

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MESLEKİ STRES DÜZEYİNİN KORTİZOL HORMONU İLE  
BELİRLENMESİNİ SAĞLAYAN SİSTEM TASARIMI

DOKTORA TEZİ

Muhammed Ertuğrul ÇAPAN

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı  
İş Sağlığı ve Güvenliği Doktora Programı

TEMMUZ 2024  
İSTANBUL

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**MESLEKİ STRES DÜZEYİNİN KORTİZOL HORMONU İLE  
BELİRLENMESİNİ SAĞLAYAN SİSTEM TASARIMI**

**DOKTORA TEZİ**

**Muhammed Ertuğrul ÇAPAN**  
**(191215002)**  
**(0000-0001-9398-7171)**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Doktora Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hasan Uğur ÖNCEL**

**İstanbul 2024**



T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Jüri Tez Onay Formu

31.07.2024

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Bu çalışma 31.07.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İş Sağlığı ve Güvenliği (Doktora Programı) Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

**Dr. Öğr. Üyesi Hasan Uğur ÖNCEL**

Danışman

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Prof. Dr. Bahattin SİNSOYSAL**

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Özgür YURTSEVER**

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

**Prof. Dr. Ahmet BELCE**

Üye (İmza)

Biruni Üniversitesi

**Doç. Dr. Fatih TARLAK**

Üye (İmza)

Gebze Teknik Üniversitesi

## YEMİN METNİ

Doktora tezi olarak sunduğum “Mesleki Stres Düzeyinin Kortizol Hormonu ile Belirlenmesini Sağlayan Sistem Tasarımı” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden olduğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim (31/07/2024).

Muhammed Ertuğrul ÇAPAN

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, iş yerinde stresin ölçülmesi ve yönetilmesine yönelik yeni ve yenilikçi bir yöntem geliştirmeyi amaçlamaktadır. Kortizol hormonu seviyelerinin belirlenmesinde mikroakışkan pedler ve optik cihazlar kullanılarak, hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmiştir. ELISA ve kolorimetre cihazı ile yapılan doğrulama çalışmaları, geliştirilen sistemin yüksek doğruluk oranları ile güvenilir olduğunu göstermektedir.

Projeyi destekleyen İstanbul Gedik Üniversitesi BAP birimine ve katkıda bulunan tüm araştırmacılara teşekkür ederim. Bu çalışmanın, mesleki stresin tanımlanması ve yönetilmesinde önemli bir adım olmasını diliyorum.

Saygılarımla,

Haziran 2024

M. Ertuğrul ÇAPAN

---

## İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR .....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT .....	xvi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışma Konusu .....	1
1.2. Tezin Amacı .....	3
1.3 Hipotez .....	3
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>7</b>
2.1. Mesleki Stres ve İş Sağlığı Güvenliği .....	7
2.1.1. Mesleki stresin oluşumuna ilişkin teoriler.....	9
2.1.1.1. Mesleki stresin nedenleri .....	10
2.1.2. Stres belirtileri .....	11
2.1.3. Stresin performansa etkileri.....	11
2.2. Stresin Psikososyal Ölçümleri.....	12
2.2.1. Psikososyal riskler ve stres .....	13
2.2.2. Psikososyal risk ölçekleri .....	13
2.2.2.1. Kopenhag psikososyal risk değerlendirme ölçeği (KOPSOR).....	17
2.2.2.2. Algılanan stres ölçeği.....	20
2.3. Kortizol Hormonu ve Stres .....	25
2.3.1. Stresin fizyolojik belirteci olarak kortizol .....	28
2.3.2. Kortizol düzeylerini ölçmek için mevcut yöntemler .....	30
2.3.3. Kortizol örnekleme alanları .....	32
2.3.4. Kortizol hormonunun kolorimetrik ölçümü .....	33

2.4. Yapay Zeka ve Bilgisayarla Görü .....	35
2.4.1. Kolorimetri ve bilgisayarla görü.....	36
2.4.1.1. Opencv .....	39
2.4.1.2.TensorFlow .....	41
2.4.1.3. PyTorch (TorchVision).....	41
2.4.1.4. Dlib .....	42
2.4.2. Makine öğrenmesi ve kortizol hormonu.....	43
<b>3. MALZEME YÖNTEM.....</b>	<b>46</b>
3.1. Kimyasal Yöntem Çalışmaları .....	47
3.1.1. Kortizol stok çözelti hazırlanması .....	47
3.1.2. Kimyasal renk reaksiyonu yöntemi .....	47
3.1.3. Mikroakışkan düzenleme.....	47
3.1.4. Kortizol standartları ile çalışmalar .....	48
3.2. Yazılım Çalışmaları.....	48
3.2.1. CNN tabanlı model için görüntü hazırlanması .....	49
3.2.2. Görüntü işleme çalışmaları.....	50
3.2.3. Evrişimli sinir ağları (CNN) yöntemi ile konsantrasyon tayini.....	53
3.2.4. Regresyon tahmin modeli .....	54
3.3. Saha Çalışmaları.....	57
3.3.1. Psikososyal risk değerlendirme çalışmaları.....	57
3.3.1.1 Kopenhag psikososyal risk değerlendirme ölçeği .....	57
3.3.1.2. Algılanan stres ölçeği.....	58
3.3.2. Kortizol hormonu ölçüm çalışmaları .....	58
3.3.2.1. Elisa çalışmaları .....	59
3.4. Validasyon Çalışmaları .....	60
3.4.1. Standartlar ile oluşturulmuş sistemden renk okumaları ve kolorimetre cihazı ile doğrulama.....	61
3.4.2. Sistem üzerinde çalışmalar ve kolorimetrik doğrulama .....	62
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>63</b>
4.1. Kimyasal Renk Reaksiyonu Yöntemi .....	63
4.2. Saha Çalışmaları.....	63
4.2.1. Elisa çalışmaları.....	63
4.2.2. Anket çalışmaları.....	65
4.2.2.1. KOPSOR değerlendirmesi.....	65

4.2.2.2. Algılanan stres ölçeği.....	69
4.3 Validasyon alışmaları .....	71
4.3.1. Akıllı cihazlardan alınan görüntülerden makine öğrenmesi yöntemi ile kortizol hormon düzeyi belirlenmesi .....	81
4.3.2. Bilgisayarla görme ile kortizol hormonu tayini.....	87
4.3.2.1. Görüntü işleme.....	87
4.3.2.2. Evrişimli sinir ağlarından elde edilen ıktılar .....	88
4.3.2.3. Regresyon temelli tahmin modeli .....	91
<b>5. TARTIşMA VE SONUÇ .....</b>	<b>96</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>110</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>118</b>
Ek-1: Algılanan Stres Ölçeği.....	118
Ek-2: KOPSOR-TR Değerlendirme Anketi .....	119
Ek-3: Etik Kurul Kararı.....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
<b>ÖZGEçMİş.....</b>	<b>122</b>

## KISALTMALAR

<b>ACTH</b>	: Adrenokortikotropin hormonu
<b>AI</b>	: Yapay Zeka
<b>ASÖ</b>	: Algınan Stres Ölçeği
<b>BDNF</b>	: Beyinden Türemiş Nörotrofik Faktör
<b>CBG</b>	: Kortikosteroid bağlayıcı globulin
<b>CIE XYZ</b>	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu XYZ
<b>CLIA</b>	: Kemilüminesans İmmün Testi
<b>CMYK</b>	: Cyan, Macenta, Sarı, Siyah
<b>CNN</b>	: Evrişimli Sinir Ağları
<b>CRH</b>	: Kortikotropin salgılayan hormon
<b>CRP</b>	: C-reaktif protein
<b>CUDA</b>	: Bilgisayar Birleştirilmiş Cihaz Mimarisi
<b>DHEA</b>	: Dehidroepiandrosteron
<b>DLPFC</b>	: Dorsolateral prefrontal korteks
<b>ELISA</b>	: Enzim Bağlantılı İmmünosorbent Testi
<b>GSR</b>	: Galvanik Cilt Tepkisi
<b>HPA</b>	: Hipotalamus-hipofiz-adrenal
<b>HSV</b>	: Ton-Doygunluk-Değer
<b>ICCE</b>	: IEEE Uluslararası Tüketici Elektronikliği
<b>ILO</b>	: Uluslararası Çalışma Örgütü
<b>İSG</b>	: İş Sağlığı ve Güvenliği
<b>KOPSOR</b>	: Kopenhag Psikososyal Risk Değerlendirmesi
<b>KTMB</b>	: Keretapi Tanah Melayu Berhad Kooperatif Derneği
<b>LFIA</b>	: Yanal Akış İmmün Testi
<b>PoC</b>	: Point-of-care
<b>PPG</b>	: Fotopletismograf
<b>PSS</b>	: Algınan Stres Ölçeği (İtalyanca)
<b>RGB</b>	: Kırmızı, Yeşil, Mavi

<b>RIA</b>	: Radyoimmün assay
<b>SBCÖ</b>	: Stresle Başa Çıkabilme Ölçeği
<b>SPSS</b>	: Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi
<b>STAI</b>	: Durum-Sürekli Anksiyete Envanteri
<b>SVM</b>	: Destek vektör makineleri
<b>TLC</b>	: İnce Kağıt Kromatografisi



## ÇİZELGE LİSTESİ

**Sayfa No:**

Çizelge 1.1: Oluşturulan Araştırma Soruları, Hipotezleri Gösteren Çizelge .....	5
Çizelge 1.2: Oluşturulan Hipotezlerin T-Testi Doğrulaması Ve Hipotez Testi Sonuçlarını Gösteren Çizelge .....	6
Çizelge 2.1: Kortizol Hormonu Ölçüm Yöntemleri.....	31
Çizelge 4.1: Kullanıcılardan Alınan Ter Örnekleri İle Gerçekleştirilen ELISA Çalışma Sonuçları .....	64
Çizelge 4.2: KOPSOR-TR Ölçeği Psikososyal Risk Boyutları Puanlarının Merkezi Eğilim Ölçüleri .....	66
Çizelge 4.3: Fabrika Çalışanlarının Toplu Olarak KOPSOR Anket Değerlendirme Sonuçları.....	67
Çizelge 4.4: Çalışanların Algılanan Stres Ölçeği Puanları ASÖ Değerlendirmesi....	69
Çizelge 4.5: Katılımcıların ELİSA ile Anlamli Korelasyon Gösteren Psikososyal Riskleri .....	74
Çizelge 4.6: Ana Referans Değerlerinin Konsantrasyon, L, a, b Değerleri, Lab Ortalaması, RGB Değerleri ve RGB Ortalaması ve ELISA Absorbanslarını Gösteren Tablo.....	75
Çizelge 4.7: Çalışanların Elisa ile Elde Edilen Kortizol Hormon Seviyesi ve Sistem Üzerinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen RGB Değerleri .....	76
Çizelge 4.8: Çalışanların Elisa İle Elde Edilen Kortizol Hormonu Seviyeleri İle Sistem İçerisinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen Ortalama RGB Değerlerinin Normalite Testleri .....	79
Çizelge 4.9: Her Çalışan İçin Elisa İle Elde Edilen Kortizol Hormonu Seviyeleri İle Sistem İçerisinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen Ortalama RGB Değerlerinin Korelasyon Testleri (Spearman Analizi).....	79
Çizelge 4.10: Farklı Ortamlarda Farklı Optik Donanıma Sahip Cihazlarla Alınmış Görüntülerin Analiz Sonuçları .....	81

Çizelge 4.11: Farklı Ortamlarda Farklı Optik Donanıma Sahip cihazlarla Alınmış 200 Görüntüden 5 Görüntünün RGB, Lab ve Merkezi Dağılım Ölçüleri....	84
Çizelge 4.12: Sistemin Tahminleri ve Tahmin Başarı Yüzdesi .....	91
Çizelge 4.13: Sistem Tahminlerinin Psikososyal Değerlendirmeler İle Korelasyonları .....	93



## ŞEKİL LİSTESİ

	<b>Sayfa No:</b>
Şekil 2.1: Mesleki Stresin Oluşumunu Açıklamaya Yönelik Modeller [13] .....	10
Şekil 2.2: Mesleki Stresin Nedenleri [13] .....	10
Şekil 2.3: Bilgisayarlı Görüde Derin Öğrenme[75] .....	38
Şekil 2.4: Yapay Zeka Alanlarının Kapsam Diyagramı [76] .....	38
Şekil 3.1: Sistemin Tasarım Görseli .....	48
Şekil 3.2: Önerilen Sistemin Yazılım Mimarisi .....	49
Şekil 4.1: Sırasıyla 4.5, 6.25, 12.5, 25, 50 UI/Ml Kortizon İçeren Stokların Uygun Oranlarda Renk Reaktif İle Reaksiyonu Sonrasında Ortaya Çıkan Renk Skalasını .....	63
Şekil 4.2: Elisa Standart Grafiği .....	64
Şekil 4.3: Çalışanların Kortizol Hormon Seviyelerini Gösteren Grafik .....	65
Şekil 4.4: Katılımcıların Psikososyal Risk Puanlarının Dağılımı .....	67
Şekil 4.5: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre Taleplerinin Varlık Yüzdesini Gösteren Grafik .....	68
Şekil 4.6: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre Etki ve Gelişim İsteklerinin Yüzdesini Gösteren Grafik .....	68
Şekil 4.7: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre Kişilerarası İlişkiler ve Liderlikteki Etkilerinin Yüzdesini Gösteren Grafik .....	68
Şekil 4.8: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre İş Doyumlarının Yüzdesini Gösteren Grafik .....	69
Şekil 4.9: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre İş Doyumları ve Tükenmişliklerinin Yüzdesini Gösteren Grafik .....	69
Şekil 4.10: ASÖ 10 Sonuçlarının Katılımcılara (n=20) Göre Sonuç Dağılımı .....	70
Şekil 4.11: ASÖ 4 Sonuçlarının Katılımcılara (n=20) Göre Sonuçdağılımı .....	71
Şekil 4.12: Çalışanların ASÖ- 10 ve ASÖ- 4 Puan Karşılaştırmaları .....	71
Şekil 4.13: KOPSOR İş Doyumu ve Tükenmişlik ile Asö 10 Stres Düzeyi Arasındaki İlişkiyi Gösteren Grafik .....	72

Şekil 4.14: KOPSOR İş Doyumu ve Tükenmişlik İle Asö 4 Stres ve Depresyon Düzeyi Arasındaki İlişkiyi Gösteren Grafik.....	72
Şekil 4.15: Çalışanların ASÖ-10, ASÖ-4 ve KOPSOR Anketi Dağılımını Gösteren Grafik .....	73
Şekil 4.16: ELISA Test Sonuçları ile KOPSOR İş Doyumu ve Tükenmişlik İle Asö 10 Stres Düzeyi Arasındaki İlişkiyi Gösteren Grafik.....	73
Şekil 4.17: Çalışanların Elisa İle Elde Edilen Kortizol Hormon Seviyesi Ve Sistem Üzerinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen RGB Değerlerinin Karşılaştırmalı Grafiği.....	76
Şekil 4.18: Çalışanların Kortizol Hormon Seviyeleri İle Ortalama RGB Değerlerinin Dağılımlarını Karşılaştırmalı Olarak Gösteren Grafik .....	78
Şekil 4.19: İşlenmemiş Görüntülerden Elde Edilen Lab Öklid Değerlerinin Her Konsantrasyon İçin Karşılaştırılması .....	81
Şekil 4.20: Görüntü İşleme Basamağının Görüntü Kalitesi ve Renk Yoğunluğu Değerleri Üzerindeki Etkisini Gösteren Grafik.....	87
Şekil 4.21: (a) Duyarlılık-Güven (b) Kesinlik-Güven .....	88
Şekil 4.22: (a) Kesinlik-Duyarlılık Grafiği (b) F1-Güven Grafiği.....	89
Şekil 4.23: Makine Öğrenimi Modelinin Eğitim Sürecini Gösteren Grafikler.....	89
Şekil 5.1: Önerilen Sistemin Çalışma Prensibi .....	97

## MESLEKİ STRES DÜZEYİNİN KORTİZOL HORMONU İLE BELİRLENMESİNİ SAĞLAYAN SİSTEM TASARIMI

### ÖZET

Bu çalışma, stres biyobelirteçlerinden biri olan kortizol hormonu seviyelerinin belirlenmesi için yeni bir yöntem sunmaktadır. Çalışma kapsamında, kullanıcıların ter örneklerini toplamak için mikroakışkan pedler kullanılmıştır. Bu pedler, mavi tetrazolyum yöntemi ile kortizol seviyelerinin kolorimetrik olarak belirlenmesini sağlamıştır. Elde edilen renk değişimi, Evrişimli Sinir Ağları (CNN), Karar Ağacı ve Vektörel Regresyon yöntemleri ve gelişmiş görüntü işleme teknikleri ile analitik olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın ana çıktılarından olan görüntü işleme ve renk analiz algoritması, donanım farklılıklarından ve renk değişimindeki bozukluklardan meydana gelecek problemlerin çözümünde de önemli katkılar sunabilir. Bu algoritma, çeşitli donanım ve koşullarda bile güvenilir ve tutarlı sonuçlar elde edilmesini sağlayarak, sistemin uygulanabilirliğini ve genelleştirilebilirliğini artırmaktadır. Bu özellikler, geliştirilen yöntemin daha geniş bir kullanım alanına sahip olmasına ve farklı sektörlerde kolayca benimsenmesine olanak tanımaktadır.

Ter örnekleri ile gerçekleştirilen ELISA çalışmaları ve mavi tetrazolyum yönteminin doğrulanması için kolorimetre cihazı ile yapılan validasyon sonucunda, geliştirilen sistemin ana referans değerlerini belirlemede %98, kullanıcıların kortizol değerlerini belirlemede ise %84,2 başarı oranına ulaştığı tespit edilmiştir. Bu yüksek doğruluk oranı, sistemin güvenilirliğini ve etkinliğini göstermektedir. Ayrıca, çalışmada katılımcılardan (n=20) ter örnekleri alımı sırasında Kopenhag Psikososyal Risk Değerlendirmesi ve Algılanan Stres Ölçeği testleri uygulanmıştır. Bu testler ile katılımcıların psikososyal olarak stres seviyeleri belirlenmiş ve kortizol seviyeleri ile stres arasındaki korelasyon incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kortizol seviyelerinin stres düzeyleri ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Geleneksel stres ölçüm yöntemleri genellikle öznel raporlamaya veya fizyolojik ölçümlere dayanırken, bu çalışmada sunulan mikroakışkan pedler ve optik cihazlar kullanan bu yeni yöntem daha objektif ve ölçeklenebilir bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışma kortizol seviyelerinin stres düzeylerini belirlemede kritik bir biyobelirteç olduğunu desteklemektedir.

Geliştirilen sistem, mesleki stresin tanımlanması ve yönetilmesi açısından önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. İşçilerin refahını ve kurumsal verimliliği artırmada önemli bir adım olan bu yenilikçi yöntem, stres yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine ve uygulanmasına önemli katkılar sağlayabilir.

Ayrıca, bu çalışma sadece kortizol ölçümü ile sınırlı kalmayıp, kolorimetrik analizlerin renk analizlerinin stresin genel biyobelirteçlerinin objektif ve hızlı bir şekilde değerlendirilmesi için de yeni yollar açmaktadır. İş yerinde stresin önlenmesi ve yönetilmesi için bu tür teknolojilerin kullanılması, işçilerin sağlığını ve genel iş verimliliğini artırmada büyük bir potansiyele sahiptir. Bu tür yenilikçi yaklaşımlar, iş

sağlığı ve güvenliği alanında gelecekte daha yaygın olarak kullanılabilir ve stresle başa çıkma stratejilerinde yeni yollar açabilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Mesleki Stres, Kortizol Hormonu, Psikososyal Risk Değerlendirmesi, Bilgisayarla Görü, Evrişimli Sinir Ağları*



## DESIGNING A SYSTEM TO DETERMINE OCCUPATIONAL STRESS LEVELS USING CORTISOL HORMONE MEASUREMENT

### ABSTRACT

This study presents a novel method for determining cortisol hormone levels, a key biomarker of stress. The study utilized microfluidic pads to collect sweat samples from users, which were then analyzed colorimetrically using the blue tetrazolium method to determine cortisol levels. The color change observed was analytically evaluated using advanced image processing techniques, including Convolutional Neural Networks (CNN), Decision Tree, and Vector Regression methods. One of the primary outcomes of this study is the image processing and color analysis algorithm, which can effectively address problems arising from hardware differences and color change distortions. This algorithm enhances the system's applicability and generalizability by ensuring reliable and consistent results across various hardware and conditions. These features allow the developed method to be adopted in a wider range of applications and different sectors.

The validation of the ELISA studies performed with sweat samples and the blue tetrazolium method using a colorimeter device demonstrated that the developed system achieved a 98% success rate in determining the main reference values and an 84.2% success rate in determining users' cortisol values. This high accuracy rate indicates the reliability and effectiveness of the system. Additionally, the study involved collecting sweat samples from 20 participants while administering the Copenhagen Psychosocial Risk Assessment and Perceived Stress Scale tests to determine their psychosocial stress levels. The correlation between cortisol levels and stress was examined, and the results showed a significant relationship between cortisol levels and stress levels.

Traditional stress measurement methods typically rely on subjective reporting or physiological measurements, whereas this new method, which uses microfluidic pads and optical devices, offers a more objective and scalable approach. Consequently, this study supports the importance of cortisol levels as a critical biomarker for determining stress levels. The developed system stands out as a significant tool for identifying and managing occupational stress. This innovative method represents a crucial step in improving workers' well-being and corporate productivity, contributing significantly to the development and implementation of stress management strategies.

Moreover, this study opens new avenues for the objective and rapid evaluation of general stress biomarkers beyond cortisol measurement. The use of such technologies for preventing and managing workplace stress has great potential to improve workers' health and overall job productivity. These innovative approaches are likely to be more widely adopted in the field of occupational health and safety in the future and can revolutionize strategies for coping with stress.

**Keywords:** *Occupational Stress, Cortisol Hormone, Psychosocial Risk Assessment, Computer Vision, Convolutional Neural Networks*

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Çalışma Konusu

Bu çalışma, stres biyobelirteçlerinden biri olan kortizol hormonu seviyelerinin belirlenmesi için yeni bir yöntem sunmaktadır. Mesleki stres, iş sağlığı açısından büyük bir önem taşımaktadır. Stres, iş kazalarında artışa ve iş performansında düşüşe neden olabilir. Stres altındaki bireylerin dikkat ve odaklanma seviyeleri azalabilir, bu da iş yerinde yapılan hataların ve kazaların artmasına yol açabilir. Aynı zamanda, uzun süreli stres işçi sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir, işçilerin moralini ve motivasyonunu düşürebilir, bu da genel iş verimliliğinde azalmaya neden olabilir.

Stres, bireylerin fiziksel ve zihinsel sağlığını doğrudan etkileyen bir faktördür. Fiziksel olarak stres, kalp hastalıkları, hipertansiyon ve diğer kronik hastalıkların riskini artırabilir. Zihinsel olarak ise anksiyete, depresyon ve tükenmişlik sendromu gibi psikolojik rahatsızlıklara yol açabilir. Bu durum, bireylerin günlük yaşam kalitesini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda iş yerindeki performanslarını da olumsuz yönde etkiler.

Stresin ölçümü genellikle öznel raporlamaya dayalı anket çalışmaları ile yapılmaktadır. Bu anketler, katılımcıların kendi algıladıkları stres seviyelerini belirlemeye çalışır. Ancak, bu yöntemler subjektif olduğundan, yanıtların doğruluğu ve güvenilirliği katılımcının kendi algısına ve dürüstlüğüne bağlıdır. Bu nedenle, stresin daha objektif ve güvenilir bir şekilde ölçülmesi için fizyolojik ve biyolojik belirteçlerin kullanılması önemlidir.

Kortizol hormonu, stresin biyolojik bir belirteci olarak önemli bir role sahiptir. Vücut, stresli durumlara yanıt olarak kortizol hormonu üretir, bu nedenle kortizol seviyelerinin ölçülmesi, bireylerin stres seviyelerini objektif bir şekilde değerlendirmeyi sağlar. Kortizol ölçümleri, anket verilerinden daha fazla ve kesin veri sunarak, stresin fizyolojik etkilerini doğrudan gözleme imkanı verir.

Kortizol hormonunun değerlendirilmesinde ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) testleri, altın standart olarak kabul edilmektedir. Ancak bu ölçüm yöntemi, uzman personel gerektirmesi, vakit alıcı olması ve yüksek maliyetler içermesi gibi dezavantajlara sahiptir. ELISA testlerinin bu sınırlamaları, geniş ölçekli veya hızlı sonuç gerektiren uygulamalarda kullanımını kısıtlamaktadır. Bu sebeple, maliyeti düşük ve hızlı sonuç alınabilen kolorimetrik yöntemler tercih edilmektedir. Ancak, kolorimetrik ölçümlerin kantitatif olarak yorumlanmasında büyük makinelere ihtiyaç duyulması, bu ölçüm yönteminin değerlendirilmesini zorlayıcı hale getirebilir.

Bu çalışmada, ter örnekleri kullanılarak kortizol seviyelerinin belirlenmesi için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Mikroakışkan pedler aracılığıyla toplanan ter örnekleri, mavi tetrazolyum yöntemi ile kolorimetrik olarak analiz edilmiştir. Elde edilen renk değişimleri, gelişmiş görüntü işleme teknikleri ile düzenlenmiştir. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak parlaklık, kontrast gibi değerler standartlaştırılmış ve bu sayede farklı ortamlardan alınan görseller daha standart hale getirilerek sistemin çalışma verimliliği artırılmıştır. Kolorimetrik analizler, görüntü işleme algoritmalarından geçirildikten sonra Evrişimli Sinir Ağları (CNN), Karar Ağacı ve Vektörel Regresyon gibi sistemler ile değerlendirilmiştir. Bu yöntem, donanım farklılıklarından ve renk değişimlerinden kaynaklanan bozulmaları minimize ederek, güvenilir ve tutarlı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Görüntü işleme ve yapay zeka algoritmaları ile kolorimetrik analizlerin değerlendirilmesi, kolorimetrik yöntemlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak için bir ihtiyaçtır. İnsan gözüne nazaran çok daha doğru sonuçlar veren bu algoritmalar, büyük makineler gerektiren ELISA testlerine kıyasla çok daha uygun maliyetlerle çalışmaktadır. Bu nedenle, yapay zeka destekli sistemlerin kullanımı, stres seviyelerinin belirlenmesinde ve iş sağlığı stratejilerinin geliştirilmesinde önemli avantajlar sunmaktadır. Elde edilmek istenilen çıktılar, çalışanların stres seviyelerini daha doğru bir şekilde tespit etmeyi ve bu doğrultuda uygun önlemler almayı sağlamaktır. Bu sistemin kullanılması durumunda, iş kazalarının ve performans düşüklüğünün önüne geçilmesi, işçilerin sağlığının korunması ve genel iş verimliliğinin artırılması gibi önemli avantajlar elde edilecektir.

## 1.2. Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, mesleki stresin biyolojik bir göstergesi olan kortizol hormon düzeylerini kullanarak objektif bir ölçüm sağlamaktır. Selüloz tabanlı giyilebilir pedlerle toplanan ter örnekleri üzerinden gerçekleştirilen mavi tetrazolyum yöntemi ile kortizol hormonunun kolorimetrik analizini yapmak ve bu analiz sonuçlarını fotoğraflayarak, renk değerlendirme ile kantitatif sonuç vermektir. Bu aşamada sistem renk doğrulaması için kolorimetre cihazı kullanılmıştır. Ayrıca, aynı ter örneklerini ELISA testi ile değerlendirmek suretiyle elde edilen renk değerlerinin kortizol miktarı açısından ek bir validasyon sağlaması hedeflenmiştir. Bu bağlamda, çalışmanın temel hedefleri şunlardır: Giyilebilir teknolojiler ve kolorimetrik analiz yöntemlerini kullanarak, bireylerin mesleki stres düzeylerini objektif olarak ölçmek. Ter örneklerinden elde edilen kortizol hormon düzeylerini belirlemek ve bu yolla mesleki stresin biyolojik temsilini sağlamak. Yapay zekâ destekli kolorimetrik analiz yöntemini kullanarak elde edilen verilerin hızlı bir şekilde işlenmesi ve anlamlandırılması. Algılanan stres ölçeği ve Kopenhag Psikososyal Risk Değerlendirme Ölçeği gibi araçlarla bireylerin stres tepkilerini anlamak ve bu bilgileri biyolojik verilerle ilişkilendirmek. Mesleki stresin hem biyolojik hem de duygusal-boyutsal yönlerini anlamak için kapsamlı bir çerçeve oluşturmak.

Bu çalışmanın özgün değeri, giyilebilir pedlerle toplanan ter örnekleri sayesinde bireylerin günlük yaşantılarına minimal müdahale ile sürekli veri toplama imkânı sağlamasıdır. Aynı zamanda, kolorimetrik analiz ve yapay zekâ uygulamalarının entegrasyonu sayesinde stres düzeylerinin daha kapsamlı ve hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Böylece, mesleki stresin biyolojik ve psikososyal yansımalarını eş zamanlı olarak değerlendirme konusunda yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yenilikçi metodoloji, mesleki stresin anlaşılması ve müdahale stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

Çalışmanın temel motivasyonu, iş kazalarının en büyük sebeplerinden olan stres seviyesinin takibinin sağlanması ile iş kazalarında stres kaynaklı kazaların oranını düşürmektir.

## 1.3 Hipotez

İş stresinin iş kazalarına yol açtığı hipotezi, çeşitli araştırmalarla desteklenmektedir. Camkurt (2021), iş yeri çalışma sistemi ve fiziksel faktörlerin iş kazaları üzerindeki etkilerini incelemiş ve iş stresinin iş kazalarının önemli bir nedeni

olduğunu vurgulamıştır [1]. Kepir (2020), iş kazalarında insan faktörünün rolünü ele alarak, stresin kazaları nasıl artırabileceğine dair örnekler sunmuştur [2]. Çelikkol (2019) ise ruhsal etmenlerin iş kazalarındaki etkilerini araştırmış ve stresin bu etmenler arasında önemli bir yer tuttuğunu belirtmiştir [3]. Cooper ve arkadaşları (2001) organizasyonel stres üzerine yaptıkları kapsamlı incelemede, stresin iş kazaları üzerindeki etkilerini ele almışlardır [5]. Hasan Tutar (2019) kriz ve stres ortamında yönetim konusunu ele alarak, stresin iş kazalarının artmasına neden olabilecek faktörlerden biri olduğunu ifade etmiştir [17]. Bu literatür katkıları ile H1 hipotezi belirlenmiştir.

İş yerinde stresin hem fizyolojik hem de psikolojik etkileri olduğu hipotezi, mevcut literatürde geniş bir şekilde ele alınmıştır. Cooper ve arkadaşları (2001), organizasyonel stresin bireyler üzerindeki hem fizyolojik hem de psikolojik etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemiş ve stresin genel sağlık üzerindeki etkilerini vurgulamıştır [5]. APA Psikoloji Sözlüğü (2020), stresin psikolojik etkilerini açıklamış ve bu etkilerin bireylerin genel ruh hali ve iş performansı üzerinde nasıl değişiklikler yaratabileceğini tartışmıştır [10]. International Labour Organization (2016), iş yerinde stresin toplumsal bir sorun olduğunu ve stresin psikolojik ve fizyolojik sağlık üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur [12]. Baltaş ve Baltaş (2018), stres ve başa çıkma yollarını ele alarak, stresin bireyler üzerindeki çok yönlü etkilerini incelemiştir [14]. Kristensen ve arkadaşları (2005), tükenmişlik ve stresin fizyolojik ve psikolojik etkilerini ölçmek için kullanılan araçları tanıtmış ve bu etkilerin iş verimliliği üzerindeki rolünü açıklamıştır [20]. Bu bağlamda H2 hipotezi belirlenmiştir.

Stresin kortizol seviyeleri üzerinden ölçülmesi ve bu ölçümlerin etkileri üzerine yapılan araştırmalar, bu hipotezi destekleyen birçok veri sunmaktadır. Gaab ve arkadaşları (2005), psikolojik determinanların kortizol stres tepkisi üzerindeki rolünü araştırmış ve kortizol seviyelerinin stresin objektif bir ölçümü olarak kullanılabilmesini belirtmiştir [45]. Zorn ve arkadaşları (2017), çeşitli psikiyatrik bozukluklar üzerindeki kortizol tepkilerini sistematik bir şekilde gözden geçirmiş ve kortizolun stresle ilişkisini derinleştirmiştir [56]. McEwen ve Wingfield (2003), allostat kavramını tanıtarak, kortizol düzeylerinin stres tepkisi ve adaptasyon üzerindeki etkilerini açıklamışlardır [59]. Hogenelst ve arkadaşları (2019), ambulatuvar kortizol ölçüm yöntemlerini tartışarak, mevcut teknolojilerin

avantajlarını ve sınırlamalarını ele almıştır [63]. Miller ve arkadaşları (2013), kortizol örneklerini sınıflandırma yöntemlerini ele almış ve bu tür ölçümlerin stres değerlendirmelerinde ne kadar etkili olduğunu vurgulamıştır [64]. Singh (2008) ve Zhang ve arkadaşları (2019), kortizol ölçümünde kullanılan gelişmiş teknolojiler hakkında bilgi sunmuş ve bu teknolojilerin kortizol düzeylerini ne kadar hassas bir şekilde ölçebileceğini tartışmıştır [65][66]. Kaushik ve arkadaşları (2014), kortizol algılama teknolojilerindeki son gelişmeleri özetlemiş ve bu teknolojilerin nokta-of-care uygulamalarındaki potansiyelini ele almıştır [68]. Gatti ve arkadaşları (2009), çeşitli kortizol testlerinin ve tanısal prosedürlerinin doğruluğunu incelemiş ve laboratuvar ortamında kortizol ölçümünün önemini belirtmiştir [69]. Tu ve arkadaşları (2020), renkimetri analizlerinin kortizol ölçümünde nasıl kullanılabilirliğini açıklamış ve bu yöntemlerin pratik uygulamalarını tartışmıştır [70]. Cingöz (2022), mikroakışkan teknolojilerle kortizol düzeylerinin belirlenmesine yönelik çalışmaları sunmuş ve giyilebilir cihazların bu alandaki potansiyelini ele almıştır [71]. Bu kapsamda H3 hipotezi belirlenmiştir. Bu çalışma için hipotezler Çizelge 1.1.'deki gibi belirlenmiştir.

**Çizelge 1.1: Oluşturulan Araştırma Soruları, Hipotezleri Gösteren Çizelge**

NUMARA	ARAŞTIRMA SORUSU	HİPOTEZ - H1
H1	Kolorimetrik analiz verileri ile ELISA testi sonuçları arasında kortizol hormonu seviyeleri açısından bir ilişki var mıdır? Selüloz tabanlı giyilebilir pedlerden elde edilen kortizol düzeyleri ile mesleki stres düzeyleri arasında pozitif bir korelasyon bulunmakta mıdır?	Kolorimetrik analiz verilerinden elde edilen sonuçlar, ELISA testi ile doğrulanabilir ve kortizol miktarı açısından ek bir validasyon sağlar.
H2	Yapay zeka destekli kolorimetrik analiz yöntemi, kortizol düzeylerini ELISA testi ile karşılaştırarak doğru bir şekilde tahmin edebilir mi?	Kolorimetrik analiz verilerinden elde edilen kortizol düzeyleri ile mesleki stres düzeyleri arasında pozitif bir korelasyon vardır.
H3	Yapay zeka destekli kolorimetrik analiz yöntemi, kortizol düzeylerini ELISA testi ile karşılaştırarak doğru tahmin eder.	Yapay zeka destekli kolorimetrik analiz yöntemi, kortizol düzeylerini ELISA testi ile karşılaştırarak doğru tahmin eder.

**Çizelge 1.2: Oluşturulan Hipotezlerin T-Testi Doğrulaması Ve Hipotez Testi Sonuçlarını Gösteren Çizelge**

Numara	Değerlendirme	Hipotez Testi Sonuçları	Kullınlan Veriler
H1	Desteklendi: T İstatistiği: -72.486 p-değeri: $2.38 \cdot 10^{-42}$	Kolorimetrik analiz verileri ile ELISA testi sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).	<b>Çizelge 4.1.</b> Kullanıcılardan alınan ter örnekleri ile gerçekleştirilen ELISA çalışma sonuçları <b>Çizelge 4.7.</b> Çalışanların Elisa ile elde edilen kortizol hormon seviyesi ve sistem üzerinde kolorimetre cihazı ile elde edilen RGB değerleri.
H2	Desteklendi: T İstatistiği: 9.6745 P-değeri: $1.0575e-8$	Kolorimetrik analiz verilerinden elde edilen kortizol düzeyleri ile mesleki stres düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir korelasyon olduğu bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Yapay zeka destekli	<b>Çizelge 4.7.</b> Çalışanların Elisa ile elde edilen kortizol hormon seviyesi ve sistem üzerinde kolorimetre cihazı ile elde edilen RGB değerleri. <b>Şekil 4.13.</b> KOPSOR iş doyumu ve tükenmişlik ile asö 10 stres düzeyi arasındaki ilişkiyi gösteren grafiğini oluşturan veriler
H3	Desteklendi: T İstatistiği: 6.4572 P-değeri: $7.1493e-07$	kolorimetrik analiz yöntemi ile ELISA testi arasında yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı bir pozitif korelasyon bulundu ( $p < 0.05$ ). Ayrıca, T testi sonucunda p-değeri de istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p < 0.05$ ).	<b>Çizelge 4.7.</b> Çalışanların Elisa ile elde edilen kortizol hormon seviyesi ve sistem üzerinde kolorimetre cihazı ile elde edilen RGB değerleri. <b>Çizelge 4.12.</b> Sistemin tahminleri ve tahmin başarı yüzdesi.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Mesleki Stres ve İş Sağlığı Güvenliği

İş kazalarının meydana gelmesi üzerinde kaza nedenlerinin ağırlık oranları konusunda farklı araştırmalara dayanan değişik görüşler olmakla birlikte, iş kazalarının %80'inin insanlara, %18'inin fizik ve mekanik çevre koşullarına, %2'sinin ise umulmadık olaylara bağlı olarak meydana geldiğinin kabulü doğru olacaktır [1]. Bu genelleme, aslında iş kazalarının yaklaşık olarak %98'i üzerinde önleyici tedbirlerin alınabileceğini ortaya koymaktadır [2]. İş kazalarının çeşitli nedenleri olmakla ve nedenler farklı sınıflandırmalara tabi tutulmak ile birlikte, yapılan araştırmaların tümü iş kazalarının; umulmadık olaylardan, insanlardan, makinalardan ve çevre koşullarından kaynaklandığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla, iş kazalarının nedenleri; insanlara bağlı nedenler (beşerî nedenler), fizik ve mekanik çevre koşullarına bağlı nedenler (teknik nedenler) ve umulmadık olaylar olmak üzere üç ana grupta toplanarak incelenebilir. İnsanlara bağlı kaza nedenleri; kişisel özellikler, fizyolojik faktörler, psikolojik özellikler, fizik ve mekanik çevre koşullarına bağlı kaza nedenlerini ise; makinalara bağlı kaza nedenleri, üretim organizasyonlarına bağlı kaza nedenleri, çevresel faktörlere bağlı kaza nedenleri şeklinde alt gruplar halinde sınıflandırılabilir [3].

Stres latince 'Estrictia' fiilinden üretilmiş bir kelimedir ve sıkıştırmak, sıkıca sarmak anlamında isim olarak zorlanma, gerilim, dert, keder, baskı, basınç anlamlarında da kullanılabilir. İnsan fizyolojisine zarar veren etmenler ve bu etmenlere karşı bedende meydana gelen istenmeyen değişiklikler olarak adlandırılır [4]. Stres çok sık karşılaşılan bir kavram olmasına rağmen, karmaşık bir olgudur ve farklı yaklaşımlarla kavramlaştırılmaktadır [5]. Bununla birlikte, gerilim, sıkıntı, kaygı, tükenme gibi kavramların stres tanımı yerine kullanılması, stresin tanımını zorlaştırmaktadır [6]. Stres kaynaklarının kişinin organizmasındaki etkileri ve neden oldukları biyokimyasal değişiklikler genel olarak benzerdir. Stresin fizyolojik olarak insandaki etkileri, vücut sıcaklığının artması ya da düşmesi, açlık hissi, susuzluk,

vücutun yaralanması, bağışıklık sisteminin zayıflaması gibi etkileri bulunmaktadır. Ayrıca stres doğrudan kalp-damar hastalığı olmak üzere dünyadaki ölüm sebepleri içinde on yedinci sıradadır [7].

Çalışanların iş ortamı ve buna etki eden fiziki koşullar, kişilerin strese maruz kalmalarına sebep olan önemli etkenlerdendir. Söz konusu koşulların en optimum seviyelere ulaşması çalışanların moral durumunu etkilemektedir. Aynı zamanda dahil oldukları örgütsel yapıyla da bütünleşmesini basitleştirmektedir. Bu sebepten dolayı işyerinin aydınlatma, ısınma, havalandırma, gürültü ve titreşim gibi fiziki durumların çalışanların verimliliğini ve arzusunu arttıracak şekilde biçimlendirilmesi gerekmektedir [8].

Çalışma yaşamında stres, çevresel uyarıcılarla başlamakta ve çevresel uyarıcılara gösterilen tepkilerle devam etmektedir. İş yerinde karşılaşılan stres hem hipofiz bezinde hem de adrenal bezinde salgılara neden olmaktadır. Hormon salgıları beraberinde vücudun stres yapıcılarla karşılaştığında dengeye gelmesini sağlayan kortizol hormonunun harekete geçmesine zemin hazırlamakta ve çalışanın sonuçta kan basıncında, kalp atışlarında artışın, nefes alımında düzensizliğin, aşırı terlemenin, sindirim sisteminde yavaşlamanın meydana gelmesine neden olmaktadır. Selye'nin ortaya koyduğu gibi stresin asıl nedeninin psikolojik olduğu düşüncesinden hareketle işyerinde yaşanan stres süreci öncelikle stresli duruma verilen tepkiyle başlamakta, vücudun direnciyle devam etmekte ve son olarak da bitkinlikle ve tükenmişlikle sonlanmaktadır. Dolayısıyla işyerinde stresin oluşum süreci öncelikle çevresel uyarıcılar ve stres yapıcılarla başlayan ve çalışanın tükenmişliği veya yenilgisiyle sonuçlanan çok boyutlu bir süreci kapsamaktadır [9].

Mesleki stres, algılanan iş talepleri ile bireyin mesleki bağlamda bu taleplerle başa çıkma yeteneği arasındaki dengesizlikten kaynaklanan çok yönlü psikolojik ve fizyolojik bir tepkidir. Bu fenomen, aşırı iş yükü, zaman baskısı, rol belirsizliği, kontrol eksikliği ve işyerinde yetersiz sosyal destek gibi faktörlerden kaynaklanan bir dizi olumsuz duygu, fizyolojik uyarılma ve davranış değişikliği ile karakterizedir. Mesleki stres, psikoloji, iş sağlığı ve örgütsel davranış da dahil olmak üzere çeşitli alanlarda kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve çalışanların refahı, iş performansı ve genel örgütsel işleyiş üzerindeki önemli etkileri vurgulanmıştır. Mesleki stresin tanımlanması ve etkili yönetimi, sağlıklı bir çalışma ortamının teşvik edilmesi ve bireysel ve kurumsal sonuçların geliştirilmesi açısından çok önemlidir [10].

Mesleki stres, çeşitli yollarla ortaya çıkabilir; bu yolların başında fiziksel zorlanma gelmektedir. Bu durum, vücudun çeşitli kısımlarını etkileyerek, hafif baş ağrılarından şiddetli migrenlere kadar geniş bir yelpazede kendini gösterebilir.

Diğer bir etki yolu ise psikolojik gerginlik olup, bireyin rasyonel düşünme yeteneklerini etkileyerek hafıza ve konsantrasyon kaybına, depresyona ve anksiyeteye yol açabilir. Ayrıca, davranışsal gerginlik de mesleki stresin bir başka belirtisidir. Örneğin, aşırı yemek yeme veya aç kalmak, aşırı uyku veya uyku kaybı, düzenli görevleri ihmal etme, sorumluluklardan kaçınma ve devamsızlık gibi alışılmadık davranış değişiklikleri görülebilir [11].

Mesleki stresin araştırılmasının önemi, bireyin sadece fiziksel değil, aynı zamanda zihinsel refahını da etkileyebileceği gerçeğinden kaynaklanmaktadır. Bunun yanı sıra, işyerinin verimliliği üzerinde de olumsuz bir etkisi olabileceği ve küresel ekonomiyi de etkileyebileceği unutulmamalıdır. Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) İş Sağlığı ve Güvenliği ekibi, mesleki stresin doğrudan ve dolaylı maliyetlerinin dünya genelinde her yıl milyarlarca dolar civarında olduğunu tespit etmiştir [12].

### **2.1.1. Mesleki stresin oluşumuna ilişkin teoriler**

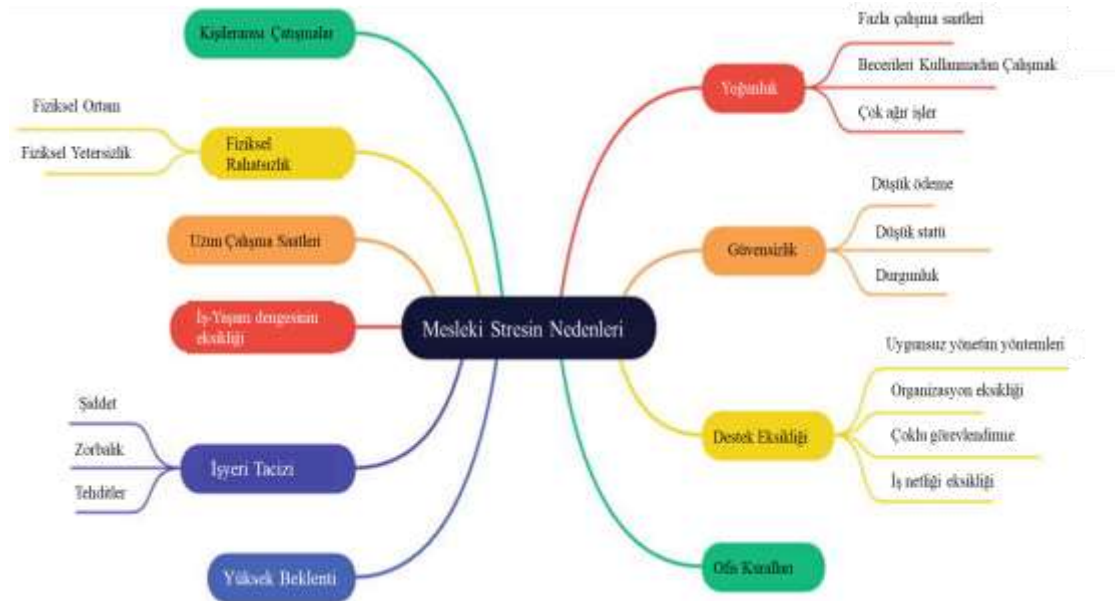
Psikoloji alanında mesleki stresin oluşumunu açıklamak için birkaç teori bulunmaktadır (Şekil 2.1). İlk ve en kabul gören teori, talep-kontrol modelidir, burada stres, iş yükü yüksek olduğunda ancak karar alma yetkisi düşük olduğunda ortaya çıkabilir. Alternatif olarak, iş yükü yüksek olduğunda ve işi yapmak için önemli ölçüde kaynak veya destek eksikliği varsa, bu durumda stres oluşabilir ve bu durumda talep-kaynak modeli geçerli olabilir. Stres, çalışanın beceri, yetenek ve tutumlarının iş gereksinimleriyle uyummadığında ortaya çıkabilir; bu duruma kişi-çevre uyum modeli denir. Bir iş için harcanan çaba, uygun bir şekilde maaş, adil muamele veya sadece bir takdir şeklinde ödüllendirilmediğinde stres oluşabilir; bu durumda ise çaba-ödül dengesizliği modeli kullanılır. Son olarak, bu bölümün başında belirtildiği gibi, çeşitli stresli koşullarla başa çıkma yeteneğinin bireyden bireye farklılık gösterdiği unutulmamalıdır ve stres faktörleri bireyin başa çıkma yeteneğini aştığında, bu duruma diatez-stres modeli denir [13].



Şekil 2.1: Mesleki Stresin Oluşumunu Açıklamaya Yönelik Modeller [13]

### 2.1.1.1. Mesleki stresin nedenleri

Mesleki stresin nedenlerinin sadece işyeri koşullarından kaynaklanmadığı ve bireyin aile veya sosyal yaşamından kaynaklanan kişisel faktörlerin etkisi olabileceği iddia edilebilir. Ancak, bilimsel kanıtlar, birçok işyeri koşulunun mesleki strese önemli ölçüde katkıda bulunduğunu göstermektedir [13]. Mesleki stresin çeşitli nedenleri Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Mesleki Stresin Nedenleri [13]

### **2.1.2. Stres belirtileri**

Stres tepkisi veya uyum süreci, kısa ve uzun vadede organizmayı tehdit ederek çeşitli zararlara yol açar. Bu zararlar baş ağrısı, yüksek tansiyon, kalp rahatsızlıkları gibi fiziksel hastalıkların yanı sıra psikolojik veya zihinsel sağlık sorunlarını da içerebilir. Bireylerin stresle başa çıkma şekilleri, davranış kalıplarına ve zihinsel özelliklere bağlı olarak çeşitlenir ve duygusal sorunlara, örneğin geri çekilme, kabullenme, karşı koyma, korku, endişe, depresyon gibi tepkilere neden olabilir.

Dikkat eksikliği, zihinsel toplama güçlüğü, ilişki kurma zorluğu, unutkanlık ve takıntılı düşünceler gibi zihinsel düzeydeki sorunlar da stresin etkileri arasındadır [14]. Stres altındaki bireyler genellikle sınırlı olabilir, küçük olaylara aşırı tepki gösterebilir, uyku düzenlerinde değişiklikler yaşayabilir, alkol ve sigara kullanımında artış gösterebilir ve genel olarak yorgun ve huzursuz hissedebilirler. Kuşku duyguları arttıkça, kontrol isteği artabilir, tansiyon yükselir, hafıza zayıflar ve konsantrasyon bozulabilir [15].

Stres belirtileri genellikle çelişkili ve karmaşıktır ve fiziksel, davranışsal ve psikolojik belirtiler olarak üç ana grupta toplanabilir. Bu belirtiler her bireyde farklılık gösterir ve zaman içinde değişebilir. Belirtiler genellikle aşamalı olarak kötüleşir, ancak bazen belirli semptomlar azalabilir veya yerine yeni belirtiler gelebilir [16].

### **2.1.3. Stresin performansa etkileri**

Aşırı stres, bireyler üzerinde fizyolojik, psikolojik ve davranışsal zararlar doğururken, aynı zamanda iş görenin aşırı stres altında olması örgütsel açıdan önemli zararlara neden olabilir. İş yaşamında stresin örgüt üzerindeki etkisi genellikle performans düşüklüğü, iş gören devir hızının artması, iş kazalarının çoğalması, işe devamsızlık, işten ayrılma ve süreç bütünlüğünü kavrayamamaktan kaynaklanan yabancılaşma gibi durumları içerir [17].

Örgütlerin etkin bir şekilde faaliyet göstermesi, çalışanların performansı ile doğrudan ilişkilidir ve bu performans psikolojik iklimlere, yani stres düzeylerine bağlıdır. Ancak stresin her zaman negatif bir etki yaratmadığı, aksine bazen başarı elde etmek için gerekli bir faktör olduğu da unutulmamalıdır. Stresin yapıcı ve yıkıcı olmak üzere iki boyutu bulunmaktadır. Zorlukları aşmak ve başarı elde etmek için

belli bir düzeyde stresin gereklilik olduğu, ancak işyerindeki çatışmalara yol açan stres kaynaklarının ortadan kaldırılması gerektiği ifade edilmektedir [18].

Stresin genellikle olumsuz etkilerine odaklanılsa da, stresin her zaman negatif olmadığı ve kriz durumlarında bireylerin güçlerini ortaya çıkarabilecek bir faktör olabileceği vurgulanmalıdır [19]. Orta düzeyde stresin verimliliği artırabileceği, ancak aşırı yüksek stresin fiziksel ve zihinsel sağlığı bozabileceği belirtilmektedir. Hastalıkların büyük bir kısmının temelinde stres faktörlerinin yattığı ve stres sonucu oluşan hastalıkların maliyetinin sosyal yardımların yüzde onunu teşkil ettiği ifade edilmektedir [19].

## 2.2. Stresin Psikososyal Ölçümleri

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanında psikososyal risk değerlendirmesi, çalışanların ruhsal ve sosyal sağlığını etkileyen faktörleri belirleyerek, bu risklere karşı önlemler almayı amaçlar. Psikososyal risk değerlendirmesi yapmak, çalışanların iş stresi, iş memnuniyeti, motivasyon, ilişkiler ve örgütsel destek gibi faktörlere odaklanmayı içerir.

İş stresi anketleri genellikle stres etkenlerini (örneğin zaman baskısı) ve kaynaklarını (örneğin görev kontrolü) sıklık veya yoğunluklarına göre derecelendirmek amacıyla kullanılır [20]. Bu anketler, çalışanların kendi öz bildirimlerini içeren bir formatta gerçekleştirilir. Bu yöntem, çok sayıda çalışanın katılımına olanak tanıyarak ekonomik ve uygun bir değerlendirme sağlar [21].

Greulich ve ark. (2021) ise çalışanların işle ilgili streslerini değerlendirmek için çeşitli sosyal karşılaştırmaları kullanarak, bu sürecin yanıt yanlılığının bir kaynağı olabileceğini belirtir. Bu noktada, sosyal karşılaştırma nesnelere çeşitliliği göz önüne alındığında, iş stresi anketlerinin güvenilirliği ve geçerliliği üzerindeki etkilerini araştırmak için sosyal karşılaştırma sürecini standartlaştırmanın bir alternatif olabileceği ifade edilir [22].

Bu çalışma, işyerindeki stres etkenlerinin ve kaynaklarının değerlendirilmesinde sosyal karşılaştırmanın standartlaştırılmasının potansiyel etkilerini psikometrik sonuçlara odaklanarak araştırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, işle ilgili stresle ilişkilendirilen sosyal karşılaştırmanın rolünü ve bu sürecin çalışanların değerlendirmelerini nasıl etkilediğini incelenecektir.

İş sağlığı bağlamında işin özellikleri üzerine odaklanan stres teorilerine değinilmiştir. İş talebi kontrol modeli, iş talepleri ve iş kontrolünün çalışanların sağlığı ve refahı üzerindeki etkisini açıklamak için geliştirilmiştir [23]. Bu model, daha sonra işle ilgili stresi daha kapsamlı bir şekilde ele alan iş talebi kaynak modeli tarafından genişletilmiştir [24]

### **2.2.1. Psikososyal riskler ve stres**

Psikososyal' ifadesi, Oxford sözlüğünde bireylerin düşünce ve davranışlarının sosyal etkenlerle ilişkisini tanımlar [25]. Erikson, yaşam boyu değişim odaklı sekiz evreli bir psikososyal gelişim kuramı sunmuştur. Olgunlaşma süreci, bireye yeni beceriler kazandırırken aynı zamanda ona yeni sorumluluklar yükler. Her evrede, toplum bireyin ihtiyaçlarını karşılarken, olgunlaşma sürecinde ebeveynin bakımı, okul, toplumsal örgütler, meslekler ve değerler önemli bir rol oynar [26]. Psikososyal terimi özellikle sosyal yapının bireysel özelliklere olan etkilerini açıklamak için kullanılır ve bu etkenlere bağlı olarak ortaya çıkan faktörlerin sağlık sonuçları üzerindeki etkisini araştıran sağlık uzmanları için önemlidir [27].

### **2.2.2. Psikososyal risk ölçekleri**

Psikososyal risklerin ölçülmesi için farklı dillere adapte edilmiş birçok ölçek bulunmaktadır. Bu ölçekler genellikle iş stresi ile ilişkilendirilebilecek çeşitli değişkenleri ölçmek amacıyla kullanılmaktadır (27).

Başlıca psikososyal risk ölçekleri, iş ortamındaki çeşitli faktörleri değerlendirmek üzere geliştirilmiş önemli araçlardır. Bu ölçekler, çalışanların iş yaşamlarındaki deneyimlerini anlamak ve potansiyel riskleri belirlemek amacıyla kullanılır. Bu ölçeklerin bazıları şu şekildedir [28]:

**Sağlık ve Güvenlik Uygulaması Göstergesi (HSE INDICATOR TOOL):** Bu ölçek, çalışanların iş ortamındaki talepler, kontrol düzeyi, destek, ilişkiler, rol ve değişimle başa çıkma yetenekleri üzerindeki etkilerini değerlendirir. Sağlık ve güvenlik performansını ölçmek için kullanılır.

**İş Stresi Araştırması (JOB STRESS SURVEY):** Bu ölçek, iş stresi, baskı ve destek eksikliği gibi faktörleri değerlendirerek çalışanların stresle başa çıkma yeteneklerini anlamak için kullanılır.

İş Tanımlama Araştırması (JOB DIAGNOSTIC SURVEY): Bu ölçek, işin çeşitli yönlerini değerlendirir, özellikle yetenek değişkenliği, otonomi, görev anlamlılığı, görev tanımı ve geribildirim konularında detaylı bilgiler sağlar.

İş İçeriği Ölçeği (JOB CONTENT QUESTIONNAIRE): Karar serbestliği, psikososyal talepler, sosyal destek, fiziksel talepler ve iş güvencesizliği gibi iş içeriği ile ilgili faktörleri değerlendiren bir ölçektir.

İş Özellikleri İndeksi (JOB CHARACTERISTICS INDEX): Bu ölçek, işin yapısal özelliklerini değerlendirir ve yetenek değişkenliği, otonomi, geribildirim, çalışanlar arası etkileşim, görev tanımı ve arkadaşlık gibi faktörleri içerir.

Çaba-Ödül Dengesi (EFFORT-REWARD IMBALANCE): Bu ölçek, çalışanların iş yüküne karşı gösterdikleri çaba ile karşılığında aldıkları ödüller arasındaki dengeyi değerlendirir. Nicel ve nitel iş yükü ile gelir, itibar, kariyer ve güvence gibi ödüller arasındaki ilişkiyi inceleyerek stres faktörlerini belirlemeye odaklanır.

Algılanan Stres Ölçeği (PERCEIVED STRESS SCALE): Bu ölçek, bireylerin genel yaşam stresini değerlendirmek için kullanılır. Günlük yaşamla ilgili stres faktörlerini algılama düzeyini ölçer ve kişinin stresle başa çıkma yeteneklerini değerlendirir.

Kopenhag Psikososyal Risk Ölçeği (COPENHAGEN PSYCHOSOCIAL QUESTIONNAIRE): Bu ölçek, iş ortamında karşılaşılan niceliksel ve duygusal talepleri, liderlik, sosyal destek, iş güvencesi, iş doyumunu gibi bir dizi değişkeni değerlendirmek için kullanılır. Çalışanların zihinsel ve fiziksel sağlığı üzerindeki etkilerini anlamak için çeşitli parametreleri içerir.

Fazla Sorumluluk Alma Genel NORDIC Ölçeği (GENERAL NORDIC QUESTIONNAIRE): Bu ölçek, iş talepleri, kontrol düzeyi, rol beklentileri, sosyal etkileşim, liderlik ve iş-meslek hayatı ile özel hayat arasındaki etkileşimi değerlendirir. Çalışanların genel iş yaşam kalitesini anlamak için çeşitli değişkenleri içerir.

Çok Boyutlu Örgütsel Sağlık Ölçeği (MULTIDIMENSIONAL ORGANISATIONAL HEALTH QUESTIONNAIRE): Bu ölçek, organizasyon içinde çevresel rahatlık, amaç netliği, rekabetin önemi, dinleme, bilginin kullanılabilirliği,

çatışma, ilişkiler, sorun çözümü, talep, güvenlik, etkililik, hakkaniyet, iş tanımları, sosyal yarar ve yeniliğe açıklığı değerlendirir.

NIOSH Genel İş Stresi Ölçeği (NIOSH GENERIC JOB STRESS QUESTIONNAIRE): Bu ölçek, iş yükü, sorumluluk, rol talepleri, zihinsel talepler, çatışma, yeteneklerin kullanımı, çalışma olanakları, iş kontrolü, bireysel stres, sosyal destek ve saygınlığı değerlendirerek genel iş stresini analiz eder.

NOVA WEBA Ölçeği (NOVA WEBA QUESTIONNAIRE): Bu ölçek, kontrol gereksinimleri, iş talepleri, iş kompozisyonu, zaman baskısı, belirsizlik, eğitim ve deneyimin işe uygunluğu, duygusal çaba/tükenme gibi faktörleri değerlendirerek iş ortamındaki stres unsurlarını ölçer.

Mesleksel Stres İndeksi (OCCUPATIONAL STRESS INDEX): Duyusal girdiler, merkezi karar verme, görev performansı, düşük yük, yüksek talep, sıkı disiplin, zaman baskısı, caydırmaya maruziyet, uyanıklık, çatışma ve belirsizlik gibi değişkenleri içerir.

Mesleksel Stres Göstergesi (OCCUPATIONAL STRESS INDICATOR): Bu ölçek, iç etmenler, yönetsel roller, ilişkiler, kariyer/gelişim, kurum yapısı, ev-iş ilişkisi, düşük iş memnuniyeti, zayıf zihinsel/fiziksel sağlık, baş etme yeteneği, strese yatkın kişilik gibi faktörleri değerlendirir.

Mesleksel Stres Sayımı (OCCUPATIONAL STRESS INVENTORY): Mesleksel roller, kişisel zorlanma ve kişisel kaynaklar gibi faktörleri içerir.

Mesleksel Stres Ölçeği (OCCUPATIONAL STRESS QUESTIONNAIRE): İşin karmaşıklığı, otonomi, rol netliği, kurum kültürü, üstlerinden destek, iletişim, iş değeri, iş tehlikeleri, geribildirim, zaman baskısı gibi değişkenleri değerlendirir.

Baskı Yönetimi Göstergesi (PRESSURE MANAGEMENT INDICATOR): İş memnuniyeti, kurumsal memnuniyet, kurumsal güvence, kurumsal uygunluk, ruhsal durum, esneklik, güven düzeyi, fiziksel bulgular, enerji düzeyi, işyükü, ilişkiler, tanınma, kurum kültürü, kişisel sorumluluk, yönetimin rolü, ev/iş dengesi, günlük mücadeleler, bireysel farklılıklar gibi çeşitli faktörleri içerir.

Psikososyal Çalışma Koşulları (PSYCHOSOCIAL WORKING CONDITIONS): Bu ölçek, iş talepleri, iş kontrolü ve sosyal destek gibi psikososyal çalışma koşullarını değerlendirir.

Stres Tanımlama Araştırması (STRESS DIAGNOSTIC SURVEY): Bu ölçek, bireysel ve organizasyonel stres faktörlerini değerlendirir. Bireysel düzeyde rol çatışması, iş kapsamı, zaman baskısı, kariyer, sorumluluk, nicel/nitel iş yükü gibi değişkenleri içerirken, organizasyonel düzeyde politika, ödül, düşük kullanım, yönetim tarzı, kurum yapısı, insan kaynakları gelişimi gibi faktörleri değerlendirir.

Stres Düzenlemesi Ölçeği (STRESS D'ORGANISATION QUESTIONNAIRE): Bu ölçek, fazla iş yükü, rol tanımı, fazla sorumluluk, rol çatışmaları, işyerinin gezici olması, karar gücü, işe ilgi, iş güvencesi, üstlerinin ya da iş arkadaşlarının desteği, iş memnuniyeti, zihinsel ve fiziksel sağlık gibi faktörleri değerlendirerek stres düzenlemesi üzerindeki etkileri inceler.

Stres Kesiti (STRESS PROFILE): Bu ölçek, psikososyal iş çevresi, iş içeriği, iş yükü/kontrolü, liderlik anlayışı, fiziksel iş çevresi, aile ilişkileri, büyük yaşam olayları, iş memnuniyeti, bakış açısı, uygunluk, baş etme yeteneği, stres yanıtları gibi çeşitli değişkenleri içerir.

Stres Riski Değerlendirmesi Ölçeği (STRESS RISK ASSESSMENT QUESTIONNAIRE): Bu ölçek, kurum kültürü, talepler, kontrol, ilişkiler, organizasyon değişikliği, rol, destek, sağlık, performans, işyeri baskısıyla baş etme, organizasyonel değişim gereksinimi, öneriler gibi faktörleri değerlendirerek stres riskini belirler.

İş ve Sağlık (TRAVAIL ET SANTÉ): Bu ölçek, görev içeriği, iş organizasyonu, fiziksel koşullar, güvenlik/ekipman, ilişkiler, iş-özel hayat etkileşimi, kariyer, sağlık ve iş görüşü gibi değişkenleri içerir.

TRIPOD SIGMA Ölçeği (TRIPOD SIGMA QUESTIONNAIRE): Bu ölçek, yöntem, donanım, planlama, iletişim, deneyim/yetenek, uyumsuz amaçlar, sosyal destek, bireysel koruma gibi faktörleri değerlendirir.

Soru ve İş Deneyimi Değerlendirmesi (VRAGENLIJST BELEVING EN BEOORDELING VAN DE ARBEID): Bu ölçek, iş özellikleri, çeşitlilik, otonomi, ilişkiler/iletişim, görev açıklığı, bilgilendirme, ücret, kariyer, iş güvencesizliği, memnuniyet, zorlanma gibi değişkenleri içerir.

İş Çevresi Ölçeği (WORK ENVIRONMENT SCALE): Bu ölçek, bağlılık, akran iletişimi, üstlerle ilişkiler, otonomi, görev oryantasyonu, iş baskısı, netlik, kontrol, fiziksel rahatlık gibi faktörleri değerlendirir.

İş Koşulları ve Kontrolü Ölçeği (WORKING CONDITIONS AND CONTROL QUESTIONNAIRE): Bu ölçek, iş koşullarının kontrolü, kaynaklar, gelecek, görev yönetimi, riskler, iş planlama, zaman yönetimi gibi değişkenleri içerir.

Bu ölçekler, iş ortamında mevcut psikososyal riskleri belirleme ve çalışanların genel iyi oluşunu değerlendirme amacıyla kullanılan kapsamlı araçlardır. Bu araçlar, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını geliştirmek, çalışma koşullarını optimize etmek ve çalışanların refahını artırmak için önemli birer kaynaktır [28].

### **2.2.2.1. Kopenhag psikososyal risk değerlendirme ölçeği (KOPSOR)**

Kopenhag Psikososyal Risk Değerlendirme Ölçeği (KOPSOR), psikososyal risklere teorik bir bakış sunarak çalışanlar ve işverenler arasında bu konuda farkındalık oluşturmayı, yeni bir dil geliştirmeyi, uzun dönemde araştırmacılar ve işyerleri arasında bir köprü kurmayı ve işyerlerinde psikososyal risklerin yasal bir temele oturtulmasını amaçlayan önemli bir araçtır [29].

İşyerinde psikososyal risklerin değerlendirilmesi için uygun araçlar geliştirmek, ulusal ve uluslararası düzeyde karşılaştırmalar yapmayı mümkün kılmak, girişimlerin değerlendirilmesini geliştirmek, gözetim ve değerlendirmeyi kolaylaştırmak, işyerleri, iş sağlığı profesyonelleri ve araştırmacılar arasındaki iletişimi artırmak, kullanıcıların karmaşık kavramları ve teorileri anlamasını kolaylaştırmak bu ölçeğin geliştirilmesinde temel amaçtır [29].

KOPSOR ölçeği, diğer ölçeklerden farklı olarak bir dizi psikososyal risk teorisine dayanan bir yapıya sahiptir. İlk olarak, 2000-2005 yılları arasında Kompier tarafından derlenen psikososyal risk teorilerine dayanarak oluşturulmuştur [30].

Yapılan yeni çalışmalarla birlikte, duygusal taleplerin, işin anlamının, öngörülebilirliğin, rol netliği ve çatışmaların, işe bağlılığın ve işe etkinin, psikososyal iyilik, işten ayrılma düşüncesi ve iş devamsızlığı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. KOPSOR'un 2005 yılında yayınlanması ve kullanılmaya başlanması, işin anlamının, öngörülebilirliğin, liderlik kalitesinin, rol çatışmalarının ve duygusal taleplerin, işten ayrılma, tükenmişlik, iş yaşamı dışına itilme, işe dönme durumlarına etkilerini birbirinden bağımsız psikososyal riskler olarak tanımlamıştır [29].

KOPSOR, yalnızca tek bir teoriye dayanmaması sayesinde geniş bir başarı elde etmiştir. Bu özelliği, KOPSOR 'un endüstriyel veya hizmet sektörü gibi farklı iş

ortamlarında kullanılabilir olmasını sağlamaktadır. KOPSOR, işyerindeki psikososyal risklerin önlenmesine yönelik karar alma sürecine katkıda bulunan bir risk değerlendirme aracı olarak kullanılmaktadır. Günümüzde, 25'ten fazla dilde kullanılabilen bir kaynak haline gelmiştir.

KOPSOR, işyerinde psikososyal risklerin önlenmesi için girişim tabanlı risk değerlendirme çalışmalarına katkıda bulunmak üzere kullanılmaktadır. Bu bağlamda, Avrupa ve diğer ülkelerdeki bilimsel araştırma projelerinde aktif olarak kullanılmış ve uluslararası bir iletişim ağı oluşturularak ölçeğin geliştirme çalışmalarına devam edilmiştir [31]. KOPSOR'un bu geniş kullanımı, iş sağlığı ve güvenliği alanında uluslararası düzeyde bir standart oluşturmasını sağlamıştır. Bu da, farklı kültürlerde ve iş ortamlarında etkili bir şekilde uygulanabilir olmasını vurgular.

Dr. Nesrin Usta'nın 2019 yılındaki araştırmasında, Kocaeli Çayırova'da faaliyet gösteren bir fabrikada çalışan işçilerin psikososyal risklerini değerlendirmeyi ve bu risklerin genel sağlık durumu, iş kazası geçirme, hastalık nedenli devamsızlık gibi faktörlerle ilişkisini anlamayı amaçlamaktadır. Kesitsel bir araştırma tekniği kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaya, fabrikada çalışan 380 kişinin tamamının katılımı hedeflenmiş, ancak 281 kişinin veri formları çalışmaya dahil edilmiştir [32].

Araştırmada, Kopenhag Psikososyal Risk Değerlendirme Ölçeği (KOPSOR-TR) ve araştırmacı tarafından hazırlanan sosyodemografik bilgileri içeren bir veri formu kullanılmıştır. Bulgulara göre, çalışanların psikososyal risklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir, özellikle çalışma hızı, nicel talepler, duygusal talepler, gelişme olanağı eksikliği gibi alt boyutlarda yüksek puanlar alınmıştır.

Çalışanların psikososyal riskleri ile günlük çalışma süresi, vardiyalı çalışma, yöneticilik görevi ve kronik hastalık varlığı arasında anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Ayrıca, çalışılan bölüm, eğitim düzeyi ve kronik hastalık varlığının son bir yılda devamsızlığı etkilediği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, çalışma grubundaki işçilerin psikososyal risklerinin genel sağlık, iş kazası geçirme ve devamsızlık üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Bu bulgular, işyerlerinde psikososyal risklerin değerlendirilmesinin ve yönetilmesinin önemini vurgulamaktadır [32].

Gökçen ARKAN DEMİRAL ve ekibinin 2023 yılındaki kesitsel çalışmasında, tekstil sektöründeki bir iş yerinde psikososyal riskler ve mental sağlık

birlikteliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmaya 407 kişi katılmış ve psikososyal risk değerlendirme ölçeği kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak mental sağlık durumu belirlenmiş ve çeşitli bağımsız değişkenler incelenmiştir [33].

Çalışmanın bulgularına göre, psikososyal riskler arasında en öncelikli olanlar çalışma hızının yüksek olması, tanınırlık eksikliği, işe etki eksikliği, sosyal destek eksikliği olarak belirlenmiştir. Kadınların psikososyal risk puanları erkeklerden daha yüksek bulunmuştur. Mesleki sınıfa göre değerlendirildiğinde, psikososyal risklerin çoğu beyaz yakalılarda mavi yakalılara göre anlamlı olarak yüksek saptanmıştır. Beyaz yakalılarda yaş ve cinsiyete göre düzeltildiğinde, psikososyal risklerin çoğunun mental sağlık üzerine olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan KOPSOR-TR-kısa formuyla elde edilen psikososyal risk puanları incelendiğinde, en yüksek risk puanları çalışma hızı, tanınırlık eksikliği, işe etki eksikliği risklerinde bulunmuştur. Kadınların özellikle çalışma hızı, akrana sosyal destek eksikliği, iş-ev çatışması ve adalet saygı eksikliği risklerine erkeklerden daha fazla maruz kaldığı saptanmıştır.

Sonuç olarak, tekstil sektöründe çalışan beyaz yakalıların mavi yakalılara göre daha yüksek psikososyal risklere maruz kaldığı ve bu risklerin mental sağlık üzerinde olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, KOPSOR kapsamında gerçekleştirilen bir kesitsel araştırmanın temel bulgularını sunmaktadır [33].

Jana Sepp ve ekibinin 2019 yılındaki çalışması, hızla yaşlanan insanlık nüfusu ve buna bağlı olarak artan yaşlı bakımevi ihtiyacı üzerine odaklanmaktadır. Bakımevleri, finansman ve işgücü yönetimi konularında farklı zorluklarla karşı karşıyadır. Sınırlı kaynaklar, yöneticilerin hizmetleri başarmak ve sınırlı fonlarla kaliteli bakım sağlama olanakları bulmalarına neden olmaktadır. Bu durum, bakım profesyonellerini işlerinde birçok psikososyal risk faktörü ile başa çıkmaya zorlamaktadır. Çalışmanın amacı, bakım çalışanları arasındaki işle ilgili psikososyal risk faktörlerini ve bunların zihinsel sağlık sorunları (ZSS) ile ilişkilerini keşfetmektir [34].

Dokuz Estonya bakımevinde çalışan bakım personeli arasında kesitsel bir anket yapılmıştır. Kopenhag Psikososyal Risk Değerlendirme Anketi'nin ikinci versiyonu (KOPSOR II) kullanılarak psikososyal iş faktörleri ve ZSS'ler (stres, somatik belirtiler, depresif belirtiler, tükenmişlik, bilişsel belirtiler ve uyku

bozuklukları) analiz edilmiştir. Verileri analiz etmek için tanımlayıcı istatistikler ve Pearson korelasyonu kullanılmıştır. Çalışma, bakım çalışanlarının zihinsel sağlığı üzerinde psikososyal risk faktörlerinin önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Psikososyal risk faktörleri ile tükenmişlik, stres, uyku bozuklukları, bilişsel, depresif ve somatik belirtiler arasında güçlü bir korelasyon bulunmuştur. Çalışma ayrıca, bakım çalışanları için en yaygın sorunun iş organizasyonu ve iş içeriği olduğunu göstermektedir.

Üç farklı çalışma, Kopenhag Psikososyal Risk Değerlendirme Ölçeği (KOPSOR) kullanılarak işyerlerindeki psikososyal risk faktörlerini ele alarak işçilerin sağlık ve iş performanslarına olan etkilerini değerlendirmiştir. KOPSOR, iş ortamındaki psikososyal riskleri sistematik bir şekilde değerlendirmek için kullanılan etkili bir araçtır. Bu çalışmalar, KOPSOR'un iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında işverenlere ve çalışanlara rehberlik ederek çalışma ortamlarının iyileştirilmesine katkı sağlayabilecek etkili bir araç olduğunu vurgulamaktadır [34].

#### **2.2.2.2. Algılanan stres ölçeği**

Algılanan Stres Ölçeği (ASÖ), stresin ölçülmesinde kullanılan ve bireylerin kendi algılarına dayalı olarak stres düzeylerini değerlendirmeye yönelik bir araçtır. Cohen, Kamarc ve Mermelstein (1983) tarafından geliştirilen bu ölçek, stresin bireyin yaşantısındaki etkilerini değerlendirmeyi amaçlar [35]. ASÖ stresin sadece objektif olaylardan kaynaklanan bir durum olmadığını, aynı zamanda bireylerin bu olayları nasıl algıladıklarının da önemli olduğunu vurgular. Ölçek, kişisel stres algısını anlamak ve bireylerin bu algılarına dayanarak nasıl başa çıkabilecekleri konusunda bilgi sağlamayı hedefler. Ölçeğin temel dayanağı, stresin bireyin algılarına ve bu algıların sağlık üzerindeki etkilerine yönelik bilimsel literatürdür.

ASÖ'nün güvenilirliği, ölçeğin iç tutarlık (internal consistency) katsayıları ve test-tekrar test güvenilirliği gibi faktörlere dayanmaktadır. Ayrıca, ölçeğin yapı geçerliği incelenerek, stres algısının doğru bir şekilde yansıtılıp yansıtılmadığı değerlendirilir.

Bu ölçek genellikle araştırma projelerinde ve klinik çalışmalarda bireylerin stres düzeylerini belirleme amacıyla kullanılır. Türkçe'ye uyarlaması ve yerel bağlamda kullanılması, ülkemizde stresle ilgili çalışmalara katkıda bulunmak açısından önemlidir. Aynı zamanda, bireylerin stresle başa çıkma stratejilerini

belirleme ve stres yönetimi konusunda müdahaleler geliştirme süreçlerine rehberlik etmek için kullanılabilir.

Algılanan Stres Ölçeği (ASÖ), toplam 14 madde içerir ve katılımcılara her bir maddeyi "Hiçbir zaman (0)" ile "Çok sık (4)" arasında değişen bir 5'li Likert tipi ölçek üzerinde değerlendirme yapma olanağı tanır. Maddelerden 7'si olumlu ifadeler içerir ve bu olumlu ifade içeren maddeler tersten puanlanır.

ASÖ, 14 maddelik uzun formuyla birlikte, daha kısa formları olan ASÖ-10 ve ASÖ-4'ü de içerir. ASÖ-14'ün puan aralığı 0 ile 56 arasında değişirken, ASÖ-10'un puanları 0 ile 40, ASÖ-4'ün puanları ise 0 ile 16 arasında değişmektedir. Yüksek puanlar, bireyin stres algısının fazla olduğunu gösterebilir.

Ölçeğin amacı, bireylerin stresle başa çıkma düzeyini değerlendirmek ve stresin bireyin yaşamındaki etkilerini anlamaktır. Bu ölçek, stresin sadece dışsal faktörlerden kaynaklanmadığını, aynı zamanda bireylerin bu faktörleri nasıl algıladığının da önemli olduğunu vurgular. ASÖ, güvenilirlik ve geçerlik açısından test edilmiş bir ölçme aracıdır ve farklı formları, kullanıcılara ölçüm yapma esnekliği sunar.

Bu ölçek, stresle ilgili araştırmalarda ve klinik uygulamalarda bireylerin stres düzeylerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkçe'ye uyarlanmış ve psikometrik özellikleri test edilmiştir, bu da Türkiye'deki çalışmalarda kullanımını destekler [35].

Erol TEKİN ve arkadaşlarının 2018'de gerçekleştirdikleri çalışmanın amacı, farklı meslek gruplarındaki bireylerin stres düzeylerini belirlemek ve stresle başa çıkma tarzlarını incelemektir. Stresin hayatın bir parçası olduğu ve kontrol altına alınmadığında olumsuz sonuçlara yol açabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, stresin düzeyini değerlendirmek ve etkili başa çıkma stratejilerini ortaya koymak, hem bireylerin hem de organizasyonların sağlığı açısından önemlidir. Algılanan stres ölçeği, katılımcıların stresle başa çıkma düzeylerini belirlemek ve çalışma ortamlarındaki potansiyel stres faktörlerini anlamak açısından araştırmacılara kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır [36].

Araştırmanın örneklemi, 287 kişiden oluşmaktadır. Araştırma sağlık personeli, öğretmen, bankacı, akademisyen, asker/polis, mühendis, muhasebeci, öğrenci ve madenci gibi farklı meslek gruplarını içermektedir.

Stres düzeyini ölçmek için Algılanan Stres Ölçeği (ASÖ) ve stresle başa çıkma tarzlarını belirlemek için Stresle Başa Çıkabilme Ölçeği (SBCÖ) kullanılmıştır. ASÖ'nün genel güvenilirlik katsayısı yüksek bulunmuş, bu ölçeğin bireylerin algıladıkları stres düzeyini etkili bir şekilde ölçebildiği gösterilmiştir.

Araştırma bulgularına göre, farklı meslek gruplarının stres düzeyleri arasında belirgin farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Madencilik mesleği, genel olarak diğer meslek gruplarına göre daha yüksek stres düzeyine sahiptir. Bu durum, mesleğin doğasında bulunan risk faktörleriyle ilişkilendirilebilir. Ayrıca, stresle başa çıkabilme tarzları incelendiğinde, akademisyenlerin ve öğretmenlerin sosyal destek arama, iyimser yaklaşım ve kendine güvenli yaklaşımı daha fazla benimsedikleri görülmüştür [36].

Çalışmanın bulguları farklı meslek gruplarının stres düzeyleri ve başa çıkma stratejileri açısından farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, bireylerin meslekleriyle ilişkili stres faktörlerini anlamak ve etkili başa çıkma stratejileri geliştirmek için önemli bir temel sağlamaktadır.

Z. Mehmet Fırat'ın 2018 yılında gerçekleştirdiği araştırma, öğretmenlerin algılanan stres düzeylerini ölçmeyi amaçlayan bir perspektifle, mesleki doyum, iş-aile çatışması ve aile iş çatışmasının bu algı üzerindeki etkilerini incelemeyi hedeflemektedir. Algılanan stres ölçeği, öğretmenlerin stresle başa çıkma ve iş ortamlarındaki stresi değerlendirme kapasitelerini belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca demografik faktörlerin, cinsiyet, medeni durum, eğitim durumu, statü, yaş, çalışma zamanı, okulda çalışma süresi ve meslekteki tecrübe yılı gibi, öğretmenlerin algıladıkları stres düzeyleri üzerindeki etkileri de araştırma kapsamında değerlendirilmiştir [37].

Araştırmanın bağımsız değişkenleri iş-aile çatışması, aile-iş çatışması ve mesleki doyum olarak belirlenirken, bağımlı değişken algılanan stres olarak tanımlanmıştır. Öğretmenlerin stres düzeylerini daha iyi anlamak amacıyla, algılanan stres ölçeği, Cohen, Kamarck ve Mermelstein tarafından geliştirilmiş olan ve katılımcıların kendi yaşamlarındaki olayları ne düzeyde stresli olarak algıladıklarını ölçen bir araç olarak kullanılmıştır. Ayrıca demografik değişkenlerin algılanan stres üzerindeki etkilerini anlamak için öğretmenlerin cinsiyet, medeni durum, eğitim durumu, statü, yaş, çalışma zamanı, okulda çalışma süresi ve meslekte tecrübe yılı

gibi özellikleri de değerlendirilmiştir. Örnekleme, Milli Eğitim Bakanlığı 2014 verileri kullanılarak rastgele seçilen 333 öğretmenden oluşmaktadır.

Araştırma sonuçları, öğretmenlerin genel olarak düşük düzeyde stres algıladıkları tespit edilmiştir. Demografik değişkenlerin algılanan stres üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı görülmüştür. İş-aile çatışması, aile-iş çatışması ve mesleki doyumun algılanan stres üzerindeki etkileri incelendiğinde, aile iş çatışmasının en etkili olduğu, iş-aile çatışmasının ve mesleki doyumun da etkili olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, öğretmenlerin algıladıkları stres düzeylerini değerlendirmek ve bu stresle başa çıkmak için alınacak önlemleri belirlemek açısından önemli bir referans sağlamaktadır [37].

Sami Abdo Radman Al-Dubai ve ekibinin 2016 yılındaki çalışması; demiryolu sektöründe çalışanlar, özellikle lokomotif motor pilotları, panjur ve bakım işçileri, işin katı protokoller ve sınırlı dinlenme içeren doğası nedeniyle genellikle yüksek stres altında bulunmaktadır. Bu sektörde daha önce yapılan araştırmalar, demiryolu çalışanlarının genellikle yüksek düzeyde algılanan stres yaşadığını göstermiştir. Bu çalışma, Malezya'daki demiryolu çalışanları arasında algılanan stres düzeyini belirlemeyi ve bu stresle ilişkili faktörleri anlamayı amaçlamaktadır [38].

Çalışma, Malezya Demiryolu Nüfusuna Dayalı Çalışma adlı nüfusa dayalı kesitsel bir çalışmanın bir parçası olarak gerçekleştirilmiştir (11). Araştırmaya, Malezya'nın en büyük demiryolu ağı sağlayıcısında çalışan ve Keretapi Tanah Melayu Berhad Kooperatif Derneği üyesi olan demiryolu işçileri dahil edilmiştir. Toplam 729 işçi, KTMB Kooperatif İşçiler Derneği üyeleri olarak belirlenmiş ve çalışmaya katılmıştır. Anketler, işçilerden alınan yazılı onam ile postal yoluyla gönderilmiştir. Toplamda 513 anket, %70,4'lük bir yanıt oranı ile analiz edilmiştir.

Araştırmada algılanan stres düzeyini değerlendirmek için Algılanan Stres Ölçeği-10 (ASÖ-10) kullanılmıştır. ASÖ-10, katılımcıların geçen ay içinde yaşadıkları stresi değerlendirmelerine odaklanan bir ölçektir. Malay versiyonu, 0,71'lik bir Cronbach alfa değerine sahip olup, bu çalışmada da kullanılmıştır. PSS-10'un her bir maddesi, 5'li Likert ölçeğinde derecelendirilmiş ve toplam puanlar 0 ile 40 arasında değişmiştir.

Tanımlayıcı analizlerle sosyodemografik özellikler incelenmiş, algılanan stres ölçeğinin toplam puanının normallik testi yapılmış ve Cronbach alfa iç tutarlılık

analizi için kullanılmıştır. Algılanan stres puanları arasındaki demografik farklılıkları belirlemek için t-testi kullanılmış, ilişkili faktörleri belirlemek için genel doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre, demiryolu çalışanları arasında ortalama algılanan stres puanı 18,8 (4,3) olarak belirlenmiştir. Algılanan stresin demografik değişkenlerle ilişkisi incelendiğinde, lise eğitilmiş işçilerin, yüksek öğrenim görmüş olanlara göre daha yüksek stres puanlarına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, beyaz yakalı çalışanların mavi yakalılara göre daha yüksek algılanan stres yaşadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, 10 yıldan fazla süredir çalışan işçilerin algılanan stresinin, kıdemsiz çalışanlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın sonuçları, demiryolu çalışanları arasında eğitim düzeyi ve iş türünün algılanan stresle ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle, eğitim düzeyinin düşük olması ve mavi yakalı işlerde çalışmanın, algılanan stres düzeyini artırabileceği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, işyerlerinde stresle başa çıkma mekanizmalarını geliştirmek ve çalışanların psikolojik refahını artırmak için organizasyonlar tarafından çeşitli önlemler alınması önerilmiştir [38].

Marina Mondo ve arkadaşları 2019 daki çalışmalarında, Algılanan Stres Ölçeği'nin (PSS) İtalyanca versiyonlarının, IPSS-14, IPSS-10 ve IPSS-4'ün, İtalyan geçici işçiler üzerindeki psikometrik özelliklerini çevirmeyi ve değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın temel amaçları arasında ölçeklerin faktör yapısını, güvenilirliğini ve geçerliliğini belirlemek yer almaktadır [39].

Katılımcılar: İki ila beş arasında geçici iş sözleşmesine sahip, 22 ile 55 yaşları arasındaki 649 işçi çalışmaya dahil edilmiştir.

Ölçümler IPSS'nin İtalyanca versiyonu kullanılmıştır. Ayrıca, depresyon belirtilerini değerlendirmek için Beck Depresyon Envanteri, 2. Sürüm (BDI-II) kullanılmıştır.

Çalışma, IPSS-14'ün iki faktör yapısını doğrulamış ancak IPSS-10 ve IPSS-4 için beklenen doğrulamayı elde edememiştir. IPSS-10'un ve IPSS-4'ün iç tutarlılık güvenilirliği zayıf bulunmuştur. Ancak, IPSS-10'un algılanan stresi değerlendirmek için daha uygun olduğu ve diğer versiyonlara göre daha iyi psikometrik özelliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın sınırlamaları arasında yalnızca geçici işçilerle sınırlı olması, test-tekrar güvenilirliğin değerlendirilmemesi ve sadece kendini bildirilen ölçümlere dayanılması bulunmaktadır.

Bu çalışma, IPSS'nin İtalyan geçici işçiler arasında algılanan stres ölçümü için uygun bir araç olduğunu göstermektedir. IPSS-10, kısa bir ölçüm aracı olarak öne çıkarken, diğer versiyonlar daha zayıf performans göstermiştir. Algılanan stresin değerlendirilmesinde IPSS-10'un kullanımını önerilmektedir [39].

Bu grup çalışmaları, Algılanan Stres Ölçeği'nin (PSS) kullanımını çeşitli meslek grupları ve sektörlerinde değerlendirerek stres düzeylerini ve başa çıkma stratejilerini anlamayı amaçlamaktadır. Erol Tekin ve arkadaşlarının 2018'deki çalışması, sağlık personeli, öğretmen, bankacı, akademisyen, asker/polis, mühendis, muhasebeci, öğrenci ve madenci gibi farklı meslek gruplarındaki bireylerin Algılanan Stres Ölçeği kullanılarak stres düzeylerini belirlemiş ve başa çıkma tarzlarını incelemiştir. Bulgular, meslek grupları arasında belirgin farklılıklar olduğunu ve özellikle madencilik sektöründe daha yüksek stres düzeylerinin tespit edildiğini göstermektedir.

Bu çalışmalar, Algılanan Stres Ölçeği'nin farklı meslek gruplarında ve kültürlerde etkili bir şekilde kullanılabileceğini ve stresle başa çıkma stratejilerini anlamak için önemli bir araç olduğunu vurgulamaktadır.

### **2.3. Kortizol Hormonu ve Stres**

İnsanlarda, psikososyal stres, hipotalamus-hipofiz-adrenal (HPA) eksenini aktivasyonuna neden olur. Bu ekseninde rol alan hormonların, izin verici, uyarıcı, baskılayıcı ve hazırlayıcı etkileri, stresle başa çıkma sürecinde çeşitli psikolojik ve fizyolojik süreçlerin aktivasyonu ve koordinasyonu yoluyla homeostazın korunmasına hizmet ettiğine inanılmaktadır. Bu hormonlar arasında kortikotropin salgılayan hormon (CRH), adrenokortikotropin hormonu (ACTH), ve özellikle stres tepkisinin önemli bir bileşeni olan kortizol bulunmaktadır [40].

Kortizol, adrenal bezler tarafından salgılanan ve vücudun stresle başa çıkmasında kilit bir rol oynayan bir hormondur. Stresle karşılaşıldığında, beyindeki hipotalamus, kortizol salınımını başlatan bir dizi olayı tetikler. Bu süreç,

hipotalamik-hipofiz-adrenal (HPA) eksenini olarak bilinir ve vücudun homeostazını korumak için stres tepkisiyle ilgili bir dizi fizyolojik süreci düzenler [41,42].

Stres tepkisi başladığında, hipotalamus kortikotropin salgılayan hormonu (CRH) salgılar. CRH, hipofiz bezini uyararak adrenokortikotropik hormon (ACTH) salınımını tetikler. ACTH ise adrenal bezleri uyararak kortizol salınımını başlatır. Kortizol, bir dizi önemli fonksiyona sahiptir. Kortizol, vücuttaki enerji rezervlerini harekete geçirerek glikojen ve yağların parçalanmasını artırır. Bu, vücuda hızlı bir enerji kaynağı sağlayarak stresle başa çıkma kapasitesini artırır. Kortizol, kan dolaşımındaki glikoz seviyelerini artırarak metabolizmayı etkiler. Bu, hücrelere yeterli enerji sağlayarak stresle mücadele için gerekli olan kaynakları sağlar. Kortizol, bağışıklık sistemini baskılar ve inflamatuvar yanıtları azaltır. Bu, akut stres durumlarında aşırı inflamasyonu önleyerek vücudu koruma amacını taşır. Kortizol, bilişsel işlevleri etkileyerek hafıza oluşumunu ve öğrenmeyi düzenler. Optimal düzeylerde kortizol, stresle ilişkili bilişsel işlevlerin geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

Stresle başa çıkma mekanizması olarak kortizolün bu fonksiyonları, akut durumlarda vücudu korumak için önemlidir. Ancak, uzun süreli veya kronik stres durumlarında kortizol seviyelerinin sürekli yüksek olması, sağlık sorunlarına yol açabilir. Kronik stres, kortizol düzeylerini düzensizleştirerek bağışıklık sistemi, kardiyovasküler sistem ve sinir sistemi dahil birçok vücut sistemi üzerinde olumsuz etkiler yapabilir. Bu durum, anksiyete, depresyon, metabolik bozukluklar ve bağışıklık sistemi zayıflığı gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir [41,42].

Akut stres durumlarındaki HPA eksenini tepkilerinin, hafıza konsolidasyonu, bağışıklık fonksiyonu, kardiyovasküler aktivasyon, glikoz metabolizması ve duygusal işleme gibi çeşitli psikolojik ve fizyolojik süreçleri etkileyerek adaptif kısa ve orta vadeli sonuçlar doğurduğu düşünülmektedir [43].

Ancak, kronik düzensizlik ve/veya CRH, ACTH ve kortizol hormonlarının sürekli aşırı salgılanmasının, hem bedensel hem de zihinsel sağlık üzerinde uzun vadeli zararlı etkiler yarattığı belirtilmiştir [44]. Bu durum, stresin sürekli etkileriyle ortaya çıkan kortizol düzeylerindeki kalıcı yükseklik, bağışıklık sistemi zayıflığı, kardiyovasküler sorunlar, metabolik bozukluklar, anksiyete bozuklukları ve depresyon gibi sağlık sorunlarına yol açabilir.

Kortizol, enerji mobilizasyonunu sağlamak, metabolizmayı düzenlemek, bağışıklık fonksiyonunu modüle etmek ve stresle başa çıkma süreçlerini desteklemek gibi önemli fonksiyonlara sahiptir. Ancak, bu hormonun dengesiz ve sürekli olarak yüksek seviyelerde salgılanması, vücut sistemlerinin uzun vadeli sağlık üzerinde olumsuz etkilenmesine neden olabilir. Bu nedenle, stresle başa çıkma stratejileri ve yaşam tarzı değişiklikleri, kortizol düzeylerini kontrol altında tutma ve uzun vadeli sağlığı destekleme açısından önemlidir [45].

Stresli koşullar altında, hipotalamus-hipofiz-adrenal (HPA) eksenini aktive olur ve kortizol sekresyonunda artışa neden olur, bu artış stresli olayın başlamasından 20 ila 40 dakika sonra zirveye ulaşır [46]. Bireyler arasında stresle başa çıkma tepkilerinde büyük farklılıklar olduğu gözlemlenmiş ve kortizol ile HPA eksenini aktivitesinin, stresle ilişkili psikolojik hastalıkların başlangıcında ve devamında merkezi bir rol oynadığı öne sürülmüştür [47]. Yüksek kortizol seviyeleri, dorsolateral prefrontal korteks (DLPFC) aktivitesinin azalması ve amigdalanın uzun süreli aktivasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Bu durum, duyu düzenleme yeteneklerinin azalmasına, sürekli olumsuz ruh hali oluşturarak ve gelecekteki stresli olaylarla başa çıkma yeteneğini (hiper)aktivite eden bir serbestleşme şeklinde ortaya çıkabilir [48].

Ayrıca, strese karşı daha yüksek kortizol reaktivitesi gösteren bireylerin, daha sonraki dönemlerde depresif belirtiler yaşama riskinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir [49]. Güvensiz bağlanma stilleri, sosyal anksiyete bozukluğunun gelişmesi için bir risk faktörü olarak kabul edilen daha yüksek kortizol seviyeleriyle de ilişkilendirilmiştir [50].

Stresli koşullarda HPA eksenini aktivitesi ile depresyon ve anksiyete gibi psikolojik bozuklukların gelişimi arasındaki ilişki göz önüne alındığında, stres düzenleme sürecini anlamak için hangi bireyler arası faktörlerin kortizol tepkisindeki farklılıkları açıklayabileceğini anlamak son derece önemlidir.

Stresli olayların önceden tahmin edilebilir olduğu durumlar, bireylerin stres etkeniyle baş etme süreçlerini kolaylaştıracak davranışsal, bilişsel ve fizyolojik ayarlamalar yapmalarına izin verir [51]. Ancak, stres beklentisi sırasında ortaya çıkan psikolojik ve fizyolojik süreçlerin, stresle karşı kortizol tepkisinin düzenlenmesini nasıl etkilediği tam olarak anlaşılammıştır. Bu nedenle, stres beklentisinin stresle ilişkili bozuklukların gelişimindeki rolünü daha iyi anlamak için daha fazla araştırma gereklidir [52].

Kortizol, stres reaktivitesindeki değişiklikler üzerinde etkili olabilir ve bu da stresin olumsuz etkilerine duyarlılığı artırabilir. Hipotalamus-hipofiz-adrenal (HPA) eksenini, uzun süreli, aşırı veya yetersiz aktivasyonu durumunda beyinde değişikliklere yol açabilir ve sonrasında psikiyatrik bozuklukların gelişmesine katkıda bulunabilir [53].

Tekrarlayan stres maruziyeti, birçok psikiyatrik bozukluğun gelişiminde önemli bir risk faktörüdür. Bu bozukluklar arasında şizofreni, bipolar bozukluk, majör depresif bozukluk [54] ve anksiyete bozuklukları bulunmaktadır. Özellikle HPA eksenini reaktivitesinin, stres ve psikopatoloji arasındaki ilişkide önemli bir rol oynadığı varsayılmaktadır [55].

Kortizol, stresle başa çıkma süreçlerinde kilit bir rol oynar. Stresle karşı verilen tepkilerde kortizolün bu rolü, enerji mobilizasyonunu desteklemek, metabolizmayı düzenlemek, bağışıklık fonksiyonunu modüle etmek ve genel olarak vücudu stresin etkilerine karşı korumak için önemlidir. Ancak, uzun süreli veya aşırı stres durumlarında kortizol seviyelerinin sürekli yüksek olması, HPA eksenini aktivasyonunun dengesizleşmesine ve beyinde değişikliklere neden olabilir, bu da psikiyatrik bozukluk riskini artırabilir. Bu nedenle, stresin uzun vadeli etkilerini anlamak ve yönetmek, psikiyatrik sağlık için önemlidir [56].

### **2.3.1. Stresin fizyolojik belirteci olarak kortizol**

"Homeostaz" terimi, bir organizmanın iç ve/veya dış ortamdaki değişikliklere rağmen, belirli vücut fonksiyonlarını (örneğin, vücut ısısı, oksijen düzeyi) dar bir aralıkta tutma yeteneğini ifade eder. Bu düzenleme süreci, karmaşık bir dizi koordineli fizyolojik mekanizma aracılığıyla gerçekleşir ve bu alandaki bilğimiz geçmiş yüzyılda önemli ölçüde ilerlemiştir [57].

İlk olarak, Selye'nin çalışmalarında, bir organizmanın fiziksel veya psikolojik stresle karşılaştığında, bu stres etkenine bağlı olarak sistemin genel bir tepki verdiği belirtildi. Bu genelleştirilmiş tepki, vücutta homeostazın yeniden kurulması ve yeni koşullara uyum sağlanması için fizyolojik ve hormonal sinyallerin (örneğin, glukokortikoidler) bir kombinasyonundan oluşur. Selye'ye göre, stresli olay devam ederse, uzun süreli bir "direnc dönemi" veya stresle uyum süreci ortaya çıkar. Ancak, sürekli stresin organizmanın yorgunluğuna neden olabileceği ve sonunda "genel

adaptasyon sendromu" adını verdikleri bir hastalığa yol açabileceği düşünülmüştür [58].

Bu yaklaşımı geliştiren McEwen, Sterling ve Eyer ise "allostasis" veya adaptasyon terimini tanıttı. Onlara göre, tükenmeye neden olan şey, bir stres etkenine tekrar tekrar maruz kalmak değil, bu stres etkeninin kendisidir. Bu duruma neden olan stres etkiyle ilişkili kimyasal araçlara sürekli maruz kalmanın sonuçları önemlidir [59].

Allostasisin temel kimyasal araçları arasında hipotalamik-hipofiz-adrenal (HPA) eksenini hormonları (örneğin, kortizol), katekolaminler (örneğin, dopamin, epinefrin ve norepinefrin) ve sitokinler bulunmaktadır. Bu kimyasal araçlara maruz kalmak, kısa vadede enerji sağlamak için taleplerle başa çıkabilse de, uzun vadede vücutta yıpranmalara neden olabilir. Örneğin, akut bir stres durumunda hipotalamus, adrenokortikotropik hormon (ACTH) salınımını uyararak kortizol salınımını başlatır. Kortizol, hayatta kalma işlevlerini destekleyerek kan basıncını ve kan şekeri seviyelerini artırır, ancak aynı zamanda üreme, bağışıklık ve sindirim işlevlerini baskılayarak enerji tasarrufu sağlar [60].

Kortizol, belirgin bir sirkadiyen ritme sahiptir; genellikle uyandıktan sonraki ilk saatte zirve yapar, ardından günün geri kalanında azalır ve gece yarısı civarında en düşük seviyeye ulaşır. Bu nedenle, kortizol düzeylerinin değerlendirilmesi, test zamanının gün içindeki saatlere göre dikkatlice seçilmesi gereken bir önem taşır. Potansiyel karışıklıklardan kaçınmak için, kortizol salgısının sirkadiyen düzenini yansıtan farklı zamanlarda, önerilen 3-4 günlük bir süre boyunca tükürük numunelerinin toplanması önerilir. Alternatif olarak, adrenokortikal aktivitenin güvenilir bir biyolojik belirteci olarak kabul edilen serbest kortizol seviyelerinin sabah uyandıktan sonraki 60 dakika içinde tekrarlanan ölçümleri de değerli bir yaklaşım sunar.

Kortizol, idrarda, plazmada ve/veya tükürükte ölçülebilir. Plazmadaki kortizolün çoğunluğu, kortikosteroid bağlayıcı globuline (CBG) sıkı bir şekilde bağlanırken, daha küçük bir kısmı albümine gevşek bir şekilde bağlanır. Geriye kalan serbest veya bağlanmamış kısım (%5'in altında), biyolojik aktivite göstermeye hazır olduğuna inanılan kısımdır. Tükürükte ölçülen mutlak kortizol seviyeleri, plazmadakilerden önemli ölçüde düşük olmasına rağmen, tükürük kortizolü ile serumdaki serbest kortizol arasında daha yakın bir ilişki olduğu bilinmektedir. Bu

nedenle, tükürük kortizol ölçümleri, serumdaki serbest kortizolün güvenilir bir alternatifi olarak kabul edilir [60].

2020 IEEE Uluslararası Tüketici Elektronikleri Konferansı'nda (ICCE) sunulan "Stres Biyobelirteci Olarak Kortizol Kullanılarak Fizyolojik Stres Tespit Modelinin Doğrulanması" başlıklı çalışma, kortizolü bir biyobelirteç olarak kullanarak fizyolojik stresi tespit etmeye yönelik bir modeli doğrulamayı amaçlamaktadır [61]. Çalışmanın temeli stres tespiti için bir model geliştirmek amacıyla kortizol seviyeleri ile fizyolojik stres göstergeleri arasındaki ilişkinin incelenmesini içermektedir. Önerilen model, stresi iki seviyeye sınıflandırmak için iki fizyolojik sinyal kullanır: Galvanik Cilt Tepkisi (GSR) ve Fotopletismograf (PPG). Deney süresi boyunca zaman noktalarında alınan tükürük örneklerinin yanı sıra toplam 13 katılımcıdan GSR ve PPG sinyalleri toplanmıştır. Modeli eğitmek için 13 katılımcıdan 10'unu kullanılmıştır. Geriye kalan 3 katılımcıdan elde edilen veriler, stresli durumları stresli olmayan durumlardan ayırmada modelin sağlamlığını test etmek için kullanılmıştır. Stresli olayların oluşumunu tahmin etmede sırasıyla %93, %99 ve %96 hassasiyet, ve %92'lik genel bir doğruluk elde edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışma kortizolün stres seviyesinin belirlenmesinde belirteç olarak kullanılmasının doğruluğunu kanıtlamaktadır [61].

Noushad ve arkadaşlarının yaptığı çalışma, kronik stresin fizyolojik biyobelirteçlerini inceleyen bir sistemik derlemeyi ele almaktadır. Toplam 671 çalışma incelenmiş ve 37 uygun çalışma, kronik stres için potansiyel biyobelirteçleri belirlemek amacıyla dahil edilmiştir [62].

Çalışma, kronik stresle ilişkilendirilen HPA Ekseni biyobelirteçleri olan kortizol, ACTH ve BDNF'yi ele almaktadır. Saç örnekleri aracılığıyla yapılan çalışmalar, kronik stresin biyobelirteci olarak kortizol ölçümünü desteklemekte ve saç kortizolünün uzun vadeli kortizol seviyelerini değerlendirmek için yararlı bir araç olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, kronik stresin bağışıklık sistemi üzerindeki etkilerini vurgulayarak, stresle ilişkili hastalıkların anlaşılmasına ve tedavisine katkıda bulunabileceği sonucuna varmaktadır [62].

### **2.3.2. Kortizol düzeylerini ölçmek için mevcut yöntemler**

Çalışmada, kortizol hormonunun ölçümü için farklı yöntemlerin kullanılabilmesi belirtilmektedir (Çizelge 2.1.). Bu yöntemler arasında

immunoassays (IA's) ve mass spectrometry analizleri gibi yaygın analitik teknikler bulunmaktadır. En sık kullanılan IA türleri arasında Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA) yer almaktadır. Diğer immunoassay türleri arasında Chemiluminescent Immuno Assays (CLIA) ve Radio Immuno Assays bulunmaktadır. Ayrıca, Lateral Flow Immuno Assay (LFIA) gibi immunoassay metodolojileri de kullanılmaktadır.

Çalışmada belirtilen bilgilere göre, elektrokimyasal sensörlerin kullanımı da kortizol ölçümü için umut verici bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Özellikle elektrokimyasal sensörlerin, geleneksel tekniklere göre PoC (point-of-care) kortizol algılaması için daha güvenilir, niceliksel ve kullanımı daha kolay bir teknik olduğu belirtilmektedir [63].

**Çizelge 2.1: Kortizol Hormonu Ölçüm Yöntemleri**

Yöntem	Açıklamalar	Avantajlar	Dezavantajlar	Referans
Enzim Bağlantılı İmmünosorbent Testi (ELISA)	ELISA, kortizol gibi biyomolekülleri belirlemek için yaygın olarak kullanılır. Ancak, örneklerin işlenmesi ve analiz süreci zaman alıcıdır.	- Yüksek duyarlılık ve spesifiklik: Kortizol seviyelerini hassas bir şekilde ölçebilir. - Tekrarlanabilirlik: Sonuçlar tutarlıdır. - Büyük ölçekli analizlerde etkili: Çok sayıda örnek üzerinde çalışabilir.	- Uzun işlem süresi: Tamamlanması zaman alabilir. - Yüksek maliyet: Reaktifler ve ekipman pahalı olabilir. - Yanıltıcı sonuçlar: Karmaşık örneklerde doğruluk problemi. - Karmaşık ekipman ve uzmanlık gereksinimi: Özel cihazlar ve deneyimli personel gerektirir. - Yüksek maliyet ve zaman alıcı süreç: Ekipman ve analiz süresi pahalı olabilir.	[64]
Kütle Spektrometrisi Analizleri	Kütle spektrometrisi, en yüksek doğrulukla kortizol seviyelerini ölçebilir, ancak bu yöntemin kullanımı özel laboratuvar gerektirir ve maliyetlidir.	- Yüksek hassasiyet ve spesifiklik: Moleküler düzeyde yüksek doğruluk sağlar. - Çoklu analizlere uygun: Birden fazla bileşiği aynı anda analiz edebilir.	- Duyarlılık ve ölçüm aralığında sınırlamalar: Hassasiyet düşük olabilir. - Karmaşık örneklerde doğruluk sorunları: Yanıltıcı sonuçlar verebilir.	[64]
Lateral Akış İmmün Testi (LFIA)	LFIA, saha çalışmaları ve hızlı tanı gerektiren durumlar için uygundur. Ancak, düşük hassasiyet ve doğruluk sorunları nedeniyle bazı durumlarda sınırlamaları olabilir.	- Hızlı sonuçlar: Sonuçlar kısa sürede elde edilir. - Taşınabilirlik: Cihazlar küçük ve taşınabilirdir. - Basit kullanım ve düşük maliyet: Kullanımı kolay ve ekonomik.	- Duyarlılık ve ölçüm aralığında sınırlamalar: Hassasiyet düşük olabilir. - Karmaşık örneklerde doğruluk sorunları: Yanıltıcı sonuçlar verebilir.	[65], [66]

**Çizelge 2.1: (Devamı) Kortizol Hormonu Ölçüm Yöntemleri**

Yöntem	Açıklamalar	Avantajlar	Dezavantajlar	Referans
Elektrokimyasal Sensörler	Elektrokimyasal sensörler, özellikle point-of-care (PoC) sistemlerinde kullanılır ve hızlı, taşınabilir çözümler sunar. Ancak, bazı durumlarda doğruluk ve hassasiyet sınırlamaları olabilir.	- Hızlı sonuçlar: Anında analiz imkanı sağlar. - Taşınabilirlik: Kompakt ve taşınabilir cihazlar. - Düşük maliyet ve kolay kullanım: Uygun fiyatlı ve basit cihazlar.	- Duyarlılık ve ölçüm aralığında sınırlamalar: Bazı analizlerde yeterli hassasiyeti sağlamayabilir. - Karmaşık örneklerde doğruluk sorunları: Güvenilirlik değişebilir.	[67]
Point-of-Care (PoC) Sistemleri	PoC sistemleri, hızlı teşhis ve acil durumlar için idealdir. Taşınabilirlik ve kolay kullanım, saha çalışmaları ve hastane ortamlarında avantaj sağlar. Ancak, bazı cihazların hassasiyeti sınırlı olabilir.	- Hızlı sonuçlar: Hastanın yakınında hızlı teşhis. - Taşınabilirlik: Mobil ve kolay taşınabilir. - Düşük maliyet: Genellikle uygun maliyetli. - Kullanım kolaylığı: Basit ve genellikle eğitim gerektirmez. - Gerçek zamanlı izleme: Hasta durumu sürekli izlenebilir.	- Duyarlılıkta sınırlamalar: Bazı PoC cihazları laboratuvar cihazları kadar hassas değildir. - Ölçüm aralığında sınırlamalar: Belirli analizlerde yetersiz kalabilir. - Kalibrasyon gereksinimi: Düzenli olarak kalibrasyon yapılmalıdır.	[68]

### 2.3.3. Kortizol örnekleme alanları

Kortizol hormonu saç, idrar, tükürük, ter, serum ve plazma gibi farklı biyolojik örneklerden tespit edilebilir [69].

Saçın biyolojik numune olarak kullanımı son 20 yılda artmıştır. Özellikle adli bilimlerde, toksikoloji alanında ve sporcularda doping kontrollerinde saç örnekleri sıkça kullanılmaktadır. Saç gövdesinde biriken kortizol, özellikle süreli kortizol kontrollerinde analiz için kullanılabilir. Saç örneklerinden kortizol tespiti için metanol kullanılarak saç gövdesinden ayrılabilir ve ELISA gibi yöntemlerle analiz edilebilir.

İdrardaki kortizol seviyesi 24 saatlik idrardan ölçülerek belirlenir, bu test 24 saatlik kortizol testi olarak adlandırılır. İdrardaki kortizol hormonu miktarı ile kandaki serbest kortizol miktarı arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır. İdrardan kortizol tespiti, ince tabaka kromatografisi (TLC), MS/MS, florimetri gibi yöntemlerle gerçekleştirilebilir.

Serum ve plazma örneklerinden kortizol hormonu tespiti, diğer örneklerden daha zorlu bir süreçtir. Diğer steroidlerin ve moleküllerin bulunduğu bir ortamda

analiz yapılması gerekmektedir. Kortizol hormonunun diğer moleküllerle etkileşimini engellemek için önceki aşamalardan geçilmesi gereklidir. Genellikle serumdan immünolojik testlerle analiz gerçekleştirilir.

Kan içindeki kortizol hormonu, alındıktan sonra yaklaşık 80 dakika içinde serbest hale gelir. Serum ve plazma numunelerindeki zorluklarla karşılaşıldığı için bu numuneler genellikle serumdan immünolojik testlerle analiz edilir. Kandan kortizol hormonu analizi karmaşık, maliyetli ve zaman alıcı bir süreçtir.

Tükürükteki kortizol miktarı, kandan yaklaşık 100 kat daha düşüktür. Bu nedenle, tükürükten kortizol tespiti için düşük gözlenebilme sınırına sahip testler kullanılmaktadır. Tükürük örnekleri, yumurtalık fonksiyonları, Cushing sendromu, konjenital adrenal hiperplazi gibi durumların teşhisi için kullanılabilir.

Ter numuneleri, serbest kortizol içerir ve tükürük kortizol düzeyi ile korelasyon içindedir. Ter örneklerinden kortizol tespiti, ELISA testi, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC), ince tabaka kağıt kromatografisi ve immünoensörler gibi yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Bu yöntemler, kortizol hormonunun farklı biyolojik örneklerde tespiti için çeşitli analiz tekniklerini içermektedir [69].

#### **2.3.4. Kortizol hormonunun kolorimetrik ölçümü**

Kortizol hormonunun tespiti için çeşitli kolorimetrik yöntemleri bulunmaktadır, özellikle sülfürik asit temelli testler, Porter-Silber reaktifi, altın nanopartikül aracılığıyla Porter-Silber reaktifi, Prusya mavisi testi ve mavi tetrazolyum yöntemini içermektedir. Sülfürik asit testlerinde, steroid-asit karışımlarının absorbans değerlerinin farklılıkları kullanılarak kortizol tespiti yapılmaktadır. Porter-Silber reaktifi, seyreltik sülfürik asit, metanol ve fenilhidrazin içeren solüsyon ile sarı renk değişimi ile kortizolü tespit eder, ancak bu reaksiyon süresi yaklaşık 90 dakikadır. Altın nanopartikül aracılığıyla Porter-Silber reaktifi, hazırlanan reaktifi altın nanopartiküller ile birleştirilerek daha hızlı bir ölçüm sağlar. Singh ve Verma tarafından bildirilen Prusya mavisi testi, kortizol hormonunu indirgeyerek analiz eder ve renk değişimi ile tespiti gerçekleştirir. Mavi tetrazolyum yöntemi ise tetrametilamonyum hidroksit çözeltisi içinde kortizolün tespitini sağlayarak renk değişimi ile gözlemlenir [70].

Ethan Tu ve ekibinin 2020 yılındaki çalışmasında, kortizol hormonunun çeşitli biyolojik sıvılardaki konsantrasyonlarını belirlemek için farklı kolorimetrik analiz yöntemlerini incelemiştir. Kortizol, adrenal korteks tarafından salgılanan bir hormon olup, stres seviyelerini izlemek ve stresle ilişkili hastalıkları anlamak için önemlidir. Saç, ter, kan, tükürük, idrar gibi biyolojik örneklerden kortizol tespiti için farklı yöntemler incelenmiştir [70].

Çalışmada, saç örneklerinden kortizol tespiti için metanol kullanılarak saç gövdesinden ayrılması ve ELISA gibi yöntemlerle analiz edilmesi önerilmiştir. İdrar örneklerinden kortizol tespiti için 24 saatlik idrar testi kullanılmakta olup, bu testin, kan ile doğrusal bir korelasyon içerisinde olduğu belirtilmiştir. Serum ve plazma örneklerinden kortizol tespiti, diğer örneklerden daha zorlayıcı olup kemilüminesans immünoanalizleri ile gerçekleştirilmektedir. Kan örneklerinden kortizol tespiti için genellikle serumdan immünolojik testler tercih edilmektedir.

Tükürük örneklerinden kortizol tespiti, pasif difüzyon yolu ile tükürüğe steroid olan aldosteron ve kortizolün karışmasına rağmen, düşük gözlenebilme sınırına sahip testler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Ter örneklerinden kortizol tespiti, serbest bağlanmamış kortizol hormonunu içermekte olup, ELISA, HPLC, ince tabaka kağıt kromatografisi gibi yöntemlerle analiz edilebilmektedir.

Çalışma ayrıca dört farklı kolorimetrik analiz yöntemi olan sülfürik asit, Porter-Silber reaktifi, Prusya mavisi ve mavi tetrazolyumun kortizol tespiti için kullanılabilirliğini değerlendirmiştir. Mavi tetrazolyumun, hızlı reaksiyon hızı, düşük toksisite, düşük LoD ve basit analiz gibi avantajları nedeniyle genel olarak en iyi yöntem olduğu sonucuna varılmıştır [70].

Bu çalışma, kortizol tespiti için çeşitli biyolojik örneklerden farklı analiz yöntemlerini inceleyerek, bu hormonun stresle ilişkili hastalıkların anlaşılmasında potansiyel bir izleme aracı olarak kullanılabilirliğini vurgulamaktadır.

Ebru Cingöz'ün 2022 deki çalışmasında, kortizol hormonunun vücuttaki önemi ve tezin temel amacı belirtilmiştir. Kortizolün stres hormonu olarak bilindiği ve çeşitli sistemlere olan etkilerini düzenlediği vurgulanmıştır. Tez kapsamında giyilebilir mikroakışkan tabaka aracılığıyla ter örneklerinin toplanması ve mavi tetrazolyum reaktifi ile birleştirilerek kolorimetrik analiz yapıldığı belirtilmiştir. ESP 32 modülü kullanılarak alınan fotoğraflar üzerinden RGB kanal yoğunluğu

değerlerine dayalı olarak kortizol düzeylerinin etiketleme yöntemi ile kantitatif analizinin gerçekleştirildiği ifade edilmiştir [71].

Ayrıca, mavi tetrazolyum yöntemiyle yapılan kolorimetrik reaksiyonun optimizasyonu başarıyla tamamlanmış, renk yoğunluğunun konsantrasyon artışına doğru orantılı olarak değiştiği belirtilmiştir. Yapılan denemelerde 0.8 ng/ml'lik konsantrasyonda renk değişiminin gözlemlendiği ve bu değer insan ter örneklerine uygun olduğu vurgulanmıştır.

Reaktif bölgelerin oluşturulmasından sonra hava teması ve selüloz reaksiyonu nedeniyle renklenme meydana geldiği, bu nedenle raf ömrü belirlemenin zor olduğu belirtilmiş ve bu sorunu çözmek amacıyla yeni bir model geliştirildiği ifade edilmiştir. Yeni modelde, ter numunelerinin toplanması ve reaktif solüsyonuna batırılmasının ardından renk oluşumunun fotoğraflanarak RGB değerlerinin okunduğu ve bu değerlere dayalı olarak analiz yapıldığı belirtilmiştir.

Son olarak, ESP32 Cam modülü ile alınan RGB değerlerinin Z-skoru ile değerlendirildiği, bu değerler arasında kortizol konsantrasyonu ile doğru orantılı bir ilişki bulunduğu ve sistemin yüksek hassasiyet ve uygun maliyetli olduğu sonucuna varıldığı ifade edilmiştir [71].

Bu çalışmanın genel olarak kortizol analizi konusunda mavi tetrazolyum reaktifi kullanarak kolorimetrik bir yöntem geliştirme, giyilebilir mikroakışkan tabaka tasarımı ve ESP32 modülü ile görüntü analizi gibi konulara odaklandığı özetlenebilir.

#### **2.4. Yapay Zeka ve Bilgisayarla Görü**

Yapay Zeka (AI), insan zekasını taklit edebilen, insan düşüncesine ve eylemlerine benzer davranışlar sergileyebilir makinelerin yaratılmasını kapsar. Bu öykünme, öğrenme ve problem çözme yetenekleri de dahil olmak üzere insan bilişle bağlantılı özellikleri kapsar. Yapay zekanın temel kalitesi, önceden tanımlanmış bir hedefe ulaşma olasılığı yüksek olan rasyonel karar verme ve eylemleri yürütme kapasitesinde yatmaktadır. Yapay zeka geliştirme süreci, makinelerin bilgi edinmesini, akıl yürütmesini ve karar vermesini sağlamak için tasarlanmış gelişmiş algoritmaların ve hesaplamalı modellerin kullanımını içerir. Yapay zekanın bir alt kümesi olan makine öğrenimi bu süreçte çok önemli bir rol

oynamaktadır. Büyük veri kümelerine maruz kalma yoluyla makineler kalıpları, eğilimleri ve ilişkileri öğrenebilir, edindikleri bilgileri güncelleştirmelerine ve yeni, görülmemiş verilere uygulamalarına olanak tanımaktadır [72].

Önemli yönlerden biri, yinelemeli öğrenme deneyimleri aracılığıyla bir yapay zeka sistemini eğitmektir. Eğitim aşamasında yapay zeka sistemi, geri bildirim dayalı olarak anlayışını ve performansını geliştirir, doğruluğunu ve etkinliğini artırmak için dahili parametrelerini sürekli olarak ayarlar. Bu yinelemeli öğrenme, yapay zekanın zaman içinde uyum sağlamasını ve gelişmesini sağlayarak çeşitli görevleri yerine getirmede daha yetkin olmasını sağlamaktadır.

Ayrıca yapay zekada problem çözme genellikle karmaşık karar verme süreçlerini içermektedir. Yapay zeka sistemleri, çeşitli senaryoları değerlendirmelerine, potansiyel sonuçları tartışmalarına ve önceden tanımlanmış hedeflere göre en uygun eylem planını seçmelerine olanak tanıyan algoritmalarla donatılmıştır. Bu yetenek özellikle otonom araçlar, doğal dil işleme ve stratejik planlama gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

Nihai hedef, yalnızca insan zekasını taklit etmekle kalmayıp, aynı zamanda onu belirli açılardan aşan, çok çeşitli sorunlara etkili ve güvenilir çözümler sağlayan yapay zeka sistemleri yaratmaktır. Bunu başarmak, sürekli araştırma ve geliştirmeyi, algoritmaların iyileştirilmesini ve yapay zeka teknolojilerinin sorumlu ve faydalı bir şekilde uygulanmasını sağlamak için etik hususların ele alınmasını gerektirir [73].

#### **2.4.1. Kolorimetri ve bilgisayarla görü**

Kolorimetri, rengin niceliği ve karakterizasyonu ile ilgilenen bilimsel bir disiplindir. Ton, doygunluk, parlaklık ve kontrast dahil olmak üzere rengin çeşitli yönlerinin ölçümünü ve analizini içermektedir. Kolorimetrik bilgi, kimya, biyoloji, tıp ve endüstri dahil olmak üzere çok çeşitli alanlardaki nesnelerin ve maddelerin özelliklerinin anlaşılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır.

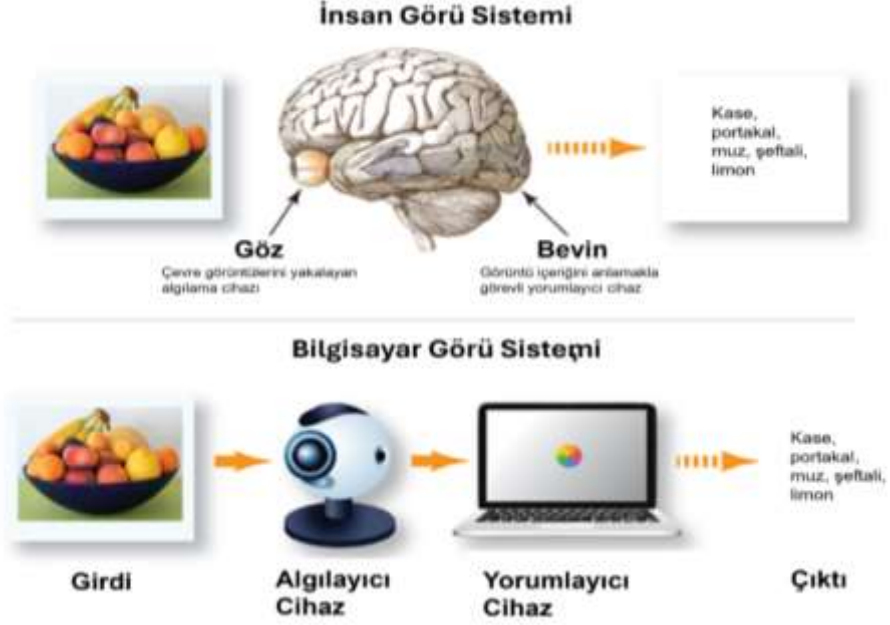
Kolorimetrideki temel kavramlardan biri, renklerin tanımlanmış bir koordinat sistemindeki matematiksel temsili olan renk uzayıdır. Yaygın olarak kullanılan renk uzayları arasında RGB (Kırmızı, Yeşil, Mavi), CMYK (Cyan, Macenta, Sarı, Siyah) ve CIE XYZ (Commission Internationale de l'Eclairage XYZ) bulunur. Her renk uzayının, uzay içindeki belirli renkleri temsil eden kendi koordinatları vardır.

Parlaklık ve kontrast kolorimetrisinin temel bileşenleridir. Parlaklık, bir rengin genel yoğunluğunu veya parlaklığını ifade ederken kontrast, bir görüntünün veya nesnenin farklı bölümleri arasındaki parlaklık farkını tanımlamaktadır. Hem parlaklık hem de kontrast, fotometri ve görüntü işleme algoritmaları gibi çeşitli teknikler kullanılarak niceliksel olarak ölçülebilir ve analiz edilebilir [74].

Günlük yaşamda kolorimetrik bilgiler, fotoğraf ve video prodüksiyonunda renk derecelendirme, baskı ve tekstil endüstrilerinde renk eşleştirme, ürün tasarımı ve pazarlamada renk analizi gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bilimsel araştırmalarda kolorimetri, kimyasal bileşiklerin rengini analiz etmek ve reaksiyon koşullarındaki değişiklikleri tespit etmek için kullanıldığı kimya gibi renk değişim analizlerinin sıklıkla kullanıldığı alanlarda da kritik bir rol oynar. Biyoloji ve tıpta kolorimetrik analizler, enzim analizleri ve immünohistokimya gibi biyolojik numunelerin niteliksel ve niceliksel analizi için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kolorimetrisinin temel uygulamalarından biri, ışığın maddeler tarafından emilmesinin, iletilmesinin ve yansımalarının ölçülmesini içeren spektrofotometri alanıdır. Spektrofotometreler, bu ölçümleri ışığın farklı dalga boylarında gerçekleştirmek için kullanılan araçlardır ve araştırmacıların ayrıntılı kolorimetrik veriler elde etmesine ve malzemelerin optik özelliklerini analiz etmesine olanak tanımaktadır.

Bilgisayarla görme, dijital görüntülerin veya videoların hesaplamalı analizine ve yorumlanmasına odaklanan ve insan görsel sistemi tarafından yürütülen süreçlere benzer süreçlerin otomatikleştirilmesine yönelik kapsamlı bir amaç ile karakterize edilen çok disiplinli bir bilimsel alanı temsil etmektedir. Bu disiplinler arası alan, bilgisayar bilimi, yapay zeka ve mühendisliğin kesiştiği noktada yer almaktadır ve insan görüşünün doğasında bulunan incelikli yetenekleri yalnızca kavramakla kalmayıp aynı zamanda kopyalamaya çalışmaktadır [75].



**Şekil 2.3: Bilgisayarlı Görüde Derin Öğrenme[75]**

Mühendislik açısından bakıldığında bilgisayarlı görme, karmaşık görsel görevleri açıklamaya ve otomatikleştirmeye odaklanır. Bu, dijital görüntülerden veya video akışlarından elde edilen bilgilerin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesinin bütünsel sürecini kapsar (Şekil 2.3). Bu alanın disiplinlerarası doğası, bilgisayar bilimi algoritmalarının, görüntü işleme tekniklerinin, makine öğrenimi metodolojilerinin ve son zamanlarda derin öğrenme modellerinin derin etkisinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını gerektirir [76].



**Şekil 2.4: Yapay Zeka Alanlarının Kapsam Diyagramı [76]**

Yapay zekanın daha geniş kapsamı içinde bilgisayarlı görme çok önemli bir rol üstlenmektedir (Şekil 2.4). Dijital görüntülerde mevcut olan karmaşık görsel kalıpları ayırt etmek ve anlamak için hesaplamalı modellerin eğitimini içerir. Hiyerarşik özellikleri doğrudan verilerden öğrenme yeteneği ile derin öğrenme modellerinin kullanılması, bilgisayarlı görme sistemlerinin yeteneklerini önemli ölçüde geliştirmiştir. Genellikle çok katmanlı sinir ağlarından oluşan bu modeller, görsel içeriği doğru bir şekilde tanımlama, sınıflandırma ve hatta oluşturma konusunda uzmandır.

Bilgisayarla görme uygulamaları geliştirmek için çeşitli programlama dilleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Python,C++,Java,MATLAB,JavaScript,R, Bilgisayar Birleştirilmiş Cihaz Mimarisi(CUDA) ,Julia, Lisp, ve Prolog bu dillere örnek olarak gösterilebilir. Bilgisayarla görme alanında, geliştirme sürecini kolaylaştırmak ve önceden oluşturulmuş işlevlerden yararlanmak için çeşitli kütüphaneler ve çerçeveler yaygın olarak kullanılmaktadır [77].

#### **2.4.1.1. Opencv**

OpenCV, ilk olarak 1999 yılında Intel tarafından geliştirilmiş olup, bilgisayarla görme görevleri için en popüler kütüphanelerden biridir. Çeşitli programlama dillerini destekleyerek, C++, Python ve Java gibi, geniş kullanıcı kitlesine hitap etmektedir. OpenCV, görüntü işleme, video analizi, özellik algılama, nesne tanıma ve makine öğrenimi entegrasyonu gibi birçok işlevi içermektedir. Modüler yapısı, kullanıcıların karmaşık bilgisayarlı görme uygulamalarını verimli bir şekilde geliştirmelerine olanak tanımaktadır.

OpenCV, robotikte navigasyon, nesne algılama ve yerelleştirme gibi görevleri kolaylaştırmanın yanı sıra, sağlık hizmetlerinde tıbbi görüntü analizi, hastalık teşhisi ve cerrahi konularında da yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda otomotiv sektöründe gelişmiş sürücü destek sistemlerine ve otonom araç navigasyonuna olanak tanımaktadır. Güvenlik ve gözetimde yüz tanıma, hareket algılama ve aktivite izleme amacıyla da kullanılmaktadır. OpenCV ayrıca eğlence, artırılmış gerçeklik ve endüstriyel otomasyon alanındaki uygulamalara da destek sağlamaktadır. OpenCV'nin işlevleri arasında bulanıklaştırma, keskinleştirme, kenar algılama gibi işlemler, anahtar noktaların ve tanımlayıcıların belirlenmesi için SIFT, SURF ve ORB gibi algoritmaların kullanımı, nesnelere konumunu belirleme için

YOLO ve SSD gibi derin öğrenme tabanlı yöntemler, görüntülerin anlamlı bölgelere bölünmesi için havza ve ortalama kayma gibi algoritmaların kullanımı gibi konular bulunmaktadır. Ayrıca, sınıflandırma, regresyon ve kümeleme gibi görevler için makine öğrenimi modellerinin eğitimi ve dağıtılması gibi konularda da oldukça kullanışlı ve etkilidir.

Renk analizi ve sınıflandırması açısından da oldukça önemli olan bu kütüphane her biri belirli uygulamalar için benzersiz avantajlara sahip olan çeşitli renk alanlarını kullanılmaktadır. RGB (Kırmızı-Yeşil-Mavi), HSV (Ton-Doymuluk-Değer), LAB ve YUV renk uzayları OpenCV'de yaygın olarak kullanılan temsiller arasındadır. Özellikle bu renk uzayları arasındaki dönüşümlerin kolayca yapılabilmesi kütüphanenin önemini artırmaktadır. Bir görüntüdeki renklerin dağılımını karakterize etmek için Renk histogramları kullanılır. OpenCV, renk histogramlarını hesaplamak ve değiştirmek için etkili işlevler sağlamaktadır. Histogram tabanlı analiz, görüntü alma, nesne tanıma ve sahne analizi gibi görevlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Görüntü segmentasyonu, bilgisayarlı görme uygulamalarında çok önemli bir adımdır ve renk tabanlı segmentasyon yöntemleri, basitliği ve etkinliği nedeniyle popülerdir. OpenCV, eşikleme, kontur algılama ve bölge büyütme gibi teknikleri kullanarak renk segmentasyonu için araçlar sunmaktadır.

OpenCV renk analizini güçlendirirken aydınlatma farklılıkları, renk tutarsızlıkları ve hesaplama karmaşıklığı, renk tabanlı algoritmaların güvenilirliğini etkileyebilir. Aydınlatma farklılıkları; görüntüdeki aydınlatma farklılıklarını azaltmak için renk dengesini düzeltmek, beyaz dengesini ayarlamak veya histogram eşitleme gibi teknikler, renk dengeleme için RGB renk uzayında sadece belirli renk kanallarını kullanmak veya farklı renk uzaylarına geçiş yapmak gibi yöntemler kullanılabilir. Renk tutarsızlıkları farklı renk uzaylarını kullanarak renk tutarsızlıklarını azaltabilir. Örneğin, HSV veya LAB renk uzayları, renk bilgilerini daha tutarlı bir şekilde temsil etmektedir. Ayrıca burada oluşan sorunların çözümü için renk filtrasyon uygulanmalıdır. Görüntüdeki renklerde hesap karmaşıklığı görüntüdeki çözünürlük ve kalite fonksiyonları kullanılarak, görüntüyü örneklemek hesaplama karmaşıklığını iyileştirmektedir. Bu bağlamda örnekleme analiz bölgelerinin sınırlanması (ROI) yalnızca belirli bir bölgeyi inceleyerek hesaplama karmaşıklığını azaltır, genel renk analiz performansını artırmaktadır. Bölgesel

aydınlatma farklılıklarını azaltmak için ise adaptif filtreleme teknikleri kullanılabilir [78].

#### **2.4.1.2. TensorFlow**

Google Brain ekibi tarafından 2015 yılında Derin sinir ağları için eğitim ve çıkarımlara özel önem veren, makine öğrenimi ve yapay zeka alanları için tasarlanmış çok yönlü, ücretsiz ve açık kaynaklı bir yazılım kitaplığıdır [3]. Bu kütüphane Python, JavaScript, C++ ve Java gibi birden fazla programlama dilini destekleyerek, çok sayıda sektörde çeşitli uygulamalara uyarlanabilir hale getirmektedir.

TensorFlow, geliştiricilere, işleme düğümlerinden oluşan bir ağ üzerinden veri akışını gösteren veri akışı grafikleri oluşturma yetkisi vermektedir. Her düğüm bir matematiksel işleme karşılık gelirken, düğümler arasındaki bağlantılar veya kenarlar tensör olarak bilinen çok boyutlu veri dizilerini temsil etmektedir.

Bu kütüphane uygulamaları çok yönlüdür ve yerel makineler, bulut kümeleri, iOS ve Android gibi mobil cihazlar dahil olmak üzere çeşitli platformlarda yürütülebilir. Üstelik Google'ın bulut altyapısı sayesinde TensorFlow modelleri, gelişmiş performans için TensorFlow İşleme Birimi (TPU) gibi özel donanımlardan yararlanabilir. Bu modeller eğitildikten sonra, tahminleri verimli bir şekilde sağlamak için çeşitli cihazlara yerleştirilebilir [79].

#### **2.4.1.3. PyTorch (TorchVision)**

TorchVision, PyTorch ekosistemindeki popüler bir bilgisayarlı görüntü kütüphanesidir. PyTorch, Facebook'un AI Araştırma laboratuvarı (FAIR) tarafından geliştirilen açık kaynaklı bir makine öğrenimi kütüphanesidir. TorchVision, PyTorch kullanarak bilgisayarlı görüntü uygulamaları oluşturmaya yardımcı olacak çeşitli işlevler ve yardımcı programlar sağlamaktadır. TorchVision, MNIST, CIFAR-10, CIFAR-100, ImageNet vb. gibi bilgisayarlı görü araştırmalarında yaygın olarak kullanılan çeşitli standart veri kümelerine erişim sağlamaktadır. Ayrıca, eğitim ve öğretim amacıyla bu veri kümelerini verimli bir şekilde yüklemek ve önceden işlemek için veri yükleyiciler sunmaktadır. TorchVision, yeniden boyutlandırma, kırpma, döndürme, çevirme, normalleştirme ve daha fazlası gibi çok çeşitli görüntü dönüştürme işlevlerini içermektedir. Bu dönüşümler, sinir ağı modeline beslenmeden

önce görüntüye uygulanarak eğitim verilerinin artırılmasına ve model genellemesinin iyileştirilmesine yardımcı olabilir. TorchVision, ResNet, AlexNet, VGG, DenseNet vs. fazlası dahil olmak üzere çeşitli son teknoloji derin öğrenme mimarileri için önceden eğitilmiş modeller sağlamaktadır. Bu önceden eğitilmiş modeller genellikle ImageNet gibi büyük ölçekli veri kümeleri üzerinde eğitilir ve ince ayarlar yapılabilir veya öğrenme görevlerini aktarmak için kullanılabilir.

TorchVision ayrıca model performansını değerlendirmek için yardımcı programlar, görüntü veri kümeleri için görselleştirme araçları ve bilgisayarla görme görevleri için kullanışlı işlevler sunmaktadır [80].

#### **2.4.1.4. Dlib**

Makine öğrenimi, bilgisayarlı görme ve görüntü işleme görevlerine odaklanan bir C++ kitaplığıdır. Nesne algılama, yüz tanıma, yüz yer işareti algılama, görüntü segmentasyonu gibi çeşitli görevlere yönelik araçlar sunan bir kütüphanedir. DLIB, verimliliği, esnekliği ve kapsamlı işlevselliği nedeniyle hem akademik araştırmalarda hem de endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. DLIB, destek vektör makinelerini (SVM), derin öğrenmeyi (Caffe kütüphanesiyle entegre) ve kümeleme algoritmalarını kapsayan kapsamlı bir makine öğrenme algoritmaları paketi sunmaktadır. Kitaplık ayrıca bilgisayarlı görme görevleri, görüntü dönüştürme, özellik çıkarma, nesne izleme ve geometrik işlemler için kapsamlı bir araç repertuarı sağlamaktadır.

İşlevsellikleri arasında dikkat çekenler, hem statik görüntülerde hem de dinamik video dizilerinde nesne tespiti ve takibi için özel olarak tasarlanmış yöntemlerdir. Bu tür yetenekler, araç tespiti, yaya tespiti ve hareket analizi dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere çeşitli uygulamaları kolaylaştırmaktadır. DLIB, platformlar arası olacak şekilde tasarlanmıştır ve Windows, Linux ve macOS gibi çeşitli işletim sistemleri ile uyumluluğunu sağlamaktadır. DLIB'in göze çarpan bir özelliği, titizlikle optimize edilmiş uygulamalar yoluyla verimliliğe olan bağlılığıdır. Bu optimizasyon, hesaplama hızını artırmak ve bellek kullanımını en aza indirmek için özel olarak tasarlanmış olup, DLIB'e büyük ölçekli veri kümelerini etkili bir şekilde işleme ve gerçek zamanlı işleme taleplerini dikkate değer bir verimlilikle karşılama kapasitesi kazandırır [81].

#### 2.4.2. Makine öğrenmesi ve kortizol hormonu

"Makine Öğrenmesi Tabanlı Taşınabilir Sensörler ve Kortizol Kullanarak Yaşlı Yetişkinlerde Stres İzleme" başlıklı çalışma, yaşlı yetişkinlerde stresin izlenmesine odaklanarak makine öğrenimi, taşınabilir sensörler ve stres biyobelirteci olarak kortizol kullanmaktadır. Araştırmacılar, kalp atış hızı, deri sıcaklığı ve aktivite düzeyleri gibi fizyolojik sinyalleri sürekli olarak izlemek için bir taşınabilir sensör kullanılmıştır. Ayrıca, stresle ilişkilendirilen bir hormon olan kortizol düzeylerini analiz etmek için tükürük örnekleri toplanmıştır [82]. Çalışmada kullanılan taşınabilir sensör belirtilmemiş olsa da, muhtemelen kalp atış hızı ve deri sıcaklığı gibi fizyolojik sinyalleri ölçebilen bir cihazdır. Bu tür sensörler genellikle vücuda takılır ve giyenin fiziksel durumu hakkında gerçek zamanlı veri sağlayabilir. Kortizol düzeylerini analiz etmek için araştırmacılar, katılımcılardan farklı zaman noktalarında tükürük örnekleri toplamışlardır. Tükürük örneklerindeki kortizol düzeyleri daha sonra enzim bağlı immunosorbent assay (ELISA) veya radyoimmün assay (RIA) gibi laboratuvar teknikleri kullanılarak ölçülmüştür. Bu teknikler, örneklerde bulunan kortizol miktarını nicelendirebilir ve bireyin stres düzeyi hakkında bir gösterge sağlayabilir. Sistem, taşınabilir sensörlerle toplanan verileri tükürük örneklerinde ölçülen kortizol düzeyleri ile karşılaştırarak doğrulanmıştır.

EDA ve BVP sinyallerini kullanarak stres belirtilerini izleyen bu sistem, TSST Protokolü kullanılarak stres oluşturan bir deneyde test edilmiştir. Logistic regression, Random Forest,  $\kappa$ -NN ve Support Vector Machine gibi dört makine öğrenimi algoritması kullanılarak özellikler eğitilmiş ve test edilmiştir. Sonuçlar, logistic regression'ın en iyi performansı sergilediğini, makro ve mikro ortalama f1-skorları ile AUC skorunun sırasıyla 0.87, 0.95 ve 0.81 olduğunu göstermiştir. Ayrıca, LSTM tabanlı bir derin öğrenme sınıflandırıcısının, en iyi performans gösteren mantıksal regresyon sınıflandırıcısına göre %6.7'lik bir iyileşme sağladığını ve AUC skorunun %11 daha yüksek olduğunu göstermiştir [82].

Nath ve ekibinin gerçekleştirdiği çalışmada, EDA ve BVP sinyallerini kullanarak stres tespiti cihazları geliştirmenin potansiyelini vurgulayarak, yaşlı yetişkinlerin stres seviyelerini ev ortamlarında sürekli olarak izlemelerine yardımcı olabilecek önemli bir adım olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışma, yaşlı yetişkinlerde stres tespiti modeli tasarlamak, geliştirmek ve etkinliğini değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu sistem, EDA, BVP, IBI ve ST

sinyallerini kullanarak stresli ve stresli olmayan durumları sınıflandırmak üzere tasarlanmış akıllı bir bileklik içinde bulunan dört sensörü (EDA, PPG ve ST) kullanır. Stres referansı, fizyolojik stresi ölçmek için iyi bir şekilde kabul edilmiş bir klinik biyobelirteç olan tükürük kortizol ölçümünden elde edilir. Bu çalışma, 40 yaşlı yetişkinin (28 kadın ve 12 erkek) üzerinde bir yıl boyunca yapılan veri toplama ve analiz sonucunda elde edilmiştir ve yaş ortalaması  $73.625 \pm 5.39$ 'dir [83]. EDA, BVP, IBI ve ST sinyalleri, Trier Sosyal Stres Testi (TSST) sırasında toplanmıştır. Toplam 47 özellik, EDA, BVP, IBI ve ST sinyallerinden çıkarılmıştır. Bu özellikler arasından 27'si, gözetimli bir özellik seçme yöntemi kullanılarak seçilmiştir. Analiz sonuçları, dört sinyal akışından gelen özelliklerin birleştirilmesinin modelin stresli ve stresli olmayan durumları daha doğru bir şekilde ayırt etme yeteneğini artırdığını göstermektedir. Önerilen model, dört sinyalden elde edilen özellikler kullanıldığında makro-ortalama F1-score değerini 0.92 ve %94 doğruluk elde etmiştir. Ayrıca, önerilen stres tespit modelini ses yetenekleri olan bir tüketici cihazında prototip haline getirerek kullanıcılara sesle sorgulama yaparak vücut fonksiyonları ve stres seviyeleri hakkında geri bildirim alabilecekleri bir sistem geliştirilmiştir. Önerilen yöntemin genel olarak başarıyla sonuçlanması, yaşlı yetişkinlerde stres tespiti için uygun bir seçenek olabileceğini göstermektedir. Bu tür bileklik sensörlerinin kullanılması, klinik olarak kabul edilen bir stres biyobelirteci olan kortizol ile ilişkilendirilerek fizyolojik sinyallerden stres tespiti yapmak, stres tespiti modelinin standartlarını artırabilir. Bu, klinik düzeyde stres tespiti yaparak günlük tüketici dünyasına getirilebilecek ve böylece tüketici sağlık hizmetlerinin kalitesini artıracak bir potansiyeli beraberinde getirir. Bu model, stresin sürekli izlenmesini sağlayarak bireyin kendi başına stres yönetmesine olanak tanıyabilir ve yaşlı yetişkinlerin yaşam kalitesini artırabilir [83].

Fizyolojik sinyallerden stres seviyelerini tespit etmek, son yıllarda bilimsel toplumda büyük önem kazanmaktadır. Ancak, mevcut çalışmaların çoğu genç yetişkinleri kullanmış veya belirli bir hedef grubu belirtilmemiştir. Ayrıca, kortizolün stres tespiti için referans olarak kullanımı daha az keşfedilmiş bir alan olarak dikkat çekmektedir.

W.Lio ve arkadaşlarının [84] 2005 yılındaki ve J. J. Shaughnessy ve arkadaşlarının 2000 yılında ki çalışmalarında, DASS 21 (Depresyon, Anksiyete ve Stres Ölçeği - 21), STAI (Durum-Sürekli Anksiyete Envanteri) gibi kendini

raporlama anketlerinden veya diğer subjektif yöntemlerden elde edilen stres seviyelerini kullanmıştır [85]. Ancak, bu tür bir yöntemle elde edilen yanıt, stresin yanlış algılamalarından, düşük düzeyde nesnellikten ve değerlendirmedeki tutarsızlıklardan dolayı yanlı olabilir.

N. Charness ve arkadaşlarının çalışmasında kortizol, stres tespiti için referans olarak kullanılmıştır. Ancak, hedef popülasyon genç yetişkinlerdi ve çalışma küçük bir katılımcı havuzunu içermiştir. Ayrıca, tüketici elektroniği bağlamında bir stres izleme sistemi tasarlarırken konfor da önemli bir faktördür. Örneğin, özellikle yaşlı yetişkinler için uzun vadeli izleme için bilek tabanlı edinim cihazlarının daha konforlu olma eğiliminde olduğu söylenebilir. N. Charness çalışmasında, yaşlı yetişkinlerin bilekli cihazları kullanma konusunda daha olumlu bir tutum sergileme olasılığının genç yetişkinlere kıyasla daha yüksek olduğu ve cihaza alışmaya devam ettikleri gösterilmiştir. Bu çalışma, yaşlı yetişkinlerde stres tespiti için kortizolü stres referansı olarak kullanma ve fizyolojik sinyalleri izlemek için bilekli sensörlerin kullanılmasına yönelik yeni bir yöntem sunmaktadır [86].

### 3. MALZEME YÖNTEM

Çalışma kapsamında hidrokortizon asetat (Sigma 5003-3), Tetrametilamonyum hidroksit (Sigma 7559-2), etanol (99% ACS grade), Metanol (99% ACS grade), Mavi tetrazolyum (Sigma 1871223), CHR 1 Whatman kromatografi kağıdı, Elabscience Human Cortisole İmmunosorbent Assay Kit (E-EL-0157), Bio Rad PR 4100 Absorbance Microplate Reader, 3nh CR1 Taşınabilir Akıllı Renk Ölçer- ColorReader Kolorimetre kullanılmıştır.

Bu tez çalışması; kimyasal yöntem çalışmaları, yazılım sistem çalışmaları, saha çalışmaları ve validasyon çalışmaları adımlarından oluşmaktadır. Kimyasal yöntem çalışmaları, kortizol hormonunun analiz edilmesi için uygun kimyasal tekniklerin seçilmesi ve uygulanmasını içerir. Bu adımda, analiz yöntemlerinin seçilmesi, analiz gerçekleştirilecek pedlerin oluşturulması ön çalışmaların gerçekleştirilmesi ve sonuçların yorumlanması yer alır. Kimyasal yöntem çalışmaları, hassasiyet, doğruluk ve tekrarlanabilirlik gibi kriterlere dayanarak gerçekleştirilmiştir.

Yazılım sistem çalışmaları, araştırma veya proje için gerekli olan yazılım araçlarının ve tekniklerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını içerir. Bu adımda, proje gereksinimlerine uygun yazılım çözümleri tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Yazılım sistem çalışmaları, veri analizi, modelleme, simülasyon veya optimizasyon gibi çeşitli yazılım uygulamalarını kapsar. Ayrıca, programlama dilleri, yazılım kütüphaneleri ve analiz araçları gibi bileşenlerin entegrasyonu da bu sürecin bir parçasıdır.

Saha çalışmaları, laboratuvar dışında, gerçek örneklerden veri toplama ve analiz sürecidir. Bu adımda, kimyasal analizler, psikososyal değerlendirmeler ve yazılım sistemlerinin uygulanması için gerekli veriler yerinde toplanmıştır. Saha çalışmaları, teorik bilgilerin pratikte desteklenmesini amaçlar bu bağlamda çalışma ortamından elde edilen veriler önerilen sistemin gerçek verilerle test edilmesinde kullanılmıştır. Bu süreç, yerinde gözlemler, anketler, numune toplama ve diğer veri toplama yöntemlerini içerir. Validasyon çalışmaları, geliştirilen yöntemlerin veya

sistemlerin doğruluğunu, güvenilirliğini ve geçerliliğini test etmek için izlenecek adımları içerir. Psikososyal risk değerlendirme çalışmaları, işyerinde çalışanların psikolojik ve sosyal sağlığını etkileyebilecek risk faktörlerini tanımlamayı ve değerlendirmeyi amaçlar. Bu adımda, çalışanların stres düzeyi, iş yükü, çalışma koşulları, işyeri ilişkileri gibi faktörler değerlendirecek yöntem ve uygulamaların seçimi yapılmıştır. Bu çalışmalar, çalışanların sağlığını ve iş verimliliğini artırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olur.

Validasyon sürecinde, belirlenen kriterlere göre testler yapılır ve sonuçlar analiz edilir. Laboratuvar testleri, saha denemeleri ve istatistiksel analizler validasyonun bir parçasıdır.

### **3.1. Kimyasal Yöntem Çalışmaları**

#### **3.1.1. Kortizol stok çözelti hazırlanması**

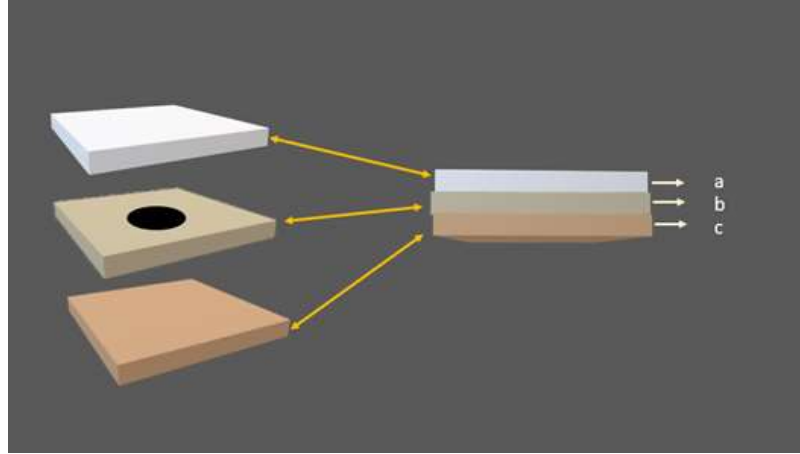
Kortizol stok solüsyonları hidrokortizon asetat ve etanol kullanılarak her hafta taze olarak hazırlanmıştır.

#### **3.1.2. Kimyasal renk reaksiyonu yöntemi**

%5 h/h tetrametilamonyum hidroksit çözeltisi, 5 mL sulu çözeltinin 45 mL metanol içinde seyreltilmesi ile hazırlanır. 50 mL metanol içinde çözülmüş 100 mg mavi tetrazolyum içeren ikinci bir çözelti yapılır. Her iki çözelti eşit miktarlarda karıştırılır. Oda sıcaklığında saklanır.

#### **3.1.3. Mikroakışkan düzenleme**

Sistem tasarımı temel olarak 1.5 cm<sup>2</sup>'lik kareler şeklinde tasarlanmış 3 katmandan oluşmaktadır (Şekil 3.1). İlk katman ter emici katmandır. Bu katmanda eczaneden satın alınmış steril selüloz temelli emici ped kullanılmıştır. En alt katman analiz katmanıdır. Bu katmanda kromatografi kağıdı kullanılmıştır. Ara katmanda ise ter emici bölgeden analiz bölgesine geçiş için nokta şeklinde kanallanmış maskeleme sağlayan ara aktarım katmanı bulunmaktadır. Bu katman doğal reçineden oluşturulmuştur.



(a) Analiz Katmanı (b) Ara Kanal Katmanı (c) Ter Emici Katman

### Şekil 3.1: Sistemin Tasarım Görseli

Çalışma kapsamında selüloz temelli sistem tasarımı kapsamında CHR 1 Whatman kromatografi kağıdı, selüloz esaslı emici ped ve reçine kullanılmıştır.

Tasarlanan sistem, kullanıcının temin ettiği ter örneklerini alacak ve bu örnekleri içeren bir kitin içindeki reaktif solüsyona daldıracaktır. Bu işlem, örneklerin kit içinden çıkarılmasının ardından gerçekleştirilmiştir. Reaktif solüsyon ile temas sonucunda, sistem içindeki analiz bölgesinde renk değişimi meydana gelmiştir.

#### 3.1.4. Kortizol standartları ile çalışmalar

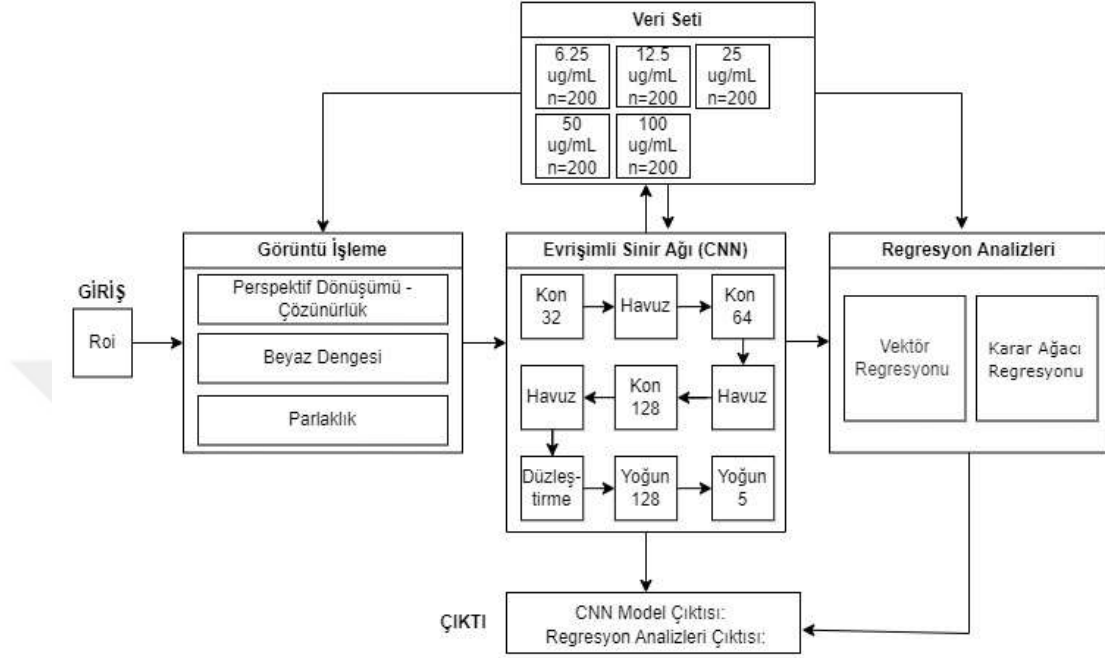
Elde edilmiş standartlar, oluşturulmuş sistem üzerinde çalışılmıştır. Kortizol standartları ter emici katmandan eklenmiş ve analiz katmanına geçisi beklendikten sonra sistem mavi tetrazolyum ve tampon çözeltilerden oluşan sıvı içerisinde daldırılarak renk alması sağlanmıştır.

#### 3.2. Yazılım Çalışmaları

Kolorimetrik tespit yöntemleri özellikle biyoteknolojik yaklaşımlarda, pratik kullanımlarıyla ön plana çıkmaktadır (x). Bunun temel sebebi kısa sürede sonuç alınması, doğruluk paylarının yüksek olması ve düşük maliyet ile üretilebilir/kullanılabilir olmasından kaynaklanmaktadır (k).

Yazılım çalışmaları için Python programlama dili kullanılmıştır. Görüntü İşleme için Open Cv, scikit-image, Pillow kütüphaneleri, veri seti oluşturmak için Pandas, Numpy kütüphaneleri, Evrişimli Sinir Ağı için TensorFlow, Keras, PyTorch

kütüphaneleri, Regresyon Analizleri için Scikit-Learn, Statsmodels kütüphaneleri tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında Şekil 3.2’de kortizol hormonu konsantrasyonunun belirlenmesi sürecinde kullanılan metodolojiyi ve iş akışı verilmiştir.



**Şekil 3.2: Önerilen Sistemin Yazılım Mimarisi**

İlk olarak, girdi olarak "Roi" (Region of Interest) adı verilen bir görüntü alınır. Bu görüntü, doğru perspektifte ve çözünürlükte olacak şekilde perspektif dönüşümü uygulanır, beyaz dengesi ayarlanır ve parlaklık optimize edilir. İşlenen görüntü, CNN modeline girdi olarak verilir. Bu CNN modeli, çeşitli konvolüsyon ve havuzlama katmanlarından oluşur. İlk katmanda, 32 filtreli bir konvolüsyon işlemi uygulanır ve ardından havuzlama yapılır. Sonraki katmanlarda, sırasıyla 64 ve 128 filtreli konvolüsyon işlemleri ve havuzlama gerçekleştirilir. Bu işlemlerin ardından, elde edilen özellik haritaları düzleştirilir ve yoğun katmanlardan geçirilir. Son katmanda, 5 çıkışlı bir yoğun katman kullanılır. CNN modelinden elde edilen çıktı, daha sonra regresyon analizlerine tabi tutulur. Bu analizler arasında vektör regresyonu ve karar ağacı regresyonu yer alır. Modelin sonunda hem CNN'den elde edilen sonuçlar hem de regresyon analizlerinden elde edilen çıktılar değerlendirilir.

### 3.2.1. CNN tabanlı model için görüntü hazırlanması

Bu çalışma kapsamında, farklı kamera özelliklerine sahip üç farklı telefondan, dört farklı ortamda her referans değeri için (6.25, 12.5, 25 ve 50 ppm)

toplamda 200 görüntü elde edilmiştir. Her görüntüde beş adet renk değişim bölgesi bulunmaktadır, toplamda ise 1000 kare eğitim için kullanılmıştır. Görüntüleri almak için, standart sağlamak amacıyla telefonların kendi görüntü alma uygulamaları yerine Open Camera isimli uygulama kullanılmıştır. Ancak renk değişimini esas alan sistemlerde, görsel verilerin analizi sırasında karşılaşılan bazı zorluklar mevcuttur. Farklı optik donanımlar ve çeşitli ortamlarda çekilen görüntülerin işlenmemiş halde analizi, anlamlı sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle, bu zorlukları aşmak ve analiz sürecini iyileştirmek için görüntü işleme tekniklerinin kullanılması gerekmektedir [87].

Ham görüntünün kullanıcıdan alınması, işlenmesi ve yüksek doğrulukta sonuç verilmesi için görüntünün oldukça stabil bir şekilde alınması gerekmektedir. Dolayısıyla elde edilen görüntülerin makine öğrenmesi modeline giriş verisi olarak kullanılmadan önce ön işleme adı verilen bir dizi işlem uygulanır. Bu ön işleme adımları, elde edilen görüntülerin kalitesini arttırmak, modele uygun hale getirmek ve doğru sonuçlar elde etmek için gereklidir.

### **3.2.2. Görüntü işleme çalışmaları**

Görüntülerin boyutlarının standartlaştırılması önemlidir. Alınan görüntüler farklı boyutlarda olabilir, ancak makine öğrenmesi modeli genellikle sabit boyutlarda giriş verisi bekler. Bu nedenle, görüntülerin boyutları modelin beklentilerine uygun olacak şekilde yeniden boyutlandırılmalıdır. Bu işlem, görüntülerin piksel yoğunluğunu koruyarak veya değiştirerek gerçekleştirilebilir. Dışarıdan alınan görüntüler ilk olarak 600x600 px boyutlarına yeniden ölçeklendirilmiştir. Daha sonra görüntülerdeki renk değişim bölgeleri, perspektif dönüşümü kullanılarak ayrılmıştır. Bu işlem için, karelerin her bir köşesinden işaretlenen noktalar kullanılmıştır. Perspektif dönüşümü tamamlandıktan sonra, bütün kareler 100 x100 px boyutuna yeniden boyutlandırılmıştır. Perspektif dönüşümü, farklı perspektiflerin veya kamera açılarının neden olduğu bozulmaları düzeltmek için kullanılan geometrik bir dönüşümdür. Matematiksel olarak, perspektif dönüşümü homojen koordinatlar kullanılarak ifade edilir. Perspektif dönüşümü için ``cv2.getPerspectiveTransform`` ve ``cv2.warpPerspective`` fonksiyonları kullanılmıştır.

Görüntülerin parlaklık faktörleri, HSV renk uzayına dönüştürülerek ve moduna göre yeniden şekillendirilerek düzeltilmiştir. Bu, parlaklıktan kaynaklanabilecek sorunların giderilmesine yardımcı olur.

Parlaklık düzenlenmesi için Lab değerleri kullanılmıştır. Lab Hafiflik (L) kanalı parlaklığı temsil eder. L kanalının ayarlanması parlaklığı doğrudan etkilerken A ve B kanallarındaki renk bilgisini de korur. Parlaklıktaki değişiklikler, HSV'ye kıyasla algısal olarak daha tekdüze olabilir. Her iki renk alanı da parlaklığı ayarlamak için uygun olabilir ancak seçim, görüntülerin doğası, istenen algı kalitesi ve kişisel tercih gibi faktörlere bağlı olabilir [87,88].

Bu nedenle kullanılan tüm görsellerin parlaklık değerleri aşağıdaki matematiksel fonksiyonlar ile standartlaştırılır [87,88];

Görüntü LAB (L\*a\*b\*) renk uzayına dönüştürülür. Bu, renklerin insan gözüne daha yakın bir şekilde temsil edilmesine yardımcı olur ve parlaklık ayarı için uygun bir alan sağlar. LAB renk uzayında, görüntünün L (luminance) kanalı ayrılır. L kanalı, piksellerin parlaklık seviyelerini temsil eder. Görüntünün genel parlaklığını belirlemek için L kanalının ortalama parlaklığı hesaplanır (3.1).

$$\bar{L} = \sum_{i=1}^N L_i \quad (3.1)$$

Hedef parlaklık değeri 3 farklı optik cihazla farklı ortamlarda alınan 1000 adet görüntünün parlaklık değerlerinin ortalaması ile belirlenmiştir. Hedef parlaklık değeriyle ortalama parlaklık değeri arasındaki fark, bir düzeltme faktörü hesaplamak için kullanılır (3.2).

$$\Delta L = \text{Hedef Parlaklık Değeri} - \bar{L} \quad (3.2)$$

Bu faktör, görüntünün parlaklığını hedef parlaklığa ayarlamak için kullanılacaktır. Parlaklık düzeltme faktörü, L kanalındaki her pikselin parlaklık değerine uygulanır. Bu, parlaklık değerlerinin hedef değere daha yakın hale gelmesini sağlar (3.3).

$$k = \frac{\text{Hedef Parlaklık Değeri}}{L} \quad (3.3)$$

Düzeltilme sonrası parlaklık değerinin hesaplanması her pikselin düzeltilmiş parlaklık değeri, orijinal parlaklık değeri ile düzeltme faktörünün çarpımı olarak hesaplanır (3.4).

$$L_{düzeltme} = k * L_{orijinal} \quad (3.4)$$

Düzeltilmiş L kanalı, ayrılmış a ve b kanallarıyla birleştirilir ve yeniden BGR (Blue-Green-Red) renk uzayına dönüştürülür.

Bu işlem, görüntünün genel parlaklığını belirli bir hedef parlaklık seviyesine ayarlamaya yardımcı olur, böylece görüntü daha tutarlı bir şekilde görüntülenir ve işlenir.

Görüntü işlemedeki bir diğer basamak beyaz dengesinin eşitlenmesidir. Beyaz dengesi, bir fotoğrafın renklerinin doğru şekilde temsil edilmesini sağlamak için önemlidir. Farklı ışık koşullarında çekilen fotoğrafların beyaz dengesi farklı olabilir. Beyaz dengesi düzeltilerek veya ayarlanarak fotoğrafların beyaz dengesi aynı seviyeye getirilebilir. Bu, her iki fotoğrafın da aynı ortamda çekilmiş gibi görünmesini sağlar ve renklerin daha doğru bir şekilde temsil edilmesini sağlar.

Beyaz dengesi ayarlanırken, genellikle gri noktaların doğru renklerde görünmesi hedeflenir. Gri renk, kırmızı, yeşil ve mavi renk bileşenlerinin eşit olduğu bir renktir. Ancak, farklı ışık koşullarında, kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerin oranları değişebilir, bu da beyaz dengesizliğine neden olabilir [89,90].

Bir görüntünün beyaz dengesini ayarlamak için, tipik olarak bu gri referans noktalarını kullanılmaktadır. Bu, görüntünün bir gri kart veya gri bir nesne gibi doğru beyaz dengesine sahip olduğunu varsayılan bir noktadır.

Beyaz dengesi düzeltme yöntemi, LAB ( $L^*a^*b^*$ ) renk uzayını kullanılmıştır. Bu yöntemde, görüntü önce LAB renk uzayına dönüştürülür. LAB renk uzayı, renkleri insan gözüne daha yakın bir şekilde temsil eder ve beyaz dengesini ayarlamak için en uygun renk uzayıdır. Bir görüntünün beyaz dengesi, aşağıdaki formülasyonlarla ayarlanmıştır [89,90].

Gri renk referansı hesaplanır (3.5):

$$Gri\ Referans = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_i \quad (3.5)$$

Görüntünün LAB renk uzayına dönüştürülür. Renk uzayında bulunan a (yeşil-kırmızı) ve b (mavi-sarı) bileşenlerinin ortalaması hesaplanır.

A (yeşil-kırmızı) ve B (mavi-sarı) bileşenleri ayarlanır. Bu bileşenlerin ortalamasından bir referans noktası (128) çıkarılır. Bu fark, gri referans noktasının

orijinal pozisyonundan ne kadar uzakta olduğunu temsil etmektedir. Her bir pikseldeki a ve b bileşenleri, bu farkı kullanarak ayarlanır. Yeni LAB renk uzayı görüntüsü RGB (kırmızı, yeşil, mavi) renk uzayına dönüştürülür. Bu işlem, görüntünün genel beyaz dengesini ayarlamaktadır.

Tüm bu ön işleme adımları, elde edilen görüntülerin kalitesini artırır ve makine öğrenmesi modelinin daha iyi performans göstermesini sağlar. Doğru ön işleme adımları seçilerek, modelin daha doğru ve güvenilir sonuçlar üretmesi sağlanabilir. Bu nedenle, ön işleme adımlarının titizlikle seçilmesi ve uygulanması önemlidir.

### **3.2.3. Evrişimli sinir ağları (CNN) yöntemi ile konsantrasyon tayini**

Evrişimli Sinir Ağı (CNN) modeli, özellikle görüntü işleme ve sınıflandırma görevlerinde yaygın olarak kullanılan bir yapay sinir ağı türüdür. Model eğitimi için TensorFlow ve Keras kütüphaneleri kullanılmıştır.

CNN modelindeki evrişim katmanları (Convolutional Layers), girdideki önemli özellikleri (kenarlar, köşeler, dokular gibi) öğrenmek için kullanılır [101]. Önerilen sistemde üç farklı evrişim katmanı yer almaktadır. Kon 32 katmanı, giriş görüntüsünden 32 farklı filtre (kernel) kullanarak özellik çıkarır. Her filtre, giriş görüntüsünün farklı bir yönünü yakalamak için kullanılır. Sonuçta, 32 farklı özellik haritası (feature map) oluşturulur. Kon 64 katmanı, önceki katmandan gelen 32 özellik haritası üzerinde çalışır ve 64 farklı filtre kullanarak yeni özellikler çıkarır. Bu katman, modelin derinliğini artırarak daha karmaşık özellikleri öğrenmesine yardımcı olur. Kon 128 katmanı, daha derin bir seviyede özellik çıkarımı yapmak için 128 filtre kullanır. Bu katman, modelin daha ayrıntılı ve soyut özellikleri öğrenmesini sağlar [102].

Havuzlama katmanları, özellik haritalarının boyutlarını küçültmek için kullanılır. Bu işlem, modelin hesaplama yükünü azaltır ve öğrenilen özelliklerin daha genelleştirilebilir hale gelmesine yardımcı olur. Modelde iki farklı havuzlama katmanı yer almaktadır. Bu katmanlar, maksimum havuzlama (max-pooling) yöntemiyle çalışır. Bu yöntemde, belirli bir bölgedeki en yüksek değeri seçerek bu bölgenin boyutu küçültülür [103]. Düzleştirme işlemi, son evrişim veya havuzlama katmanından çıkan 2D özellik haritalarını düz bir vektöre dönüştürür. Bu vektör, tam bağlantılı (fully connected) katmanlara giriş olarak verilir. Düzleştirme işlemi,

modelin sınıflandırma ve regresyon analizlerinin yapabilmesi için gerekli olan basamaklardan biridir. Tam bağlantılı katmanlar, düzleştirilmiş vektörü alır ve çıktı sınıflarını tahmin etmek için kullanır [103,104]. Modelde iki farklı tam bağlantılı katman bulunmaktadır. Yoğun 128 katmanı, 128 nörondan oluşur ve girişten gelen özellikleri ağırlıklandırarak bir çıktı üretir. Bu katman, yüksek seviyeli soyut özelliklerin öğrenildiği katmandır. Yoğun 5 katmanı, son çıktıyı üretmek için kullanılır ve 5 nörondan oluşur. Bu, modelin son tahminlerini temsil eder. Her evrişim ve tam bağlantılı katmanda, aktivasyon fonksiyonları kullanılır. Genellikle, ReLU (Rectified Linear Unit) gibi doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları tercih edilir. ReLU, negatif değerleri sıfıra çekerek modeli daha hızlı ve etkili hale getirir [104].

Çıktı katmanı, modelin son tahminlerini üretir. Regresyon analizleri için bu katmanda doğrusal bir aktivasyon fonksiyonu kullanılır.

### 3.2.4. Regresyon tahmin modeli

Vektörel regresyon, birden fazla bağımlı değişkeni aynı anda modellemek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Bu model, birçok regresyon problemi için daha esnek ve güçlü bir yaklaşım sunar, çünkü birden fazla çıktıyı aynı anda tahmin etmeye olanak tanır. Bu özellik, özellikle karmaşık ve birbirine bağlı sistemlerin modellenmesinde faydalıdır.

Vektörel regresyon, genellikle destek vektör makineleri (SVM) ile ilişkilendirilir ve regresyon problemlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu teknik, veri noktalarını belirli bir hiper düzeyde ayıran bir düzlem bulmaya çalışır ve bu düzlem üzerinde tahminler yapar. Model, veriler arasındaki ilişkileri öğrenir ve bir fonksiyon öğrenir [99]. Örneğin, SVR'nin temel formülü:

$$f(x) = w^T + b$$

şeklindedir; burada  $w$  ağırlık vektörü,  $x$  giriş vektörü ve  $b$  bias terimidir. Hedef fonksiyon ise hata toleransını içeren şu şekilde ifade edilir:

$$\frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n \epsilon_i$$

burada  $C$  hata ceza parametresi ve  $\epsilon_i$  hata terimleridir.

Karar ağacı regresyonu, sürekli hedef değişkenleri tahmin etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, verileri bir dizi karar kuralına göre bölerek tahminler yapar. Verileri küçük parçalara ayırarak basit kararlar verir. Karar ağaçlarında, veriler uygun şekilde işlendikten sonra, karar ağacı algoritması veri üzerinde bölme kararları alarak bir ağaç oluşturur. Yeni veri noktaları için ağacın yaprak düğümüne ulaşarak tahmin yapılır. Karar ağaçlarında kullanılan temel formüller genellikle bilgiyi artıran veya en iyi bölmeyi sağlayan kriterlere dayanır. Bilgi kazancı şu şekilde hesaplanır:

$$Bilgi\ Kazanımı = Entropi(D) - \sum_{i=1}^k \frac{|D_i|}{|D|} Entropi(D_i)$$

burada D veri seti, Di alt kümeler ve k bölme sayısını ifade eder.

Karar ağacı regresyonu, tahmin edilen değişkenlerin bir dizi if-else koşulu üzerinden modellenmesine dayanır. Bu yöntem, veri setini farklı bölümlere ayırarak basit karar kurallarına dayalı bir yapı oluşturur. Karar ağaçları, hem açıklayıcı gücü hem de anlaşılabilirliği nedeniyle yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, karar ağaçları, niteliksel ve niceliksel veri türleri ile başa çıkmada esneklik sağlar ve veri üzerinde herhangi bir özel ön işleme gerektirmez [100].

Bu çalışmada, optik cihazlar aracılığı ile alınan ve görüntü işleme prosedürleri ile geliştirilen görüntülerden alınan değerlerden, makine öğrenmesi modelleri ile belirlenen referans aralıklarından daha hassas bir şekilde çalışanların kortizol hormon seviyelerinin tahmin edilmesi amacıyla, vektörel regresyon ve karar ağacı regresyonu modelleri birlikte kullanılmıştır. Vektörel regresyon, birden fazla bağımlı değişkenin aynı anda modellenmesi gerektiğinde, yani birden fazla iş stresörü ve çalışan sağlığı göstergesinin birlikte analiz edilmesi gerektiğinde tercih edilmiştir.

Karar ağacı regresyonu ise, veri setindeki olası karmaşıklıkları ve örüntüleri daha net bir şekilde ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. Bu model, veri setini anlaşılabilir bir yapıya ayırarak, her bir çalışan için kortizol hormon seviyesini tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır. Karar ağaçları, modelin yorumlanabilirliğini artırarak, hangi faktörlerin kortizol seviyelerini daha fazla etkilediğini anlamamıza yardımcı olmuştur.

RMSE ve MAE ise birer hata ölçüsü olması nedeniyle düşük sonuçlar, performans ile ters orantılı olarak yüksek performansı gösteren ölçülerdir [97,98]. Örneğin RMSE sıfıra eşit olması durumunda iyi bir performans göstermektedir. Belirli t zamanı göstermek üzere  $rt$  zaman aralığında gözlemlenen ve  $pt$  tahmin edilen zaman serisi olmak üzere hata, Denklem 2'de  $et$  formülü ile ifade edilmektedir (97).

$$et = rt - pt \quad (2)$$

Hata ölçütleri açıklaması hata ölçüt formülü aşağıdaki gibidir;

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n et^2}$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |et|$$

Başarı yüzdesi, gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki mutlak hataların ne kadarının gerçek değerlerin ortalamasına göre kabul edilebilir olduğunu gösterir. Formülü şu şekildedir:

$$\text{Başarı Yüzdesi} = (1 - MAE / \text{Gerçek Değerlerin Ortalaması}) \times 100$$

$$\text{Başarı Yüzdesi} = (1 - RMSE / \text{Gerçek Değerlerin Ortalaması}) \times 100$$

Burada MAE, mutlak hata ortalama değeridir (gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkların mutlak değerlerinin ortalaması). Gerçek Değerlerin Ortalaması, gerçek değerlerin ortalamasıdır. Yani, başarı yüzdesi, ortalama mutlak hatanın gerçek değerlerin ortalamasına göre ne kadar küçük olduğunu gösterir. Başarı yüzdesi ne kadar yüksek olursa, tahmin modelinin o kadar iyi olduğu kabul edilir.

Verimlilik ve başarı açısından incelendiğinde (Çizelge 4.13), ELISA yöntemi ile ölçülen kortizol hormon seviyelerinin tahmin edilmesinde modele bağlı olarak değişen başarı yüzdeleri ve performans ölçütleri gözlemlenmektedir. Başarı yüzdesi, tahmin edilen değerlerin gerçek değerlere ne kadar yakın olduğunu gösterir. Yüksek başarı yüzdesi, daha doğru tahminlerle sonuçlanırken, düşük başarı yüzdesi daha az doğru tahminlerin yapıldığını işaret eder.

Standart sapma, tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerden ne kadar sapma gösterdiğini ölçer. Düşük standart sapma, tahminlerin daha tutarlı olduğunu gösterirken, yüksek standart sapma daha fazla değişkenlik olduğunu işaret eder.

Ortalama mutlak hata (MAE) ve kök ortalama kare hatası (RMSE), tahminlerin gerçek değerlerden ne kadar sapma gösterdiğini belirler. Düşük MAE ve RMSE değerleri, daha doğru tahminlerin yapıldığını gösterir [97,98].

### **3.3. Saha Çalışmaları**

#### **3.3.1. Psikososyal risk değerlendirme çalışmaları**

Çalışanlar sistemi vücutlarına takmadan önce katılımcılara KOPSOR anketi uygulanmıştır. Bu şekilde kullanıcıların iş süresi boyunca talep, etki ve gelişim, kişilerarası ilişkiler ve liderlik, iş doyumunu, iş doyumunu ve tükenmişlik konularındaki durumları analiz edilmiştir. 6 saat sonrasında kullanıcılara algılanan stres ölçeği anketi uygulanmıştır Bu şekilde kişinin stres algısının düzeyi belirlenmiştir.

Anketler Sakarya / Türkiye’de yer alan Gedik Holding bünyesinde bulunan döküm fabrikasının 32 çalışanı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ankete katılmayanlar (n=5), ter emici pedleri kaybedenler (n=3), ter emici pedleri kullanılamaz hale gelenler (n=4) çalışma içerisinde değerlendirilmemiştir. Dolayısıyla çalışma kapsamında n=20 katılımcıdan alınan örnekler ve anketler değerlendirilmiştir.

##### **3.3.1.1 Kopenhag psikososyal risk değerlendirme ölçeği**

Kopenhag Psikososyal Risk Değerlendirme Ölçeği 20 boyuttan oluşmaktadır. Her bir boyut, boyutta yer alan sorular ve her bir sorunun puanlaması 1-5 arasındadır. Puanlamada her bir boyutun puanlaması kendi içinde değerlendirilmiştir. Bu nedenle her bir boyut, bağımsız ve standart bir yöntemle ayrı ayrı puanlanmış ve toplam puan, bu değerler üzerinden belirlenmiştir. Her bir maddenin bölüm puanına katkısının eşit olması ilkesi benimsenerek madde puanları belirlenmiştir. Madde puanlamasında iş doyumunu 1-4 Likert ölçeği şeklinde puanlanırken, diğer tüm boyutlar 1-5 Likert ölçeği şeklinde puanlanmıştır. Likert ölçeği, anketlerde ve araştırmalarda kullanılan yaygın bir değerlendirme aracıdır ve katılımcıların belirli bir konuya veya ifadeye ne kadar katıldıklarını veya bu konuyu ne kadar önemsediklerini ölçmek için kullanılır. Katılımcılar genellikle beş veya yedi dereceli bir seçenek skalası arasından seçim yaparlar. Bu seçenekler genellikle "Kesinlikle Katılmıyorum"dan "Kesinlikle Katılıyorum"a kadar sıralanır. Bu ölçek, bireylerin tutumlarını, görüşlerini veya davranışsal eğilimlerini ölçmek amacıyla anketlerde, anket formlarında veya araştırma çalışmalarında yer alır. Likert ölçeği, nitel verileri

sayısal verilere dönüştürmeye olanak tanır; katılımcıların verdikleri cevaplar puanlanır ve bu puanlar topluca analiz edilir. Veriler toplandıktan sonra, ortalama, medyan ve mod gibi istatistiksel yöntemlerle analiz edilir. Bu analizler, genel eğilimler ve katılımcıların eğilimleri hakkında bilgi sağlar.

"Sosyal ilişkiler" boyutundaki "Arkadaşlarınızdan izole olarak mı çalışırsınız?" maddesi puanlama yapılmadan önce ters kodlanmıştır. Diğer tüm maddelerde en düşük puan psikososyal riskin en az olduğu, yüksek puan ise psikososyal riskin en yüksek olduğu çalışmayı göstermektedir. KOPSOR ölçeği sorularının %50'den fazlasının yanıtlanmaması durumunda katılımcı çalışmadan çıkarılmıştır. Ölçek sorularının bazılarının yanıtlanmadığı durumlarda ise eksik sorunun puanı, katılımcının ilgili boyuttaki diğer sorulara vermiş olduğu puanların ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Boyut toplam puanlarının ortanca değerine göre kesim noktası alınmış ve boyutlardan alınan puanlar yüksek ve düşük olarak değerlendirilmiştir. Buna göre yüksek puan ilgili boyuttaki psikososyal riskin yüksek ya da düşük olduğunu belirtir. [31]

### **3.3.1.2. Algılanan stres ölçeği**

Katılımcılar, her bir maddeyi "Hiçbir zaman (0)" ile "Çok sık (4)" arasında değişen beş dereceli bir Likert ölçeği kullanarak değerlendirirler. Bu ölçek üzerinde bazı olumlu ifadeler içeren maddeler ters puanlanmaktadır. ASÖ'nün uzun formu on dört maddeden oluşmakta olup, ayrıca on ve dört maddelik iki kısa formu da mevcuttur. Çalışmada, bu üç formun güvenilirlik ve geçerlikleri değerlendirilmektedir. ASÖ-14'ün puanları 0 ile 56 arasında değişirken, ASÖ-10'un puanları 0 ile 40, ASÖ-4'ün puanları ise 0 ile 16 arasında yer almaktadır. Yüksek puan, kişinin stres algısının yüksek olduğunu gösterir. [35]

Algılanan stres ölçeğinde ASÖ-10'nun puanları 0 ile 40, ASÖ-4'ün puanları ise 0 ile 16 arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Yüksek puan kişinin stres algısının fazlalığına işaret etmektedir.

### **3.3.2. Kortizol hormonu ölçüm çalışmaları**

Gedik Holding bünyesinde bulunan ve Sakarya / Türkiye'de bulunan döküm fabrikasının 32 çalışanı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her kullanıcı koltuk altı, sırt bölgelerine ter emici pedler yapıştırılmış ve 6 saat boyunca vücut ile teması devam

etmiştir. Ter emici pedlerden toplanan ter örnekleri ile mikroakışkan tabaka, ELISA ve kolorimetrik yöntemlerle kortizol hormonu analizi yapılmıştır. Analizlerde, ankete katılmayanlar (n=5), ter emici pedleri kaybedenler (n=3), ter emici pedleri kullanılamaz hale gelenler (n=4) çalışma içerisinde değerlendirilmemiştir. Dolayısıyla çalışma kapsamında n=20 katılımcıdan alınan örnekler değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, tansiyon, şeker ve obezite problemi yaşayan bireylerden örnek alınmamıştır. Bu hastalıklar ve bu hastalıklar için kullanılan ilaçlar, kortizol seviyesini etkileyebileceği için bu durumdaki katılımcılar çalışmaya dahil edilmemiştir. 6 saat sonunda her çalışanın pedleri ve sistemleri numaralandırılmış ve soğuk zincir içerisinde laboratuvara aktarılmıştır.

### **3.3.2.1. Elisa çalışmaları**

Çalışanların 6 saat süreyle vücutlarında bulundurdukları ter emici pamuklu pedler teker teker 7 pH'a sahip 1 ml'lik fosfat tamponu ile ıslatılmış ve 15 dakika süreyle inkübe edilmiştir. Islatılan pedler filtrelili santrifüj tüplerine alınmış ve 4500 rpm de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası sıvı kısım steril bir falkon tüpü içerisine aktarılmıştır. Bu şekilde pedler içerisinde bulunan tüm biyolojik materyaller fosfat tamponuna aktarılmıştır. Fosfat tamponu temelli biyolojik materyal içeren sıvılar ile ELISA çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında Elabscience Human Cortisole İmmunoassay kiti kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında, referans çözeltiler ve 20 çalışandan alınan ter örnekleri üzerinde gerçekleştirilen iki farklı yöntemin, ELISA ve kolorimetrik yöntemin, kortizol hormonu seviyelerini belirlemedeki uyumu araştırılmıştır. Toplanan ve sıvı tampona aktarılan ter örneklerinin bir kısmı ELISA yöntemiyle analiz edilerek kortizol hormonu seviyeleri absorbans üzerinden hesaplandı. Diğer bir kısmı (250uL) ise mavi tetrazolyum yöntemi kullanılarak emici ped üzerinde çalışıldı ve kortizol hormonu seviyeleri kolorimetrik olarak belirlendi. Bu kolorimetrik yöntemde, kortizol seviyeleri yüksek olan örneklerde daha koyu bir renk oluşumu gözlemlendi ve bu renkler emici ped üzerindeki kolorimetre cihazıyla ölçüldü.

Bu basamakta çalışmanın odak noktası, ELISA ile ölçülen kortizol hormonu seviyeleri ile kolorimetrik yöntemle alınan RGB değerlerinin uyumlu sonuçlar verip vermediğini belirlemektir. Bu kapsamda korelasyon alınan sonuçlara korelasyon testleri uygulanmıştır. Bu şekilde standartlar ile oluşturulan ve çalışılan mavi

tetrazolyum yönteminin gerçek örneklerde de başarılı bir şekilde çalışıp çalışmadığı test edilmiştir.

### 3.4. Validasyon Çalışmaları

Pearson ve Spearman korelasyonu, istatistiksel analizde kullanılan iki farklı korelasyon ölçüsüdür. İkisi de ilişkisel bir analizde kullanılır.

Pearson korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ölçer. Bu ilişki, her iki değişkenin de normal olarak dağıldığı varsayımına dayanır. Pearson korelasyonu, değişkenler arasındaki ilişkinin doğasını anlamak için sıklıkla kullanılır. Örneğin, iki değişken arasındaki ilişki, bir değişkenin artışıyla diğer değişkenin artması veya azalması şeklinde olabilir. Pearson korelasyon katsayısı -1 ile 1 arasında bir değer alır. 1, mükemmel pozitif korelasyonu (değişkenler birlikte artar), -1 mükemmel negatif korelasyonu (bir değişken artarken diğeri azalır) ve 0, hiçbir korelasyon olmadığını ifade eder [3,4,6,7,9]. Formülü şu şekildedir;

$$r = \frac{N\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[N\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][N\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}$$

N = puan çiftlerinin sayısı

$\Sigma xy$  = eşleştirilmiş puanların çarpımlarının toplamı

$\Sigma x$  = x puanlarının toplamı

$\Sigma y$  = y puanlarının toplamı

$\Sigma x^2$  = karesi alınmış x puanlarının toplamı

$\Sigma y^2$  = y puanlarının karelerinin toplamı

Spearman korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki ilişkiyi ölçer, ancak Pearson korelasyonundan farklı olarak, ilişkinin doğrusal olması gerekmez. Spearman korelasyonu, değişkenler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için kullanılırken, verilerin sıralama düzeyinde ilişkileri dikkate alır. Yani, verilerin sıralanmış halleri arasındaki ilişkiyi inceler. Spearman korelasyonu, non-parametrik bir testtir, yani değişkenlerin normal dağılıma sahip olması gerekmez. Spearman

korelasyon katsayısı da -1 ile 1 arasında bir değer alır. Ancak, Pearson korelasyonu gibi, ilişkinin doğrusal olması gerekmez [3,4,6,7,9]. Formülü aşağıdaki gibidir;

$$r_R = 1 - \frac{6\sum_i d_i^2}{n(n^2-1)}$$

n= iki değişkene ait veri noktası sayısı

d<sub>i</sub>= İki değişkene ait sıralamaların i'inci gözlemdeki fark

Korelasyon testleri, her iki korelasyon katsayısının da hesaplandığı veri setinin boyutuna, veri dağılımının normal olup olmadığına ve analizin amacına bağlı olarak değişebilir. Tipik olarak, Pearson korelasyonu, normal dağılıma sahip veriler için kullanılırken, Spearman korelasyonu, verilerin normal dağılıma sahip olmadığı durumlar için daha uygun olabilir. Korelasyon testleri, hesaplanan korelasyon katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Örneğin, p-değeri, iki değişken arasındaki korelasyonun tesadüfen mi yoksa gerçek bir ilişkiden mi kaynaklandığını değerlendirmek için kullanılabilir [3,4,6,7,9].

Python'da bu analizler için genellikle SciPy kütüphanesi kullanılır. SciPy, bilimsel ve matematiksel hesaplamalar için kullanılan bir kütüphanedir ve içinde Pearson ve Spearman korelasyonlarını hesaplayan fonksiyonlar bulunur. Ayrıca, istatistiksel analizler için NumPy kütüphanesi de sıklıkla kullanılır. NumPy, çok boyutlu dizilerde matematiksel işlemler yapmak için kullanılan temel bir kütüphanedir. Bu kütüphaneler, istatistiksel analizlerin yapılmasını ve sonuçların elde edilmesini sağlayarak, araştırmacılara verilerin derinlemesine incelenmesinde önemli bir yardımcıdır.

### **3.4.1. Standartlar ile oluşturulmuş sistemden renk okumaları ve kolorimetre cihazı ile doğrulama**

Sistem üzerinde meydana gelen renk değişimleri 3 farklı optik donanıma sahip cihaz kullanılarak farklı ortamlarda çekilen görüntülerin CNN temelli sistem içerisinde değerlendirilmesi ve 3nH kolorimetre cihazı ile alınmıştır.

Kolorimetre cihazından alınan RGB değerleri öncelikle ELISA yöntemi ile alınmış sonuçlarla karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Bu şekilde renk yoğunluğu

arasındaki farklılıkların ELISA ile elde edilen konsantrasyon değişimleri ile korelasyon gösterip göstermediği belirlenmiştir.

Daha sonrasında 3 farklı optik donanıma sahip cihaz kullanılarak farklı ortamlarda çekilen görüntülerin CNN temelli sistem içerisinde değerlendirilmesi ile alınan değerler ELISA ile valide edilmiş kolorimetre cihazından alınan sonuçlar ile karşılaştırılarak oluşturulan sistemin doğrulaması gerçekleştirilmiştir.

### **3.4.2. Sistem üzerinde çalışmalar ve kolorimetrik doğrulama**

Her kullanıcıdan alınmış olan sistem oluşturulmuş olan mavi tetrazolyum ve tampon çözeltileri içeren reaktif içerisine daldırılmış ve renklenme meydana geldikten sonra optik cihaza sahip akıllı cihaz ile ve kolorimetre cihazı ile renk okumaları sağlanmış ve tekrarlı doğrulama çalışması ile birlikte stres düzeyinin değerlendirilmesi çalışmaları yürütülmüştür. Bu analizlerin sonuçları, ELISA testleriyle karşılaştırılan ve başarısı belirlenmiş kolorimetre cihazından alınan sonuçlar karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Bu şekilde, mavi tetrazolyum yöntemiyle elde edilen kortizol hormon düzeylerini belirlemede makine öğrenmesi tabanlı bir sistemin doğruluğu değerlendirilmiştir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Kimyasal Renk Reaksiyonu Yöntemi

İlk olarak, bu yöntem sistem üzerinde değerlendirildi. Bu aşamada, bir tüp içerisine 50 uL tetrametilamonyum hidroksit ve 80 uL mavi tetrazolyum çözeltisi eklenip ardından 10 uL %1'lik NaSCN eklenerek karıştırıldı. Daha sonra uygun konsantrasyonlarda kortizol stoğu, hazırlanan solüsyona eklenerek sistemi oluşturduk. Reaksiyon, 8 dakika sonra dengeli bir noktaya ulaştı. Reaksiyon sonucunda elde edilen renkler Şekil 4.1'de gösterildiği gibi ortaya çıkmıştır.



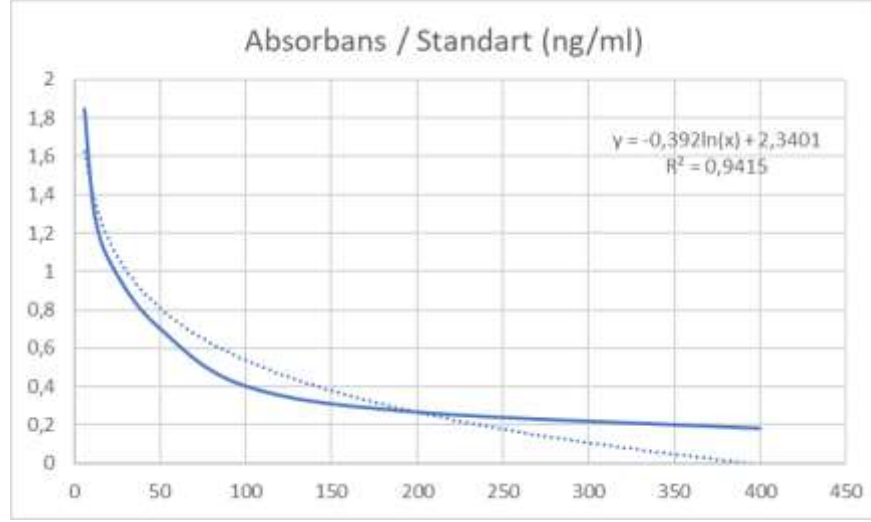
**Şekil 4.1: Sırasıyla 4.5, 6.25, 12.5, 25, 50 Uİ/MI Kortizon İçeren Stokların Uygun Oranlarda Renk Reaktifine İle Reaksiyonu Sonrasında Ortaya Çıkan Renk Skalası**

### 4.2. Saha Çalışmaları

20 kullanıcıdan alınan ter örnekleri çoklu doğrulama sağlanması için renk ve kortizol miktarı üzerine ELISA, tasarlanan sistem ve kolorimetre cihazı ile, stres ile bağlantıyı anlamlandırabilmek amacıyla Algılanan stres ölçeği ve KOPSOR anketi uygulanmıştır.

#### 4.2.1. Elisa çalışmaları

Çalışma kapsamında alınmış absorbans standart grafiği aşağıdaki gibidir (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2: Elisa Standart Grafiği**

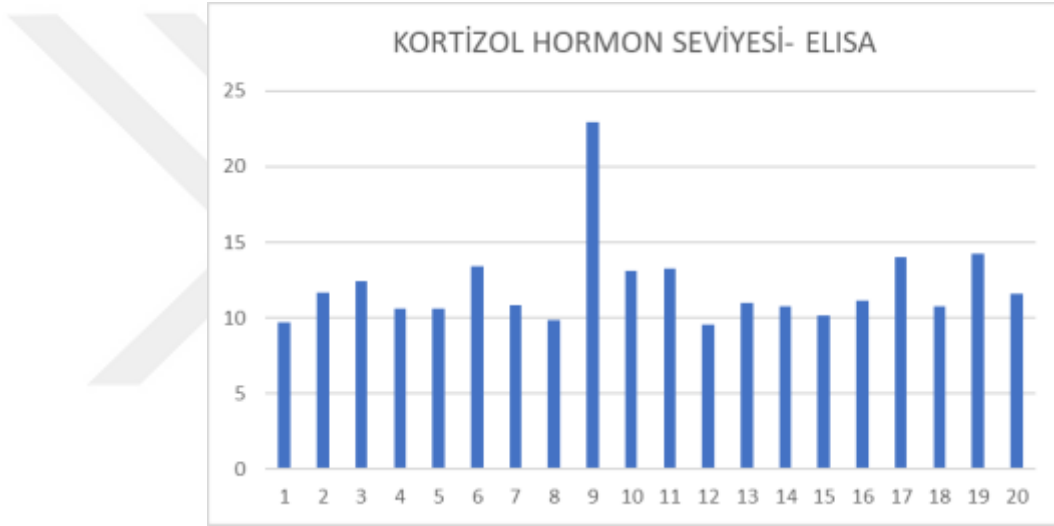
Plate üzerinde numaralandırılmış örneklerin sonuçlarında alınan absorbans değerleri oluşturulmuş standart grafikten elde edilen denklem ile değerlendirilerek her kullanıcı için kortizol hormonu seviyesi hesaplanmıştır (Çizelge 4.1, Şekil 4.3).

**Çizelge 4.1: Kullanıcılardan Alınan Ter Örnekleri İle Gerçekleştirilen ELISA Çalışma Sonuçları**

KULLANICI	ABSORBANS	KORTİZOL HORMON SEVİYESİ
1	1,647023057	9,686415701
2	1,365487855	11,6835532
3	1,287225142	12,39390801
4	1,50312697	10,61370751
5	1,5038	10,60895731
6	1,191393342	13,3908336
7	1,473847135	10,82456221
8	1,614543578	9,881275559
9	0,6944	22,97487039
10	1,215544184	13,12478
11	1,204120683	13,24929488
12	1,663421307	9,590925603
13	1,456166861	10,9559903
14	1,4777	10,79633891

**Çizelge 4.1: (Devamı) Kullanıcılardan Alınan Ter Örnekleri İle Gerçekleştirilen ELISA Çalışma Sonuçları**

KULLANICI	ABSORBANS	KORTİZOL HORMON SEVİYESİ
15	1,575747146	10,12456221
16	1,433713702	11,12757029
17	1,1401	13,99329006
18	1,481	10,77228224
19	1,12292445	14,20732267
20	1,378436597	11,57380037



**Şekil 4.3: Çalışanların Kortizol Hormon Seviyelerini Gösteren Grafik**

#### **4.2.2. Anket çalışmaları**

Çalışma öncesinde katılımcılara uygulanan KOPSOR anketi ile kullanıcıların talepleri, etki ve gelişim istekleri, kişilerarası ilişkiler ve liderlik durumları, iş doyumları ve tükenmişlik yüzdeleri kişisel ve toplu olarak değerlendirilmiştir.

##### **4.2.2.1. KOPSOR değerlendirmesi**

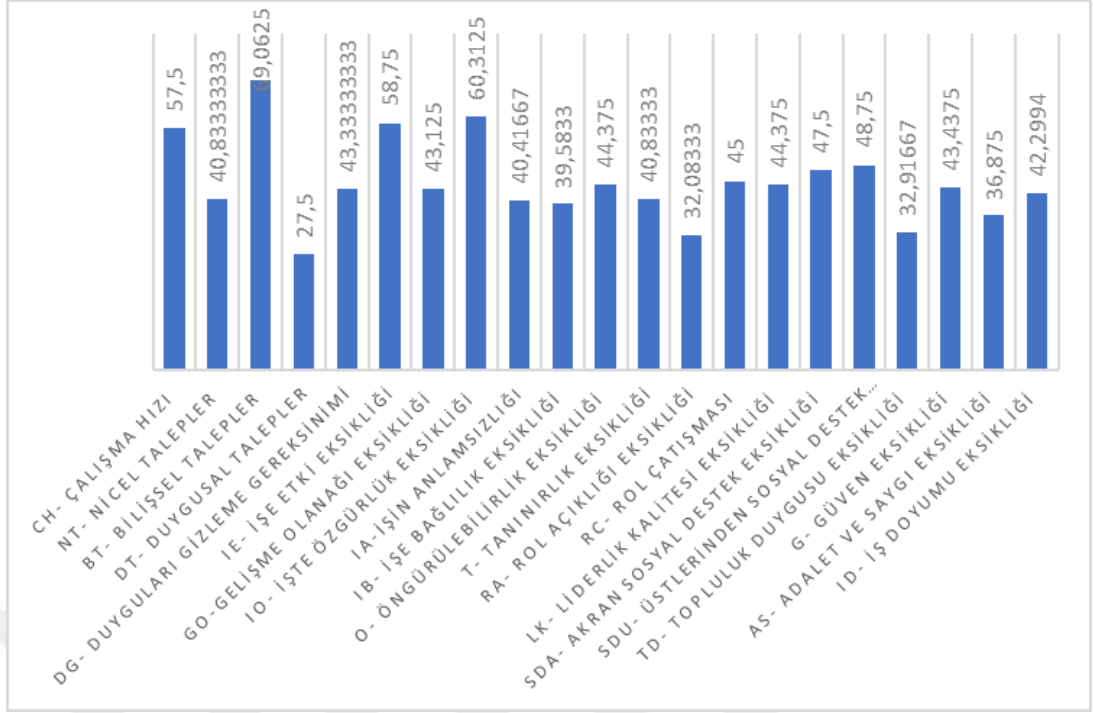
Tablo 4.4'te, psikososyal risklere ilişkin ortalama, standart sapma ve ortanca değerler sunulmaktadır. Psikososyal riskler açısından katılımcıların durumları incelendiğinde, ortanca değerlere göre yüksek ortalamaya sahip alt boyutlar, yüksek psikososyal riski göstermektedir (Çizelge 4.2).

Bu bağlamda, ortanca değerlere göre yüksek ortalamaya sahip psikososyal riskler arasında şunlar yer almaktadır:

Çalışma hızı (57,5±20,74), nicel talepler (40,83±20,75), duygusal talepler (27,50±26,78), gelişme olanağı eksikliği (43,13±28,96, rol çatışması (45,00±30,52) , liderlik kalitesi eksikliği (44,38±33,99), üstlerinden sosyal destek eksikliği (48,75±31,45) ,topluluk duygusu eksikliği (32,92±30,41), güven eksikliği (43,44±24,63), iş doyumunu eksikliği (42,30±18,30) olarak saptanmıştır.

**Çizelge 4.2: KOPSOR-TR Ölçeği Psikososyal Risk Boyutları Puanlarının Merkezi Eğilim Ölçüleri**

	Ortalama	Standart Sapma	Ortanca	Minimum	Maksimum
CH- ÇALIŞMA HIZI	57,50	20,75	50,00	25,00	100,00
NT- NİCEL TALEPLER	40,83	20,75	41,67	0,00	75,00
BT- BİLİŞSEL TALEPLER	69,06	17,96	68,75	37,50	100,00
DT- DUYGUSAL TALEPLER	27,50	26,78	25,00	0,00	100,00
DG- DUYGULARI GİZLEME GEREKSİNİMİ	43,33	24,27	33,33	16,67	100,00
IE- İŞE ETKİ EKSİKLİĞİ	58,75	28,42	62,50	0,00	100,00
GO-GELİŞME OLANAĞI EKSİKLİĞİ	43,13	28,96	34,38	0,00	93,75
IO- İŞTE ÖZGÜRLÜK EKSİKLİĞİ	60,31	21,39	65,63	12,50	100,00
IA-İŞİN ANLAMISIZLIĞI	40,42	36,90	25,00	0,00	100,00
IB- İŞE BAĞLILIK EKSİKLİĞİ	39,58	28,34	33,33	0,00	100,00
O- ÖNGÜRÜLEBİLİRLİK EKSİKLİĞİ	44,38	32,06	43,75	0,00	100,00
T- TANINIRLIK EKSİKLİĞİ	40,83	29,61	41,67	0,00	100,00
RA- ROL AÇIKLIĞI EKSİKLİĞİ	32,08	28,13	29,17	0,00	100,00
RC- ROL ÇATIŞMASI	45,00	30,52	37,50	0,00	100,00
LK- LİDERLİK KALİTESİ EKSİKLİĞİ	44,38	33,99	37,50	0,00	100,00
SDA- AKRAN SOSYAL DESTEK EKSİKLİĞİ	47,50	21,31	50,00	0,00	83,33
SDU- ÜSTLERİNDEN SOSYAL DESTEK EKSİKLİĞİ	48,75	31,45	41,67	8,33	100,00
TD- TOPLULUK DUYGUSU EKSİKLİĞİ	32,92	30,41	25,00	0,00	100,00
G- GÜVEN EKSİKLİĞİ	43,44	24,63	43,75	0,00	81,25
AS- ADALET VE SAYGI EKSİKLİĞİ	36,88	27,87	40,63	0,00	100,00
ID- İŞ DOYUMU EKSİKLİĞİ	42,30	18,38	43,29	6,66	86,64

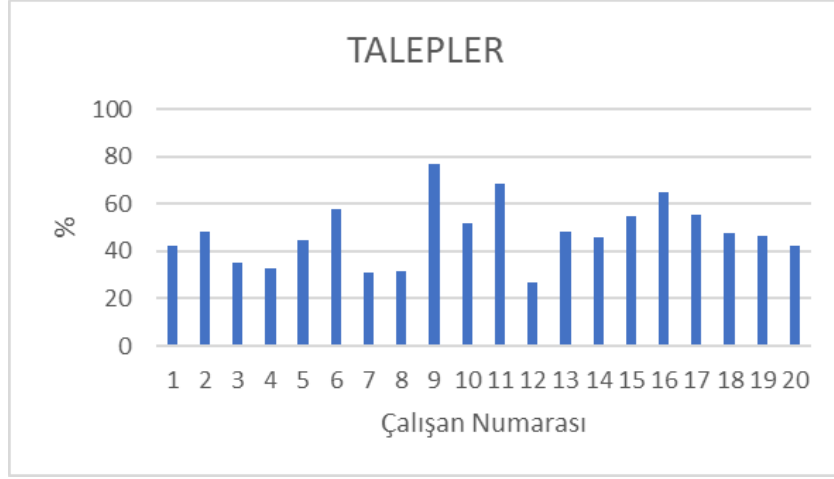


Şekil 4.4: Katılımcıların Psikososyal Risk Puanlarının Dağılımı

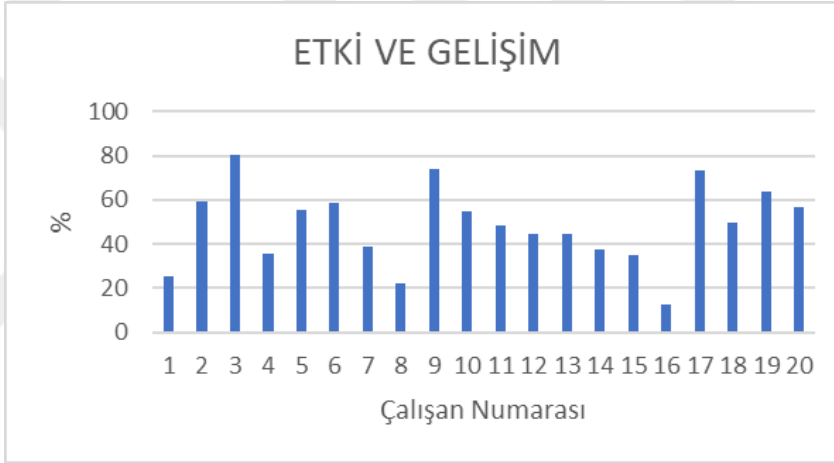
Çizelge 4.3: Fabrika Çalışanlarının Toplu Olarak KOPSOR Anket Değerlendirme Sonuçları

	Sonuç (%)
<b>Talepler</b>	47,64583333
<b>Etki Ve Gelişim İsteği</b>	48,4375
<b>Kişilerarası İlişkiler ve Liderlik</b>	41,61458333
<b>İş Doyummu</b>	42,2994
<b>İş Doyummu ve Tükenmişlik</b>	44,99932917

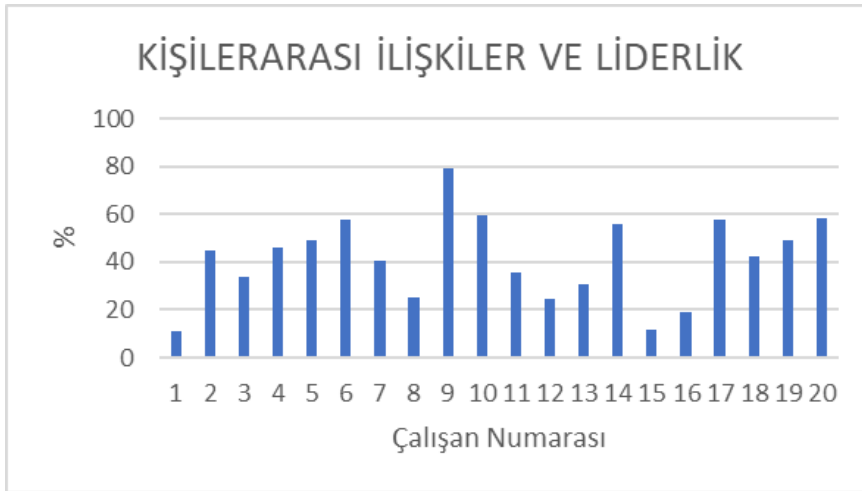
Anket sonuçları, kişilerin taleplerinin varlığı, etki ve gelişim istekleri, kişilerarası ilişkiler ve liderlik talepleri, iş doyumları ve tükenmişliklerine göre analiz edilmiştir (Çizelge 4.3).



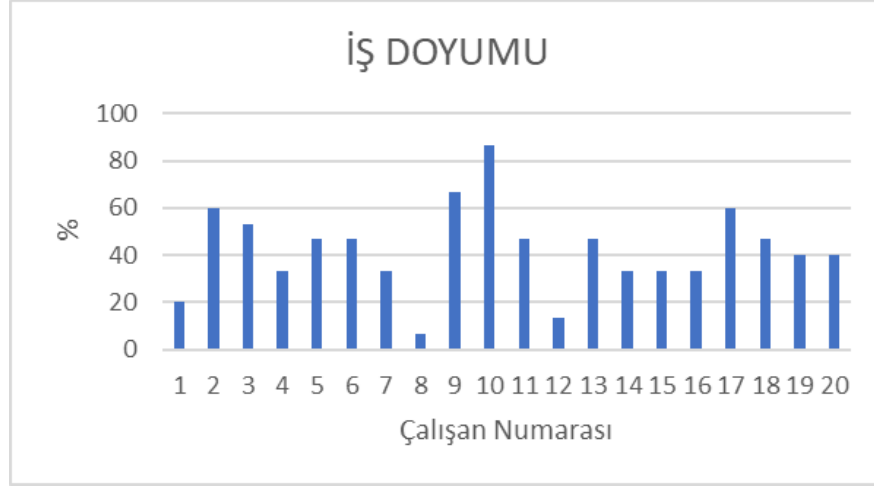
**Şekil 4.5: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre Taleplerinin Varlık Yüzdesini Gösteren Grafik**



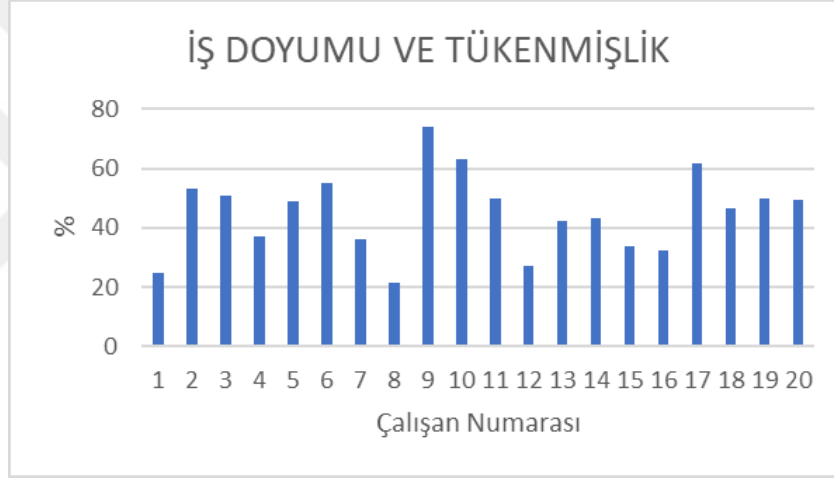
**Şekil 4.6: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre Etki ve Gelişim İsteklerinin Yüzdesini Gösteren Grafik**



**Şekil 4.7: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre Kişilerarası İlişkiler ve Liderlikteki Etkilerinin Yüzdesini Gösteren Grafik**



Şekil 4.8: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre İş Doyumlarının Yüzdesini Gösteren Grafik



Şekil 4.9: Katılımcıların (n=20) KOPSOR Anket Sonuçlarına Göre İş Doyumları ve Tükenmişliklerinin Yüzdesini Gösteren Grafik

#### 4.2.2.2. Algılanan stres ölçeği

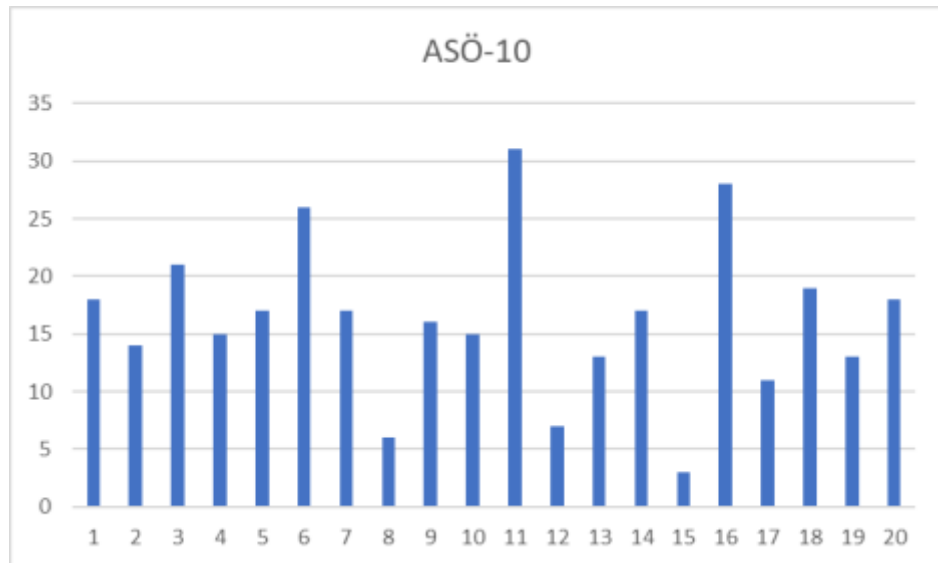
Çizelge 4.4: Çalışanların Algılanan Stres Ölçeği Puanları ASÖ Değerlendirmesi

	ASÖ-10	ASÖ-4
1	18	7
2	14	6
3	21	11
4	15	8
5	17	7
6	26	9
7	17	4
8	6	7
9	16	9

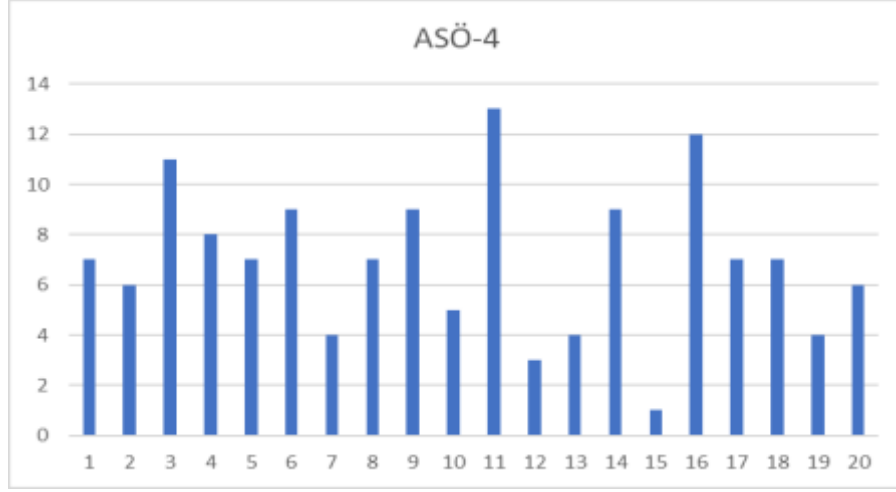
**Çizelge 4.4: (Devamı) Çalışanların Algılanan Stres Ölçeği Puanları ASÖ Değerlendirmesi**

	ASÖ-10	ASÖ-4
1	18	7
2	14	6
3	21	11
4	15	8
5	17	7
6	26	9
7	17	4
8	6	7
9	16	9
10	15	5
11	31	13
12	7	3
13	13	4
14	17	9
15	3	1
16	28	12
17	11	7
18	19	7
19	13	4
20	18	6

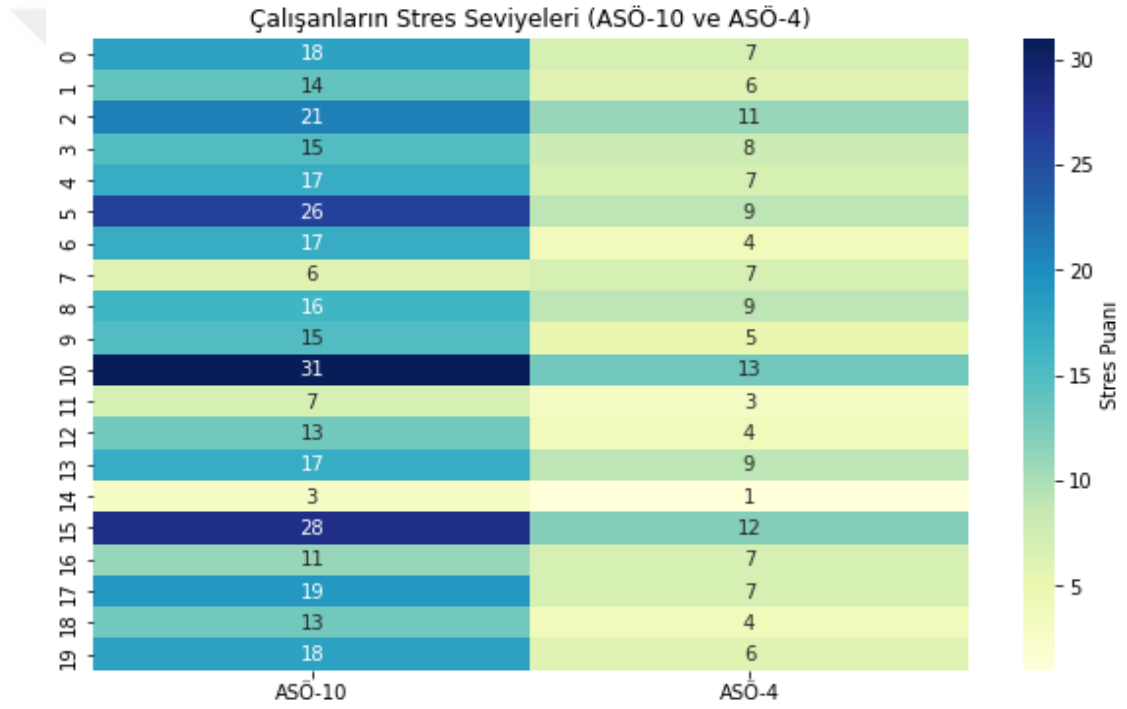
Katılımcıların stres seviyesinin ölçümlendiği anketler ile kortizol hormonunun seviyesinin karşılaştırıldığı grafikler aşağıda verilmiştir.



**Şekil 4.10: ASÖ 10 Sonuçlarının Katılımcılara (n=20) Göre Sonuç Dağılımı**



Şekil 4.11: ASÖ 4 Sonuçlarının Katılımcılara (n=20) Göre Sonuçdağılımı



Şekil 4.12: Çalışanların ASÖ- 10 ve ASÖ- 4 Puan Karşılaştırmaları

### 4.3 Validasyon Çalışmaları

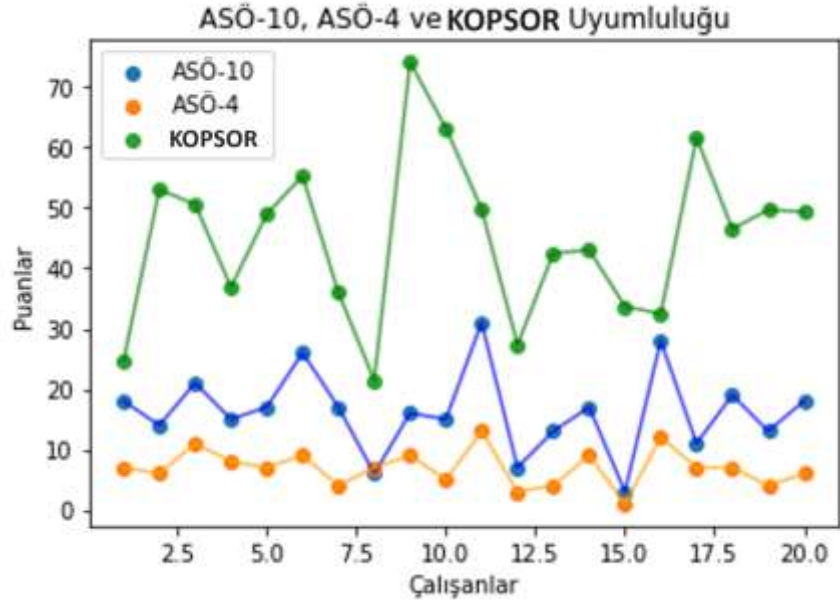
Bu kapsamda, Kopsor, ASÖ, ELISA ve Kolorimetre cihazlarından alınan sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Temel amaç kullanılan yöntemlerin birbirleri ile anlamlı sonuçlar verdiğini göstermektedir.



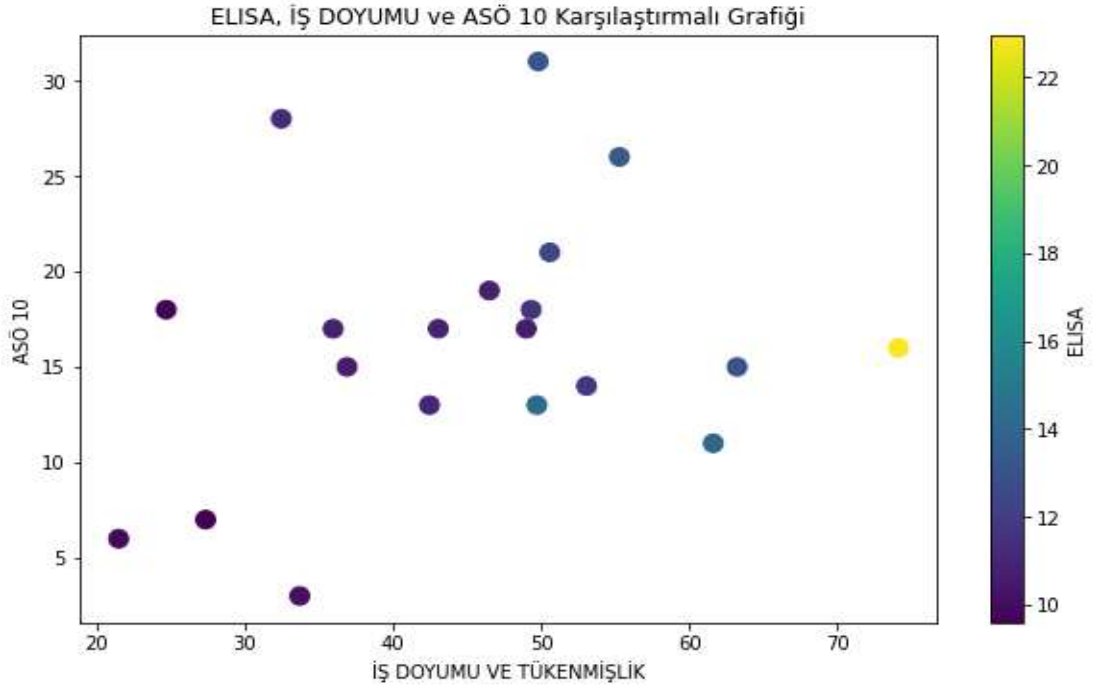
Şekil 4.13: KOPSOR İş Doymu ve Tükenmişlik ile ASÖ 10 Stres Düzeyi Arasındaki İlişiyi Gösteren Grafik



Şekil 4.14: KOPSOR İş Doymu ve Tükenmişlik ile ASÖ 4 Stres ve Depresyon Düzeyi Arasındaki İlişiyi Gösteren Grafik



**Şekil 4.15: Çalışanların ASÖ-10, ASÖ-4 ve KOPSOR Anketi Dağılımını Gösteren Grafik**



**Şekil 4.16: ELISA Test Sonuçları ile KOPSOR İş Doyum ve Tükenmişlik İle ASÖ 10 Stres Düzeyi Arasındaki İlişkiyi Gösteren Grafik**

**Çizelge 4.5: Katılımcıların ELİSA ile Anlamlı Korelasyon Gösteren Psikososyal Riskleri**

	Ortalama	Standart Sapma	Spearman Korelasyon Katsayısı	p<0,01	Kendall Tau Katsayısı	p<0,01
İş doyumu ve tükenmişlik	44,999	13,499	0,861	$1.05 \times 10^{-6}$	0,653	$2 \times 10^{-5}$
Talepler	47,646	13,014	0,645	$2.15 \times 10^{-3}$	0,480	$3 \times 10^{-3}$
Etki ve gelişim	48,438	17,787	0,741	$1.8 \times 10^{-4}$	0,568	$2.7 \times 10^{-4}$
Kişilerarası ilişkiler ve liderlik	41,615	17,751	0,638	$2.49 \times 10^{-3}$	0,442	$5.92 \times 10^{-3}$
İş doyumu	42,299	18,379	0,728	$2.7 \times 10^{-4}$	0,557	$8.9 \times 10^{-4}$

Bu analizde (Çizelge 4.5), ELISA sonuçları ile katılımcıların psikososyal riskleri arasında belirgin korelasyonlar gözlemlenmiştir. İlk olarak, İş Doyumu ve Tükenmişlik boyutunda, ELISA değerleri ile güçlü bir pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Spearman Korelasyon Katsayısı: 0.861, p<0,01; Kendall Tau Katsayısı: 0.653, p<0,01). Bu durum, ELISA değerlerinin artmasıyla birlikte katılımcıların iş doyumunda düşüş ve tükenmişlik hissini arttığını göstermektedir.

Benzer şekilde, Talepler boyutunda da ELISA ile anlamlı bir pozitif korelasyon saptanmıştır (Spearman Korelasyon Katsayısı: 0.645, p<0,01; Kendall Tau Katsayısı: 0.480, p<0,01). Yüksek talepler, ELISA değerlerinin artmasıyla ilişkilidir, bu da çalışanların stres düzeyinin yüksek olduğu durumları işaret etmektedir.

Etki ve Gelişim boyutunda da benzer bir trend gözlemlenmiştir; ELISA değerleri ile güçlü bir pozitif korelasyon vardır (Spearman Korelasyon Katsayısı: 0.741, p<0,01; Kendall Tau Katsayısı: 0.568, p<0,01). Bu durum, yüksek ELISA değerlerinin çalışanların etki ve gelişim olanaklarını olumsuz etkilediğini işaret etmektedir.

Kişilerarası İlişkiler ve Liderlik boyutunda da ELISA ile pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir (Spearman Korelasyon Katsayısı: 0.638, p<0,01; Kendall Tau Katsayısı: 0.442, p<0,01). Bu, yüksek ELISA değerlerinin çalışanların sosyal ilişkilerini ve liderlik algısını olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Son olarak, İş Doyumu boyutunda da ELISA ile güçlü bir pozitif korelasyon saptanmıştır (Spearman Korelasyon Katsayısı: 0.728, p<0,01; Kendall Tau Katsayısı:

0.557,  $p < 0,01$ ). Bu durum, yüksek ELISA değerlerinin çalışanların iş doyumunu azalttığını göstermektedir.

Bu bulgular, ELISA sonuçlarının çalışanların psikososyal durumunu etkileyebileceğini ve bu etkinin özellikle iş doyumunu, tükenmişlik, talepler, etki ve gelişim, kişilerarası ilişkiler ve liderlik boyutlarında belirgin olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 4.6: Ana Referans Değerlerinin Konsantrasyon, L, a, b Değerleri, Lab Ortalaması, RGB Değerleri ve RGB Ortalaması ve ELISA Absorbanslarını Gösteren Tablo**

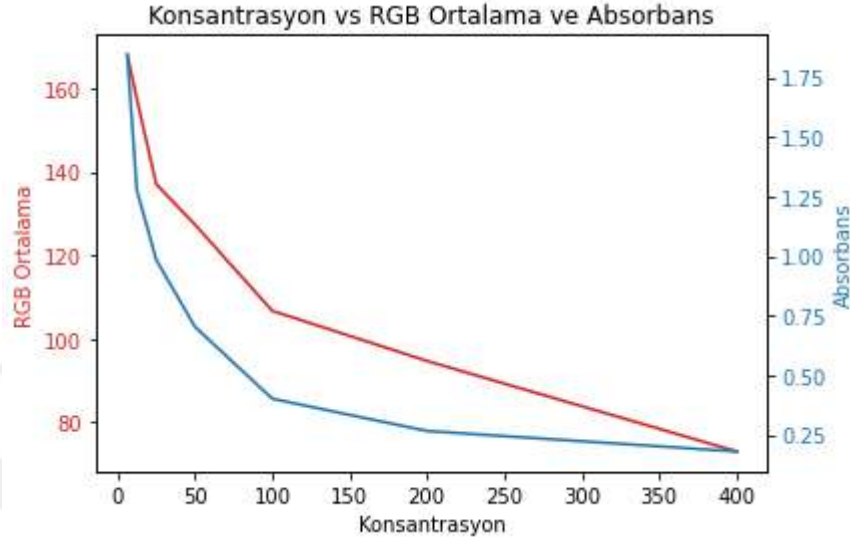
Konsantrasyon	L	A	B	Lab Ortalama	R	G	B	RGB Ortalama	Elisa Aborbans
6,25	66,7	14,9	0,4	27,33	189	153	162	168,00	1,8454
12,5	61,6	21,7	-1,5	27,27	185	135	152	157,33	1,2763
25	52,6	28,5	-5,7	25,13	168	107	136	137,00	0,9851
50	48,4	30,7	-7,3	23,93	159	95	128	127,33	0,7036
100	40,5	37,2	-4,1	24,53	148	69	103	106,67	0,4016
200	34,9	34,2	-10,1	19,66	126	59	99	94,67	0,2662
400	27,5	39,7	-1,7	21,83	117	33	69	73,00	0,1803

Yukarıda verilen tabloda (Çizelge 4.6) konsantrasyon, L, a, b değerleri, lab ortalaması, RGB değerleri ve RGB ortalaması gibi ölçümler bulunmaktadır. Bu ölçümler, farklı konsantrasyonlardaki örneklerle karşılık gelmektedir.

Konsantrasyon arttıkça, hem Elisa absorbans değerlerinin hem de RGB değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu, daha yüksek konsantrasyonlardaki numunelerin daha düşük absorbans ve renk yoğunluğuna sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, konsantrasyon ile absorbans veya renk arasında ters bir ilişki olduğunu işaret etmektedir.

L, a ve b değerleri renk uzayındaki farklı boyutları temsil eder. L değeri, parlaklık veya aydınlık düzeyini belirtirken, a ve b değerleri renk tonunu ve doygunluğunu tanımlar. Örneğin, L değeri arttıkça renk daha açık olurken, a ve b değerlerindeki artışlar farklı renk tonlarını veya doygunlukları ifade eder.

Konsantrasyon arttıkça hem absorbans değerlerinde hem de renk yoğunluğunda azalma gözlemlenirken, renk uzayındaki L, a ve b değerlerinin değişimleri de dikkate alınmalıdır. Bu ölçümler, numuneler arasındaki renk ve konsantrasyon farklarını belirlemek için kullanılabilir.



**Şekil 4.17: Çalışanların Elisa İle Elde Edilen Kortizol Hormon Seviyesi Ve Sistem Üzerinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen RGB Değerlerinin Karşılaştırmalı Grafiği**

Verilen veri setinde (Şekil 4.17), 20 farklı çalışanın kortizol hormon seviyeleri ve ortalama RGB değerleri bulunmaktadır. Kortizol hormon seviyeleri, stresle ilişkilendirilen bir hormon olup vücudun stres tepkilerini düzenlemede önemli bir rol oynar. Ortalama RGB değerleri ise renklerin yoğunluğunu temsil eder ve genellikle bir görüntünün ışık yoğunluğunu ifade eder.

**Çizelge 4.7: Çalışanların Elisa ile Elde Edilen Kortizol Hormon Seviyesi ve Sistem Üzerinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen RGB Değerleri**

ÇALIŞAN	KORTİZOL HORMON SEVİYESİ	ORTALAMA RGB
1	9,686415701	146,3333
2	11,6835532	149,6667
3	12,39390801	153
4	10,61370751	146,6667
5	10,60895731	146
6	13,3908336	153,6667
7	10,82456221	144

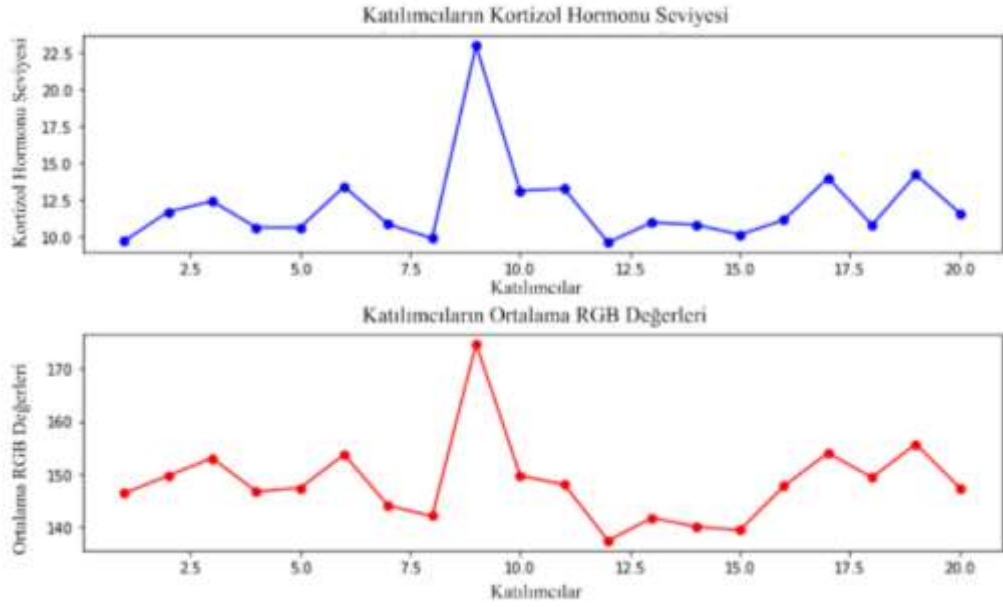
**Çizelge 4.8: (Devamı) Çalışanların Elisa ile Elde Edilen Kortizol Hormon Seviyesi ve Sistem Üzerinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen RGB Değerleri**

ÇALIŞAN	KORTİZOL HORMON SEVİYESİ	ORTALAMA RGB
8	9,881275559	147
9	22,97487039	174,6667
10	13,12478	149,6667
11	13,24929488	148
12	9,590925603	137,3333
13	10,9559903	141,6667
14	10,79633891	140
15	10,12456221	139,3333
16	11,12757029	147,6667
17	13,99329006	154
18	10,77228224	149,3333
19	14,20732267	155,6667
20	11,57380037	147,3333

Verilere bakıldığında (Çizelge 4.7), kortizol hormon seviyelerinin genellikle 9 ile 14 birim arasında değiştiği görülmektedir. Ancak, 9. çalışanın kortizol seviyesi diğerlerinden oldukça farklıdır ve 22,97 birim olarak oldukça yüksektir. Bu durum, bu çalışanın potansiyel olarak yüksek düzeyde stres altında olduğunu veya diğer faktörlerin etkisi altında olduğunu gösterebilir. Ortalama RGB değerleri ise genellikle 139 ile 155 birim arasında değişmektedir. 9. çalışanın ortalaması, diğerlerinden önemli ölçüde farklıdır ve 174,67 birim olarak oldukça yüksektir. Bu durum, belki de bu çalışanın çalışma ortamının veya işinin doğası gereği diğerlerinden farklı bir görsel deneyime sahip olduğunu düşündürülebilir.

Verilen verilerde her bir çalışanın ELISA ile ölçülen kortizol hormon seviyesi, kolorimetrik yöntemle belirlenen ortalama RGB değeri ve absorbans değerleri yer almaktadır. Absorbans değerleri, kolorimetrik yöntemle elde edilen renk değişimini temsil ederken, ELISA ile ölçülen kortizol hormon seviyeleri ve kolorimetrik yöntemle belirlenen ortalama RGB değerleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmemize yardımcı olur.

Veriler incelendiğinde (Şekil 4.18), absorbans değerlerinin ve ELISA ile ölçülen kortizol seviyelerinin genellikle birbiriyle uyumlu olduğunu gözlemliyoruz. Yüksek absorbans değerlerine sahip olan çalışanlar genellikle yüksek kortizol seviyelerine sahipken, düşük absorbans değerlerine sahip olan çalışanlar genellikle düşük kortizol seviyelerine sahiptir. Benzer şekilde, kolorimetrik yöntemle belirlenen ortalama RGB değerleri de absorbans değerleri ile uyumludur. Yani, kortizol seviyeleri arttıkça, absorbans değerleri azalır ve ortalama RGB değerleri de genellikle artar.



**Şekil 4.18: Çalışanların Kortizol Hormon Seviyeleri İle Ortalama RGB Değerlerinin Dağılımlarını Karşılaştırmalı Olarak Gösteren Grafik**

Normal dağılım, istatistiksel testlerin doğru şekilde uygulanabilmesi için önemlidir çünkü birçok istatistiksel test, verilerin normal dağılıma sahip olduğunu varsayar (Çizelge 4.8).

Aşağıda Çizelge 4.7. Çalışanların Elisa ile elde edilen kortizol hormon seviyesi ve sistem üzerinde kolorimetre cihazı ile elde edilen RGB değerleri çizelgesinde yer alan veriler ile gerçekleştirilen normalite testi sonuçları verilmiştir (Çizelge 4.8).

**Çizelge 4.8: Çalışanların Elisa İle Elde Edilen Kortizol Hormonu Seviyeleri İle Sistem İçerisinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen Ortalama RGB Değerlerinin Normalite Testleri**

Değişken	Shapiro-Wilk Statistik	p-değer
Kortizol Hormon Seviyesi	0.6823	2.39e-05
Ortalama RGB	0.8432	0.0041

Her iki değişken için de p-değerleri 0.05 korelasyon düzeyinden küçüktür, bu da verilerin normal dağılıma sahip olmadığını gösterir. Bu durumda, Spearman korelasyon katsayısı kullanılmıştır.

Verilerin Spearman korelasyon katsayısı -0.987 olarak hesaplanmıştır ( $p < 0,005$ ). Bu da, iki değişken arasındaki ilişkinin monoton bir şekilde negatif yönlü olduğunu gösterir. Yani, bir değişken artarken diğer değişken azalmaktadır. Spearman p değeri 0.0 olarak hesaplanmıştır, bu da ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir.

Sonuç olarak, ter örneklerindeki kortizol seviyeleri ile ELISA yöntemiyle ölçülen absorbans değerleri arasında güçlü ve negatif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Bu bulgu, çalışmanın hedefine uygun olarak ELISA ile ölçülen kortizol seviyelerinin, kolorimetrik olarak belirlenen RGB değerleri ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 4.9: Her Çalışan İçin Elisa İle Elde Edilen Kortizol Hormonu Seviyeleri İle Sistem İçerisinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen Ortalama RGB Değerlerinin Korelasyon Testleri (Spearman Analizi)**

Çalışan	Bağımsız Değişken: Kortizol Hormonu Seviyesi (ng/mL)	Bağımlı Değişken: Ortalama RGB	Spearman Korelasyon Katsayısı
1	9,686	146,333	*-0.90
2	11,684	149,667	*-0.95
3	12,394	153,000	*-0.97
4	10,614	146,667	*-0.92
5	10,609	146,000	*-0.89
6	13,391	153,667	*-0.94
7	10,825	144,000	*0.75
8	9,881	147,000	*0.81
9	22,975	174,667	*-0.67
10	13,125	149,667	*-0.90
11	13,249	148,000	*-0.90
12	9,591	137,333	*0.71

**Çizelge 4.10: (Devamı) Her Çalışan İçin Elisa İle Elde Edilen Kortizol Hormonu Seviyeleri İle Sistem İçerisinde Kolorimetre Cihazı İle Elde Edilen Ortalama RGB Değerlerinin Korelasyon Testleri (Spearman Analizi)**

Çalışan	Bağımsız Değişken: Kortizol Hormonu Seviyesi (ng/mL)	Bağımlı Değişken: Ortalama RGB	Spearman Korelasyon Katsayısı
13	10,956	141,667	*-0.82
14	10,796	140,000	*-0.82
15	10,125	139,333	*-0.78
16	11,128	147,667	*-0.96
17	13,993	154,000	*-0.99
18	10,772	149,333	*-0.93
19	14,207	155,667	*-0.95
20	11,574	147,333	*-0.96

\*p<0.001

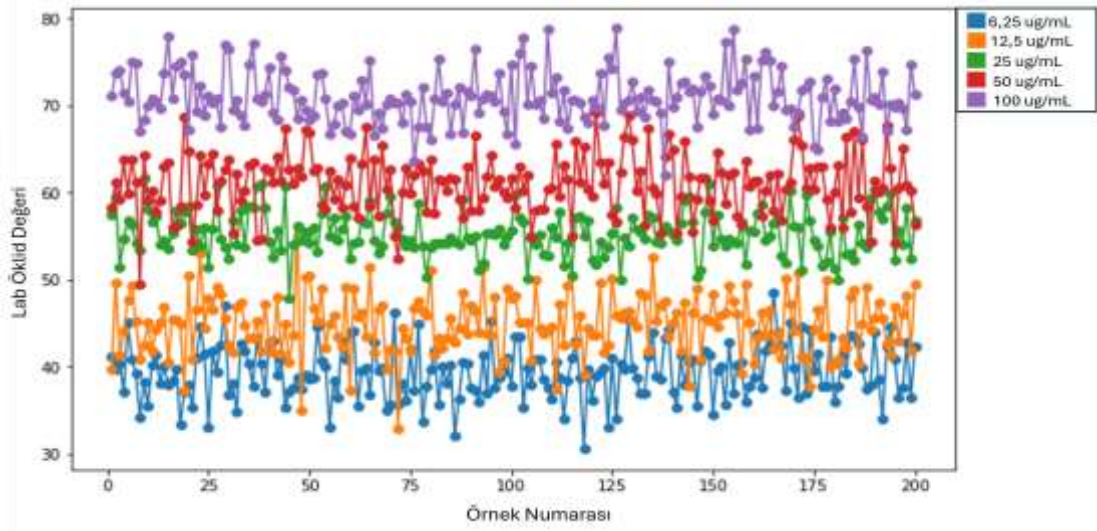
Spearman korelasyon katsayılarına baktığımızda (Çizelge 4.9), her iki test için de kuvvetli negatif bir ilişki olduğunu görebiliyoruz. Bu, çalışanların kortizol hormon seviyeleri ile ortalama RGB değerleri arasında güçlü bir ters yönlü ilişki olduğunu gösterir. Yani, kortizol seviyeleri arttıkça, ortalama RGB değerleri azalır veya azaldıkça kortizol seviyeleri artar.

Spearman korelasyon analizi sonuçlarına göre, her bir çalışan için negatif yönlü bir ilişki belirlenmiştir. Bu ilişki, kortizol seviyeleri ile ortalama RGB değerleri arasında güçlü bir ters ilişki olduğunu göstermektedir. Her iki değişken arasındaki bu ilişki, istatistiksel olarak anlamlıdır, çünkü her iki korelasyon testinin p değeri de çok düşüktür (0.01'den düşük).

Bu bulgular, kortizol seviyelerinin ve renk değerlerinin birlikte değerlendirilmesinin, kortizol seviyelerindeki değişiklikleri belirlemede potansiyel olarak etkili bir yöntem olabileceğini göstermektedir. Bu tür bir ilişkinin belirlenmesi, özellikle stres seviyelerini veya diğer biyolojik faktörleri izlemek ve değerlendirmek için yararlı olabilir. Bu bulgulara dayanarak, mavi tetrazolyum kolorimetrik yönteminin kortizol hormon seviyesini belirlemede yüksek başarı gösterdiği ve kullanılabileceği sonucuna varılabilir. Bu yöntem, ELISA yöntemiyle karşılaştırıldığında güvenilir bir alternatif olabilir ve kortizol seviyelerini izlemek veya değerlendirmek için etkili bir araç olabilir.

### 4.3.1. Akıllı cihazlardan alınan görüntülerden makine öğrenmesi yöntemi ile kortizol hormon düzeyi belirlenmesi

Görüntü işleme prosesi olmadan elde edilen verilerin (Şekil 4.19) korelasyon göstermemesi, bu çalışmanın başlangıç noktasını oluşturmuştur. Görüntüler üzerinde öncelikle doygunluk, kontrast, ışık yoğunluğu, beyaz dengesi, piksel değerleri ve boyutlama gibi görüntü işleme teknikleri uygulanarak, veriler standartlaştırılmıştır. Aşağıdaki (Çizelge 4.10) tabloda farklı optik cihazlardan farklı ortamlarda alınmış görüntülerin görüntü işleme yapılmadan önceki analizleri bulunmaktadır.



Şekil 4.19: İşlenmemiş Görüntülerden Elde Edilen Lab Öklid Değerlerinin Her Konsantrasyon İçin Karşılaştırılması

Çizelge 4.10: Farklı Ortamlarda Farklı Optik Donanıma Sahip Cihazlarla Alınmış Görüntülerin Analiz Sonuçları

Referans konsantrasyon	Örnek sayısı (n)	Min	Maks	Aralık	Çarpıklık	Basklık	Standart sapma	Varyasyon katsayısı	Pearson korelasyon katsayısı	Pearson p değeri
6,25	200	30,61	48,47	17,86	0,044	-0,148	3,113	7,890	0,106	0,140
12,5	200	32,94	56,19	23,25	-0,128	0,533	3,469	0,072	0,004	0,952
25	200	47,83	61,74	13,91	0,116	-0,025	2,532	0,045	-0,081	0,253
50	200	49,54	69,21	19,67	-0,092	0,088	3,439	0,056	0,033	0,643
100	200	62,05	78,84	16,79	0,305	0,147	2,990	0,042	-0,047	0,502

Verilen veri setlerinde, farklı konsantrasyonlara sahip örneklerin değerlendirilmesi yapılmıştır (Çizelge 4.10). Her bir konsantrasyon için en küçük ve en büyük değerler arasındaki farklılıklar, aralık, çarpıklık, basıklık, standart sapma, varyasyon katsayısı, Pearson korelasyon katsayısı ve Pearson p değeri gibi istatistiksel ölçümler hesaplanmıştır.

6.25 ug/mL'lik konsantrasyonda, veri setinin dağılımı sağa çarpık ve düz değildir. Standart sapma değeri 3.11 olup, varyasyon katsayısı 7.89'dur. Pearson korelasyon katsayısı 0.106 ve P değeri 0.140 olarak hesaplanmıştır.

12.5 ug/mL'lik konsantrasyonda, veri setinin dağılımı sağa çarpık ve düz değildir. Standart sapma değeri 3.469 olup, varyasyon katsayısı 7.2'dir. Pearson korelasyon katsayısı 0.004 ve P değeri 0.952 olarak hesaplanmıştır.

25 ug/mL'lik konsantrasyonda, veri setinin dağılımı sağa çarpık ve düz değildir. Standart sapma değeri 2.532 olup, varyasyon katsayısı 4.5'dir. Pearson korelasyon katsayısı -0.081 ve P değeri 0.253 olarak hesaplanmıştır.

50 ug/mL'lik konsantrasyonda, veri setinin dağılımı sağa çarpık ve yüksek basıklığa sahiptir. Standart sapma değeri 3.439 olup, varyasyon katsayısı 5.64'tür. Pearson korelasyon katsayısı 0.033 ve P değeri 0.643 olarak hesaplanmıştır.

100 ug/mL'lik konsantrasyonda, veri setinin dağılımı sağa çarpık ve yüksek basıklığa sahiptir. Standart sapma değeri 2.99 olup, varyasyon katsayısı 4.21'dir. Pearson korelasyon katsayısı -0.047 ve P değeri 0.502 olarak hesaplanmıştır.

Verilen veri setlerinde farklı konsantrasyonlara sahip örneklerin değerlendirilmesi yapılmıştır. İncelenen konsantrasyonlarda, örneklerin dağılımlarının sağa çarpık olduğu ve düz olmadığı gözlemlenmiştir. Bu, örneklerin ortalamadan daha yüksek değerlerde yoğunlaştığını ve dağılımlarının simetrik olmadığını gösterir.

Standart sapma değerleri incelendiğinde, konsantrasyon arttıkça veri setlerinin yayılma ölçüsünün arttığı görülmektedir. Yani, yüksek konsantrasyonlarda örneklerin ortalamadan daha fazla sapma gösterdiği ve dağılımlarının genişlediği gözlemlenmiştir.

Varyasyon katsayısı incelendiğinde, örneklerin değişkenliğini gösteren bir ölçüt olduğu görülür. Bu katsayının değerleri, konsantrasyon arttıkça genellikle

azalma eğilimindedir. Ancak, 100 ug/mL'lik konsantrasyonda bir miktar artış gözlemlenmiştir. Bu, örneklerin homojenliğinin konsantrasyon arttıkça arttığı, ancak 100 ug/mL'lik konsantrasyonda biraz azaldığı şeklinde yorumlanabilir.

Pearson korelasyon katsayısı ve P değerleri incelendiğinde, konsantrasyon ile ölçülen değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin zayıf olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak, verilen konsantrasyonlara sahip örneklerin değerlendirilmesinde, örneklerin dağılımının sağa çarpık olduğu, konsantrasyon arttıkça örneklerin yayılma ölçüsünün arttığı ve değişkenliğin genellikle azaldığı ancak bazı durumlarda arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, ölçülen değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Aşağıdaki Çizelgeye göre (Çizelge 4.12);

6,25 ug/mL'lik konsantrasyona sahip örneklerin işlenmemiş görsellerinin analizlerinde en küçük değer 36.47, en büyük değer ise 42.74'tür. Bu, veri setindeki değerler arasında gözlemlenen minimum ve maksimum farklılıkları gösterir.

Aralık, en büyük ve en küçük değerler arasındaki farkı ifade eder. Bu durumda, aralık  $42.74 - 36.47 = 6.27$ 'dir. Bu, veri setindeki değerler arasındaki maksimum farklılığın bu kadar olduğunu gösterir. Çarpıklık, dağılımın simetrisini ölçer. Negatif çarpıklık, sağa çarpık bir dağılımı, pozitif çarpıklık ise sola çarpık bir dağılımı gösterir. Basıklık, dağılımın düzlüğünü ölçer. Burada, çarpıklık değeri 0.515573465 ile negatif yönlüdür ve sağa çarpıktır. Basıklık değeri ise -3.15399886 ile negatif yönlüdür. Yani, dağılım sağa çarpık ve düz değildir.

Standart sapma, veri setinin yayılma ölçüsünü ifade eder. Standart sapma ne kadar büyükse, veri setinin dağılımı o kadar geniştir. Bu durumda, standart sapma değeri 3.134911482'dir.

**Çizelge 4.11: Farklı Ortamlarda Farklı Optik Donanıma Sahip cihazlarla Alınmış 200 Görüntüden 5 Görüntünün RGB, Lab ve Merkezi Dağılım Ölçüleri**

Referans Konsantrasyon	R	G	B	RGB Ort	L	A	B	Lab Ortalma	Lab Öklid	Min.	Maks.	Aralık	Çarpıklık	Basıklık	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Pearson Korelasyon Katsayısı	Pearson P Değeri
6,25	189	153	162	168,00	66,70	14,90	0,40	27,33	36,48									
6,25	180	149	157	162,00	64,60	12,89	0,13	25,87	37,67									
6,25	178	137	152	155,67	61,32	18,07	-1,94	25,82	42,74	36,47	42,74	6,27	0,516	-3,154	3,135	7,16	0,52	0,36
6,25	182	152	159	164,33	65,67	12,30	0,50	26,16	36,47									
6,25	179	139	158	158,67	62,09	18,28	-4,21	25,39	42,3									
12,5	183	138	159	160,00	62,57	20,50	-4,35	26,24	42,9									
12,5	180	131	155	155,33	60,16	22,62	-5,35	25,81	46,12									
12,5	172	134	148	151,33	60,06	26,85	-2,04	28,29	48,17	41,75	49,55	7,8	-0,125	-2,337	3,337	6,53	0,42	0,47
12,5	183	140	159	160,67	62,99	19,02	-3,46	26,18	41,75									
12,5	187	123	146	152,00	59,06	27,85	-1,94	28,32	49,55									
25	168	107	136	137,00	52,60	28,50	-5,70	25,13	55,6									
25	172	112	142	142,00	54,35	28,19	-6,54	25,33	54,05									
25	160	100	131	130,33	49,76	28,76	-7,03	23,83	58,31	52,34	58,31	5,97	-0,155	-0,820	2,319	3,74	0,11	0,85
25	175	119	155	149,67	56,75	27,55	-10,48	24,61	52,34									
25	165	104	133	134,00	51,37	28,67	-5,76	24,76	56,75									
50	159	95	128	127,33	48,40	30,70	-7,30	23,93	60,48									
50	143	80	110	111,00	42,54	30,20	-5,64	22,37	65,16									
50	153	92	120	121,67	46,69	28,94	-5,11	23,51	60,87	56,23	65,16	8,93	0,149	1,917	3,166	4,67	-0,66	0,2
50	157	94	122	124,33	47,72	29,59	-4,72	24,20	60,26									
50	153	103	129	128,33	49,69	24,25	-6,51	22,48	56,23									
100	148	69	103	106,67	40,50	37,20	-4,10	24,53	70,29									
100	151	71	105	109,00	41,38	37,45	-3,83	25,00	69,67									
100	155	78	113	115,33	43,66	36,30	-5,31	24,88	67,23	67,23	74,68	7,45	0,549	1,314	2,713	3,44	0,4	0,49
100	142	58	98	99,33	37,22	40,02	-5,79	23,82	74,68									
100	146	66	99	103,67	39,43	37,48	-3,08	24,61	71,29									

Varyasyon katsayısı, standart sapmanın ortalama değere oranını ifade eder. Bu, veri setinin değişkenliğini gösterir. Varyasyon katsayısı ne kadar büyükse, veri seti o kadar değişkendir. Burada, varyasyon katsayısı 7.16'dır.

Pearson korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ifade eder. P değeri ise bu ilişkinin istatistiksel anlamlılığını belirtir. Burada, Pearson korelasyon katsayısı 0.52 ve P değeri 0.36'dır. Bu değerler, veri setindeki değerler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gösterir.

12,5 ug/mL'lik konsantrasyonda en küçük değer 41.75, en büyük değer ise 49.55'tir. Bu, veri setindeki değerler arasında minimum ve maksimum farklılıkları gösterir. Aralık en büyük ve en küçük değerler arasındaki farkı ifade eder. Bu durumda, aralık  $49.55 - 41.75 = 7.8$ 'dir. Bu, veri setindeki değerler arasındaki maksimum farklılığın bu kadar olduğunu gösterir. Çarpıklık, sağa çarpık bir dağılımı ifade eder. Negatif çarpıklık değeri (-0.125) sağa çarpık bir dağılımı gösterir. Basıklık ise düz bir dağılımı (-2.337) ifade eder. Standart sapma, veri setinin yayılma ölçüsünü ifade eder. Standart sapma ne kadar büyükse, veri setinin dağılımı o kadar geniştir. Bu durumda, standart sapma değeri 3.337'dir. Varyasyon katsayısı, standart sapmanın ortalama değere oranını ifade eder. Bu, veri setinin değişkenliğini gösterir. Varyasyon katsayısı ne kadar büyükse, veri seti o kadar değişkendir. Burada, varyasyon katsayısı 6.53'tür. Pearson korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ifade eder. P değeri ise bu ilişkinin istatistiksel anlamlılığını belirtir. Burada, Pearson korelasyon katsayısı 0.42 ve P değeri 0.47'dir. Bu değerler, veri setindeki değerler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gösterir.

25 ug/mL konsantrasyonda; En küçük değer 52.34, en büyük değer ise 58.31'dir. Bu, veri setindeki değerler arasında minimum ve maksimum farklılıkları gösterir. Aralık en büyük ve en küçük değerler arasındaki farkı ifade eder. Bu durumda, aralık  $58.31 - 52.34 = 5.97$ 'dir. Bu, veri setindeki değerler arasındaki maksimum farklılığın bu kadar olduğunu gösterir. Çarpıklık, sağa çarpık bir dağılımı ifade eder. Negatif çarpıklık değeri (-0.155) sağa çarpık bir dağılımı gösterir. Basıklık ise düz bir dağılımı (-0.820) ifade eder. Standart sapma, veri setinin yayılma ölçüsünü ifade eder. Standart sapma ne kadar küçükse, veri setinin dağılımı o kadar sınırlıdır. Bu durumda, standart sapma değeri 2.319'dur. Varyasyon katsayısı,

standart sapmanın ortalama değere oranını ifade eder. Bu, veri setinin değişkenliğini gösterir. Varyasyon katsayısı ne kadar küçükse, veri seti o kadar homojendir. Burada, varyasyon katsayısı 3.74'tür. Pearson korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ifade eder. P değeri ise bu ilişkinin istatistiksel anlamlılığını belirtir. Burada, Pearson korelasyon katsayısı 0.11 ve P değeri 0.85'tir. Bu değerler, veri setindeki değerler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gösterir.

50 ug/mL'lik konsantrasyonda; En küçük değer 56.23, en büyük değer ise 65.16'dır. Bu, veri setindeki değerler arasında minimum ve maksimum farklılıkları gösterir. Aralık en büyük ve en küçük değerler arasındaki farkı ifade eder. Bu durumda, aralık  $65.16 - 56.23 = 8.93$ 'tür. Bu, veri setindeki değerler arasındaki maksimum farklılığın bu kadar olduğunu gösterir. Çarpıklık, sağa çarpık bir dağılımı ifade eder. Pozitif çarpıklık değeri (0.149) sağa çarpık bir dağılımı gösterir. Basıklık ise yüksek bir basıklık değerine (1.917) sahiptir, bu da dağılımın yüksek bir pikse sahip olduğunu gösterir. Standart sapma, veri setinin yayılma ölçüsünü ifade eder. Standart sapma ne kadar büyükse, veri setinin dağılımı o kadar geniştir. Bu durumda, standart sapma değeri 3.166'dır. Varyasyon katsayısı ne kadar küçükse, veri seti o kadar homojendir. Burada, varyasyon katsayısı 4.67'tir. Pearson korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ifade eder. P değeri ise bu ilişkinin istatistiksel anlamlılığını belirtir. Burada, Pearson korelasyon katsayısı -0.66 ve P değeri 0.2'dir. Bu değerler, veri setindeki değerler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gösterir.

100 ug/mL'lik konsantrasyonda; En küçük değer 67.23, en büyük değer ise 74.68'dir. Bu, veri setindeki değerler arasında minimum ve maksimum farklılıkları gösterir. Aralık bu durumda, aralık  $74.68 - 67.23 = 7.45$ 'tir. Bu, veri setindeki değerler arasındaki maksimum farklılığın bu kadar olduğunu gösterir. Çarpıklık, sağa çarpık bir dağılımı ifade eder. Pozitif çarpıklık değeri (0.549) sağa çarpık bir dağılımı gösterir. Basıklık ise yüksek bir basıklık değerine (1.314) sahiptir, bu da dağılımın yüksek bir pikse sahip olduğunu gösterir. Standart sapma, veri setinin yayılma ölçüsünü ifade eder. Standart sapma ne kadar küçükse, veri setinin dağılımı o kadar sınırlıdır. Bu durumda, standart sapma değeri 2.713'tür. Varyasyon katsayısı ne kadar küçükse, veri seti o kadar homojendir. Burada, varyasyon katsayısı 3.44'tür. Pearson korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ifade eder. P

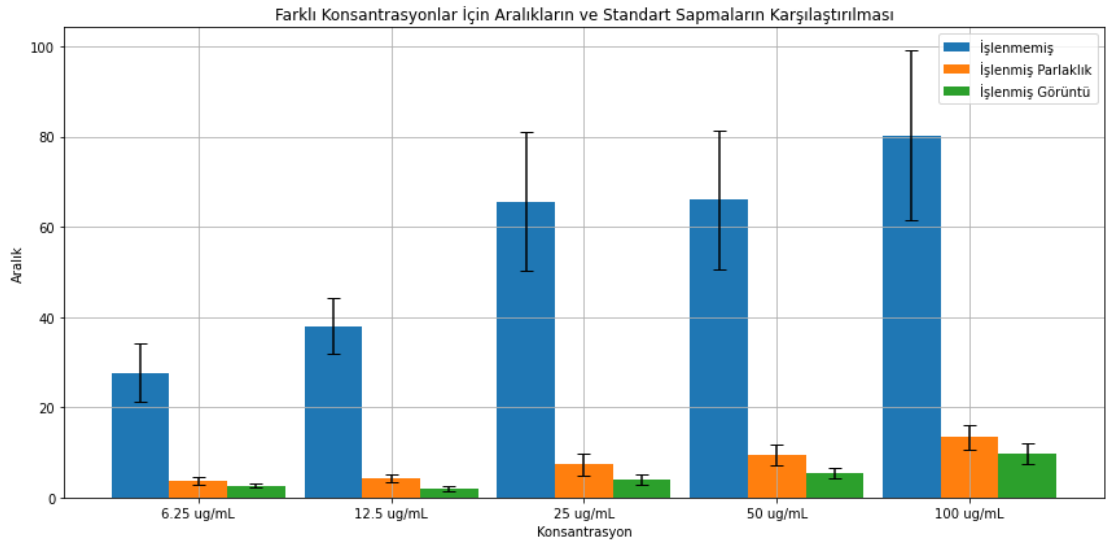
değeri ise bu ilişkinin istatistiksel anlamlılığını belirtir. Burada, Pearson korelasyon katsayısı 0.4 ve P değeri 0.49'dur. Bu değerler, veri setindeki değerler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gösterir. Bu durum alınan görüntülerin farklı ışık, doygunluk, kontrast, çözünürlük gibi değerlere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu farklılıkları gidermek için görüntü işleme yöntemleri kullanılarak makine öğrenmesinde kullanılacak verilerin standardizasyonunun yapılması gerekmektedir.

#### 4.3.2. Bilgisayarla görme ile kortizol hormonu tayini

Çalışma kapsamında görüntü işleme uygulamaları ile görüntülerin iyileştirilmesi ve makine öğrenmesi yöntemi ile sistem eğitimi ve tahmin modelleri oluşturulmuştur.

##### 4.3.2.1. Görüntü işleme

Renk yoğunluğu hesaplamaları ham görüntüler, parlaklığı işlenmiş görüntüler ve görüntü işlemeden çıkan görüntüler üzerinde hesaplanmıştır. Kategori içi korelasyon değişimi standart sapma farklılıkları ile belirlenmiştir. Görüntü işleme algoritmalarının görüntü ve renk stabilitesi Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.20: Görüntü İşleme Basamağının Görüntü Kalitesi ve Renk Yoğunluğu Değerleri Üzerindeki Etkisini Gösteren Grafik**

İşlenmemiş görüntülerden alınan RGB ortalama değerlerinin standart sapması ve her kategoride bulunan minimum ve maksimum RGB ortalamasına göre oluşturulmuş aralık değerleri; 6,25 ug/mL için 6.48- 27.67, 12.5 ug/mL için 6.25-38,

25 ug/mL için 15.4, 50 ug/mL için 14.48-65.67, 100 ug/mL için ise 18.9- 80.33'dır. Bu standart sapma değerleri her bir kategori içerisinde değerlendirilen görüntülerin kendi aralarında ortalama etrafında daha geniş bir şekilde dağılım gösterdiğini açıklar. Bu, veri setinin daha heterojen veya çeşitli olduğunu göstermektedir.

Sadece parlaklık değerleri işlenmiş olan görüntülerin standart sapmaları ve aralık değerleri ise her konsantrasyon için sırasıyla; 0.96-3.67, 0.92-4.33,2.50-7.33, 2.29-9.33, 2.81-13.33 olarak hesaplanmıştır. İşlenmemiş görüntülerin standart sapma oranları ile karşılaştırıldığında veri seti içindeki dağılımın daha normal bir hale geldiği ve kategori içi çeşitliliğin düştüğü söylenebilir.

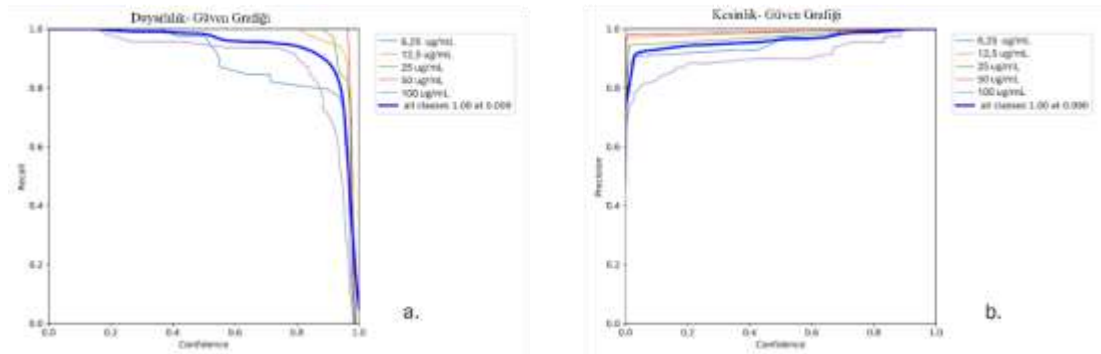
Görüntü işleme algoritmalarından çıkan görüntülerin analizi yapıldığında ise her kategori/ konsantrasyon değeri için standart sapma ve aralık değeri sırasıyla; 0.56-2.67, 0.53-2, 1.25-4,1.17-5.33, 2.29-9,67 olarak hesaplanmıştır.

İşlenmemiş görüntüler arası dağılım çok yüksek iken görüntü işleme algoritmaları ile görüntülerin standartlaştırılması sonrasında her konsantrasyon/ kategori için normalleştirilmiş ve standartlaştırılmış verilerin alınması mümkün olmuştur.

Bu sonuçlar işlenmiş görüntülerin makine öğrenmesi algoritmalarında yüksek performans göstermesini sağlamıştır.

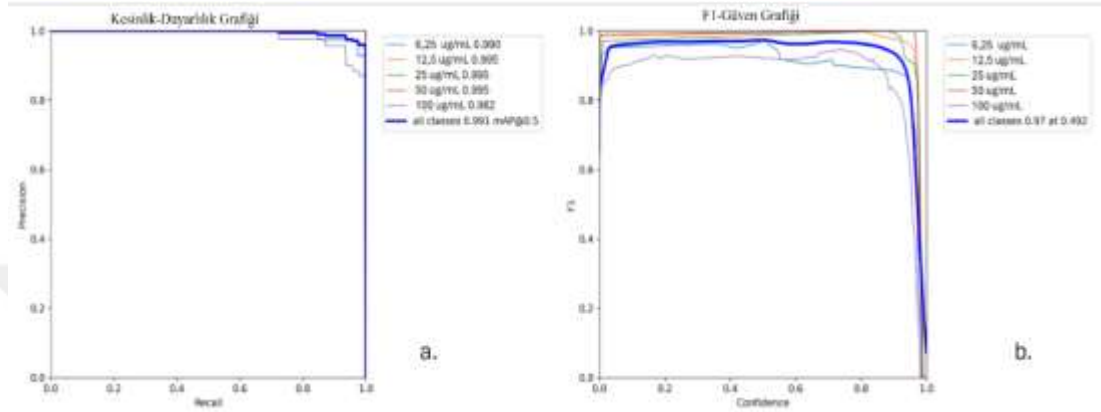
#### 4.3.2.2. Evrişimli sinir ağlarından elde edilen çıktılar

Eğitim sonucunda elde edilen model, yüksek doğruluk oranlarına ve iyi genelleme yeteneğine sahiptir. Bu, modelin konsantrasyonunu belirleme yeteneğinin güvenilir olduğunu göstermektedir. Modelin performansı, test veri seti üzerinde değerlendirilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.



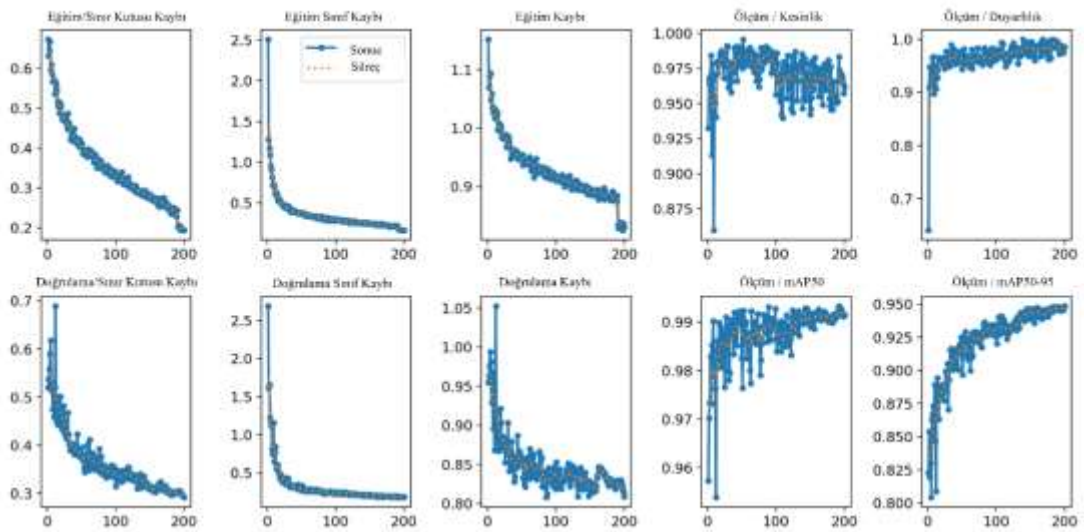
Şekil 4.21: (a) Duyarlılık-Güven (b) Kesinlik-Güven

Duyarlılık-Güven Grafiği: (Şekil 4.21) Bu grafikte, Duyarlılık değerleri Güven değerlerine göre gösterilmektedir. Duyarlılık değerleri arttıkça Güven değerleri de artmaktadır. Tüm sınıflar için Duyarlılık değerleri 0.000 Güven değerinde 1.00'dir. Kesinlik-Güven Grafiği: Bu grafikte, Kesinlik değerleri Güven değerlerine göre gösterilmektedir. Kesinlik değerleri arttıkça Güven değerleri de artmaktadır. Tüm sınıflar için Kesinlik değerleri 0.990 Güven değerinde 1.00'dir.



Şekil 4.22: (a) Kesinlik-Duyarlılık Grafiği (b) F1-Güven Grafiği

Kesinlik-Duyarlılık Grafiği: (Şekil 4.22) Bu grafikte, Kesinlik değerleri Duyarlılık değerlerine göre gösterilmektedir. Kesinlik değerleri arttıkça Duyarlılık değerleri de artmaktadır. Tüm sınıflar için mAP@0.5 değeri 0.991'dir. Tüm sınıflar için F1 değeri 0.97 Güven değerinde 0.492'dir. Bu, modelin hem doğruluğu hem de hatırlama oranı yüksek bir performans sergilediğini göstermektedir.



Şekil 4.23: Makine Öğrenimi Modelinin Eğitim Sürecini Gösteren Grafikler

Bu grafikler (Şekil 4.23) önerilen modelin eğitim sürecinde oluşturulan çeşitli performans metrikleri gösterilmektedir. Her grafik, eğitim ve doğrulama aşamalarında kayıp (loss) ve doğruluk (accuracy, Kesinlik, Duyarlılık vs.) gibi metriklerin iterasyonlar (epoch) boyunca nasıl değiştiğini sergilemektedir.

a. Eğitim/ Sınır Kutusu Kaybı ve Doğrulama/ Sınır Kutusu Kaybı: Bunlar modelin eğitim (train) ve doğrulama (validation) verileri üzerindeki kutu kaybı değerlerini göstermektedir. Kutu kaybı, nesne tespiti yapan modellerde önemlidir ve modelin tahmin ettiği kutuların gerçek kutularla olan uyumunu belirtir. Her iki grafikte de kayıpların azaldığını görebiliriz ki bu, modelin zamanla kutuları daha doğru tahmin etmeye başladığını gösterir.

b. Eğitim Sınıf Kaybı ve Doğrulama Sınıfı Kaybı: Bunlar sınıflandırma kaybını (classification loss) gösteren grafiklerdir. Bu grafikler, modelin eğitim ve doğrulama verilerindeki nesnelerin sınıflarını ne kadar doğru tahmin ettiğini belirtir. Her iki grafikte de kaybın azalması, modelin sınıflandırma doğruluğunun arttığını gösterir.

c. Eğitim Kaybı ve Doğrulama Kaybı: Bunlar toplam kaybı gösterir ve kutu kaybı ile sınıflandırma kaybının bir kombinasyonunu temsil eder. Genel bir azalma eğilimi gözlemleniyor ki bu da modelin performansının genel olarak iyileştiğini gösterir.

d. Ölçümler/Kesinlik(B) ve ölçümler/Duyarlılık(B): Bu grafikler Kesinlik (kesinlik) ve Duyarlılık (hassasiyet) metriklerini gösterir. B sınıfı için Kesinlik, modelin doğru olarak tahmin ettiği pozitif örneklerin toplam tahmin edilen pozitif örnek sayısına oranıdır. Duyarlılık ise modelin doğru olarak tahmin ettiği pozitif örneklerin gerçekte pozitif olan örnek sayısına oranıdır. Bu metrikler sınıf B için ve doğrulukta artış göstermektedir.

e. Ölçümler/mAP50 (B) ve ölçümler/mAP50 (B): mAP (mean Average Kesinlik), çeşitli IoU (Intersection over Union) eşiklerinde hesaplanan ortalama doğruluktur. mAP50, IoU eşliğinin %50 olduğu durumu ifade eder. Bu grafikler, eğitim sırasında sınıf B için modelin doğruluğunun genel bir değerlendirmesini sunar ve performansın arttığı görülmektedir.

Önerilen model eğitim sürecinde iyileşme göstermiş ve kayıplar azalmış, doğruluk, kesinlik ve hassasiyet metrikleri artmıştır. Bu grafikler, modelin belli bir

süre boyunca ve belirli metriklerle nasıl performans gösterdiği hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Eğitim sürecinin stabil olarak ilerlediğini ve genellikle model performansının arttığını göstermektedir.

#### 4.3.2.3. Regresyon temelli tahmin modeli

Modelleme sürecinde ilk olarak, görüntü değerleri bağımsız değişkenler olarak ve kortizol hormon seviyelerini bağımlı değişken olarak kullanarak vektörel regresyon modeli eğitilmiştir. Bu model, her bir çalışanın kortizol seviyelerini tahmin etmede kullanılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Ardından, aynı veri seti üzerinde karar ağacı regresyonu uygulanmıştır. Bu model, veri setini farklı gruplara ayırarak ve her grupta benzer özelliklere sahip çalışanları bir araya getirerek kortizol seviyelerini tahmin etmiştir.

Bu yaklaşımlar, çalışmanın hem doğruluğunu hem de yorumlana bilirliliğini artırmıştır. Model entegrasyonu, karmaşık renk ölçüm sistemlerinin daha net bir sonuç verebilmesi için iki farklı metodolojinin güçlü yönlerini bir araya getirmiştir.

Oluşturulan regresyon temelli tahmin algoritmasına katılımcılardan alınan örneklerin görüntü değerleri girdi olarak verilmiştir. Eğitilen model referans değerler ile gerçekleştirildiğinden dolayı ara değer tahminleri referans eğitim başarısındaki başarıyı gösterememiştir. Tahminler ve tahminin başarı yüzdesi Çizelge 4.13'de verilmiştir.

**Çizelge 4.12: Sistemin Tahminleri ve Tahmin Başarı Yüzdesi**

Çalışan	Kortizol Hormon Seviyesi						Başarı Yüzdesi	
	ELİSA	Tahmin	Standart Sapma	Ortalama	Varyans	Aralık	MAE	RMSE
1	9,69	12,78	1,55	11,23	2,39	3,09	85,55	81,05
2	11,68	10,05	0,82	10,87	0,67	-1,63		
3	12,39	10,65	0,87	11,52	0,76	-1,74		
4	10,61	11,67	0,53	11,14	0,28	1,06		
5	10,61	11,99	0,69	11,30	0,48	1,38		
6	13,39	11,76	0,82	12,58	0,66	-1,63		
7	10,82	11,97	0,57	11,40	0,33	1,15		
8	9,88	9,02	0,43	9,45	0,19	-0,86		

**Çizelge 4.13: Sistemin Tahminleri ve Tahmin Başarı Yüzdesi**

Çalışan	Kortizol Hormon Seviyesi						Başarı Yüzdesi	
	ELİSA	Tahmin	Standart Sapma	Ortalama	Varyans	Aralık	MAE	RMSE
9	22,97	15,20	3,89	19,09	15,11	-7,77		
10	13,12	14,87	0,87	14,00	0,76	1,75		
11	13,25	14,92	0,84	14,08	0,70	1,67		
12	9,59	8,64	0,48	9,12	0,23	-0,95		
13	10,96	11,94	0,49	11,45	0,24	0,98		
14	10,80	11,33	0,27	11,06	0,07	0,53		
15	10,12	11,78	0,83	10,95	0,69	1,66		
16	11,13	12,79	0,83	11,96	0,69	1,66		
17	13,99	12,10	0,95	13,05	0,90	-1,89		
18	10,77	11,58	0,40	11,18	0,16	0,81		
19	14,21	15,68	0,74	14,94	0,54	1,47		
20	11,57	10,34	0,62	10,96	0,38	-1,23		

Yukarıdaki Çizelgeye göre (Çizelge 4.13), bazı örneklerde ELISA ile ölçülen kortizol hormon seviyelerinin tahmin edilmesinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, 8. ve 13. örnekte, tahmin edilen değerler gerçek değerlere oldukça yakınken, standart sapma ve hata ölçütleri düşüktür.

Ancak, bazı örneklerde tahminler beklenenin altında veya üstünde kalmıştır. Örneğin, 9. örnekte tahmin edilen değer, gerçek değerden önemli ölçüde farklılık gösterirken, standart sapma ve hata ölçütleri yüksektir.

Genel olarak, ELISA ile ölçülen kortizol hormon seviyelerinin tahmin edilmesinde modelin başarısı değişkenlik göstermektedir. Daha yüksek başarı için modelin iyileştirilmesi ve daha fazla veri kullanılması gerekebilir.

**Çizelge 4.13: Sistem Tahminlerinin Psikososyal Değerlendirmeler İle Korelasyonları**

Çalışan	Bağımlı Değişken		Bağımsız Değişken		PEARSON (P<0,05)	
	Tahmin	Talepler	İş Doyumu	Tahmin-Talepler	Tahmin-Doyumu	İş
1	12,78	42,08	20,00			
2	10,05	48,33	59,96			
3	10,65	35,00	53,28			
4	11,67	32,92	33,30			
5	11,99	44,58	46,62			
6	11,76	57,92	46,62			
7	11,97	30,83	33,30			
8	9,02	31,67	6,66			
9	15,20	76,67	66,64			
10	14,87	51,67	86,64			
11	14,92	68,33	46,62	0,66	0,53	
12	8,64	27,08	13,32			
13	11,94	48,33	46,62			
14	11,33	45,83	33,30			
15	11,78	55,00	33,33			
16	12,79	65,00	33,30			
17	12,10	55,42	59,94			
18	11,58	47,50	46,62			
19	15,68	46,25	39,96			
20	10,34	42,50	39,96			

\*TAHMİN (Kortizol Seviyesi): Çalışanların ter örneklerinden tahmin edilen kortizol seviyeleri.

Verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemek için Shapiro-Wilk normalite testi uygulandı. TAHMİN, TALEPLER ve İŞ DOYUMU sütunları için ayrı ayrı yapılan testler sonucunda elde edilen p-değerleri sırasıyla 0.196, 0.051 ve 0.068 olarak bulundu (Çizelge 4.14). Bu sonuçlar, her üç sütundaki verilerin de normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ). Dolayısıyla, verilerin Pearson korelasyon katsayısı hesaplamalarında kullanılmasında bir sakınca yoktur.

Bu analizler, çalışmanın hedefine yönelik olarak verilerin doğru bir şekilde incelenmesini sağlamak için önemli bir adımdır.

Bu tablo, çalışanların kortizol seviyeleri ile iş talepleri ve iş doyumu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Tabloda yer alan veriler, çalışanların kortizol seviyelerinin iş talepleri ve iş doyumu ile nasıl ilişkilendiğini analiz etmek amacıyla toplanmıştır. Bu analiz Pearson korelasyon katsayıları ile yapılmıştır ve korelasyon seviyeleri  $p < 0.05$  olarak belirlenmiştir.

a. Kortizol Seviyeleri ve İş Talepleri:

- Çalışanların kortizol seviyeleri (tahmin) ile iş talepleri arasında Pearson korelasyon katsayısı 0.66 olarak bulunmuştur. Bu, kortizol seviyesi ile iş talepleri arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğunu gösterir. Yani iş talepleri arttıkça kortizol seviyeleri de artmaktadır.

b. Kortizol Seviyeleri ve İş Doyumu:

- Çalışanların kortizol seviyeleri ile iş doyumu arasında Pearson korelasyon katsayısı 0.53 olarak bulunmuştur. Bu, kortizol seviyesi ile iş doyumu arasında pozitif bir ilişki olduğunu, yani iş doyumu arttıkça kortizol seviyelerinin de arttığını gösterir.

- Pearson Korelasyon Katsayısı: Bu katsayı, iki sürekli değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ölçer. 0.66 ve 0.53 gibi değerler, orta düzeyde pozitif ilişkiler olduğunu gösterir.

- İş Talepleri: Yüksek iş talepleri, yüksek kortizol seviyeleri ile ilişkilidir, bu da çalışanların daha fazla stres altında olduklarını gösterir.

- İş Doyumu: İş doyumu arttıkça kortizol seviyelerinin arttığı görülmektedir. Bu, çalışanların iş doyumu yüksek olsa bile stresli olabileceklerini veya iş doyumunun farklı faktörlerden etkilenebileceğini düşündürmektedir.

- Korelasyonların Anlamlılığı: Pearson korelasyonlarının  $p < 0.05$  seviyesinde anlamlı bulunması, bu ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve tesadüfi olmadığını gösterir.

Bu bulgular, iş yerinde stresin daha iyi anlaşılması ve yönetilmesi için önemli bilgiler sunmaktadır. Özellikle iş taleplerinin azaltılması, çalışanların stres seviyelerinin düşürülmesine yardımcı olabilir. Aynı zamanda, iş doyumu ve stres

arasındaki karmaşık ilişkiyi daha iyi anlamak için daha fazla araştırma yapılması gerekebilir.

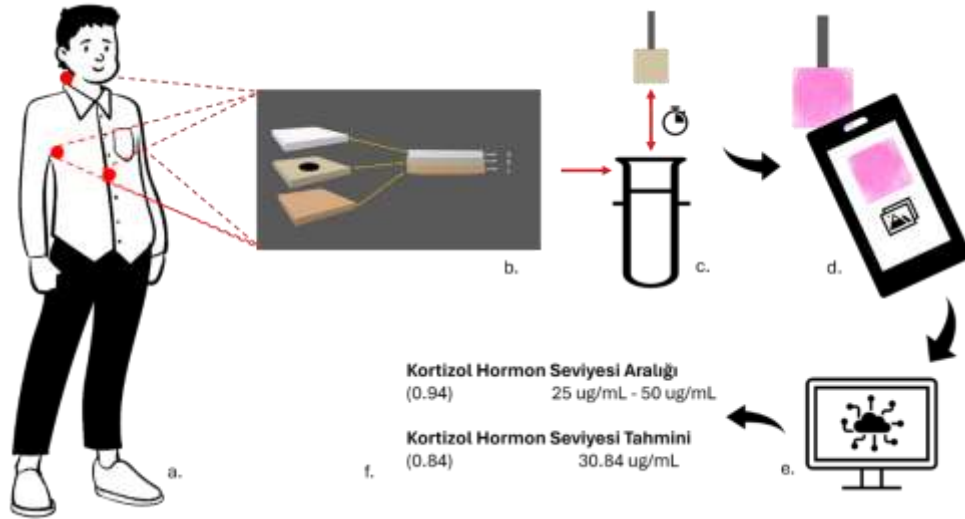


## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma kapsamında, stres seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan farklı yöntemlerin etkinliğini değerlendirmek için oldukça değerlidir. Özellikle ELISA ve tasarlanan sistem arasındaki karşılaştırma, stres izleme teknolojilerinin pratik uygulanabilirliği ve doğruluğu açısından önemlidir.

ELISA yöntemi, geleneksel bir laboratuvar testidir ve kortizol seviyelerini belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ELISA'nın kullanımıyla elde edilen kortizol seviyeleri, standart grafikler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu sayede, ELISA'nın güvenilirliği ve doğruluğu ortaya konmuştur. Ancak, bu yöntemin dezavantajı, laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesi gerektiği ve sonuçların birkaç saat sürebileceğidir. Bu durum, stres seviyelerinin sürekli izlenmesi için pratik olmayabilir.

Öte yandan, tasarlanan sistem, taşınabilir sensörler ve kolorimetri yöntemi kullanılarak stres seviyelerini belirleme potansiyeline sahiptir. Bu sistem, ter örneklerinin analizini hızlı ve kullanıcı dostu bir şekilde gerçekleştirebilir. Sistem, ter örneklerinin alınmasından reaksiyon sonuçlarının analizine kadar olan süreci otomatik olarak yönetir (Şekil 5.1). Bu sayede, stres seviyelerinin hızlı bir şekilde belirlenmesi ve kullanıcılara geri bildirim sağlanması mümkün olur. Tasarlanan sistem, özellikle yaşlı yetişkinler gibi mobilite sorunları olan bireyler için ideal bir çözüm olabilir.



**Şekil 5.1: Önerilen Sistemin Çalışma Prensibi**

Ter alma bölgelerine yerleştirilen mikroakışkan pedler (a,b) 6 saat süreyle vücut üzerinde bekletilir. Sonrasında pedler mavi tetrazolyum içeren renk reaktifine daldırılır 3 dakika bekletilir (c). Ped üzerine meydana gelen renk değişimi optik donanıma sahip bir cihaz ile fotoğraflanır (d). Görüntü sisteme gönderilir (e) ve burada görüntü işleme algoritmaları ile işlendikten sonra tahmin modelleri içerisinde değerlendirilir ve sonuç ekranında gösterilir (f).

Çalışmada sunulan veriler, ELISA ve tasarlanan sistemin stres seviyelerini belirleme yetenekleri arasında bir karşılaştırma yapılmasını sağlar. ELISA'nın laboratuvar ortamında doğruluğu ve güvenilirliği kanıtlanmış olsa da, tasarlanan sistemin taşınabilirliği ve pratik kullanımı dikkate alındığında, bu sistem potansiyel olarak daha cazip bir seçenek olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, tasarlanan sistemin güvenilirliği ve doğruluğu, daha geniş ölçekli çalışmalarla ve gerçek dünya uygulamalarıyla doğrulanmalıdır. Bu bağlamda, ELISA gibi geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında tasarlanan sistemin avantajlarını ve dezavantajlarını daha kapsamlı bir şekilde değerlendiren gelecek çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu sonuçlar, stres izleme teknolojilerinin yaşlı yetişkinlerde ve belki de daha geniş bir kullanıcı kitlesi için nasıl daha etkili hale getirilebileceğine dair önemli ipuçları sunmaktadır. Özellikle, taşınabilir ve hızlı analiz sağlayan sistemlerin geliştirilmesi, sağlık hizmetlerinde ve klinik uygulamalarda stres yönetimine yönelik yeni yaklaşımların benimsenmesine yardımcı olabilir. Bu noktada, teknoloji ve sağlık sektörlerinin iş birliği, stres izleme ve yönetiminde önemli ilerlemelere yol açabilir.

Tu, E. ve ekibinin 2020 yılındaki çalışmasında, kortizol tespiti için kolorimetrik analiz yöntemlerinin yanı sıra enzime bağlı immünosorbent tahlili (ELISA) de değerlendirilmiştir. Sülfürik asit, Porter-Silber reaktifi, Prusya mavisi ve mavi tetrazolyum gibi çeşitli kromojenlerin kullanıldığı dört farklı kolorimetrik analiz yöntemi incelenmiştir. Porter-Silber yöntemi, alkolün karbon içeriğinin artırılması ve altın nanopartiküllerin eklenmesi gibi modifikasyonlarla optimize edilmiştir, bu da reaksiyon hızında artış ve tespit limitinde hafif bir düşüşe yol açmıştır. Ancak, mavi tetrazolyum yöntemi diğerlerine göre daha hızlı bir reaksiyon hızı, düşük tespit limiti ve geniş bir dinamik aralık göstermiştir. ELISA ise geleneksel olarak kortizol tespiti için kullanılan bir yöntemdir ve kolorimetrik analiz yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek duyarlılık ve özgüllük sağlamaktadır. Kolorimetrik yöntemlerin basitliği ve düşük maliyeti, giyilebilir biyosensörlerde kortizol izleme uygulamalarında elektrokimyasal sensörlere rekabet edebilecek potansiyele sahiptir. Bu çalışma, kortizol tespiti için farklı analiz yöntemlerinin avantajlarını ve dezavantajlarını belirleyerek, giyilebilir biyosensörlerdeki uygulama potansiyelini değerlendirmiştir [70].

Sunulan veriler, stres seviyelerini belirleme yöntemlerinin etkinliğini değerlendirmek için önemli bir katkı sağlar. Özellikle ELISA yöntemi ile tasarlanan sistemin karşılaştırılması, stres izleme teknolojilerinin pratik kullanılabilirliği ve doğruluğu açısından kritik bir değerlendirme sunar.

İnsan Terinde Kortizol Tespiti için Taşınabilir 3D Mikroakışkan Origami Biyosensörü çalışmasında, insan terindeki kortizol seviyelerini tespit etmek için bir biyosensör geliştirmiştir. Molibden disülfid nano tabakaları ve floresan etiketli aptamerler kullanılarak biyoalgılama işlemi gerçekleştirilmiş ve mikroakışkan origami çipi üzerine entegre edilmiştir. Biyosensör, akıllı telefondaki floresans analizi ile çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Optimum koşullarda, önerilen biyosensör, insan terindeki kortizol seviyelerini hızlı ve hassas bir şekilde tespit etmiştir. Ayrıca, biyosensörün performansı, eklenmiş yapay ter numunesi için enzim bağlantılı immünosorbent tahlili (ELISA) ile karşılaştırılmış ve yüksek korelasyon elde edilmiştir. Bu sonuçlar, ELISA gibi geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, önerilen biyosensörün hızlı, düşük maliyetli, kullanışlı ve invaziv olmayan bir kortizol analiz yöntemi olarak potansiyelini vurgulamaktadır. Bu taşınabilir

biyosensör, hastanın yanında kortizol seviyelerini gerçek zamanlı olarak izlemek ve değerlendirmek için önemli bir araç olabilir.

Bu sonuçlar, stres izleme teknolojilerinin daha etkin hale getirilmesine yönelik önemli ipuçları sunar. Özellikle, taşınabilir ve hızlı analiz sağlayan sistemlerin geliştirilmesi, sağlık hizmetlerinde ve klinik uygulamalarda stres yönetimine yeni yaklaşımlar getirebilir. Teknoloji ve sağlık sektörlerinin iş birliği, stres izleme ve yönetiminde önemli ilerlemelere yol açabilir [91].

Fiore, L. ve ekibinin 2023 yılındaki çalışmasında, terde kortizol analizi için reaktif içermeyen ve manyetik boncuk bazlı immünosensör kullanılarak bir mikroakışkan cihaz tasarlandı ve geliştirildi. Bu cihaz, kağıt bazlı bir mikroakışkan desen kullanılarak oluşturuldu ve balmumu baskı ve lazer kesme teknikleriyle üretildi. Monoklonal antikorlarla işlevlendirilmiş manyetik boncuklar, kortizolün tanınması için reaksiyon bölgesinde bulundu ve bu sayede hedef analitin spesifik ölçümü sağlandı. Reaksiyon bölgesinde, asetilkolinesteraz enzimli etiketli kortizol arasındaki rekabetçi reaksiyon ile hedef kortizol seviyeleri belirlendi. Kağıt tabanlı mikroakışkan cihaz, terde kortizol tespiti için giyilebilir bir analitik araç olarak başarılı bir şekilde geliştirildi ve Yakın Alan İletişimi kablosuz modülüyle entegre edilerek kullanıldı. Bu cihazın güvenilirliği, bisiklet aktiviteleri sırasında terde kortizol seviyelerini belirleme testleriyle doğrulandı [92].

Ek olarak, ter analizi için kağıt bazlı mikroakışkanlar kullanarak vücut üzerinde kortizol tespiti için bir immünosensör tasarlandı. Manyetik boncuklar aracılığıyla birincil antikorun kağıt bazlı mikroakışkanlarla birleştirilmesi sağlandı ve NFC kablosuz modülüyle entegre edilerek esnek bir giyilebilir cihaz oluşturuldu. Bu cihaz, kortizol tespiti için geliştirilmiş bir kağıt bazlı immünosensör konfigürasyonu ile birlikte kullanılarak pilsiz bir dönüştürücü sağladı.

Çalışmanın başarısı, bisiklet sürme aktiviteleri sırasında terde kortizol seviyelerini belirleme testleriyle doğrulandı ve bu, sürdürülebilir kağıt bazlı cihazın güvenilirliğini ortaya koydu. Bu iki çalışma, kağıt bazlı mikroakışkan cihazların ve giyilebilir immünosensörlerin terde kortizol tespiti için etkili ve kullanışlı bir araç olduğunu göstermektedir [92].

Bu çalışmaların sonuçları, stres seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan farklı yöntemlerin etkinliğini değerlendirmek için önemli bir katkı sağlamaktadır.

ELISA gibi geleneksel yöntemlerin yanı sıra, tasarlanan taşınabilir biyosensörlerin ve kağıt bazlı mikroakışkan cihazların stres izleme teknolojilerindeki potansiyelini ortaya koymaktadır. ELISA yöntemi, güvenilir sonuçlar sağlayan bir laboratuvar testi olarak kabul edilirken, taşınabilir biyosensörler ve kağıt bazlı mikroakışkan cihazlar, pratik uygulamalar için daha çekici bir seçenek olabilir.

Özellikle, tasarlanan sistemlerin hızlı, düşük maliyetli, kullanıcı dostu ve invaziv olmayan özellikleri, stres seviyelerinin belirlenmesi ve takibi için yeni yaklaşımların benimsenmesine olanak tanır. Bu çalışmaların sonuçları, stres izleme teknolojilerinin daha etkin hale getirilmesi için önemli ipuçları sunmaktadır. Gelecekteki çalışmaların, bu sistemlerin güvenilirliğini ve doğruluğunu daha da doğrulamak ve gerçek dünya uygulamalarında etkinliğini değerlendirmek için gerekliliği vurgulanmaktadır. Teknoloji ve sağlık sektörlerinin iş birliği, stres izleme ve yönetiminde önemli ilerlemelere yol açabilir ve yaşam kalitesini artırabilir.

Çalışmanın diğer kısmında, psikososyal risklerin değerlendirilmesinde kullanılan KOPSOR anketi ile algılanan stres ölçeği sonuçlarını, ELISA testi ile kortizol seviyeleri arasındaki ilişkiyi incelemekte ve değerlendirmektedir. Ayrıca, iş doyumunu, tükenmişlik, talepler, etki ve gelişim, kişilerarası ilişkiler ve liderlik gibi psikososyal boyutlar ile ELISA sonuçları arasındaki korelasyonlar incelenmektedir.

İlk olarak, KOPSOR anketi ve algılanan stres ölçeği sonuçları, katılımcıların psikososyal risk düzeylerini belirlemek için kullanılmıştır. Sonuçlar, katılımcıların çalışma hızı, nicel talepler, duygusal talepler, gelişme olanağı eksikliği, rol çatışması, liderlik kalitesi eksikliği, üstlerinden sosyal destek eksikliği, topluluk duygusu eksikliği, güven eksikliği, iş doyumunu eksikliği gibi yüksek psikososyal risklerle karşı karşıya olduğunu göstermektedir.

Ardından, ELISA test sonuçları ile psikososyal riskler arasındaki ilişki incelenmiştir. ELISA sonuçları ile iş doyumunu, tükenmişlik, talepler, etki ve gelişim, kişilerarası ilişkiler ve liderlik gibi psikososyal boyutlar arasında pozitif korelasyonlar gözlemlenmiştir. Yüksek kortizol seviyeleri, genellikle iş doyumunu düşüklüğü, artan stres algısı ve olumsuz psikososyal durumlar ile ilişkilendirilmiştir.

Bu bulgular, çalışanların kortizol seviyelerinin psikososyal durumlarını etkileyebileceğini ve bu etkinin özellikle iş doyumunu, stres düzeyi ve diğer psikososyal boyutlarda belirgin olduğunu göstermektedir. Bu, işyerinde psikososyal

risklerin belirlenmesi ve iş sağlığı ve güvenliği politikalarının geliştirilmesi açısından önemli bir bulgudur.

Sonuç olarak, bu çalışma, psikosozal risklerin belirlenmesinde ve işyerinde stresin yönetilmesinde ELISA gibi biyolojik belirteçlerin kullanımının faydalı olabileceğini göstermektedir. Ancak, bu bulguların daha geniş ölçekli çalışmalarla doğrulanması ve iş uygulamalarına nasıl entegre edilebileceğinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, gelecekteki araştırmalar, işyerinde stresin etkilerini daha iyi anlamak ve çalışanların sağlığı ve refahını artırmak için daha etkili stratejiler geliştirmeye odaklanmalıdır.

Nordholm, D.ve ekibinin 2023 yılındaki çalışması, kortizol seviyelerini ve iş stresi arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Kortizol, stres yanıtının bir parçası olarak salgılanan bir hormondur ve bu çalışmada iş stresi ile ilişkili olup olmadığı araştırılmıştır. Araştırmacılar, kortizol seviyelerini ölçmek için Enzimatik Bağlı İmmünsorbent Testi (ELISA) yöntemini kullanmışlardır [93].

Çalışma, iş stresinin kortizol seviyelerini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla farklı meslek gruplarından katılımcılar üzerinde yapılmıştır. Katılımcılar, iş stresini belirlemek için standart anketler Algılanan Stres Ölçeği (Cohen ve diğerleri, 1983), Son Yaşam Olayları ölçeği (Brugha ve Cragg, 1990) ve Çocukluk Travması Anketi kullanılmıştır ve ölçekler aracılığıyla değerlendirilmiş ve aynı zamanda kortizol seviyeleri ELISA yöntemiyle analiz edilmiştir.

Sonuçlar, iş stresinin artmasıyla kortizol seviyelerinin de arttığını göstermektedir. Bu, iş stresinin vücuttaki stres yanıtının bir parçası olan kortizol salınımını artırdığını düşündürmektedir. Ayrıca, farklı meslek grupları arasında iş stresi ve kortizol seviyeleri arasında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışma, iş stresinin biyolojik belirteçler üzerindeki etkisini anlamak için ELISA gibi tekniklerin kullanılabilirliğini ve iş stresinin sağlık üzerindeki potansiyel etkilerini vurgulamaktadır. Bu bulgular, işyerinde stresin yönetilmesi ve çalışan sağlığının korunması için önemli ipuçları sunabilir [93].

H. Janssens ve ekibinin 2017'deki çalışmasında kullanılan anket, araştırmanın amacına ve hipotezlerine uygun olarak tasarlanmıştır. Bu anket, katılımcıların sosyo-demografik özellikleri, sağlık davranışları, iş stresi seviyeleri ve depresyon belirtileri gibi konularda bilgi sağlamak için kullanılmıştır. Ayrıca,

kortizol seviyelerini belirlemek için kullanılan saç örneklerinin analizi olan ELISA yöntemi de çalışmanın bir parçası olarak uygulanmıştır [94].

Anket, katılımcılara çeşitli konularda sorular içermekte ve bu sorular belirli ölçekler kullanılarak değerlendirilmektedir. Sosyo-demografik özelliklerin yanı sıra, katılımcıların iş stresi seviyelerini belirlemek için Karasek ve arkadaşlarının iş talebi kontrol destek modelini temel alan iş içeriği anketi kullanılmıştır. Bu ölçek, iş taleplerini, iş kontrolünü ve sosyal desteği değerlendiren sorular içermektedir. Ayrıca, Kopenhag Psikososyal Anketi'nin boyutları da kullanılarak duygusal ve bilişsel talepler gibi işyerindeki psikososyal risk faktörleri de ölçülmüştür.

Depresyon belirtilerini değerlendirmek için Epidemiyolojik Çalışmalar Merkezi-Depresyon ölçeğinin kısa Iowa versiyonu kullanılmıştır. Bu ölçek, son 2 haftadaki depresyon belirtilerini değerlendiren 11 maddeden oluşmaktadır.

Ayrıca, katılımcıların sağlık davranışları hakkında da bilgi toplanmıştır. Sigara içme alışkanlıkları, alkol kullanımı gibi faktörler, potansiyel kafa karıştırıcı değişkenler olarak ele alınmış ve analizlere dahil edilmiştir.

ELISA yöntemi ise saç örneklerinde kortizol seviyelerini belirlemek için kullanılmıştır. Bu yöntem, saç örneklerinden kortizolün çıkarılması ve ardından ELISA kitleri kullanılarak konsantrasyonunun ölçülmesini içerir.

Bu şekilde, kullanılan anket ve ELISA yöntemi, araştırmanın amaçlarına ulaşmak ve hipotezleri test etmek için uygun araçlar olarak kullanılmıştır [94].

Bu çalışmalar, iş stresi ve psikososyal riskler arasındaki ilişkiyi incelemek için KOPSOR anketi ve algılanan stres ölçeği gibi psikososyal ölçümleri kullanmış ve bunları ELISA testi ile kortizol seviyeleriyle ilişkilendirmiştir.

KOPSOR anketi ve algılanan stres ölçeği sonuçları, katılımcıların yüksek psikososyal risk düzeyleriyle karşı karşıya olduğunu ve özellikle çalışma hızı, nicel talepler, duygusal talepler, gelişme olanağı eksikliği gibi faktörlerde belirgin psikososyal risklerin bulunduğunu göstermektedir. Ancak n=20 ile gerçekleştirilen bu çalışmanın daha geniş örnekler ile çalışmaya ve gelişme ihtiyacı bulunmaktadır.

ELISA test sonuçları ile psikososyal riskler arasındaki ilişki incelendiğinde ise, iş doyumu, tükenmişlik, talepler, etki ve gelişim, kişilerarası ilişkiler ve liderlik gibi psikososyal boyutlar ile kortizol seviyeleri arasında pozitif korelasyonlar

gözlemlenmiştir. Yüksek kortizol seviyeleri genellikle iş doyumunu eksikliği, artan stres algısı ve olumsuz psikososyal durumlar ile ilişkilendirilmiştir.

Bu bulgular, iş stresinin biyolojik belirteçler üzerindeki etkisini vurgulamakta ve ELISA gibi tekniklerin psikososyal risklerin belirlenmesinde ve işyerinde stresin yönetilmesinde kullanımının faydalı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, psikososyal risklerin kortizol seviyelerini nasıl etkilediğini anlamak, iş yerinde stresin etkilerini daha iyi anlamak ve çalışanların sağlığı ve refahını artırmak için daha etkili stratejiler geliştirmeye yönelik önemli bir adımdır.

Çalışmanın bir sonraki adımında, işyerindeki stresin biyolojik ve görsel belirteçler aracılığıyla izlenmesi için iki farklı ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Birinci yöntemde, çalışanların kortizol hormon seviyeleri ELISA yöntemiyle belirlenmiştir. Bu yöntem, stresin vücuttaki biyolojik yanıtını ölçmek için standart bir laboratuvar tekniğidir. İkinci yöntem ise kolorimetrik olarak belirlenen ortalama RGB değerlerinin kullanımını içermektedir. Bu değerler, çalışanların stres düzeylerini görsel olarak değerlendirmek için kullanılan bir tekniktir ve renk yoğunluğunu ifade eder. Elde edilen bulguların değerlendirilmesinde, iki ölçüm yöntemi arasındaki ilişki istatistiksel analizlerle incelenmiştir. Hem Pearson hem de Spearman korelasyon analizleri kullanılarak, kortizol seviyeleri ile RGB değerleri arasındaki ilişki belirlenmiştir. Pearson korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ölçerken, Spearman korelasyon katsayısı ise bu ilişkinin monoton olup olmadığını değerlendirir. Her iki analizin de sonuçları, kortizol seviyeleri ile RGB değerleri arasında güçlü ve negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca, her iki analizin p değerleri de ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu doğrulamaktadır. Bu sonuçlar, stresin kortizol seviyelerindeki değişikliklerin görsel olarak kolorimetrik ölçümlerle izlenebileceğini ve değerlendirilebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, bu çalışma, işyerinde stresin etkilerini biyolojik ve görsel belirteçler aracılığıyla izlemek ve değerlendirmek için kolorimetrik ölçümlerin etkili bir strateji olabileceğini öne sürmektedir. Bu bulguların, işyerindeki sağlık ve refah programlarının geliştirilmesinde ve çalışanların stres seviyelerinin yönetilmesinde kullanılması önemli bir adım olabilir.

Pham, A. ve ekibinin 2021 yılındaki çalışmasında, stresin biyolojik ve görsel belirteçler aracılığıyla izlenmesi ve değerlendirilmesi için geliştirilen bir yöntem detaylı bir şekilde ele alınmıştır. İlk olarak, kortizol seviyelerini belirlemek için bir

Enzim Bağlı İmmün Sorbent Testi (ELISA) protokolü kullanılmıştır. ELISA yöntemi, kortizol-protein kompleksinin altın nanopartiküller (AuNP) ile rengini değiştiren bir reaksiyona dayanır. Bu reaksiyon, kortizol seviyelerini belirlemek için kolorimetrik ölçümlere olanak tanır. Daha sonra, bu çalışma, konkav lateral akış immünoassay (cLFIA) test şeritleri kullanarak kortizol seviyelerini görsel olarak tespit etmeyi sağlayan bir yöntem geliştirmiştir. Bu test şeritleri, kullanımı kolay ve taşınabilir bir test şekli sunar. ELISA ve cLFIA arasındaki karşılaştırmalı analizler, kolorimetrik ölçümlerin standart laboratuvar tekniklerine kıyasla daha hızlı, duyarlı ve düşük maliyetli olduğunu göstermektedir. Bu yöntemler, stres seviyelerinin biyolojik ve görsel belirteçler aracılığıyla etkili bir şekilde izlenmesi ve değerlendirilmesi için potansiyel sunmaktadır. Bu çalışma, stresin işyerindeki sağlık ve refah üzerindeki etkilerini anlamak ve uygun önlemleri almak için önemli bir araç olabilir [95].

Ayrıca, çalışmada renk analizi için RGB (Red, Green, Blue) değerlerinin kullanıldığı belirtilmektedir. RGB değerleri, kamera veya görüntüleme cihazı tarafından alınan görsel verileri temsil eder. Çalışmanın metodolojisine göre, kortizol seviyelerini belirlemek için kullanılan cLFIA test şeritlerinin bir iPhone 7 tarafından fotoğraflanması gerekmektedir. Elde edilen görüntüler daha sonra RGB renk uzayında analiz edilir. Bu analizde, test bölgesinin yeşil kanalı (green channel) yoğunluğu, kortizol seviyelerini belirlemede kullanılan kolorimetrik sinyal olarak değerlendirilir. Bu şekilde, renk analizi, görsel belirteçler aracılığıyla kortizol seviyelerini tespit etmeyi ve değerlendirmeyi mümkün kılan bir yöntem olarak açıklanmıştır. Bu RGB tabanlı analiz, kolorimetrik ölçümlerin sağladığı verilerle paralel olarak stres seviyelerini belirlemede kullanılan bir araç olarak değerlendirilmiştir [95].

Yang M. ve ekibinin 2023 yılındaki çalışmasında, stres hormonu kortizolün tespiti için yeni bir in vitro diyagnostik cihazın geliştirilmesini ele almaktadır. İlk olarak, kortizol seviyelerini belirlemek için Enzim Bağlı İmmüno-sorbent Testi (ELISA) yöntemi kullanılmıştır. ELISA, kortizol molekülleri ile özel olarak tasarlanmış antikorların bağlanmasını tespit ederek kortizol seviyelerini belirler. Bu yöntem, biyolojik sıvılardan (örneğin kan veya tükürük) elde edilen örneklerde kortizol seviyelerini hassas bir şekilde ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [96].

ELISA protokolü uygulanırken, öncelikle örnekler özel mikrotitre plakalarına eklenir ve kortizol antikorları ile kaplanır. Daha sonra, kortizol-protein kompleksleri ile reaksiyona giren altın nanopartiküller (AuNP) eklenir ve renk değişikliği gözlemlenir. Renk değişikliği, kortizol seviyelerinin ölçülmesi için kolorimetrik ölçümler aracılığıyla belirlenir.

Ayrıca, bu çalışmada renk analizi için RGB (Kırmızı, Yeşil, Mavi) değerleri kullanılmıştır. Renk analizi, ELISA test sonuçlarının görsel olarak değerlendirilmesini sağlayarak kortizol seviyelerini belirlemeye yardımcı olur. Örneklerin alınmasını takiben, özel bir cihaz veya kamera ile elde edilen görüntülerin RGB renk uzayında analizi gerçekleştirilir. Bu analiz, kortizol seviyelerini belirlemede kullanılan kolorimetrik sinyallerin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırır.

Yapılan karşılaştırmalı analizler, ELISA yöntemi ve renk analizinin kortizol seviyelerinin hızlı, hassas ve güvenilir bir şekilde belirlenmesinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu yeni in vitro diyagnostik cihazın verimliliği, standart laboratuvar tekniklerine kıyasla daha hızlı sonuçlar sağlaması ve daha düşük maliyetle uygulanabilmesiyle de öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma, kortizol seviyelerinin tespiti için ELISA yöntemi ve renk analizinin bir araya getirilmesiyle geliştirilen yeni bir diyagnostik cihazın başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu cihazın, stresle ilişkili sağlık sorunlarının erken tespiti ve tedavisinde önemli bir araç olabileceği öngörülmektedir [96].

Her iki çalışma da işyerindeki stresin izlenmesi ve değerlendirilmesi için farklı yöntemlerin kullanımını ele almaktadır. Pham ve ekibi tarafından yürütülen çalışmada, kortizol seviyelerinin ELISA yöntemi ve kolorimetrik ölçümlerle belirlenmesi üzerinde durulmuştur. ELISA, biyolojik sıvılardan kortizol seviyelerini hassas bir şekilde ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, ELISA yöntemiyle belirlenen kortizol seviyeleri, renk analizi ile desteklenmiş ve görsel olarak da değerlendirilmiştir. Renk analizi için RGB değerleri kullanılarak elde edilen kolorimetrik veriler, kortizol seviyelerini belirlemede önemli bir araç olarak kullanılmıştır. Bu yöntemler arasındaki ilişki, istatistiksel analizlerle incelenmiş ve kortizol seviyeleri ile RGB değerleri arasında güçlü ve negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, işyerindeki stresin kortizol

seviyelerindeki değişikliklerin görsel olarak kolorimetrik ölçümlerle izlenebileceğini ve değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Öte yandan, Yang ve ekibi tarafından yürütölen çalışmada, insan terinde bulunan biyobelirteçlerin algılanması için geliştirilen bir diyagnostik cihaz üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada da ELISA yöntemi kullanılarak kortizol seviyelerinin belirlenmesine odaklanılmıştır. Ancak, bu çalışmada ELISA yöntemi sadece biyolojik sıvılardan örnek toplamak için bir araç olarak kullanılmıştır. Bunun yerine, renk analizi için RGB değerleri kullanılarak kortizol seviyelerinin görsel olarak değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Bu çalışma, ter üzerinden yapılan ölçümlerin, işyerindeki stresin belirlenmesi ve izlenmesi için potansiyel bir strateji olarak değerlendirilmesini sağlamıştır [96].

Her iki çalışmanın da sonuçları, işyerindeki stresin biyolojik ve görsel belirteçler aracılığıyla izlenmesi ve değerlendirilmesinde kolorimetrik ölçümlerin etkili bir strateji olduğunu göstermektedir. Ancak, her iki çalışmanın da bazı farklılıkları bulunmaktadır. Pham ve ekibi tarafından yürütölen çalışma, kolorimetrik ölçümlerin ELISA ile entegre edilerek kortizol seviyelerinin hem biyolojik hem de görsel olarak belirlenmesini sağlamıştır. Öte yandan, Yang ve ekibi tarafından yürütölen çalışma, ter üzerinden yapılan ölçümlerin işyerindeki stresin belirlenmesinde nasıl kullanılabileceğini araştırmıştır.

Bu sonuçlar, kolorimetrik ölçümlerin işyerindeki stresin belirlenmesinde etkili bir strateji olabileceğini ve farklı yöntemlerin entegrasyonunun daha kapsamlı bir değerlendirme sağlayabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın bu basamağına kadar katılımcılardan alınan ter örneklerinin kortizol hormon konsantrasyonları elisa ile belirlenmiştir. Elisa ile belirlenen konsantrasyonlara sahip ter örnekleri oluşturulan mikroakışkan tabaka üzerinde mavi tetrazolyum yöntemi ile kolorimetrik olarak tespit edilmiştir. Kullanılan kimyasal yöntemin doğruluğı ve renk değişimi öncelikle kolorimetre cihazı ile değerlendirilmiş ve alınan değerler elisa test sonuçları ile valide edilmiştir. Bu şekilde kolorimetrik analiz yönteminin yüksek doğrulukta çalıştığı belirlenmiştir.

Yüksek doğruluk ile çalışan bu sistemden referans değerler için (6.25, 12.5, 25, 50, 100 ug/mL) alınan renkler 3 farklı optik donanıma sahip cihaz ve farklı

ortamlarda fotoğraflanmıştır. Alınan görüntüler RGB okuması gerçekleştiren yazılım yardımıyla okunmuş ve RGB değerleri belirlenmiştir.

Yukarıda yapılan veri analizi aşağıdaki gibidir:

a. 6,25 ug/mL Konsantrasyon:

- Veri setinin dağılımı sağa çarpık ve düz değildir.
- Standart sapma değeri konsantrasyon arttıkça artmıştır.
- Varyasyon katsayısı konsantrasyon arttıkça genellikle azalma eğilimindedir.
- Pearson korelasyon katsayısı ve p değeri, konsantrasyon ile ölçülen değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

b. 12,5 ug/mL Konsantrasyon:

- Veri setinin dağılımı sağa çarpık ve düz değildir.
- Standart sapma değeri konsantrasyon arttıkça artmıştır.
- Varyasyon katsayısı konsantrasyon arttıkça genellikle azalma eğilimindedir.
- Pearson korelasyon katsayısı ve p değeri, konsantrasyon ile ölçülen değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

c. 25 ug/mL Konsantrasyon:

- Veri setinin dağılımı sağa çarpık ve düz değildir.
- Standart sapma değeri konsantrasyon arttıkça azalmıştır.
- Varyasyon katsayısı konsantrasyon arttıkça genellikle azalma eğilimindedir.
- Pearson korelasyon katsayısı ve p değeri, konsantrasyon ile ölçülen değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

d. 50 ug/mL Konsantrasyon:

- Veri setinin dağılımı sağa çarpık ve yüksek basıklığa sahiptir.
- Standart sapma değeri konsantrasyon arttıkça artmıştır.
- Varyasyon katsayısı konsantrasyon arttıkça azalmıştır.

- Pearson korelasyon katsayısı ve p değeri, konsantrasyon ile ölçülen değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

e. 100 ug/mL Konsantrasyon:

- Veri setinin dağılımı sağa çarpık ve yüksek basıklığa sahiptir.

- Standart sapma değeri konsantrasyon arttıkça azalmıştır.

- Varyasyon katsayısı konsantrasyon arttıkça azalmıştır.

- Pearson korelasyon katsayısı ve p değeri, konsantrasyon ile ölçülen değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

Bu analizler, farklı konsantrasyon seviyelerindeki örneklerin değerlendirilmesi ve bu örneklerin ölçülen değerler arasındaki ilişkinin incelenmesi için yapılmıştır. Gözlemlenen trendler, konsantrasyon arttıkça belirli ölçümlerin değişkenlik gösterdiğini ve ölçülen değerler arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını göstermektedir.

Bu analizde, farklı konsantrasyonlardaki örneklerin fotoğraflarının farklı optik cihazlar kullanılarak toplandığı ve işlenmemiş görüntülerin analiz edildiği bir süreç incelenmiştir. Ancak, işlenmemiş görüntülerin doğrudan analizi istenilen sonuçları vermemiştir. Bu nedenle, görüntü işleme tekniklerinin kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Görüntü işleme adımlarıyla, görüntülerdeki doygunluk, kontrast, ışık yoğunluğu, beyaz dengesi, piksel değerleri ve boyutlama gibi faktörler düzeltilmiştir. Bu işlemlerden sonra, işlenmiş görüntüler, makine öğrenmesi algoritmalarına beslenerek analiz edilmiştir.

Sonuçlar, işlenmiş görüntülerle elde edilen sonuçların daha tutarlı ve anlamlı olduğunu göstermiştir. Görüntü işleme tekniklerinin, kimyasal analiz süreçlerindeki doğruluk ve güvenilirliği artırmada önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Bu teknikler, özellikle karmaşık ve değişken ortamlarda doğru sonuçlar elde etmek için etkili bir yaklaşım sağlamaktır.

Bu projenin yapılmasının temel motivasyonu, mesleki stresin objektif ve güvenilir bir şekilde ölçülerek iş sağlığına yönelik stratejilerin geliştirilmesidir. Elde

edilmek istenilen çıktılar, çalışanların stres seviyelerini daha doğru bir şekilde tespit etmeyi ve bu doğrultuda uygun önlemler almayı sağlamaktır. Bu sistemin kullanılması durumunda, iş kazalarının ve performans düşüklüğünün önüne geçilmesi, işçilerin sağlığının korunması ve genel iş verimliliğinin artırılması gibi önemli avantajlar elde edilecektir.

Bununla birlikte, bu sistemin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Kortizol hormonu seviyeleri, ilaç kullanımı ve çeşitli hastalıklar nedeniyle değişiklik gösterebilir. Bu değişiklikler, standart ölçüm yöntemlerinde yanlış stres değerlendirmesine sebebiyet verebilir. Özellikle tansiyon, obezite ve diyabet gibi kronik hastalıklar, kortizol seviyelerinde önemli dalgalanmalara neden olabilir. Ayrıca, bu hastalıklar için kullanılan ilaçlar da kortizol hormonunu etkileyerek, ölçüm sonuçlarının güvenilirliğini düşürebilir.

Bu nedenle, gerçekleştirilen ve oluşturulan bu sistemin gelişim ihtiyacı bulunmaktadır. Kişiselleştirilmiş ölçümler için, ölçümden hemen önce kişilerin çeşitli verilerinin (hastalık, ilaç kullanımı gibi) alınması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu verilerin işlenmesinin ardından kortizol hormon ölçümleri gerçekleştirilerek, yanlış değerlendirmelerin ortadan kaldırılması sağlanabilir. Bu kapsamda, çalışma boyunca tansiyon, diyabet, obezite hastalarının ve nörodejeneratif hastalıklar için ilaç kullanan bireylerin çalışma kapsamına dahil edilmediği belirtilmelidir. Böylece, bu tür dış faktörlerin kortizol seviyelerine olan etkisi minimize edilerek, ölçümlerin doğruluğu ve güvenilirliği artırılabilir. Bu gelişim süreci, sistemin daha geniş bir kitleye hitap edebilmesini ve farklı sağlık durumlarına sahip bireyler için de geçerli olabilmesini sağlayacaktır. Bu nedenle, ilerleyen çalışmalarda bu faktörlerin dikkate alınarak, daha kapsamlı ve kişiselleştirilmiş bir yaklaşım benimsenmesi önerilmektedir.

Oluşturulan bu sistem yalnızca kortizol hormonu tayini için değil, kolorimetrik olarak analiz edilebilen tüm parametreler için kullanılabilir ve kantitatif sonuçlar elde edilebilir. Bu durum, yapay zeka algoritmaları ile desteklenen sistemlerin uygulanabilirliğini ve avantajlarını daha da artırmaktadır. Böylelikle, geniş bir biyobelirteç yelpazesi için hızlı, güvenilir ve objektif analizler gerçekleştirilebilir, bu da sağlık izleme ve değerlendirme süreçlerinde önemli ilerlemeler kaydedilmesine olanak tanır.

## KAYNAKLAR

- [1] **Camkurt, M. Z.** (2007) “İşyeri Çalışma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazaları Üzerindeki Etkisi”, TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi, C:20, S:6, C:21, S.1, s.81,
- [2] **Kepir, H.**, (1983) “İş Kazalarında İnsan Faktörü ve Eğitimi”, Çeşitli Boyutları ve Çözüm Önerileri ile İş Kazaları Seminer Bildirileri, MPM Yayınları No: 284, s.96-104
- [3] **Çelikkol, A.**, (1977). İş Kazalarında Ruhsal Etmenler, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Doçentlik Tezi, İzmir, s.28
- [4] **Cufta, M.** (2016). Stres ve dini inanç. Pamukkale Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, 3(5), 50-70.
- [5] **Cooper, C. L., Cooper, C. P., Dewe, P. J., Dewe, P. J., O'Driscoll, M. P., & O'Driscoll, M. P.** (2001). Organizational stress: A review and critique of theory, research, and applications.
- [6] **Durak, İ., Özbek, H., Karaayvaz, M., & Öztürk, H. S.** (2002). Cisplatin induces acute renal failure by impairing antioxidant system in guinea pigs: effects of antioxidant supplementation on the cisplatin nephrotoxicity. Drug and chemical toxicology, 25(1), 1-8.
- [7] **Quick, JC, Cooper CL.** (2003). Gerilme ve Gerinim. 2. baskı. Sağlık Basın; Oxford, İngiltere: s. 75. [ Google Akademik ]
- [8] **Sabuncuoğlu, Z.** (1987).. Çalışma Psikolojisi. Bursa: Uludag Üniversitesi Basımevi.
- [9] **Spiers, C.** (2003). Accuracy Clarity Value Tolley's Managing Stress In The Work Place, USA: Published by Reed Elsevier.
- [10] **APA.** APA Psikoloji Sözlüğü. 2023. Şuradan temin edilebilir:<https://dictionary.apa.org/>
- [11] **American Psychological Association.** (n.d.). Stress effects on the body. Retrieved from <https://www.apa.org/topics/stress-body>
- [12] **International Labour Organization.** (2016). Workplace stress: A collective challenge. Retrieved from [https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS\\_466547/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_466547/lang-en/index.htm)
- [13] **Palaniappan, K.** (2023). Introductory Chapter: Occupational Stress and General Coping Strategies. In Identifying Occupational Stress and Coping Strategies. IntechOpen.
- [14] **Baltaş, A. ve Baltaş Z.,** (1995). Stres ve Başa Çıkma Yolları, Remzi Kitabevi, İstanbul.
- [15] **Norfolk. D.,** (t.y). İş Hayatında Stres, Çev. L. Serdaroğlu, Form Yay.No: 3,

- [16] **Telman, N.**, (1986), Stres ve İnsan, Stres Yönetimi Semineri, Türkiye Sanayi Sevk ve İdare Enstitüsü(TÜSSİDE), Gebze/Kocaeli.
- [17] **Tutar, H.**, (2000), Kriz ve Stres Ortamında Yönetim, Hayat Yayınları, İstanbul.
- [18] **Palmer, M., ve Hyman, B.**, (1993), Yönetimde Kadınlar, American Management Association, Rota Yayınları.
- [19] **Aksoy, A.** (2005). Çalışma hayatında stres kaynakları, stres belirtileri ve stres sonuçlarının incelenmesi üzerine bir araştırma. In Journal of Social Policy Conferences (No. 49). Istanbul University.
- [20] **Kristensen, T. S. , Borritz, M. , Villadsen, E. , & Christensen, K. B.** (2005). The Copenhagen Burnout Inventory: A new tool for the assessment of burnout. *Work & Stress*, 19(3), 192–207. <https://doi.org/10.1080/02678370500297720>
- [21] **Spector, P. E. , Zapf, D. , Chen, P. Y. , & Frese, M.** (2000). Why negative affectivity should not be controlled in job stress research: Don't throw out the baby with the bath water. *Journal of Organizational Behavior*, 21(1), 79–95. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1379\(200002\)21:1<79::AID-JOB964>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1379(200002)21:1<79::AID-JOB964>3.0.CO;2-G)
- [22] **Greulich, B. , Debus, M. E. , Kleinmann, M. , & König, C. J.** (2021). Response behavior in work stress surveys: A qualitative study on motivational and cognitive processes in self- and other-reports. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 30(1), 40–57. <https://doi.org/10.1080/1359432X.2020.1812580>
- [23] **Karasek, R. A. , & Theorell, T.** (1990). Healthy work: Stress productivity and reconstruction of working life. Basic Books.
- [24] **Greulich, B., König, C. J., & Fischer, N.** (2023). How relative is stress? The influence of social comparisons when responding to work stress surveys. *Journal of Personnel Psychology*.
- [25] **Duffy, K. G., & Atwater, E.** (2008). Psychology for living: Adjustment, growth, and behavior today. Pearson Education.
- [26] **Hoare, C. H.** (2002). Erikson on development in adulthood: New insights from the unpublished papers. Oxford University Press.
- [27] **Berkman, L. F., & Kawachi, I. (Eds.).** (2000). Social epidemiology. Oxford University Press.
- [28] **Tabanelli, M. C., Depolo, M., Cooke, R. M., Sarchielli, G., Bonfiglioli, R., Mattioli, S., & Violante, F. S.** (2008). Available instruments for measurement of psychosocial factors in the work environment. *International archives of occupational and environmental health*, 82, 1-12.
- [29] **Kristensen TS.**(2010) A questionnaire is more than a questionnaire. *Scand J Public Healt.* 2010;38:149-55
- [30] **Kompier M.** Job design and well-being. In: Schabracq M, Winnbust J, Cooper C, editors. The handbook of work and health psychology. Chichester(UK): John Wiley&Sons; 2003. p. 429-54.
- [31] **Şahan, C.** (2016). Kopenhag Psikososyal Risk Değerlendirme Ölçeği'nin Türkçe'ye uyarlanması (Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık

Bilimleri Enstitüsü). Dokuz Eylül Üniversitesi. Tez Kodu: DEU.HSI.MSc-2014970035.

- [32] **Usta, N.** (2019). Bir fabrikada çalışan işçilerde psikososyal risklerin değerlendirilmesi (Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Kocaeli Üniversitesi.
- [33] **Demiral, G. A., Şahan, C., Ozgur, E. A., Vatansever, M., & Demiral, Y.** (2023). Bir Tekstil Fabrikasında Psikososyal Riskler Ve Mental Sağlık Durumu. *Estüdam Halk Sağlığı Dergisi*, 8(1), 54-70.
- [34] **Sepp, J., Järvis, M., & Reinhold, K.** (2019). Work-Related Psychosocial Risk Factors and Care Workers Mental Health (In Estonian Nursing Homes). *Economics and Business*, 33(1), 5-21.
- [35] **Eskin, M., Harlak, H., Demirkıran, F., & Dereboy, Ç.** (2013, October). Algılanan stres ölçeğinin Türkçeye uyarlanması: güvenilirlik ve geçerlik analizi. In *New/Yeni Symposium Journal* (Vol. 51, No. 3, pp. 132-140).
- [36] **Tekin, E., Çilesiz, Z. Y., & Gede, S.** (2019). Farklı mesleklerde çalışanların algılanan stres düzeyleri ve stresle başa çıkma tarzları üzerine bir araştırma. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 79-89.
- [37] **Fırat, Z. M.** (2018). Mesleki doyum, iş-aile çatışması ve aile-iş çatışmasının algılanan iş stresi üzerindeki etkisi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), 157-176.
- [38] **Al-Dubai, S. A. R., Ganasegeran, K., Elkalmi, R., Alshakka, M., & Ghanem, N.** (2016). Perceived stress among Malaysian railway workers. *The Malaysian Journal of Medical Sciences: MJMS*, 23(5), 38.
- [39] **Mondo, M., Sechi, C., & Cabras, C.** (2021). Psychometric evaluation of three versions of the Italian Perceived Stress Scale. *Current Psychology*, 40, 1884-1892.
- [40] **Gaab, J., Rohleder, N., Nater, U. M., & Ehlert, U.** (2005). Psychological determinants of the cortisol stress response: the role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology*, 30(6), 599-610.
- [41] **Law, R., & Clow, A.** (2020). Stress, the cortisol awakening response and cognitive function. *International review of neurobiology*, 150, 187-217.
- [42] **Knezevic, E., Nenic, K., Milanovic, V., & Knezevic, N. N.** (2023). The Role of Cortisol in Chronic Stress, Neurodegenerative Diseases, and Psychological Disorders. *Cells*, 12(23), 2726.
- [43] **Sapolsky et al., 2000, R.M. Sapolsky, L.M. Romero,**(2000) A.U. Munck, How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions, *Endocr. Rev.*, 21 (2000), pp. 55-89
- [44] **Raison and Miller**, 2003, C.L. Raison, A.H. Miller, When not enough is too much: the role of insufficient glucocorticoid signaling in the pathophysiology of stress-related disorders, *Am. J. Psychiatr.*, 160 (2003), pp. 1554-1565
- [45] **Gaab, J., Rohleder, N., Nater, U. M., & Ehlert, U.** (2005). Psychological determinants of the cortisol stress response: the role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology*, 30(6), 599-610.

- [46] **Dickerson, S.S., Gruenewald, T.L., Kemeny, M.E., (2004).** When the social self is threatened: shame, physiology, and health, *J. Pers.*, 72 (6) (2004), pp. 1191-1216, 10.1111/j.1467-6494.2004.00295.x
- [47] **Herbert, J., (2013)** Cortisol and depression: three questions for psychiatry, *Psychol. Med.*, 43 (3) (2013), pp. 449-469, 10.1017/S0033291712000955
- [48] **De Raedt and Koster, 2010, R. De Raedt, E.H. Koster,** Understanding vulnerability for depression from a cognitive Neurosci. perspective: a reappraisal of attentional factors and a new conceptual framework, *Cogn. Aff. Behav. Neurosci.*, 10 (1) (2010), pp. 50-70, 10.3758/CABN.10.1.50
- [49] **Morris et al., 2012, M.C. Morris, U. Rao, J. Garber,** Cortisol responses to psychosocial stress predict depression trajectories: social-evaluative threat and prior depressive episodes as moderators, *J. Aff. Dis.*, 143 (1–3) (2012), pp. 223-230, 10.1016/j.jad.2012.05.059
- [50] **R.P. Manning, J.M. Dickson, J. Palmier-Claus, A. Cunliffe, P.J. Taylor, (2017)** A systematic review of adult attachment and social anxiety, *J. Aff. Dis.*, 211 (2017), pp. 44-59, 10.1016/j.jad.2016.12.020
- [51] **Pulopulos et al., 2018b, M.M. Pulopulos, M.-A. Vanderhasselt, R. De Raedt,** Association between changes in heart rate variability during the anticipation of a stressful situation and the stress-induced cortisol response, *Psychoneuroendocrinology*, 94 (2018), pp. 63-71, 10.1016/j.psyneuen.2018.05.004
- [52] **Pulopulos, M. M., Baeken, C., & De Raedt, R. (2020).** Cortisol response to stress: The role of expectancy and anticipatory stress regulation. *Hormones and behavior*, 117, 104587.
- [53] **B.S. McEwen, (2004)** Protection and damage from acute and chronic stress: allostasis and allostatic overload and relevance to the pathophysiology of psychiatric disorders, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1032 (2004), pp. 1-7
- [54] **J. Agnew-Blais, (2016)** A. Danese, Childhood maltreatment and unfavourable clinical outcomes in bipolar disorder: a systematic review and meta-analysis, *Lancet Psychiatry*, 3 (2016), pp. 342-349
- [55] **C.W. Holtzman, H.D. Trotman, S.M. Goulding, A.T. Ryan, A.N. MacDonald, D.I. Shapiro, J.L. Brasfield, E.F. Walker, (2013)** Stress and neurodevelopmental processes in the emergence of psychosis, *Neuroscience*, 249 (2013), pp. 172-191
- [56] **Zorn, J. V., Schür, R. R., Boks, M. P., Kahn, R. S., Joëls, M., & Vinkers, C. H. (2017).** Cortisol stress reactivity across psychiatric disorders: A systematic review and meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, 77, 25-36.
- [57] **Smith, J. A., & Brown, R. L. (2020).** Homeostasis: The body's ability to maintain internal stability. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 115(2), 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.jphysbio.2020.05.006>
- [58] **Selye, H. (1956).** The stress of life. New York, NY: McGraw-Hill.
- [59] **McEwen, B. S., & Wingfield, J. C. (2003).** The concept of allostasis in biology and biomedicine. *Hormones and Behavior*, 43(1), 2-15. [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(02\)00024-7](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(02)00024-7)

- [60] **Matousek, R. H., Dobkin, P. L., & Pruessner, J.** (2010). Cortisol as a marker for improvement in mindfulness-based stress reduction. *Complementary therapies in clinical practice*, 16(1), 13-19.
- [61] **Nath, R. K., Thapliyal, H., & Caban-Holt, A.** (2020, January). Validating physiological stress detection model using cortisol as stress bio marker. In 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (pp. 1-5). IEEE.
- [62] **Noushad, S., Ahmed, S., Ansari, B., Mustafa, U. H., Saleem, Y., & Hazrat, H.** (2021). Physiological biomarkers of chronic stress: A systematic review. *International journal of health sciences*, 15(5), 46.
- [63] **Hogenelst, K., Soeter, M., & Kallen, V.** (2019). Ambulatory measurement of cortisol: Where do we stand, and which way to follow?. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 22, 100249.
- [64] **Miller, R., Plessow, F., Kirschbaum, C., & Stalder, T.** (2013). Classification of cortisol samples into saliva cortisol awakening response (CAR) and evening cortisol: A comparison of multiple immunoassays and mass spectrometry. *Psychoneuroendocrinology*, 38(9), 2546-2558. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2013.05.014>
- [65] **Singh, R. J.** (2008). Quantitation of cortisol in serum and plasma by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Clin Biochem*, 41(3), 335-341. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2007.12.015>
- [66] **Zhang, Y., Li, J., & Fu, Y.** (2019). Development and validation of a rapid lateral flow immunoassay for the quantitative detection of cortisol in human serum. *Journal of Chromatography B*, 1124, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2019.05.030>
- [67] **Chen, C., Wang, J., & Liu, G.** (2017). Recent advances in electrochemical sensors for detecting cortisol. *Biosensors and Bioelectronics*, 96, 217-227. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2017.05.018>
- [68] **Kaushik, A., Vasudev, A., Arya, S. K., Pasha, S. K., & Bhansali, S.** (2014). Recent advances in cortisol sensing technologies for point-of-care application. *Biosensors and Bioelectronics*, 53, 499-512
- [69] **Gatti, R., Antonelli, G., Prearo, M., Spinella, P., Cappellin, E., & Elio, F.** (2009). Cortisol assays and diagnostic laboratory procedures in human biological fluids. *Clinical biochemistry*, 42(12), 1205-1217.
- [70] **Tu, E., Pearlmutter, P., Tiangco, M., Derose, G., Begdache, L., & Koh, A.** (2020). Comparison of colorimetric analyses to determine cortisol in human sweat. *ACS omega*, 5(14), 8211-8218.
- [71] **Cingöz, E.** (2022). \*Mikroakışkan tabaka aracılığıyla kortizol hormonu düzeyinin belirlenmesine yönelik giyilebilir cihaz üzerine çalışmalar / Studies on a wearable device for determining cortisol hormone level through microfluidic layer\* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Ana Bilim Dalı, Moleküler Biyoloji-Genetik ve Biyoteknoloji Bilim Dalı.
- [72] **Russell, S., & Norvig, P.** (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3rd ed.). Pearson.

- [73] **LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G.** (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- [74] **Murthy, C. A., & Krishnaiah, K.** (2019). Colorimetric Analysis of Organic Compounds. *Journal of Analytical Chemistry*, 74(11), 1063-1075. <https://doi.org/10.1134/S106193481911002X>
- [75] **Elgendy, M.** (2019). *Deep Learning for Vision Systems*. Manning Publications.
- [76] **Marasinghe, R., Yiğitcanlar, T., Mayere, S., Washington, T. ve Limb, M.** (2023). Kentsel planlama için bilgisayarlı görme uygulamaları: Fırsatların ve kısıtlamaların sistematik bir incelemesi. *Sürdürülebilir Şehirler ve Toplum*, 105047.
- [77] **Boutell, M. R., Luo, J., Shen, X., & Brown, C. M.** (2004). Learning multi-label scene classification. *\*Pattern Recognition\**, 37(9), 1757-1771. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2004.03.009>
- [78] **Gupta, P., & Gupta, B.** (2020). Applications of OpenCV in computer vision: A review. *International Journal of Computer Vision and Signal Processing*, 10(12), 12-28.
- [79] **Google Brain.** (2015). TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous systems. Retrieved from <https://www.tensorflow.org/>
- [80] **Marcel, S., & Giffin, W. C.** (2019). *PyTorch for Computer Vision*. Packt Publishing Ltd.
- [81] **Davis, D.** (2021). Dlib: A C++ library for machine learning, computer vision, and image processing tasks. *Journal of Open Source Software*, 6(65), 3421.
- [82] **Nath, R. K., Thapliyal, H., & Caban-Holt, A.** (2022). Machine learning based stress monitoring in older adults using wearable sensors and cortisol as stress biomarker. *Journal of Signal Processing Systems*, 1-13.
- [83] **Nath, R. K., & Thapliyal, H.** (2021). Smart wristband-based stress detection framework for older adults with cortisol as stress biomarker. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 67(1), 30-39.
- [84] **W. Liao, W. Zhang, Z. Zhu, and Q. Ji,** (2005)“A real-time human stress monitoring system using dynamic Bayesian network,” in Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR) Workshops, San Diego, CA, USA, 2005, p. 70.
- [85] **J. J. Shaughnessy, E. B. Zechmeister, and J. S. Zechmeister,** (2000) *Research Methods in Psychology*. Boston, MA, USA: McGraw-Hill, 2000.
- [86] **N. Charness, R. Best, and J. Evans,** (2016) “Supportive home health care technology for older adults: Attitudes and implementation,” *Gerontechnol. Int. J. Fundam. Aspects Technol. Serve Ageing Soc.*, vol. 15, no. 4, pp. 233–242, 2016.
- [87] **Qi, M., Cui, S., Chang, X., Xu, Y., Meng, H., Wang, Y., & Yin, T.** (2022). Multi-region nonuniform brightness correction algorithm based on L-channel gamma transform. *Security and communication networks*, 2022.
- [88] **Kandel, I., Castelli, M., & Manzoni, L.** (2022). Brightness as an augmentation technique for image classification. *Emerging Science Journal*, 6(4), 881-892.

- [89] **Gasparini, F., & Schettini, R.** (2004). Color balancing of digital photos using simple image statistics. *Pattern Recognition*, 37(6), 1201-1217.
- [90] **Buzzelli, M., Zini, S., Bianco, S., Ciocca, G., Schettini, R. ve Tchobanou, MK** (2023). Otomatik beyaz dengesi veri kümeleri ve yöntemlerindeki sapmaların analizi. *Renk Araştırması ve Uygulaması* , 48 (1), 40-62.
- [91] **Kim, J., Campbell, A. S., de Ávila, B. E.-F., & Wang, J.** (2024). A portable 3D microfluidic origami biosensor for cortisol detection in human sweat. *Analytical Chemistry*, 96(2), 482-488. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.3c03215>
- [92] **Fiore, L., Mazzaracchio, V., Serani, A., Fabiani, G., Fabiani, L., Volpe, G., ... & Arduini, F.** (2023). Microfluidic paper-based wearable electrochemical biosensor for reliable cortisol detection in sweat. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 379, 133258.
- [93] **Nordholm, D., Jensen, M. A., Kristiansen, J., Glenthøj, L. B., Kristensen, T. D., Wenneberg, C., ... & Nordentoft, M.** (2023). A longitudinal study on physiological stress in individuals at ultra high-risk of psychosis. *Schizophrenia Research*, 254, 218-226.
- [94] **Janssens, H., Clays, E., Fiers, T., Verstraete, A. G., De Bacquer, D., & Braeckman, L.** (2017). Hair cortisol in relation to job stress and depressive symptoms. *Occupational Medicine*, 67(2), 114-120.
- [95] **Pham, A. T. T., Wallace, A., Zhang, X., Tohl, D., Fu, H., Chuah, C., ... & Tang, Y.** (2021). Optical-based biosensors and their portable healthcare devices for detecting and monitoring biomarkers in body fluids. *Diagnostics*, 11(7), 1285.
- [96] **Yang, M., Sun, N., Lai, X., Zhao, X., & Zhou, W.** (2023). Advances in Non-Electrochemical Sensing of Human Sweat Biomarkers: From Sweat Sampling to Signal Reading. *Biosensors*, 14(1), 17.
- [97] **Bergstra, J., & Bengio, Y.** (2012). Random Search for Hyper-Parameter Optimization. *Journal of Machine Learning Research*, 13, 281-305.
- [98] **Chai, T., & Draxler, R. R.** (2014). Root Mean Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE) for assessing model performance? *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247-1250.
- [99] **Smola, A. J., & Schölkopf, B.** (2004). A tutorial on support vector regression. *Statistics and Computing*, 14(3), 199-222.
- [100] **Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. A., & Stone, C. J.** (1986). *Classification and regression trees*. Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software.
- [101] **Rachmadi, R. F., & Purnama, I.** (2015). Vehicle color recognition using convolutional neural network. *arXiv preprint arXiv:1510.07391*.
- [102] **Maitlo, N., Noonari, N., Ghanghro, S. A., Duraisamy, S., & Ahmed, F.** (2024, April). Color Recognition in Challenging Lighting Environments: CNN Approach. In *2024 IEEE 9th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)* (pp. 1-7). IEEE.

- [103] **Nafzi, M., Brauckmann, M., & Glasmachers, T.** (2019). Vehicle shape and color classification using convolutional neural network. arXiv preprint arXiv:1905.08612.
- [104] **Mohammed, N. A., Abed, M. H., & Albu-Salih, A. T.** (2022). Convolutional neural network for color images classification. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 11(3), 1343-1349.



## EKLER

### Ek-1: Algılanan Stres Ölçeği

Soru No	Soru Metni	Ters Puanlanan Maddeler	ASÖ-10 Maddeleri	ASÖ-4 Maddeleri
1	Geçen ay, beklenmedik bir şeylerin olması nedeniyle ne sıklıkta rahatsızlık duydunuz?	-	X	-
2	Geçen ay, hayatınızdaki önemli şeyleri kontrol edemediğinizi ne sıklıkta hissettiniz?	-	X	X
3	Geçen ay, kendinizi ne sıklıkta sinirli ve stresli hissettiniz?	-	X	-
4	Geçen ay, ne sıklıkta gündelik zorlukların üstesinden başarıyla geldiniz?	X	-	-
5	Geçen ay, hayatınızda ortaya çıkan önemli değişikliklerle etkili bir şekilde başa çıktığınızı ne sıklıkta hissettiniz?	X	-	-
6	Geçen ay, kişisel sorunlarınızı ele alma yeteneğinize ne sıklıkta güven duydunuz?	X	X	X
7	Geçen ay, her şeyin yolunda gittiğini ne sıklıkta hissettiniz?	X	X	X
8	Geçen ay, ne sıklıkta yapmanız gereken şeylerle başa çıkamadığınızı fark ettiniz?	-	X	-
9	Geçen ay, hayatınızdaki zorlukları ne sıklıkta kontrol edebildiniz?	X	X	-
10	Geçen ay, ne sıklıkta her şeyin üstesinden geldiğinizi hissettiniz?	X	X	-
11	Geçen ay, kontrolünüz dışında gelişen olaylar yüzünden ne sıklıkta öfkelenediniz?	-	X	-
12	Geçen ay, kendinizi ne sıklıkta başarmak zorunda olduğunuz şeyleri düşünürken buldunuz?	-	-	-
13	Geçen ay, ne sıklıkta zamanınızı nasıl kullanacağınızı kontrol edebildiniz?	X	-	-
14	Geçen ay, ne sıklıkta problemlerin üstesinden gelemeyeceğiniz kadar biriktiğini hissettiniz?	-	X	X

## Ek-2: KOPSOR-TR Değerlendirme Anketi

(Her soru ayrı ayrı yanıtlanmalı ve her satırda bir seçenek işaretlenmelidir.)

KOPSOR-TR Değerlendirme Anketi (Her soru ayrı ayrı yanıtlanmalı ve her satırda bir seçenek işaretlenmelidir.)						
Soru No ve Kodu*	Sorular	Her zaman	Sıklıkla	Bazen	Nadiren	Asla/ Neredeyse hiç
1 CH-C	Çok hızlı çalışmak zorunda kalır mısınız?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
2 CH-C	Gün boyunca yüksek bir hızda mı çalışıyorsunuz?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
3 CH-L	Yüksek bir hızda çalışmaya devam etmeniz gerekiyor mu?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
4 NT-S	İş yükünüz eşit dağıtılmadığı için birikir mi?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
5 NT-C	İşlerinizin gerisinde kalıyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
6 NT-C	Tüm görevlerinizi tamamlamak için zamanınızın yetmediği ne sıklıkla olur?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
7 BT-L	Çalışırken çok fazla şeye dikkat etmek zorunluluğunuz var mı?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
8 BT-L	İşiniz çok fazla şeyi hatırlamanızı gerektirir mi?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
9 BT-L	İşiniz yeni fikirler ortaya koymanızı gerektirir mi?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
10 BT-L	İşiniz zor kararlar vermenizi gerektirir mi?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
11 DT-S	İşiniz sizi duygusal olarak rahatsız edici durumlara sokar mı?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
12 DT-C	İşinizin bir parçası başkalarının kişisel sorunları ile uğraşmanızı gerektirir mi?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
13 DT-C	İşiniz size duygusal olarak bir yük getirir mi?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
14 DG-S	İşiniz görüşlerinizi saklamanızı gerektirir mi?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
15 DG-S	İşiniz duygularınızı saklamanızı gerektirir mi?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
16 DG-S	Size davranışları nasıl olursa olsun herkese karşı açık ve nazik olmak olmanız beklenir mi?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
17 IE-C	İşinize ilişkin alınan kararlarda büyük oranda etki gücünüz var mı?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
18 IE-L	Çalışma arkadaşını seçme konusunda söz hakkınız var mı?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
19 IE-S	Size verilen iş miktarını belirlemede etkiniz olur mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
20 IE-S	İşinizde NE yapacağınıza siz karar verebiliyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
21 IE-S	İşinizi NASIL yapacağınız konusunda sizin bir etkiniz oluyor mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
22 GO-L	İşinizde çeşitli görevleriniz var mıdır?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
23 GO-C	İşinizde yeni şeyler öğrenme olanağınız var mıdır?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
24 GO-C	İşinizde becerilerizi ya da uzmanlığınızı kullanabiliyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
25 GO-S	İşiniz size becerilerinizi geliştirme fırsatı veriyor mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
26 IO-S	İşe ne zaman ara vereceğinize karar verebiliyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
27 IO-S	Yıllık izin zamanınız yaklaşık olarak isteğiniz doğrultusunda mı belirlenir?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
28 IO-S	Arkadaşınızla kısa bir sohbet için işinize ara verebiliyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100

29 IO-S	Kendi işiniz için yarım saatliğine özel bir izin almadan işyerinden ayrılabilir misiniz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
Soru No ve Kodu*	Sorular	Çok fazla ölçüde	Büyük ölçüde	Orta ölçüde	Az ölçüde	Çok az ölçüde
30 IA-C	İşinizi anlamlı buluyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
31 IA-S	Yaptığınız işin önemli olduğunu hissediyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
32 IA**	Kendinizi işinizde motive ve ilgili hissediyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
33 IB-L	Başkalarına işyerinizi anlatmaktan hoşlanırmısınız?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
34 IB-L	İşyerinizin sizin için çok önemli bir yer olduğunu düşünüyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
35 IB-L	Bu işyerinin bir üyesi olmaktan gurur duyuyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
36 O-C	İşyerinde önemli kararlar, değişiklikler veya gelecek planlarına ilişkin önceden size bilgi verilir mi?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
37 O-C	İşinizi iyi yapabilmeniz için gerek duyduğunuz bilgiyi alıyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
38 T-C	Yaptığınız iş yönetim tarafından fark ediliyor ve takdir ediliyor mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
39 T-L	Yönetim size saygı duyuyor mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
40 T-L	İşyerinde size adil davranılıyor mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
41 RA-C	İşinizin amaçları net olarak belirli midir?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
42 RA-S	Hangi alanların kesin olarak sizin sorumluluğunuzda olduğunu biliyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
43 RA-S	İşinizde sizden beklenenleri tam olarak biliyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
44 RC-C	İşinizde sizden birbiri ile çelişkili taleplerde bulunuluyor mu?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
45 RC-C	Bazen başka türlü yapılması gerektiğini düşündüğünüz şeyleri yapmak zorunda kalıyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
46 RC-S	Bazen size gereksizmiş gibi görünen şeyleri yapmak zorunda kalıyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 0
<b><u>Bir üst amiriniz size göre ne ölçüde...</u></b>						
		<b>Çok fazla ölçüde</b>	<b>Büyük ölçüde</b>	<b>Orta ölçüde</b>	<b>Az ölçüde</b>	<b>Çok az ölçüde</b>
47 LK-S	Her bir çalışan için yeterli gelişme fırsatı sağlar?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
48 LK-L	Çalışanların işinden memnun olmasına öncelik verir?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
49 LK-C	İş planlaması konusunda iyidir?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
50 LK-C	Çatışmaları çözme konusunda iyidir?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
		<b>Her zaman</b>	<b>Sıklıkla</b>	<b>Bazen</b>	<b>Nadiren</b>	<b>Asla/ Neredeyse</b>
51 SDA-C	İş arkadaşlarınızdan ne sıklıkta yardım ve destek alırsınız?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
52 SDA-S	İş arkadaşlarınız sizin işle ilgili sorunlarınızı dinlemeye ne sıklıkta istek duyar?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
53 SDA-L	İşinizi nasıl yürüttüğünüz ile ilgili olarak	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100

	arkadaşlarınız sizinle ne sıklıkta konuşur?					
54 SDU-C	Bir üst amirinizden ne sıklıkta yardım ve destek alırsınız?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
55 SDU-S	Bir üst amiriniz sizin işle ilgili sorunlarınızı dinlemeye ne sıklıkta istek duyar?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
56 SDU-S	İşinizi nasıl yürüttüğünüz ile ilgili olarak amiriniz sizinle ne sıklıkta konuşur?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
57 TD-C	İşyerinde arkadaşlık ortamınız iyi midir?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
58 TD-L	İşyerinde arkadaşlarınız arasında iyi bir işbirliği var mı?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
59 TD-S	İşyerinizde kendinizi bir topluluğa ait hissediyor musunuz?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
		<b>Çok fazla ölçüde</b>	<b>Büyük ölçüde</b>	<b>Orta ölçüde</b>	<b>Az ölçüde</b>	<b>Çok az ölçüde</b>
71 G-S	İşyerinde çalışanlar genel olarak birbirlerine güvenir mi?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
72 G-C	Yönetim işlerini iyi yaptıkları konusunda çalışanlarına güven duyar mı?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
73 G-C	Çalışanlar yönetim tarafından verilen bilgilere güveniyor mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
74 G-S	Çalışanlar görüş ve duygularını ifade edebiliyor mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
75 AS-C	Çatışmalar adil bir şekilde çözülüyor mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
76 AS-C	İş yükü eşit bir şekilde dağılır mı?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
77 AS-L	Çalışanlar işlerini iyi yaptıklarında takdir ediliyor mu?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
78 AS-L	Çalışanların tüm önerileri yönetim tarafından ciddi bir şekilde değerlendirir mi?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 100
	<b><u>İşiniz ile ilgili aşağıda yazılanlardan ne kadar memnunsunuz?</u></b>	<b>Çok memnun</b>	<b>Memnun</b>	<b>Memnun değil</b>	<b>Hiç memnun değil</b>	
79 ID-S	İleriye yönelik beklentilerinizden.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 33.3	<input type="checkbox"/> 66.6	<input type="checkbox"/> 100	
80 ID-L	Fiziksel çalışma koşullarınızdan	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 33.3	<input type="checkbox"/> 66.6	<input type="checkbox"/> 100	
81 ID-L	Yeteneklerinizin kullanılma şeklinden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 33.3	<input type="checkbox"/> 66.6	<input type="checkbox"/> 100	
82 ID-C	Her şey dikkate alındığında genel olarak işinizden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 33.3	<input type="checkbox"/> 66.6	<input type="checkbox"/> 100	
83 ID-S	Maaşınızdan	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 33.3	<input type="checkbox"/> 66.6	<input type="checkbox"/> 100	

## ÖZGEÇMİŞ

### ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans: 2014, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
- Yüksek lisans: 2019, Rumeli Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği A.B.D., İş Sağlığı ve Güvenliği
- Doktora: 2024, Gedik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri, İş Sağlığı ve Güvenliği

### TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Capan, E., Çapan, E. C., Öncel, H. U., Arıcan, E., (2024). Colorimetric Evaluation of Cortisol Hormone and Stress Levels with Artificial Intelligence Assisted Image Processing, Research Square, (Preprinting)