düşük olan lambalar seçilmeli, armatür sayısı azaltılmalıdır ayrıca duvarlara parlama sönümleyici kaplamalar yapılmalı bu mümkün değilse duvarlar ışığı daha az yansıtmaya sebep olacak koyu mavi, koyu gri gibi renklerle boyanmalıdır.

Taşlama (Yatak) bölümü, Matkap bölümü, Giyotin bölümü ve Pres bölümü ölçümleri tavsiye edilen lüks değerinden yüksek bulunmuştur. Bu bölümler için daha düşük ışık şiddeti olan lambalar seçilmelidir.

Ara kontrol bölümü, Montaj-2 bölümü ve Torna ve Freze bölümü ölçümleri tavsiye edilen lüks değerinden düşük bulunmuştur. Bu bölümler için aydınlatma şiddeti daha yüksek olan lambalar seçilmeli ve armatür sayıları artırılmalıdır.

Lazer Kesim bölümü ve Boyahane bölümü ölçümleri tavsiye edilen lüks değerinden çok düşük bulunmuştur. Bu bölümler için aydınlatma şiddeti daha yüksek lambalar seçilmeli veya lamba türü değiştirilmeli, armatür sayıları artırılmalı ve duvarlar ışığı daha yüksek yansıtmaya sebep olacak beyaz, açık sarı gibi renklerle boyanmalıdır.

Yapılan iç ortam gürültü ölçüm sonuçlarına göre alınabilecek önlemler;

Kaynakhane bölümü, Preshane bölümü ve Boyahane bölümü ölçümleri tavsiye edilen dB(A) değerinden yüksek bulunmuştur. Bu ortamlarda bulunan makinelerin periyodik bakım ve temizlik sıklıkları artırılmalı ve düzenli takibi yapılmalı, eğer mümkünse makinelerin devir sayıları düşürülmeli, çalışanlar kulak tıkacı takmalı, mola sıklıkları artırılmalı, makine motorların sesinin ortama daha az ulaşmasının sağlanması için motorlar ses emici malzemeler ile kaplanmalıdır.

Montaj bölümü ölçümü tavsiye edilen dB(A) değerinden düşük çıkmıştır fakat sınır değere çok yakın bir değere sahiptir. Bu yüzden montaj bölümünde bulunan makinelerin periyodik bakım ve temizlik sıklıkları artırılmalı ve düzenli takibi yapılmalıdır.

Yapılan gürültü maruziyet ölçüm sonuçlarına göre alınabilecek önlemler;

Taşıma bölümü, Kaynak bölümü, Pres bölümü ve Montaj bölümünde çalışanların ölçüm sonuçları en düşük maruziyet eylem değerinden, en yüksek maruziyet değerinden ve sınır eylem değerinden yüksek bulunmuştur. Bu ortamlarda çalışan çalışanlar kulak tıkacı takmalı, çalışanlar rotasyonlu çalışmalı, mola sıklıkları artırılmalı, dinlenme odaları gürültüden uzak ergonomik olarak tasarlanmalıdır.

Yapılan el-kol titreşim ölçüm sonuçlarına göre alınabilecek önlemler;

Testere bölümü ölçüm sonuçları tavsiye edilen günlük maruziyet eylem değerinden yüksek bulunmuştur. Bu ortamda çalışanların el-kol titreşim maruziyetlerini düşürmek için titreşim sönümleyici eldivenler kişisel koruyucu ekipmanlara dahil edilmeli, rotasyonlu çalışma düzenlemesi yapılmalı, mola sıklıkları artırılmalı, makinelere titreşim sönümleyici kaplamalar takılmalı, makinelerin ve ekipmanların periyodik bakım ve temizlik sıklıkları artırılmalı ve düzenli takibi yapılmalı, makine devir sayıları düşürülmelidir.

Yapılan tüm vücut titreşim ölçüm sonuçlarına göre alınabilecek önlemler;

Forklift-1 ve Forklift-2 makinelerinde çalışanların ölçüm sonuçları tavsiye edilen günlük maruziyet sınır değerinden ve günlük maruziyet eylem değerinden yüksek bulunmuştur. Bu araçlarda çalışanların mola sayıları artırılmalı, rotasyonlu çalışmaları sağlanmalı, kullanılan makineler daha teknolojik olanları ile değiştirilmelidir.

Yapılan termal konfor ölçüm sonuçlarına göre alınabilecek önlemler;

Montaj bölümü termal konfor ölçüm sonuçlarına göre hafif serin olarak bulunmuştur. Bu bölümde çalışanların iş kıyafetleri termal konfor şartları gözetilerek temin edilmeli, ortam ısısının ve havalandırmanın yeterli seviyeye gelebilmesi için iklimlendirme cihazları takılmalıdır.

Boyahane bölümü termal konfor ölçüm sonuçlarına göre hafif ılık olarak bulunmuştur. Bu bölümde çalışanların iş kıyafetleri termal konfor şartları gözetilerek temin edilmeli,

ortam ısısının ve havalandırmanın yeterli seviyeye gelebilmesi için iklimlendirme cihazları takılmalı, mola sıklıkları artırılmalı, yeterli sıvı alabilmeleri sağlanmalıdır.

Yukarıda verilen önlemlere ek olarak alınması gereken idari önlemler şunlardır;

Çalışanların fiziksel faktörlerden etki sürelerini düşürmek için mesai düzenlenmesi yapılmalı, çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği konusunda ve yaptıkları işe daha hakim olabilmeleri için eğitimlerin ve seminerlerin sayısı artırılmalı, kişisel koruyucu donanımların(KKD) sayısının yeterli olması sağlanmalı ve kontrolleri sıklaştırılmalı, düzenli sağlık kontrolleri yapılarak çalışanların fiziksel faktörlerden etkilenmediğine emin olunmalı, oluşabilecek iş kazalarına karşı gerekli ve yeterli sayıda ecza dolabı bulundurulmalı, havalandırma sistemleri geliştirilerek ortamdaki temiz hava sirkülasyonunu artırmalı, ortam ölçümleri 6 aylık periyotlarla yapılmalı ve sürekli iyileşmenin sağlandığının kontrolü sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Baykasoğlu, A., Demirkol Ş.** (2014). Ergonomik Montaj Hattı Dengeleme, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Dergisi Yayın No: 29*, 785-792, İzmir.
- [2] **Kıraç, Y.** (2005). Büro yönetiminde ergonomi ve ergonominin verimliliğe etkisi: Ankara Emniyet Müdürlüğü'nde bir uygulama, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Büro Yönetimi Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 80s, Ankara.
- [3] **Anonim** (2011). Tıbbi cihazlar yönetmeliği (Sayı:27956). *T.C. Resmi Gazete*, 07 Haziran. 1-27.
- [4] **Kiper, M.** (2018) Dünya'da ve Türkiye'de Tıbbi Cihaz sektörü ve Strateji Önerisi. *Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı*, 42s, Ankara.
- [5] **Anonim** (2004) Eurostat Yearbook 2004 The Statistical Guide to Europe, ISSN 1681-4789, Avrupa Birliği.
- [6] **Mahyamu, M.** (2019) Tıbbi Cihaz Sektörünün Dış Ticarete Mevcut Durumu: Türkiye Örneği, *9 Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 11s, İzmir.
- [7] **Korkmaz, Ö.** (2004) Tıbbi Cihazlar Sektör Profil Araştırması, İstanbul Ticaret Odası, 3-5s, İstanbul.
- [8] **Anonim** (2012). Samsun Medikal Sanayi Sektörünün Mevcut Durum Analizi ve Medikal Sanayi Sektörü İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Fizibilite Raporu. Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı, 26-43.
- (<https://www.oka.org.tr/assets/upload/dosyalar/samsun-medikal-sanayi-mevcut-durum-analizi.pdf>). Erişim Tarihi: 03.05.2019.
- [9] **Url-1** <<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/medical-devices-market-100085>>, alındığı tarih: 06.05.2019.
- [10] **Anonim** (2011). Medistat Worldwide Medical Market Forecast to 2016. Espicom Business Intelligence.
- [11] **Anonim** (2015). The World Medical Markets Factbook 2015. Espicom Business Intelligence.
- [12] **Dizdar, E.** (2006). İş Güvenliği, *ABP Yayınevi ve Matbaacılık*, 342s, Trabzon.
- [13] **Uzun, M., Müngen, U.** (2011). Çalışma Ortamında Ergonomik Koşulların İşçi Sağlığı ve İş Kazaları Açısından Önemi, *3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, 311-319, Çanakkale.
- [14] **Özkılıç, Ö.** (2005). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, *TİSK Yayın No: 246*, 18s, Ankara.
- [15] **Anonim** (2005). Verimliliği Arttırıcı Yaklaşım ve Teknikler Dizisi -13 Ergonomi, *MPM Yayınları*, 7s, Erzurum.
- [16] **Üçüncü, K.** (2020). Ergonomi ve İş Etüdü, *Nobel Yayınevi*, 16s, Ankara.
- [17] **Şazi, S.** (1996). Aydınlatma Tasarımında Genel Kurallar, *Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü*, 8s, İstanbul.

- [18] **Çoban, K.** (2010). Aydınlatma elemanlarının verimliliği ve enerji kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 14s, Ankara.
- [19] **Şahin, D.** (2012). Aydınlatma tasarımının kullanıcı üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkileri açısından incelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 8, 9s, İstanbul.
- [20] **Bayrakdar, G.** (2016). İşyerlerinde aydınlatma koşullarının iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmesi, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü* (Uzmanlık Tezi), 6s, Ankara.
- [21] **Boyras, Y.** (2001). Spor alanlarında uygulanan aydınlatma kriterlerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 4, 17s İstanbul.
- [22] **Url-2** <https://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/lighting_survey.html>, alındığı tarih: 16.07.2019.
- [23] **Erdem, S.** (2007). Aydınlatma mühendisliği ileri yöntemlerle çözüm teknikleri, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 14s, Ankara.
- [24] **Anonim** (2013). TS EN 12464-1: Işık ve aydınlatma-Çalışma yerlerinin aydınlatılması-Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [25] **Eser, O.** (2013). Aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliğinin incelenmesi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 19s, İstanbul.
- [26] **Url-3** <<https://www.borled.com.tr/teknik-bilgiler/aydinlatmada-kullanilan-lambalar/>>, alındığı tarih: 27.07.2020.
- [27] **Url-4** <<https://www.labour.gov.hk/eng/public/oh/OHB50.pdf>>, alındığı tarih: 30.07.2020.
- [28] **Turgay, O., Altuncu, D.** (2011). İç Mekanda Kullanılan Yapay Aydınlatmanın Kullanıcı Açısından Etkileri, *Çankaya Üniversitesi, Journal of Science and Engineering*, s169-173, Ankara.
- [29] **Çetin, F.D., Gümüş, B., Özbudak, Y.B.** (2003). Aydınlatma özelliklerinin ergonomik açıdan değerlendirilmesi. *II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi*, 1-4, Diyarbakır.
- [30] **Kürkçü, E., Çakar, İ., Zeyrek, S.**, İş yerlerinde Aydınlatma, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı, İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürlüğü (İSGÜM). (http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG1-isyerinde_aydinlatma.pdf), erişim tarihi: 02.08.2019.
- [31] **Sabancı, A. ve Sümer, S.K.** (2011). Ergonomi, *Nobel Akademik Yayınları*, Yayın No: 80 (9), 233-286 s, Ankara.
- [32] **Ayaz, B.** (2006). Takım tezgahlarında verim kaybının ve gürültü faktörünün araştırılması, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 18s, Eskişehir.
- [33] **Güvercin, Ö., Aybek, A.** (2003). Taş Kırma ve Eleme Tesislerinde Gürültü Sorunu, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 101-107s, Kahramanmaraş.
- [34] **Akdağ, N.** (1998). Ses Yalıtımı ve Denetimi, *İzocam Yalıtım Eğitim Semineri*, 24-25 Kasım, Kocaeli.

- [35] **Güler, Ç., Çobanoğlu, Z.** (1994). Gürültü. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, Birinci Baskı, No:19 13-29s, Ankara.
- [36] **Kurban, H.** (2015). Mobilya üretimi yapılan işletmelerde gürültü, titreşim ve odun tozunun ergonomik etkilerinin işçi sağlığı açısından incelenmesi (Bartın örneği), *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 21, 25, 42s, Bartın.
- [37] **Bilgili, S., Gürtepe, E., Türkel, E., Altınoluk, H. M., Hüsmen, N., Bütün, A., Ertorun, H.** (2011). Çevresel Gürültü Ölçüm ve Değerlendirme Kılavuzu. *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü*, 3-29s, Ankara.
- [38] **Yaman, G., Karadayı H.M.** (2014). Titreşim Analizi İle Pompalarda Arıza Tesbiti Ve Kestirimci Bakım İçin Örnek Bir Çalışma, *Makine Mühendisleri Odası*, Ankara.
- [39] **Sağlam, H.** (2011). Çalışma hayatında maruz kalınan titreşimin ölçülmesi ve bu maruziyetten kaynaklanan titreşimin insan sağlığına etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 2-5, 8, 10s, Isparta.
- [40] **Anonim** (1998). İş Sağlığı ve Güvenliği Ansiklopedisi, *Uluslararası Çalışma Örgütü*, 4. Baskı, Cilt 2, 231s.
- [41] **Orhan, S.** (2002). Rulmanlarla yataklanmış dinamik sistemlerin titreşim analizi ile kestirimci bakımı, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Doktora Tezi), 37s, Kırıkkale.
- [42] **Anonim** (2013) Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, (Sayı: 28743), *T.C. Resmi Gazete*, 22 Ağustos, 1-3.
- [43] **Güven, R.** (2002), Titreşimli cihaz kullananlarda titreşimin el-kol üzerindeki sağlık etkileri, *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, (Doktora Tezi), 15, 16s, Ankara.
- [44] **Url-5** <<https://havsco.co.uk/havs/what-is-havs/>>, alındığı tarih: 13.08.2019
- [45] **Babalık, F.C.** (2007). Mühendisler İçin Ergonomi İşbilim. *Nobel Akademik Yayınları*, Yayın No: 831 , 235 s, Bursa.
- [46] **Çoşkun, Beyan, A., Alıcı, N., Bediz, C., Çımrın A.H.** (2017). Termal Riskler Ve İş Sağlığı, *Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Dergisi*, 1-6s, İzmir.
- [47] **Delice, R.** (2011). Sivas Votorantim Çimento Fabrikasının bölümlerinin aydınlatma, termal konfor ve titreşim maruziyeti açısından değerlendirilmesi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 11, 13, 15s, Sivas.
- [48] **Altıntaş, E.** (2008). Termal konfor duyarlılık ölçeğine göre ilköğretim dersliklerinin termal konfor açısından değerlendirilmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 3, 6, 31s, Trabzon.
- [49] **Atmaca, İ., Yiğit, A.** (2009). Isıl Konfor ile İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller ile İncelenmesi, *IX Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi*, 6-9 Mayıs, 543-555, İzmir.
- [50] **Tuncay, T.** (2019). Kapalı yüzme havuzlarının termal konfor standartları açısından incelenmesi: Devlet üniversitesi havuzları, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 12s, İstanbul.
- [51] **Güler Ç.** (2004). Sağlık Boyutuyla Ergonomi, *Palme Yayınları*, s439, Ankara.

- [52] **Bedir, K.** (2012) Radyant ısıtma ve soğutma sistemlerinin ısı konfor ve enerji verimliliğinin sayısal analizi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Yüksek Lisans Tezi), 16s, İstanbul.
- [53] **Şişman, U.** (2010). Ofis binalarında iklimlendirme sistem seçimi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 38s, Sakarya.
- [54] **Yaşar, Y., Pehlevan, A., Altıntaş, E.** (2007). İlköğretim Dersliklerinde Termal Konfor Araştırması, VIII. Tesisat Mühendisliği Kongresi, 25-28 Ekim, 199-208, İzmir.
- [55] **Anonim** (2006). TS EN ISO 7730: Orta dereceli termal ortamlar-Pmv ve ppd indislerinin tayini termal rahatlık için şartların belirlenmesi. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [56] **Anonim** (2002). TS EN ISO 27243: Sıcak ortamlar-Wbgt(yaş- Hazne küre sıcaklığı) indeksine göre ısınin çalışan üzerindeki baskısının tahmini. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [57] **Hacıosmanoğlu, S.** (2013). Türkiye`de Antropometrik Verilere Göre Kalıpçılık ve Plastik Enjeksiyon Sektöründe Ergonomik İşyeri Tasarımı, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü* (Uzmanlık Tezi), 11s, Ankara
- [58] **Çetinkaya, F., Baykent G.** (2017). İşyeri Çalışma Ortamı Koşullarının Ergonomik Yönden İncelenmesi (Örnek: Şekerleme Firması), *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 15-31s, Uşak.
- [59] **Url-6** <<https://drabdullahinan.com/termal-konfor/>>, alındığı tarih: 28.08.2019
- [60] **Url-7** <<https://comfort.cbe.berkeley.edu/>> 21.01.2020

NITROCARE
08.06.2020

Kalite Yöneticisi
Ferhat DELİBAŞ

Beth Mottet
Associate Editor, 1994-1998; Book Review Editor, 1999-
Current Editor, 2000-Present
Tel.: +61 233 229 12 10
Fax: +61 233 229 12 10



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Yahya Kemal ÜNAL
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 08.03.1991
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. Merkez/SİVAS
E-posta Adresi	ykunal@windowsslive.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Selçuk Anadolu Lisesi, 2009
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2015
Yüksek Lisans	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 2021

İş Tecrübesi

Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. Satınalma Uzmanı, 2017