



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ODUN HAMMADDESİ ÜRETİMİNDE KABUK
SOYMA İŞÇİLERİNİN VÜCUT DURUŞ ANALİZİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

ESHABİL BEYAZBAYRAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2024

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ODUN HAMMADDESİ ÜRETİMİNDE KABUK
SOYMA İŞÇİLERİNİN VÜCUT DURUŞ ANALİZİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

ESHABİL BEYAZBAYRAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

KAHRAMANMARAŞ 2024

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Eshabil BEYAZBAYRAK

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ODUN HAMMADDESİ ÜRETİMİNDE KABUK SOYMA İŞÇİLERİNİN VÜCUT
DURUŞ ANALİZİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

ESHABİL BEYAZBAYRAK

ÖZET

Odun hammaddesi üretim işçilerinin yaptığı işler, ergonomik risk faktörleri açısından yüksek sınıfta yer almaktadır. Üretim işçilerinin maruz kaldığı ergonomik risk faktörlerinin azaltılması için uygun ergonomik teknik ve yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak üretim çalışmaları dinamik vücut hareketleri ile gerçekleştiğinden bu iş aşamalarının ergonomik risk değerlendirmeleri güçtür. Bu çalışmada üretim işlerinden kabuk soyma aşamalarında işçilerin maruz kaldığı fiziksel zorlanmalar hızlı bütün vücut analizi (REBA) yöntemi ile araştırılmıştır. Bu kapsamda gerçek zamanlı bilgisayar görü tekniği ile işçi vücut duruş analizleri gerçekleştirilmiştir. İşçilerin vücut eklem yerlerinin açıları anlık olarak kamera yardımıyla kaydedilmiştir. Arazi çalışmaları Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Elmalar Orman İşletme Şefliği sınırlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında orman işçisinin açık alanda çalışma esnasında vücut duruş pozisyonu takibine yönelik makine öğrenmesi tekniğine dayalı yöntem kullanılmıştır. Yöntem büyük veri oluşturmada araştırmacıya detaylı veriler sunabilmektedir. REBA sonuç değerine göre motorlu testere operatörünün bekleme iş aşamasındaki duruşunun düşük riskte olduğu değerlendirilmiştir. Operatörün kabuk soyma aşamasındaki duruşunun yüksek riskte olması nedeniyle çok acil önlem alınması gerektiği görülmüştür. Tomruk çevirme aşamasında ise orta riskte duruşu olduğundan zaman içerisinde önlemlerin alınması gerektiği tespit edilmiştir. Kısaca, ormancılık operasyonlarındaki ergonomik zorlukların daha iyi anlaşılmasını kolaylaştıran, elde edilen verilerin araştırmacılara sunulmasında bilgisayarlı görünün umut vadeden potansiyeli incelenmiş ve ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Odun hammaddesi üretimi, Kabuk soyma işçiliği, Ergonomik risk değerlendirme, Bilgisayar görü, MediaPipe, REBA

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimler Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Haziran/2024

Danışman: Doç. Dr. Neşe GÜLCİ
İkinci Danışman: Doç. Dr. Sercan GÜLCİ
Sayfa Sayısı: 62

**A STUDY ON BODY POSTURE ANALYSIS OF DEBARKING WORKERS IN
TIMBER PRODUCTION
(M.Sc. THESIS)**

ESHABİL BEYAZBAYRAK

ABSTRACT

The tasks performed by timber production workers are classified as high risk in terms of ergonomic factors. Appropriate ergonomic techniques and methods are necessary to mitigate the ergonomic risk factors encountered by timber production workers. However, since production work involves dynamic body movements, conducting ergonomic risk assessments for these work stages is challenging. In this study, the physical strains experienced by workers during the timber debarking stages of production work were investigated using the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method. In this context, worker body posture analyses were conducted using real-time computer vision techniques. The angles of the workers' body joints were recorded instantaneously with the help of a camera. Field studies were conducted within the borders of the Elmalar Forest Management Enterprise Chief of Kahramanmaras Forest Management Directorate where affiliated by Kahramanmaras Regional Directorate of Forestry. A machine learning-based method was employed to monitor the body posture of forest workers during an open field environment. The method can provide researchers with detailed data for obtaining big data. According to the REBA scores, the posture of the chainsaw operator during the waiting stage was evaluated to be at low risk. Urgent precautions need to be taken because the operator's posture during the debarking stage poses a high risk. Precautions should also be taken during the timber turning stage, as it is considered to present a medium risk. Briefly, the promising potential of computer vision in presenting the obtained data to researchers, facilitating a better understanding of ergonomic challenges in forestry works, has been examined and demonstrated.

Keywords: Timber production, Debarking work, Ergonomic risk assessment, Computer vision, MediaPipe, REBA

Kahramanmaras Sutcu Imam University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering, June/2024

Supervisor: Doç. Dr. Neşe GÜLCİ
Co-supervisor: Doç. Dr. Sercan GÜLCİ
Page number: 62

TEŞEKKÜR

“Odun Hammaddesi Üretiminde Kabuk Soyma İşçilerinin Vücut Duruş Analizi Üzerine Bir Araştırma” adlı bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığını üstlenerek çalışmalarımın her aşamasında bilgi, destek ve katkılarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Neşe GÜLCİ’ye ve eş danışmanım sayın hocam Doç. Dr. Sercan GÜLCİ’ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez jürimde bulunan ve tezimle ilgili görüşlerinden yararlandığım sayın Prof. Dr. H. Hulusi ACAR’a, Prof. Dr. Abdullah E. AKAY’a ve Prof. Dr. Hasan SERİN’e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmalarım süresince desteklerini esirgemeyen Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Elmalar Orman İşletme Şefliğine çok teşekkür ederim. Ayrıca, eğitim öğretim hayatım boyunca bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

Eshabil BEYAZBAYRAK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEZ BİLDİRİMİ	i
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Ormancılıkta Üretim Çalışmaları.....	3
1.1.1. Kesme ve devirme	3
1.1.2. Kabuk soyma	4
1.1.3. Boylama	5
1.1.4. Bölmeden çıkarma	6
1.1.5. Yükleme.....	7
1.2. Antropometri	7
1.3. İnsan Vücudu ve Hareketleri.....	8
1.4. Çalışma Duruşları ve Değerlendirme Yöntemleri	9
1.4.1. Kontrol listesi ve anket ile çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler	11
1.4.2. Tüm vücudu dikkate alarak çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler	11
1.4.3. Üst ekstremiteyi dikkate alarak çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler .	13
1.4.4. Vücudun farklı kısımlarını dikkate alarak çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler.....	14
1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	14
1.6. Çalışmanın Sınırlandırılması	15
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	16

3. MATERYAL VE METOT	24
3.1. Materyal	24
3.1.1. Çalışma alanı	24
3.1.2. Kullanılan yazılım ve cihazlar	24
3.2. Metot	25
3.2.1. Arazi çalışmaları	26
3.2.2. Vücut duruş analizi (REBA)	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1. Vücut Duruş Açıklarına ait Bulgular	33
4.2. REBA Analizine ait Bulgular	35
4.2.1. Hazırlık aşamasına ait REBA analizi	35
4.2.2. Kabuk soyma aşamasına ait REBA analizi	37
4.2.3. Tomruk çevirme aşamasına ait REBA analizi	38
4.3. Birinci 10 Dakikalık Vücut Duruş Analizi	39
4.3.1. A tablosu	39
4.3.2. B tablosu	39
4.3.3. C tablosu	40
4.4. İkinci 10 Dakikalık Vücut Duruş Analizi	40
4.4.1. A tablosu	40
4.4.2. B tablosu	41
4.4.3. C tablosu	42
4.5. Üçüncü 10 Dakikalık Vücut Duruş Analizi	42
4.5.1. A tablosu	42
4.5.2. B tablosu	43
4.5.3. C tablosu	43
4.6. Dördüncü 10 Dakikalık Vücut Duruş Analizi	44
4.6.1. A tablosu	44

4.6.2. B tablosu	45
4.6.3. C tablosu	45
4.7. Vücut Duruş Analizi	46
4.7.1. Hazırlık aşamasında vücut duruş (diz, gövde ve boyun) analizi	46
4.7.2. Kabuk soyma aşamasında vücut duruş (diz, gövde ve boyun) analizi	46
4.7.3. Tomruk çevirme aşamasında vücut duruş (diz, gövde ve boyun) analizi.....	47
4.7.4. Hazırlık aşamasında vücut duruş (üst kol, alt kol ve bilek) analizi	47
4.7.5. Kabuk soyma aşamasında vücut duruş (üst kol, alt kol ve bilek) analizi	48
4.7.6. Tomruk çevirme iş aşamasında vücut duruş (üst kol, alt kol ve bilek) analizi ..	48
4.8. A, B, C Tabloları ve Risk Analizi	49
4.8.1. Hazırlık aşamasında A, B, C tabloları ve risk analizi	49
4.8.2. Kabuk soyma aşamasında A, B, C tabloları ve risk analizi.....	50
4.8.3. Tomruk çevirme aşamasında A, B, C tabloları ve risk analizi	50
4.9. Motorlu Testere Operatörünün Vücut Duruş Analizi	51
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Ağaç kesme ve boylama operatörü (AKBO) ile kesim çalışması (Foto: N. Gülci)	3
Şekil 1.2. Kabuk soyma aparatı ve balta ile kabuk soyma çalışmaları (Drone görüntüsü) (Foto: S. Gülci)	4
Şekil 1.3. Kabuk soyma aparatı (sol) ve balta (sağ) ile kabuk soyma (Foto: N. Gülci)	5
Şekil 1.4. AKBO ile dal alma ve boylama çalışması (Foto: N. Gülci)	6
Şekil 1.5. Tarım traktörüyle yamaç yukarı çekme (Foto: N. Gülci)	7
Şekil 1.6. Kısaçıklı yükleyici ile yükleme (Foto: N. Gülci)	7
Şekil 3.1. Çalışma alanı	24
Şekil 3.2. Dizüstü bilgisayar ve webcam	25
Şekil 3.3. Gerçek zamanlı REBA değerleri ve vücut eklem açılarına ait puanların örnek ekran görüntüsü	26
Şekil 4.1. Gerçek zamanlı video tabanlı vücut duruş analizi kayıt ekran görüntüsü	33
Şekil 4.2. Gerçek zamanlı ölçümlerle elde edilebilen vücut duruş grafiği örneği	34
Şekil 4.3. Hazırlık aşamasına ait REBA analizi tablosu	36
Şekil 4.4. Kabuk soyma aşamasına ait REBA analizi tablosu	37
Şekil 4.5. Tomruk çevirme aşamasına ait REBA analizi tablosu	38
Şekil 4.6. Birinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	39
Şekil 4.7. Birinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	40
Şekil 4.8. Birinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	40
Şekil 4.9. İkinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	41
Şekil 4.10. İkinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	41
Şekil 4.11. İkinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	42
Şekil 4.12. Üçüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	43
Şekil 4.13. Üçüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	43
Şekil 4.14. Üçüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	44

Şekil 4.15. Dördüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	44
Şekil 4.16. Dördüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	45
Şekil 4.17. Dördüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı	46
Şekil 4.18. Hazırlık aşamasında diz, gövde ve boyun duruş puanları	46
Şekil 4.19. Kabuk soyma aşamasında diz, gövde ve boyun duruş puanları	47
Şekil 4.20. Tomruk çevirme aşamasında diz, gövde ve boyun duruş puanları	47
Şekil 4.21. Hazırlık aşamasında üst kol, alt kol ve bilek duruş puanları	48
Şekil 4.22. Kabuk soyma aşamasında üst kol, alt kol ve bilek duruş puanları	48
Şekil 4.23. Tomruk çevirme aşamasında üst kol, alt kol ve bilek duruş puanları	49
Şekil 4.24. Hazırlık aşaması için A, B, C tabloları ve risk analizi	49
Şekil 4.25. Kabuk soyma aşaması için A, B, C tabloları ve risk analizi	50
Şekil 4.26. Tomruk çevirme aşaması için A, B, C tabloları ve risk analizi	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemlere ait gruplar	14
Çizelge 3.1. A tablosu REBA skorları ve açıları.....	28
Çizelge 3.2. B tablosu REBA skorları ve açıları	29
Çizelge 3.3. A tablosu puanlama	30
Çizelge 3.4. Ağırlık ve kuvvet için zorlanma puanlaması.....	30
Çizelge 3.5. B tablosu puanlama	30
Çizelge 3.6. Kavrama puanları	31
Çizelge 3.7. C tablosu puanlama	31
Çizelge 3.8. REBA sonuç değeri ve açıklamaları	32
Çizelge 4.1. Vücut bölümleri için hesaplanan REBA skorlarına ait ortalamalar ve hatalı duruş tekrar sayıları.....	35
Çizelge 4.2. İşçinin hazırlık aşaması ve çalışma zaman aralıklarına göre REBA risk durumları.....	52
Çizelge 4.3. Kabuk soyma aşaması ve zamansal çalışma sınıflarının REBA ölçütlerine göre puanları ve risk durumları.....	52
Çizelge 4.4. Tomruk çevirme aşaması ve zamansal çalışma sınıflarının REBA ölçütlerine göre puanları ve risk durumları	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACGIH	: Devlet endüstriyel hijyenistleri Amerikan konferansının bel riskine ait eşik sınır değeri yöntemi
AET	: Ergonomik iş analizi prosedürü
BACK-EST	: Sırt maruziyetini örnekleme aracı
CMDQ	: Cornell kas iskelet sistemi rahatsızlığı taraması ölçeği
ERGAN	: Ergonomik analiz
HARBO	: Vücudun el konumuna göre durumu
HMD	: Hızlı maruziyet değerlendirme yöntemi
ILO	: International labour organization
Kg	: Kilogram
KİSR	: Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları
JSI	: İş zorlanma indeksi
LUBA	: Üst vücut değerlendirmesinde vücut duruş yüklemesi
MAC	: Elle taşımanın grafik ile değerlendirilmesi
NIOSH	: Ulusal iş sağlığı ve güvenliği enstitüsü
OCRA	: Mesleki tekrarlayan eylemler
OWAS	: Ovako çalışma duruşu analiz sistemi
PATH	: Postür, aktivite, araçlar ve işleme
PEO	: Taşınabilir ergonomik gözlem yöntemi
PLIBEL	: Ergonomik tehlikelerin belirlenmesi için kullanılan yöntem
REBA	: Hızlı tüm vücut değerlendirmesi
RNLE	: Revize edilmiş NIOSH kaldırma eşitliği
RULA	: Hızlı üst ekstremite değerlendirmesi
TRAC	: Bilgisayarda görev kaydı ve analizi
VIDAR	: Ergonomik değerlendirmeler için bir video ve bilgisayar tabanlı

bir yöntem

WSE

: Washington eyaleti ergonomik kontrol listesi yöntemi



1. GİRİŞ

Açık alanlarda ve zor arazi şartları altında çalışan işçinin sağlığını ve güvenliğini etkileyecek çok fazla etken bulunmaktadır. ILO (International Labour Organization)'ya göre tehlikeli iş grubunda değerlendirilen ormancılık çalışmaları iş(çi) sağlığı ve güvenliği açısından yüksek kaza risklerini içeren iş grupları arasında yer almaktadır (Acar ve Şentürk 1999). Sürekli gelişen teknoloji (ormancılıkta kullanılan mekanik araçlar) ve artan üretim faaliyetleri, orman işçisinin sağlığı ve güvenliğine yönelik çalışmaların önemini daha da artırmıştır (Tunay ve Bozkurt, 2018). Bununla birlikte ülkemizde artan toplumsal bilinçlenme düzeyi ile beraber, iş(çi) sağlığı ve güvenliği konuları ile ilgili mevzuat önem kazanmaya başlamıştır (Tunay ve Emir 2015). Bu sayede işçilerin güvenli ve sağlıklı koşullarda çalışmaları ve iş kazalarına veya meslek hastalıklarına maruz kalmalarını önlemek ya da azaltmak için öncelik kazanmıştır (Ünver-Okan ve Acar, 2015).

Güç ve motivasyon gerektiren ormancılık üretim çalışmalarının, iş(çi) sağlığı ve güvenliğinin değerlendirilmesi için kapsamlı çalışmalar gerekmektedir. Ormancılıkta üretim çalışmalarında ergonomi yöntemlerinin uygulanmasına yönelik gerçekleştirilen araştırmalar bunun bir kanıtıdır (Potočnik ve Poje, 2017). Açık alanlarda çalışan orman işçileri birçok değişken etkisi altında çalışmalarını gerçekleştirmektedir. İşçilerin maruz kaldıkları iş odaklı rahatsızlıklar kardiyovasküler rahatsızlıklar, mental yorgunluk (Zurita Vintimilla ve ark., 2021; Spinelli ve ark., 2020), gürültü, titreşim, toz ve gaz gibi alet ve makinelerin kullanımından kaynaklanan zararlı etkenlere maruz kalma (Tunay ve Melemez, 2008; Dimou ve ark., 2020; Gülci ve ark., 2018; Leszczyński, 2014), kazalar ve güvenlik sorunları (Melemez, 2015; Akay ve ark., 2022; Laschi ve ark., 2016) popüler araştırma konularındandır. Bununla birlikte çalışma duruşlarını belirlemeye yönelik ergonomik risk değerlendirme çalışmaları da ön plana çıkmaktadır (Enez ve Nalbantoğlu, 2015; Melemez ve ark., 2016; Yaylı ve Çalışkan, 2019; Enez, 2008; Enez ve Nalbantoğlu, 2019).

Zor arazi şartlarında çalışma esnasında vücut duruşlarını önemli kılan faktörler kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR) açısından dikkat çekmektedir. Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, ergonomistlerin karşılaştığı en önemli sağlık sorunları arasında bulunmaktadır (WHO, 2021). Ayrıca bu rahatsızlıklar ormancılıkta üretimin verimliliğine, kalitesine ve maliyetine etki eden yansımaları olduğundan oldukça önemli konular arasında bulunmaktadır. Orman işçilerinin çeşitli çalışma koşullarında çalışma pozisyonlarının,

vücut yapılarının, enerji tüketimlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece ormancılık üretim çalışmalarında verim, maliyet ve kalitenin artırılması yanında orman işçiliğinin iyileştirilmesi, geliştirilmesi, işçi sağlığının korunması amacıyla ergonomik değerlendirmeler önemli araştırma konuları arasındadır. Sonuçta yöneticilerin ve karar vericilerin söz konusu ergonomik değerlendirmeleri doğru şekilde yapabilmesi amacıyla teknolojiden faydalanmaları gerekecektir (Yu ve ark., 2019).

KİSR'lerin değerlendirilmesinde hızlı çalışma temposu, tekrarlı hareketler, zorlayıcı eforlar, vücut duruşları, titreşim ve dinlenme eksikliği gibi fiziksel ve çevresel risk faktörleri dikkate alınmaktadır (Punnett ve Wegman, 2004; Enez, 2008). Belli başlı ergonomik değerlendirme yöntemleri; hızlı üst ekstremité değerlendirmesi (RULA) (McAtamney ve Corlett, 1993), hızlı tüm vücut değerlendirmesi (REBA) (Hignett ve McAtamney, 2000), revize edilmiş NIOSH kaldırma eşitliği (RNLE) (Waters et al., 1993), üst vücut değerlendirmesinde vücut duruş yüklemesi (LUBA) (Kee and Karwowski, 2001) ve mesleki tekrarlayan eylemler (OCRA) (Occhipinti, 1998) için geliştirilmiş çeşitli ergonomik risk gözlem araçlarından faydalanılmaktadır. Bu yöntemlerin birçoğunda klasik gözlem veya kaydedilen fotoğraf ve video üzerinden manuel olarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda risk durumu ortaya konulmaktadır. Bu durum, ölçme ve gözlemlerde insan faktörüne bağlı olarak gözlemcinin subjektif değerlendirme olasılığını artırmaktadır. Ancak son yıllarda teknolojinin gelişmesi ve derin öğrenme tekniklerinin bilgisayar görü ortamına adapte edilmesi sonucunda dijital ortamlarda KİSR analizleri gerçeğe daha yakın sonuçlarla ortaya konulmaktadır (Li ve ark., 2020).

Orman işçilerinin KİSR değerlendirmeleri REBA ve OWAS yöntemleri ile detaylı şekilde gerçekleştirilebilmektedir. REBA'nın, vücut bileşenleri (bilek, boyun, dirsek ve omuzlar) arasındaki açıları değerlendirdiği için OWAS'a göre daha ayrıntılı ergonomik risk değerlendirme olanağı sunmaktadır. REBA vücudun her iki tarafını, duruş tipini ve gerçekleştirilen faaliyetlerin özelliklerini değerlendirmeye almaktadır. Kas-iskelet sistemine aşırı yüklenmenin azaltılması için çıkarımlarda ve önermelerde bulunmada kullanım potansiyeli yüksektir (Micheletti Cremasco ve ark, 2019). OWAS ve REBA'ya ait birçok sınırlama olmasına rağmen günümüzde ormancılık çalışmalarında vücut duruş analizlerinde kullanılan teknikler arasında yerini almıştır (Spinelli ve ark., 2017; 2018; Borz ve ark, 2021; Enez ve Nalbantoğlu, 2015; Enez ve Nalbantoğlu, 2019; Hita-Gutiérrez ve ark., 2020).

1.1. Ormancılıkta Üretim Çalışmaları

Ülkemizde ormancılık çalışmaları çoğunlukla dağlık arazilerde, zor şartlar altında ve doğaya açık bir şekilde gerçekleştirilmektedir (Erdaş ve ark., 2014). Ormancılık çalışmalarının riskli işleri arasında tomruk üretim çalışmaları da yer almaktadır.

Üretim çalışmaları ağaçların kesim aşaması ile başlamakta kabuk soyma, boylama, bölmeden çıkarma, yükleme, boşaltma ve istifleme aşamalarından oluşmaktadır (Erdaş ve ark., 2014; Gülci, 2014; Gülci ve ark., 2016). Tomruk üretiminde tomruk metodu, bütün gövde metodu ve bütün ağaç metodu olmak üzere üç adet üretim metodu bulunmaktadır.

1.1.1. Kesme ve devirme

Ülkemizde ağaçların kesim aşamasında Stihl, Dolmar (Alman), Husqvarna (İsveç) ve Jonsered (İsveç) marka motorlu testereler ormancılık çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Avrupa ve Amerika da ise çoğunlukla hasatçı ve kesici istifleyici ile kesim işleri gerçekleştirilmektedir. Motorlu testere ile kesim çalışmaları hasatçı ve kesici istifleyiciye göre daha risklidir. Motorlu testere ile kesim esnasında işçinin devirme yönünü doğru belirleyip devirme oyuğunu tekniğine uygun olarak açması gerekmektedir (Şekil 1.1). Aksi halde işçinin beklenmeyen bir iş kazası ile karşı karşıya kalması kaçınılmazdır.



Şekil 1.1. Ağaç kesme ve boylama operatörü (AKBO) ile kesim çalışması (Foto: N. Gülci)

Motorlu testere kullanan operatör, motorlu testere ile çalışma sırasında tehlikelerden korunmak için kişisel koruyucu ekipmanları eksiksiz kullanmalıdır. Kişisel

koruyucu ekipmanlar işçinin ormancılık çalışmalarını gerçekleştirirken oluşabilecek tüm kazalardan korunmasını sağlar (Engür, 2014).

1.1.2. Kabuk soyma

Kesim aşamasının tamamlanmasının ardından devrilmiş ağaçların tepesi kesilip kabukları soyulmaktadır. Kabuk soyma aşaması balta yada motorlu testereye monte edilen kabuk soyma aparatı kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Gülci ve ark., 2017) (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Kabuk soyma aparatı ve balta ile kabuk soyma çalışmaları (Drone görüntüsü)
(Foto: S. Gülci)

Kabuk tabakasının çeşitli yöntemler kullanılarak gövde üzerinden uzaklaştırılması kabuk soyma olarak tanımlanmaktadır (Gülci ve ark., 2017). Kabuk ile odun arasında üreyen kabuk böceklerinin tahribat yapmasını önlemek, tomrukların işlenmesi sırasında kabuklara sıkışan taş ve kum gibi sert cisimleri uzaklaştırmak ve kabukların sanayide kullanım olanaklarının kısıtlı olması nedeniyle kabuk soyma çalışmaları gerçekleştirilmektedir (Acar ve ark., 2015; Gülci ve ark., 2017).

Kalın kabuklu ağaçlarda, kabukları soymak için balta ile kabuk soyma işi gerçekleştirilmektedir. İnce kabuklu ağaçlarda ise motorlu testerelere monte edilebilen ve gücünü motorlu testerenin motorundan alarak çalışan kabuk soyma aparatları kullanılmaktadır (Eker ve Acar, 2004; Gülci, 2014) (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Kabuk soyma aparatı (sol) ve balta (sağ) ile kabuk soyma (Foto: N. Gülci)

Balta ile kabuk soyma sırasında işçiler çoğunlukla yere eğilerek çalışmakta ve bu durumda kas gücünden faydalanılmaktadır. Kabuk soyma aparatıyla kabuk soyma sırasında da işçiler eğilerek çalışmakta fakat bu aşamada motor gücünden faydalanılmakta, işçi ileri geri hareket ederek kabuk soyma işini tamamlamaktadır (Eker ve ark., 2011).

1.1.3. Boylama

Ağaçların kesilip devrilmesinden sonra dalları alınır ve ardından kabukları soyulup gövde kusurları temizlenerek orman ürünleri standardizasyonuna göre boylanır (Şekil 1.4). Boylama çalışmalarında şerit metre, çap ölçer ve ölçme latası ile ölçümler yapılmaktadır. Ağaçlardan gövde kusurlarına ve transport imkanlarına bağlı olarak sanayi odunu, kağıtlık odun, lif-yonga odunu, tomruk, tel direği, maden direği gibi endüstriyel odun çeşitleri üretilmektedir (Yenilmez, 2010).



Şekil 1.4. AKBO ile dal alma ve boylama çalışması (Foto: N. Gülci)

1.1.4. Bölmeden çıkarma

Bölmeden çıkarma çalışmaları insan gücüyle, hayvan gücüyle ve makine gücüyle gerçekleştirilmektedir. İnsan gücüyle bölmeden çıkarma çalışmaları; doğrudan zemin üzerinde kaydırarak, oluklar içinde kaydırarak, doğrudan doğruya insan eliyle taşıyarak, basit el gereçleri ve yardımcı araçlar kullanarak ve halatlar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Hayvan gücüyle bölmeden çıkarma çalışmaları; hayvan sırtına yükleyerek, hayvan gücüyle zeminde sürütme, hayvan gücüyle kablo çekimi ve hayvan gücüyle çekilen arabalarla gerçekleştirilmektedir.

Makine gücüyle bölmeden çıkarma çalışmaları; traktörlerle (tarım traktörü, orman traktörü ve özel orman traktörleriyle) ve kablo hatlarla (traktör vinçlerinin hava hattı biçiminde çalıştırılması, kablo kaydıraklarla, yer çekiminden yararlanan hava hatlarıyla ve vinçli hava hatlarıyla (kısa, orta ve uzun mesafeli mobil vinçli hava hatları) gerçekleştirilmektedir (Erdaş ve ark., 2014) (Şekil 1.5). İnsan gücüyle bölmeden çıkarma çalışmalarında yardımcı araçlar (sapın, çoker, kanca, sürütme zinciri, sürütme kısıkaçı, sürütme kancası, sürütme konisi ve felboylar) kullanılmaktadır.



Şekil 1.5. Tarım traktörüyle yamaç yukarı çekme (Foto: N. Gülci)

1.1.5. Yükleme

Yükleme çalışmaları tomruk nakliyatının kesintisiz olarak gerçekleştirilmesi açısından büyük öneme sahiptir. Ülkemizde yükleme çalışmaları elle, kıskaçlı yükleyici ile, hidrolik kreyinlerle ve hiab tipi vinçlerle gerçekleştirilmektedir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Kıskaçlı yükleyici ile yükleme (Foto: N. Gülci)

1.2. Antropometri

Antropometri insan (antropos) ve ölçü (metikos) kelimelerinden türemiş, insan vücudunun boyutu ve biçimi gibi fiziksel ölçüleriyle ilgilenen bir bilimdir. Vücudun doğal duruşu, gövde, baş, el, kol, ayak ve bacak gibi organların boyutları, eklemlerin hareket alanı, eklem hareket alanı içerisinde uygulanan kuvvet antropometrinin kapsamıdır (Üçüncü ve Acar, 2020).

Antropometri ulus, coğrafi bölge, yaş, vücut yapısı, beslenme, fiziksel aktivite, ekonomik durum ve sosyal statü farklılıkları gibi etkenleri dikkate alarak geniş bir kitleye uygun tasarımlar yapabilme imkanı tanır. Herhangi bir ülkedeki bir birey için ortaya konulan antropometrik bir saha araştırması, diğer ülkeler için geçersiz olabilir (Kaya, 2016).

Antropometri de statik, dinamik ve kuvvetsel olmak üzere üç veri tipi kullanılmaktadır. Statik antropometrik veriler, bireyin boyu, eklemlerin uzunluğu ve deri kalınlığı ölçümleri olup bireyin sabit pozisyonda iken vücut ölçümleri yapılmaktadır. Dinamik antropometrik veriler bireyin iş yaparken eğilme, uzanma ve dönme hareketlerinin ölçülmesi ile elde edilmektedir. Son olarak kuvvetsel antropometrik veriler bireylerin vücudundaki yüklerin mekanik analizinde kullanılmaktadır (Üçüncü ve Acar, 2020).

Antropometrik ölçümlerin doğru yapılabilmesi için yöntem seçimi, ölçüm aletlerinin temiz, bakımlı ve kalibrasyonlarının yapılmış olması, ölçü yapılacak yerlerinin düzgün belirlenmesi, ölçümlerin anatomik pozisyonda gerçekleştirilmesi, ölçülerin bilgisayar ortamına düzgün bir şekilde aktarılması ve son olarak istatistiksel analizlerle değerlendirilmesi gerekmektedir (Kaya, 2016).

1.3. İnsan Vücudu ve Hareketleri

İnsan vücudunda bulunan eklemler hareketliliklerine göre oynamayan eklemler (fibröz), yarı oynar eklemler (kartilajinöz) ve oynar eklemler (sinoviyal) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Ergonomik açıdan önemli olan eklemler; eklemler ve kıkırdak destekli kısmi/yarı oynar eklemlerdir. Omurlar arasında yarı oynar eklemler bulunmaktadır. Oynar/hareketli eklemler ise alt çene, omuz, dirsek, bilek, el, parmak, kalça, diz ve ayak da bulunmaktadır.

Eklemlerin hareketliliği ve işlevi darbeler, zorlanmalar, hastalıklar ve yaşlanma gibi sebeplerle azalabilir. Özellikle mesleki olarak yapılan işle ilgili zorlanmalar da eklemlerin hareket ve işlev kaybı sıkça karşımıza çıkmaktadır.

İş yapmadan ayakta sabit duran bir insanın kolları yana sarkık ve avuç içi de vücuduna dönük olarak durmaktadır. Kolun omuz yüksekliğinin üstünde açılacak bir hareket yapması elevasyon, kolun önden omuz yüksekliğine kaldırılması fleksiyon ve kolun ters yöndeki hareketi ise ekstansiyon olarak tanımlanmaktadır. Kısaca bükme hareketlerinin

tamamı fleksiyon, germe hareketleri ise ekstansiyon olarak anlaşılmaktadır. Eklemlerin germe hareketi zorlanarak yapılıyorsa buna hiperekstansiyon denir (Acar ve Eroğlu, 2016).

Başın boyun arkası eklemlerinin sağa veya sola döndürülmesi rotasyon, boyunun öne bükülmesi fleksiyon olarak tanımlanmaktadır. El bileğinin hareketi ile avuç içi doğrultusunda bükülme için palmer fleksiyon, elin sırt kısmına doğru hareket eylemi için ise dorsifleksiyon terimleri kullanılmaktadır. Supinasyon terimi ise alt kolun eksenini etrafında döndürülmesi, pronasyon ise avuç içinin yukarıya döndürülmesi ve kendi eksenini etrafında döndürülerek avuç içinin aşağıya bakacak şekilde çevrilmesi olarak ifade edilmektedir (Üçüncü ve Acar, 2020).

Başın rotasyon hareketleri incelendiğinde sağa ve sola dönüşlerinin açılma ortalaması 55° dir. Bu dönüşler boyun omurlarının işlevliği ve boyundaki kas ve bağ dokularının esnekliğine göre değişim gösterebilmektedir (Acar ve Eroğlu, 2016).

Gövde hareketleri incelendiğinde gövdenin sağa ve sola dönüşü yaklaşık olarak 40°dir. Gövdenin öne bükülmelerinde kuvvet gerektiren kas zorlamaları yapılmaması gerekir. Bu tarz zorlamalar sonucu bireylerde kalıcı sakatlıklar oluşabilir. Ayakta duruş hareketleri incelendiğinde dizlerin normal duruşu, vücut ağırlığını taşıyan kemiklerin tam gergin duruşudur. (Üçüncü ve Acar, 2020).

1.4. Çalışma Duruşları ve Değerlendirme Yöntemleri

Bireylerin iş yaparken mevcut olan vücut pozisyonuna postür (duruş) denir. Baş, kol, gövde ve bacakların gerçekleştirilen iş ve işin çeşidine göre hizalanması ise çalışma duruşu olarak tanımlanır. Doğru vücut duruşu bireylerin iş hayatını sağlıklı ve verimli geçirmesini sağlar. İyi çalışma duruşu bireylerin kendini rahat hissettiği, duruşun ve dengenin düzgün sağlandığı, vücut postürünün doğru olmasıyla birlikte organların yeterli ve düzgün çalıştığı duruştur. Bu duruşun tersi ise kötü duruştur ve bu durumda bireylerde işe bağlı kas ve iskelet hastalıkları ortaya çıkmaktadır. (Kaya, 2016). İşe bağlı kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR) bireylerin uzun süreler düşük ya da yüksek ağırlıktaki yüklerle maruz kalmaları sonucunda oluşmaktadır (Türkkan, 2009).

İş hayatında kavrama, tutma, uzanma vb. hareketler sebebiyle kas, tendon, sinir ve yumuşak dokular üzerinde hasarlar nedeniyle KİSR meydana gelmektedir (Esen ve Fığlalı, 2013). KİSR'nın etkilerinin azaltılması veya oluşmaması için işyerinde ergonomik risk faktörlerinin ortaya konulması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. KİSR'na sebep olan

riskler iş ile ilgili ve kişinin kendisi ile ilgili risk faktörleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Felekoğlu ve Taşan, 2017).

Çalışanlar iş yerlerinde yaptıkları işin türüne göre farklı türde risk faktörleriyle karşı karşıya kalabilir. İşin yorucu ve yüksek tempolu olması, dengesiz postürde çalışmak, dinlenme sürelerinin yetersiz olması, tekrarlamalı iş olması, titreşime maruz kalma, yükü kaldırma, indirme ve taşıma mesafelerinin fazla olması ve iş sırasında ani hareket yapılması çalışanlar için riskli durumlar oluşturmaktadır (Felekoğlu ve Taşan, 2017). Ayrıca çalışma ortamında kaygan zemin, engebeli arazi, engeller, olumsuz iklim koşulları ve yüksek gürültü düzeyi vb. gibi etkiler bulunması çalışanlar için risk oluşturmaktadır.

Çalışanların bireysel özelliklerinden kaynaklanan risk faktörleri kişisel risk faktörleridir. Çalışanın fizyolojik ve psikolojik yapısı, fiziksel özelliklerinin yapılan iş için yeterli olup olmadığı, çalışanın yeterli bilgi ve eğitim seviyesine sahip olup olmadığı, yaş, sigara ve aşırı kilo gibi faktörler KİSR oluşumunda etkilidir (Esen ve Fırlalı, 2013).

Bel, boyun ve üst kısımlar (el bileği, el, dirsek ve omuz) da görülen hastalıklar KİSR olarak sınıflandırılmaktadır. Bel ve sırt ağrısı, boyun tutulması, kas incinmeleri, boyun ve bel fıtığı gibi işten kaynaklı kas iskelet sistemi rahatsızlıkları sıklıkla ormancılık, çiftçilik, madencilik, balıkçılık, inşaat işçiliği, üretim ve makine operatörlüğü, terzilik, yükleme ve boşaltma işçiliği, temizlikçilik ve bahçıvanlık gibi meslek gruplarında görülmektedir (Esen ve Fırlalı, 2013).

KİSR'nın oluşmasını önlemek KİSR'na neden olan uygunsuz çalışma duruşmalarını tespit etmek ve bunların risk düzeylerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen ergonomik risk değerlendirmesi ile ilgili birçok yöntem bulunmaktadır. İşin özelliklerine göre hangi yöntemin kullanılmasının uygun olduğu kullanıcılar tarafından belirlenmektedir.

İş gücünün ortaya konmasında ergonomi biliminin öngördüğü birçok farklı yöntem vardır. Dünya genelinde kullanılan ergonomik çalışma duruş yöntem ve teknikleri incelenerek belirli ölçütlere göre sınıflandırılmaktadır. Bu yöntemler temelde dört ana grup altında sınıflandırılmaktadır. Ormancılık çalışmaları için uygun olanlar; vücudun tamamını dikkate alarak çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler, kontrol listesi ve anket ile çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler, üst sınır değerlerinin dikkate alınması ile çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler ve vücudun farklı bölüm veya kısımlarını değerlendirerek çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler olarak belirtilebilir.

1.4.1. Kontrol listesi ve anket ile çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler

Kontrol listesi ve anket ile çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler; ergonomik tehlikelerin belirlenmesi için kullanılan yöntem (PLIBEL), hızlı maruziyet değerlendirme yöntemi (HMD), Washington eyaleti ergonomik kontrol listesi yöntemi ve devlet endüstriyel hijyenistleri Amerikan konferansının bel riskine ait eşik sınır değeri yöntemi (ACGIH) olmak üzere dört grupta incelenmektedir.

PLIBEL kontrol listesi, çalışanların vücudunun beş bölümünü inceleyen basit bir KİSR tarama aracıdır. Boyun, üst sırt, omuz, ön kol, dirsekler, eller, diz, kalça ve bel gibi KİSR'nın en sık yaşandığı bölümlerde, kas yaralanmalarında riskli etkilere sebep olabilecek etkenleri ortaya koymak için PLIBEL kontrol listesi kullanılmaktadır (Pratiwi and Nuriati, 2022).

“HMD, dört vücut bölgesinin (bel, omuzlar ve kollar, eller ve el bilekleri ve boyun) ergonomik girişim yapılmadan önce ve ergonomik girişim yapıldıktan sonra kas iskelet sistemi risk faktörlerine maruz kalma sonucundaki değişiklikleri değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir” (Esen ve Fırlalı, 2013). HMD, ergonomi uzmanlarının gereksinimlerini karşılamak için özel olarak geliştirilmiş ve gözlemci ve çalışanın iş görevinin puanlamasına dahil eden bir yöntemdir (Zorlutuna ve Kılıç, 2022).

“Washington eyaleti ergonomik kontrol listesi yöntemi, fiziksel risk faktörlerini içeren tipik işçi aktivitelerini barındıran işler olarak tanımlanan tehlikeli alanlarda yapılan işlerle ilgili yaralanmalara sebep olan iş yeri risklerini sınıflandırır”. Bu işler, *“ergonomik farkındalık ve iş kazası analizi eğitimlerini gerektirecek derecede riske sahip işlerdir”* (Nalbantoğlu, 2016).

ACGIH, yöntemi bilimsel bilgilere dayanarak, doğru bir yük kaldırma kılavuzu sağlamak için geliştirilmiştir. Kullanımı kolay ve kaldırma görevlerinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

1.4.2. Tüm vücudu dikkate alarak çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler

Tüm vücudu dikkate alarak çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler; Ergan ergonomik analizi (ERGAN), vücudun el konumuna göre durumu (HARBO), Ovako çalışma duruşu analiz sistemi (OWAS), postür, aktivite, araçlar ve işleme (PATH), taşınabilir ergonomik gözlem yöntemi (PEO), Chung tarafından postüral iş yükü değerlendirme sistemi (postural workload evaluation system by chung), duruş

hedeflendirmesi (posture targetting), hızlı tüm vücut değerlendirmesi (REBA), bilgisayarda görev kaydı ve analizi (TRAC), ergonomik değerlendirmeler için bir video ve bilgisayar tabanlı bir yöntem (VIDAR) ve ergonomik iş analizi prosedürü (AET) olmak üzere 11 gruba ayrılmaktadır (Nalbantoğlu, 2016).

Ergonomik Analiz (ERGAN) veya eski adıyla ARBAN, fiziksel risk faktörlerine maruz kalan farklı vücut duruşu, kuvvet, statik kas yükü ve titreşimi içeren ve ayrıca iş rotasyonu ve iş stresi gibi psikososyal risk faktörlerini değerlendiren çalışma durumunu kapsamaktadır. ERGAN geniş uygulama alanıyla basit ve kolay uygulanabilen bir prosedür sunmaktadır. ERGAN ardışık çalışmalara bağlı olarak, sürekli değişen iş durumunu, eşit uzunlukta aralıklarda bir dizi görüntü olarak ele almaktadır. Güvenilirliğini ve geçerliliğini test etmek için hiçbir resmi çalışma yapılmamıştır (Rahman ve Rahman, 2018).

Vücutun el konumuna göre durumu (HARBO) yöntemi, yalnızca birkaç saatlik kayıt sırasında ellerin konumlarına ve kullanılması gereken kuvvete odaklanan gözlemsel bir tekniktir. HARBO, el omuz seviyesinin üzerinde ayakta durma/yürüme, eller omuz ve parmak eklemi seviyesi arasında sabitlenmiş olarak ayakta durma/yürüme, el- omuz ve parmak eklemi seviyesi arasında sabitlenmemiş halde ayakta durma/yürüme, el/eller eklem seviyesinin altında sabitlenmiş olarak ayakta durma/yürüme, eğilme, çömelme ve diz çökme duruşu ve sonunda oturma gibi beş standart duruşu kaydetmek için uygulanır (Aziana Abdul Rahman ve Nasrull Abdol Rahman, 2018). HARBO basit ve öğrenmesi kolay bir yöntemdir.

OWAS, gözleme dayalı bir çalışma duruş analiz yöntemi olup çalışanların kas ve iskelet sistemlerindeki yüklenmeyi ve sistemin sebep olduğu kötü duruşları ortaya koymayı sağlayan bir yöntemdir. OWAS ile çalışanların kötü duruşları tespit edilmekte ve tekrarların çalışanları ne derece zorladığının belirlenmesi ve en uygun iş yöntemlerinin tahmin edilmesi sağlanmaktadır (Akay ve ark., 2003).

PATH, tekrarlanmayan işleri analiz etmek için kullanılan aktivite ve duruşun bilgisayarlı bir iş örneklemesidir. PATH, tekrarlanmayan işleri değerlendirmeye uygundur ve duruş ile iş aktivitesi arasındaki korelasyonu ortaya koyar. Ancak bu araçlar zaman alıcıdır ve kullanıcıların PATH aracını kullanması için çeşitli eğitimler gereklidir (Aziana Abdul Rahman ve Nasrull Abdol Rahman, 2018).

PEO, video kaydına dayalı olarak duruş ölçümünü araştırabilen sürekli bir gözlem yöntemidir. Bu yöntemin amacı bilgisayarlı bir gözlem yöntemi geliştirmektir. Gerçek

zamanlı olarak iş yerinde yapılan gözlemlere dayanarak verilere anında ulaşılarak analiz edilir.

Chung tarafından postüral iş yükü değerlendirme sistemi; Chung tarafından geliştirilip iş yükü postürlerinin incelendiği sistemdir. Bilgisayar yazılımları ile gerçekleştirilen analizlere ait gözlemler ve kodlamalar yardımı ile geliştirilmiştir.

Hızlı tüm vücut değerlendirme (REBA) yöntemi, dinamik hareketler ile sabit hareketlerin durumlarına göre veri oluşturulan bir yöntem olup Hignett ve Mc Atomey 2000 tarafından vücut duruşlarını analiz etmek için geliştirilmiştir. REBA, gözleme dayalı bir duruş analiz yöntemi olup tüm vücut durumuna göre, çalışanın KİSR gözlenerek çalışma duruşlarının analizi gerçekleştirilir (Atıcı ve ark., 2015). Böylece bireyin çalışma şekli saptanmakta ve anormal duruşların önlenmesine olanak sağlanmaktadır. REBA analizi çalışanın gözlenmesi, çalışanların postür durumlarının belirlenmesi, duruşun puanlanması, REBA analiz puanının belirlenmesi ve çalışanların risk düzeyinin belirlenmesi olmak üzere beş faktörden oluşmaktadır (Sever ve Deste, 2021).

TRAC (Bilgisayarda Görev Kaydı ve Analizi), ilk olarak Robens Enstitüsü'nde (Surrey Üniversitesi, Birleşik Krallık) Riddet ve ark., (1989) tarafından geliştirilen ucuz, öğrenmesi kolay ve kullanımı hızlı doğrudan bir gözlem yöntemidir. TRAC, saha çalışmasının yanı sıra pratik çalışmalarda da kullanılabilir (Frings Dresen ve Kuijer, 1995).

VIDAR, video gösterimi kullanılarak gerçekleştirilir ve sonuçlar ergonomik değerlendirmeler için analiz edilir. Bu yöntem aynı zamanda duruş ve psikososyal durum gibi fiziksel risk faktörlerinin analizine olanak sağlayan bilgisayar tabanlı bir programdır (Aziana Abdul Rahman ve Nasrull Abdol Rahman, 2018).

1.4.3. Üst ekstremitayı dikkate alarak çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler

Keyserling tarafından bir üst ekstremita kontrol listesi (an upper extremity checklist by keyserling), üst vücuttaki duruş yüklemesinin değerlendirilmesi (LUBA), elle taşımının grafik ile değerlendirilmesi (MAC), tekrarlanan mesleki eylemler yöntemleri ve Ocra kontrol listesi (OCRA index and OCRA checklist), iş zorlanma indeksi (JSI), Ketola tarafından üst ekstremita uzman aracı (upper limb expert tool by Ketola), iş sağlığı ve güvenliği üst ekstremita risk değerlendirme yöntemi (health and safety executive upper limb risk assessment method), hızlı üst vücut değerlendirmesi (RULA) olmak üzere sekiz gruba ayrılmaktadır (Nalbantoğlu, 2016).

RULA, çalışmaya uygulanan gücü ve tekrarlı hareketleri dikkate alan ve gerçekleştirilen işle alakalı üst uzuv rahatsızlıklarını tespit etmek amacıyla geliştirilmiş gözlem metotlarındandır. RULA, üst uzuv rahatsızlıklarına neden olan kas-iskelet yüklenmelerinin olduğu işleri değerlendirebilmek için puanlandırma sistemi esas alınarak tasarlanmıştır (Esen ve Fıglalı, 2013).

1.4.4. Vücudun farklı kısımlarını dikkate alarak çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemler

Sadece bileği veya sırtı dikkate alan değerlendirme yöntemleri ve psikolojik değerlendirme ya da özel bir işe bağlı olarak şekillenen yöntem olarak iki gruba ayrılmaktadır. Sadece bileği veya sırtı dikkate alarak değerlendirme yöntemleri; devlet endüstriyel hijyenistleri Amerikan konferansının el için eşik sınır değeri faaliyeti (ACGIH), Stetson tarafından el ve bilek analizi, sırt maruziyeti örnekleme aracı ve revize edilmiş NIOSH kaldırma eşitliği olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır. Psikolojik değerlendirme ya da özel bir işe bağlı olarak şekillenen yöntem ise fiziksel iş yükü üzerinde Arbouw rehberidir. Yukarıda anlatılan tüm yöntemlere ait özet tablo Çizelge 1.1 de sunulmuştur.

Çizelge 1.1. Çalışma zorluklarını değerlendiren yöntemlere ait gruplar

Kontrol listesi ve anket ile çalışma zorluklarının değerlendirildiği yöntemler	Tüm vücudu dikkate alarak değerlendiren yöntemler	Üst ekstremitayı dikkate alarak değerlendiren yöntemler	Vücudun farklı kısımlarını dikkate alarak değerlendiren yöntemler
PLIBEL	ERGAN	UEC by Keyserling	ACGIH TLV for HAL
QEC	HARBO	LUBA	Analysis of Hand and Wrist by Stetson
WSE	OWAS	MAC	BACK-EST
ACGIH TLV	PATH	OCRA Methods	Niosh LE
	PEO	JSI	Arbouw GPW
	PW by Chung	Upper Limb Expert Tool by Ketola	
	Posture Targeting	HSE	
	REBA	RULA	
	TRAC		

1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, motorlu testere operatörleri için kabuk soyma iş aşamalarında postüral riski değerlendirmektir. Çalışma özellikle (1) gerçek zamanlı verilerin anlık olarak değerlendirilmesinde makine öğrenme tekniğinin kullanım durumunu ortaya koymak ve

(2) motorlu testere operatörünün hangi spesifik iş aşamasında en yüksek postüral riske maruz kaldığını belirlemek. Ayrıca kabuk soyma sonrası sektörde iş güvenliği denetimi ve ergonomik duruş için eğitim ve farkındalığı artırmaktır.

Bu çalışma kapsamında orman deposunda çalışan kabuk soyma işçisine ait çalışma ergonomisi risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Video kaydı ile bilgisayar görüye dayalı vücut eklem açıları gerçek zamanlı olarak tahmin edilmiştir. Daha sonra hızlı bütün vücut değerlendirme (REBA) tablolarında hesaplamalar sonucunda ergonomik risk değerlendirme sonuçlarına ulaşılmıştır.

1.6. Çalışmanın Sınırlandırılması

Bu çalışma Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Elmalar Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan fıstıkçanı kesim sahasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı seçiminde sahaya ulaşım kolaylığı dikkate alınmış olup istatistiksel bir yöntem kullanılmamıştır.

Çalışmada motorlu testereye monte edilmiş kabuk soyma aparatı ile kabuk soyma çalışması yapan bir işçinin vücut duruşları üzerine teknik bir analiz yapılmıştır. Çalışma öncesinde işçiye ara vermeden rutin bir şekilde çalışması konusunda bilgilendirme yapılmıştır. İşçiye çalışma esnasında hiçbir şekilde müdahalede bulunulmamıştır.

Çalışma sırasında video ve fotoğraf çekimi ile veriler toplanmıştır. İşçiye herhangi bir anket çalışması uygulanmamıştır. Çalışmada vücut duruş analizleri için sadece REBA prosedürü dikkate alınmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Akay ve ark., 2003 yılında çalışma duruşlarının ergonomik analizi adlı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında çalışma duruşunun tanımı, çalışma duruşlarının önemi, hatalı çalışma duruşlarının sebep olduğu meslek hastalıkları, çalışma duruşu tekniklerinden OWAS yöntemi ve bu yöntemin bir oto-servis istasyonuna uygulamasına yönelik bir uygulamaya yer vermişler ve çalışma duruşlarının oto-servis istasyonunda nasıl iyileştirilebileceğine yönelik alternatif metotlar sunmuşlardır.

Tunay ve ark., 2005 yılında yüksek öğrenimde kullanılan okul sıra ve masalarının antropometrik tasarımı konulu çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada antropometrik ölçüler ulus, bölge, cinsiyet, yaş, vücut yapısı, beslenme, fiziksel faaliyet, ekonomik ve sosyal statüye göre değişiklik göstermektedir. İnsanların buldukları ortamdaki rahatları, fiziksel sağlığı, refahı ve performansı, kullandıkları araç-gereç ve donanımın insan vücudunun ilgili organ ve özelliklerine uygun olarak tasarlanmaları ile sağlanabilir. Bu durum özellikle, zamanlarının çoğunu sandalye ve masalarında geçiren ve konforlu bir şekilde duruş pozisyonu alabilen okul öğrencileri için geçerlidir.

Melemez, 2008 yılında Türkiye ormancılığında kullanılan yükleme makinelerinin operatörler açısından ergonomik uygunluğunu araştırmıştır. Araştırma kapsamında, operatörlerin sağlık ve güvenliklerini tehlikeye atmadan, verimli bir şekilde çalışabilecekleri en uygun koşulların belirlenmesini hedeflemiştir.

Kocabaş, 2009 yılında ağır ve tehlikeli işlerde çalışan iş görenlerde zorlanmaya neden olan çalışma duruşlarının analizi konulu araştırma yapmıştır. Bu çalışmada, iş görenlerin çalışma duruşları OWAS ve REBA yöntemleri ile incelemiştir. Araştırmasını, ağır ve tehlikeli işler olarak tanımlanan metal eşya imalatı, metalürji sanayi, yapı işleri, ağaç işleri, taş işlerinde yürütmüştür. Bunlardan en tehlikeli çalışma duruşu kategorisine sahip çalışanlar, dördüncü kategoride %22 ile metalürji sektöründeki döküm işçileridir. Üçüncü ve dördüncü kategori birlikte değerlendirdiğinde ise %34'lük oranlarla metal ve yapı işleri, %32'lik oranla metalurji sektöründe tehlikeli çalışma duruşlarının bulunduğunu belirlemiştir.

Atasoy ve ark., 2010 yılında laboratuvar çalışanlarında işe bağlı kas-iskelet sistemi sorunları ve ergonomik risklerinin değerlendirilmesi konulu çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında, laboratuvarlarındaki ergonomik riskleri belirlemeyi ve çalışanlarda işe bağlı kas-iskelet sistemi sorunlarını ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Laboratuvar

çalışanlarının işe bağlı kas-iskelet hastalıklarının orta derecede risk altında olduğunu tespit etmişlerdir.

Gümüş ve Türk, 2012 yılında odun hammaddesi üretim işçilerinde bazı sağlık ve güvenlik verilerinin tespitine yönelik bir araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında orman üretim işçilerinin çalışma koşullarını incelemişler ve anket çalışması yaparak başlıca sağlık ve iş güvenliği sorunlarını tespit etmişlerdir.

Esen ve Fığlalı, 2013 yılında çalışma duruşu analiz yöntemleri ve çalışma duruşunun kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkileri konulu araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında KİSR'nin ortaya çıkmasına neden olan risk faktörleri, rahatsızlık çeşitleri ve belirtileri özetlenmekte, bu rahatsızlıkları önlemek için kullanılabilir ana ilkeler sunulmakta ve risk faktörlerinin tespit edilmesinde kullanılan bilimsel yöntemler sınıflandırılarak tanıtılmaktadır.

Mert, 2014 yılında ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir çanta imalat atölyesinde uygulanması konulu araştırma yapmıştır. Araştırmasında, kapsamlı değerlendirme sunan beş yöntem seçmiş ve bu yöntemlerle ilgili ayrıntılı bilgiler sunmuştur. Araştırmasını bir çanta imalat atölyesindeki görevler üzerinden ve ergonomik açıdan öncelikli risk faktörleri olan uygun olmayan duruş, kuvvet, tekrarlı ve süreklilik faktörlerinin farklı birleşimlerinden oluşan bir modele dayalı olarak değerlendirmiştir. Çalışmanın sonucuna göre risk yüzdesi açısından sekiz durumdan altısında en iyi sonucu ManTRA yöntemiyle elde etmiştir. Eylem seviyesi açısından en iyi sonuçları OWAS, REBA ve QEC yöntemlerinden elde etmiştir. Süreklilik faktörü sonuçlarını en tutarlı yansıtan yöntemi QEC olarak belirlemiştir. Atölyenin ergonomik risk değerlendirmesi sonucunda, değerlendirilen 11 görevin tamamı için ergonomik iyileştirme ihtiyacı bulunduğu tespit etmiştir.

Atıcı ve ark., 2015 yılında çalışanlarda zorlanmaya neden olan duruşların REBA yöntemi ile ergonomik analizi konulu çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında otomotiv sektöründe kablo üretimi yapan bir işletmede uygun olmayan çalışma pozisyonlarının iyileştirilmesi amacıyla REBA analizi gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analiz ile çalışmada meydana gelen zorlanmaları belirlemişler ve bu zorlanmaları azaltacak iyileştirmeler sunmuşlardır.

Enez ve Nalbantoğlu, 2015 yılında REBA yönteminin ormancılık faaliyetleri açısından değerlendirilmesi konulu çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında orman işçilerinin

hangi çalışma koşullarında bulduklarını, çalışma pozisyonlarını, vücut yapılarını, enerji tüketimlerini ve diğer değişkenler ile elde edilen bulgulara göre, orman işçiliğinin iyileştirilmesi, işçilerin sağlık ve verimliliklerinin artırılması için gerekli ergonomik yaklaşımların ortaya konulmasını amaçlamışlardır. Ayrıca REBA yöntemini ormancılık üretim faaliyetleri açısından değerlendirerek risk gruplarını belirlemişlerdir.

Sağiroğlu ve ark., 2015 yılında REBA ile üretim hattındaki iş istasyonlarının ergonomik risk analizi konulu çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında bir kompresör fabrikasının üretim hattındaki iş istasyonlarında ergonomik açıdan risk analizi yapmışlar ve REBA (Rapid Entire Body Assessment) yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Aynı zamanda REBA ergonomik risk analizini anlatmışlar ve iyileştirme önerilerine yer vermişlerdir.

Kaya, 2016 yılında kadın orman fidanlık işçilerinde bazı antropometrik özellikleri ve çalışma duruşlarının değerlendirilmesi konulu tez çalışması yapmıştır. Bu çalışmasını anket uygulaması, antropometrik özelliklerin ölçülmesi ve çalışma duruşlarının değerlendirilmesi olmak üzere üç ana adımda gerçekleştirmiştir. İlk adımda, hedef kitle olan kadın işçilere demografik özellikleri, alışkanlıkları, sağlık problemleri ve çalışma koşullarını belirlemeye yönelik toplam 54 sorudan oluşan bir anketi yüz yüze görüşme yöntemiyle uygulamıştır. İkinci adımda, her bir işçinin ayakta ve oturur vaziyetteki toplam 35 adet antropometrik boyutu ile vücut ağırlığını ölçmüş ve beden kitle indeksi (BKİ) değerlerini hesaplamıştır. Son adımda ise işçilerin 10 ana fidanlık işindeki çalışma duruşlarını beş farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemi (REBA, RULA, OWAS, QEC ve NIOSH) ile belirlemiş ve ErgoFellow bilgisayar yazılımı kullanılarak risk skorları elde etmiştir. Antropometrik veriler kullanılarak elde edilen BKİ değerlerine göre işçilerin %42,29'u şişman çıkmıştır. Fidanlıklarda yapılan 10 ana işteki çalışma duruşlarının çoğunda risk seviyesini yüksek bulmuştur.

Melemez ve ark., 2016 yılında ormancılık üretim işlerinde çalışma duruşlarını işçi sağlığı açısından değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında motorlu teste ile çalışan orman işçilerinin boylama çalışmaları sırasındaki çalışma duruşlarını belirlemişlerdir. Bazı duruş şekillerinin kas iskelet sistemi rahatsızlıkları üzerindeki etkilerini tespit etmişlerdir. CATIA V5 programı ergonomik tasarım ve analiz modülü yardımı ile işçilerin çalışma sırasındaki kol-üst vücut kaslarındaki yorulmaları belirlemişlerdir. Ayrıca biyomekanik eylem analizleri ile işçilerin çalışma sırasında kas iskelet sistemi üzerinde maruz kaldığı yükleri tespit etmişlerdir.

Nalbantoğlu, 2016 yılında ormancılık üretim faaliyetleri açısından iş gücünü ölçmede kullanılan yöntemlerin değerlendirilmesi konulu tez yapmıştır. Çalışma duruşlarının uygunluğunu, çalışma performansının etkili bir şekilde kontrol edilmesini ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının azaltılmasını amaçlamıştır. Çalışmanın amacı değişken ve etkilenebilir koşullar altında gerçekleştirilen ormancılık işlerinden, özellikle üretim işleri sırasında çalışanların, çalışma duruşlarına yönelik ergonomik değerlendirme yöntemlerinden en uygun ve uygulanabilir yöntemin belirlenmesidir.

Ergün, 2017 yılında sağlık sektörü çalışanlarının karşılaştığı ergonomik riskler ve Mersin ilindeki özel bir sağlık kuruluşu çalışanlarının çalışma duruşlarının OWAS yöntemi ile değerlendirilmesi konulu araştırma yapmıştır. Çalışmasında sağlık sektörü çalışanlarının kas iskelet sistemini etkileyen ergonomik riskleri ele almıştır. Aynı zamanda çalışma esnasında vücutlarının aldığı çalışma duruşlarını incelemiştir. Elde edilen verileri, OWAS yöntemini seçerek detaylı şekilde değerlendirmiştir. Değerlendirme için ErgoFellow isimli bilgisayar programından faydalanmıştır. Değerlendirme sonucuna göre ilgili çalışanların karşılaştıkları kas iskelet sistemi risk skoru orta seviye olarak ortaya çıkmıştır.

Felekoğlu ve Taşan, 2017 yılında iş ile ilgili kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına yönelik ergonomik risk değerlendirme: Reaktif/proaktif bütünleşik bir sistematik yaklaşım konulu araştırma yapmışlardır. Bu çalışma ile ergonomik risk değerlendirme sürecinin daha kolay ve doğru yönetilmesini desteklemeye yönelik reaktif ve proaktif bakış açılarına uyum içerisinde, bütünleşik bir ergonomik risk değerlendirme yaklaşımı geliştirmişlerdir.

Özoğul ve ark., 2017 yılında bir metal sanayi işletmesinde ergonomik risk analizi konulu araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında, bir metal sanayi işletmesinde genleşme tankları üretim hattında yapılan yedi işlemde incelemeler yapmışlardır. Çalışanın maruz kaldığı ergonomik risk düzeylerini REBA ve OWAS yöntemleri ile tespit etmişlerdir. REBA yönteminde tüm vücudun duruş risklerini daha ayrıntılı bir şekilde incelemiştir. OWAS yönteminde ise tüm vücudun temel hareketlerini ele almışlar ve belirli zamanlarda bilgisayar desteği alarak incelemiştir.

Çinko, 2018 yılında ormancılıkta üretim yöntemleri iş aşamalarının OWAS metodu ile incelenmesi konulu tez çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmasında iş güvenliği açısından çalışanların durumunun değerlendirilmesi, yaptıkları işten dolayı bedenlerinin nasıl etkilendiğinin tespit edilmesini amaçlamıştır. Ormancılıkta üretim işlerinde çalışanların

çalışma esnasında duruş şekillerini tespit etmiş ve zaman etütleri yaparak en güvenli ve en verimli çalışma yöntemlerini ortaya koymuştur. Ayrıca ergonomik açıdan orman işlerinde işçi hareketlerini OWAS metoduyla analiz etmiştir.

Delice ve ark., 2018 yılında ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ve AHP yöntemi ile çalışma duruşlarının analizi: Ağır ve tehlikeli işler için bir uygulama konulu çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında ağır ve tehlikeli iş grubuna giren bir tüp üretim fabrikasında ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden REBA, OWAS, QEC ve MANTRA yöntemlerini kullanarak riskli çalışma duruşlarını içeren görevleri ortaya koymuşlardır.

Kahya ve Gürleyen, 2018 yılında kombi montaj hattında REBA yöntemi ile ergonomik risk analizi konulu çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında bir işletmenin kombi montaj hattında bulunan 62 işlemin ergonomik risk düzeylerini REBA yöntemi ile tespit etmişler ve 15 istasyonun ortalama skorlarını belirlemişlerdir. Çalışmalarında uygun olmayan çalışma duruşlarının, kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olduğunu ve üretimde verimin düşmesine yol açtığını tespit etmişlerdir.

Demir, 2019 yılında hekim dışı sağlık personelinde kas iskelet sistemi hastalıklarının sıklığı ve hızlı maruziyet değerlendirme ölçeği ile risklerin değerlendirilmesi konulu tez çalışması yapmıştır. Çalışmalarında bel ve omuz/kol için hasta kaldırma/taşıma işi; el-/el bileği için ayakta uzun süre aynı pozisyonda yapılan işler; boyun için tedavi ve ayakta uzun süre aynı pozisyonda yapılan işleri en riskli işler olarak belirlemiştir.

Deste ve Sever, 2019 yılında imalat işletmelerinde ergonomik risk değerlendirme yöntemleri üzerine bibliyometrik bir analiz konulu çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında ulusal literatürde imalat işletmelerinde ergonomik risk değerlendirme yöntemleri üzerine yapılmış çalışmaları, bibliyometrik açıdan analiz etmişlerdir. Konuyla ilgili anahtar kelimeler kullanılarak sorgulamalar yapmışlardır. Sorgulamalar sonucunda ulaşılan çalışmalar, araştırma konusuyla ilişkili olup olmama durumlarına göre değerlendirilerek araştırma evreni oluşturmuşlardır. Yapılan analizler sonucunda, ergonomi üzerine yoğunlaşan araştırmacılara yönelik önerilerde bulunmuşlardır.

Taracık, 2019 yılında ofis ortamının ergonomik risk etmenleri açısından değerlendirilmesi ve bir çalışanın postür incelemesi konulu araştırma yapmıştır. Personelin

postür analizini RULA yöntemi kullanarak gerçekleştirmiş ve kas iskelet sistemi hastalıkları (KİSH) muhtemel risk seviyesini tespit etmiştir.

Yalçın, 2019 yılında işletmelerde iş sağlığı ve güvenliği açısından ergonominin rolü konulu araştırma yapmıştır. Bu çalışmada, ergonomi ile ilgili genel bilgiler vermiş, ergonomik çalışma yeri ilkeleri üzerinde durmuş, ergonomi ilkelerine uyulmayan durumlarda ortaya çıkabilecek risklere çözüm önerileri sunmuştur. Uluslararası bir tekstil firmasının perakende mağazalarında ergonomik risklerin tespit edilmesi için QEC yöntemi, ILO tarafından geliştirilen “Ergonomic Checkpoints” isimli ergonomik risk ölçüm anketi, CMDQ kas-iskelet sistemi rahatsızlık ölçeğinden oluşan bir risk ölçüm modelini 151 personel üzerinde uygulamıştır. Araştırma sonucunda çalışanlarda birçok ergonomik risk unsuru ve çalışanlarda kas-iskelet rahatsızlıkları tespit etmiş ve bunlara çözüm önerileri sunmuştur.

Yaylı, 2019 yılında orman fidanlık şefliklerinde çalışan işçilerin sağlık sorunları, çalışma duruşları ve çalışma ortamı fiziksel risk faktörlerinin incelenmesi konulu çalışma yapmıştır. Bu çalışmayla orman fidanlık şefliklerinde çalışan işçilerin çalışmalarını olumsuz yönde etkileyecek sağlık sorunları ve vücut kitle indeks değerlerinin tespit edilmesi, çalışanların yaptıkları iş tanımlarına göre iş sırasındaki mevcut hareketlerinin ergonomik açıdan risk değerlendirme yöntemlerine göre belirlenip mevcut risk skorlarına göre iyileştirmelerde bulunulması ve işçilerin çalışmaları esnasında maruz kaldıkları ortam şartlarını değerlendirebilmek için fiziksel risk faktörlerinden sıcaklık, nem ve gürültü değerlerinin ölçülmesini amaçlamıştır. Çalışanlara kişisel bilgilerini içeren anket soruları yönelmiştir. Fidanlıkta yaptıkları çalışmalar esnasında çalışanların maruz kaldıkları sıcaklık, nem ve gürültü ölçümleri yapmıştır. Son olarak çalışanların iş sırasında yaptıkları hareketleri, ergonomik risk analizi yöntemlerinden OWAS, REBA ve RULA yöntemleri kullanılarak skorlamalar yapmıştır.

Kersu, 2020 yılında sağlık çalışanlarında kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına ilişkin ergonomik eğitim ve ekipmanın yaşam kalitesine etkisi konulu araştırma yapmıştır. Bu çalışmada, yoğun bakım ünitelerinde (YBÜ) görev yapan sağlık çalışanlarında kas- iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR) semptomlarını azaltmaya yönelik ergonomi eğitiminin ve ergonomik yardımcı araç kullanılmasının yaşam kalitesine (YK), KİSR risk puanına, riskli postür ve çalışma şekline etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Ergonomik eğitim ve ergonomik yardımcı ekipmanın YK’ni etkilemediğini; boyun, sol omuz, sırt, sol ayak ve

bel bölgelerinde KİSR semptomlarını azalttığını; vücut mekaniklerinin doğru kullanımını sağlayabildiğini göstermiştir.

Dirgar, 2021 yılında hemşirelerin kan basıncı ölçümü sırasındaki ergonomik risklerine yönelik eğitim etkinliğinin değerlendirilmesi konulu araştırma yapmıştır. Çalışmasında hemşirelerin gün içerisinde sürekli olarak yaptığı tekrarlı hareket olan, kan basıncı ölçümü işlemi sırasındaki ergonomik risk analizine yönelik verilen eğitimin etkinliğini değerlendirmiştir. REBA puan ortalamaları ile eğitim durumu arasında anlamlı bir ilişki bulmuş ve lisansüstü eğitim mezunlarının daha yüksek REBA puanı aldıklarını ortaya koymuştur ($p=0.049$). Hemşirelere verilecek eğitimler ile uygun olmayan postürde çalıştıklarında, yaptıkları işe bağlı olarak kas iskelet sistemi rahatsızlıkları yaşayabilecekleri farkındalığının oluşturmasından ve kas iskelet sistemini destekleyecek egzersiz programlarına yönlendirilmesi konusunda önerilerde bulunmuştur.

Gök, 2021 yılında REBA, RULA, OWAS ve NİOSH ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin inşaat sektörü uygulaması ve incelenmesi konulu tez yapmıştır. Çalışmasında, çalışanların daha sağlıklı bir iş ortamında çalışmalarının sağlanması, hizmet kalitesinin yükseltilmesi ve sürdürülebilir duruma getirilmesi için inşaat alanında ergonomik analiz ve iyileştirme araştırmalarını amaçlamıştır. İnşaat için REBA, RULA, OWAS ve NİOSH risk değerlendirme yöntemlerinin ortak uygulanma nedenlerinin amacı ve bu etkileşimin genel sonuçları ile bu süreçlerin kaynaklarını ortaya koymuştur.

Polat, 2021 yılında işyeri ergonomisi ve iş-yaşam dengesi işletme performansına etkisi konulu doktora tezi yapmıştır. Bu araştırmanın amacı, işyeri ergonomisi ve iş-yaşam dengesinin işletme performansına etkisini incelemiştir. Araştırma için İşyeri Ergonomisi Ölçeği, İş-yaşam Dengesi Ölçeği ve İşletme Performansı Ölçeği kullanmıştır. Araştırmanın örneklemini, Bursa ilindeki organize sanayi bölgelerinde üretim yapan işletmelerdeki beyaz ve mavi yaka 1093 çalışandan oluşmaktadır. Araştırmada istatistiksel analizler için SPSS (18.0) ve AMOS (16.0) kullanmıştır. SPSS ile demografik verilerin dağılımı, faktör analizleri, geçerlilik ve güvenilirlik analizleri, t-testleri, ANOVA testleri, korelasyon ve regresyon analizleri yapmıştır. Araştırmada korelasyon analiz sonucundan elde edilen bulgularla işyeri ergonomisi ile işletme performansı arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Ayrıca iş-yaşam dengesi ile işletme performansı arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Yapılan regresyon analizi sonucu işyeri ergonomisinin işletme

performansını pozitif yönde etkilediği aynı zamanda iş-yaşam dengesinin de işletme performansını pozitif yönde etkilediğini tespit etmiştir.

Ağar ve Kızıltan, 2022 yılında ofis çalışanlarının kas iskelet sistemi sorunları ve ergonomi konulu araştırma yapmışlardır. Ergonomik risk faktörlerinin değerlendirilmesinde kullanılacak öz değerlendirme araçları, gözlem araçları ve doğrudan ölçüm araçları gibi birçok yöntem tanımlamışlardır. Tüm yöntemler arasında Hızlı Üst Uzuv Değerlendirmesi (RULA) ve Hızlı Ofis Gerilim Değerlendirmesi (ROSA), bilgisayar iş istasyonunu ve üst uzuvları içeren diğer duruş türlerini değerlendirmek için güvenilir ve geçerli bir yöntem olarak sunmuşlardır.

Engür, 2022 yılında orman işletme depolarında iş kazalarının önlenmesi: Teknik ve yönetsel çözümler konulu bir araştırma yapmıştır. Çalışmasında odun üretiminin en yüksek olduğu bölgelerdeki orman depolarını, büyüklük, ağaç türleri, yapılan işler ve ürün çeşitliliği itibariyle temsil eden beş adet son depoda günlük çalışmalarını gözlemlemiştir. Ayrıca drone ve kameralar yardımıyla fotoğraflar ve video kayıtları almıştır. Ardından yaklaşık 290 saatlik çekimleri ofis ortamında değerlendirerek, güvensiz koşullar ve hareketlere bağlı sağlık ve güvenlik risklerini azaltmaya yönelik teknik ve yönetsel çözümler sıralamıştır.

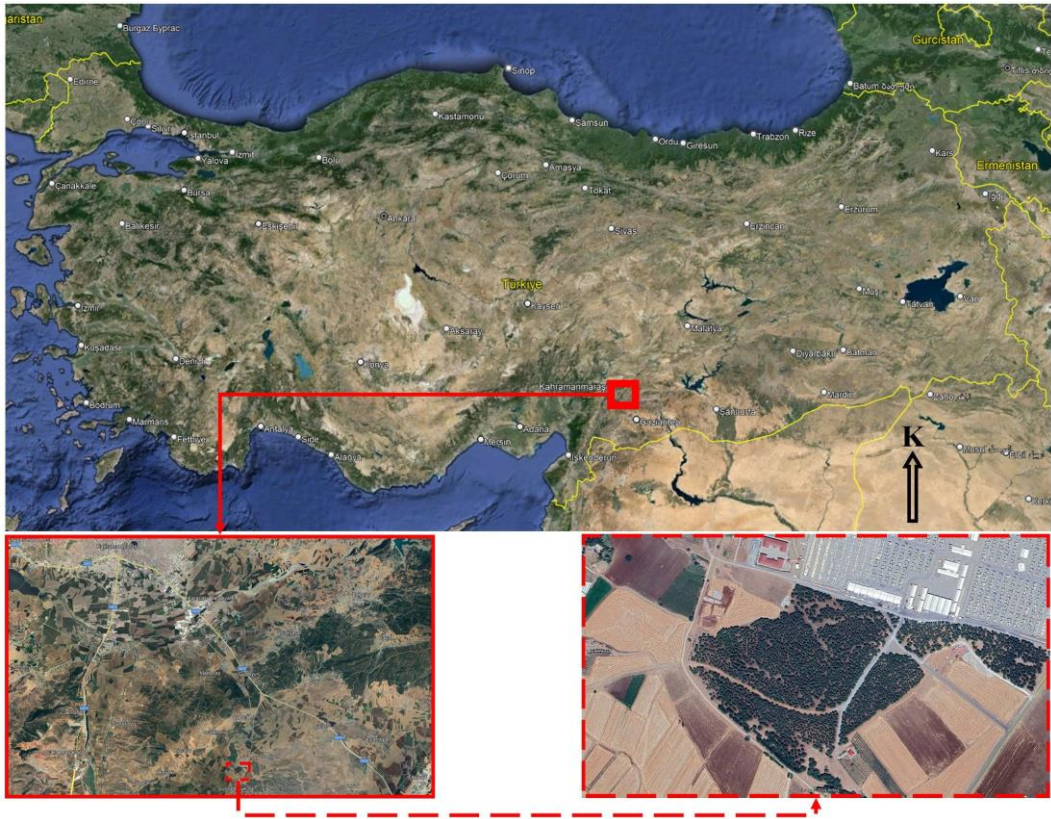
Uşar 2024 yılında tıbbi sekreterlerin ergonomik risk etmenlerinin RULA, REBA ve OWAS metotları ile değerlendirilmesi adlı tez çalışması yapmıştır. Çalışmasında sağlık sektöründe görev yapan tıbbi sekreterlerin kas iskelet sistemini etkileyen ergonomik riskleri ele almış ve tıbbi sekreterlerin vücut pozisyonlarını detaylı bir şekilde incelemiştir. Elde ettiği verileri, RULA, REBA ve OWAS gibi risk değerlendirme yöntemleri kullanarak kapsamlı bir değerlendirmeye tabi tutmuştur. Çalışmasında, bir hastanede çalışan tıbbi sekreterlerin çalışma esnasındaki fotoğraflarını çekerek elde ettiği doneleri kullanmıştır. Elde ettiği bu donelerin risk değerlendirmelerini yaparak risk düzeylerini belirlemiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanı

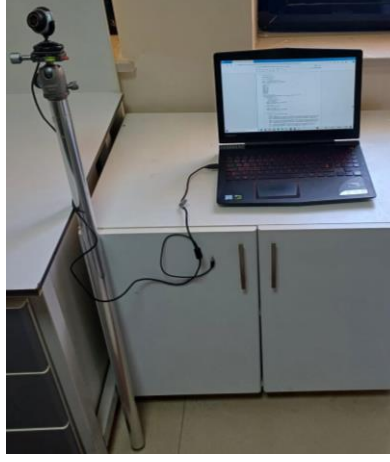
Çalışma alanı olarak Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Elmalar Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan fıstıkçami kesim sahası seçilmiştir (Şekil 3.1). Çalışma alanı eğim sınıfı %0-%10 (düz arazi) dur. Kabuk soyma işçisi 35 yaşında ve yaklaşık 8 yıllık iş deneyimi olan bir orman işçisidir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı

3.1.2. Kullanılan yazılım ve cihazlar

Kabuk soyma işçisi vücut duruş analizlerinin gerçek zamanlı video çekimi ile gerçekleştirilmesi amacıyla bir adet Windows işletim sistemine sahip 16 GB RAM'li i7 işlemcili bir dizüstü bilgisayar ve webcam kullanılmıştır (Şekil 3.2). Gerçek zamanlı 3D vücut grafiği üzerinden eklem noktaları açıların tahmin edilmesi amacıyla orman işçisinin vücudunun bazı kısımları, arazide gerçek zamanlı olarak çekilen videolardan belirlenmiştir. İşçinin çalışma esnasında üzerine herhangi bir sensör yerleştirilmemiştir.



Şekil 3.2. Dizüstü bilgisayar ve webcam

Görüye dayalı poz tahmininin ana konsepti için Google tarafından tanıtılan ve gelişmiş makine öğrenme yöntemine dayalı geliştirilmiş MediaPipe kullanılmıştır (<https://mediapipe.dev/>). MediaPipe, video, ses gibi zaman serisi verilerini işlemek için makine öğrenimi ardışık düzenleri (pipeline) oluşturmaya yönelik açık kaynaklı bir uygulamadır (Lugaresi, 2019). Eklem noktalarının tahmin edilmesinde eğitilmiş veri seti bulunan MediaPipe, işçi uzuvlarının ve eklem açılarının hesaplanmasında, ekran düzenlemesi, veri kayıt özellikleri gibi kodların düzenlenmesi ve uyarılama platformu olarak JupyterNotebook ortamı kullanılmıştır.

3.2. Metot

MediaPipe Pose, RGB görüntü karelerinden insan vücudunun 33 önemli eklem noktasını çıkarmak için BlazePose mimarisini kullanan, vücut pozunu takibine yönelik makine öğrenmesi tekniğine dayalı bir sistemdir. BlazePose hafif bir evrişimli sinir ağı mimarisidir (Bazarevsky ve ark., 2006). Duruş izleme, iki aşamalı bir dedektör-izleyicili makine öğrenmesi tekniğine dayanmaktadır. İlk olarak duruş tarayıcı, ekranda bir duruş ROI'si (ilgi bölgesi) bulur. Daha sonra duruş izleyici, ROI'den 33 poz anahtar noktasını tahmin etmektedir. Yoga, fitness gibi duruş analizi gerektiren çeşitli alanlarda kullanılan uygulamalar bulunmaktadır.

Kullanıcı hedefi doğrultusunda düzenlediği programı çalıştırdığında, istemci programı dahili veya harici web kamerasından gerçek zamanlı bir eyleme ait video karesini içe aktarmaktadır. Sistem görüntüdeki mevcut insan vücudunun anahtar noktalarını tespit eder ve bunları tanımlayarak duruş iskeleti oluşturmaktadır. Anahtar noktalar arası bağlantı açıları kullanılarak ergonomik duruş kriterleri tanımlanan program, çalışanın vücut duruşu hakkında gerçek zamanlı hem görsel hem de döküm halinde veri üretmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Gerçek zamanlı REBA değerleri ve vücut eklem açılarında ait puanların örnek ekran görüntüsü

3.2.1. Arazi çalışmaları

Bu çalışmada kabuk soyma iş aşamaları hazırlık, kabuk soyma ve tomruk çevirme olarak üç iş aşamasına ayrılarak değerlendirilmiştir. Bunun için üç iş döngüsü için toplam 40 dakikalık gerçek zamanlı sürekli video kayıt verisi toplanmıştır. Her bir iş aşaması 10'ar dakikalık 4 grupta (birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü 10 dakika) değerlendirilmiştir.

İşçiye çalışma esnasında hiçbir müdahalede bulunulmamıştır. Sadece kayıt başladıktan 10 sn sonra çalışmaya başlaması için komut verilmiştir. Çalışmaya başlamadan önce işçiye ara vermeden rutin şekilde işine devam etmesi ve kendisine hiçbir şekilde müdahale edilmeyeceği bilgisi önceden verilmiştir.

İş yükü ve gücü bakımından motorlu testerenin ağırlığından dolayı REBA değerine puan eklenmiştir. İşçinin motorlu testereyi tutma ve kavrama bakımından durumu ile vücudun diğer kısımlarının kullanımı değerlendirilerek hazırlık, kabuk soyma ve tomruk çevirme aşamaları için REBA puanlandırma koşulları göz önünde bulundurulmuştur.

3.2.2. Vücut duruş analizi (REBA)

REBA analizi ile işçinin hareketi ve verimli çalışma duruşları gözlemlenmiştir. Çalışma sırasında video ve fotoğraf çekimi ile veriler toplanmıştır. Videolarda ve fotoğraflarda çalışanların tüm vücudunun hızlı bir şekilde analizi ile KİSR durumuna neden olacak uygunsuz duruşları analiz edilmiştir. Ardından uygunsuz duruşların sebep olduğu durumlara karşı acil önemlerin alınması için öneriler geliştirilmiştir.

Vücut duruş analizleri REBA prosedürü dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir (Hignett ve ark., 2000). REBA vücudu A ve B olarak iki gruba ayırmaktadır. Vücut, boyun ve diz A grubunda yer almaktadır (Çizelge 3.1). B grubunda ise üst kol, alt kol ve bilekler

bulunmaktadır (Çizelge 3.2). Gerçek zamanlı tahmin edilen eklem açılarına (°) karşılık gelen REBA skor değeri (1 ile 4) arasında tanımlı olarak hem video kaydı hem de *.csv olarak kayıt altına alınmıştır.

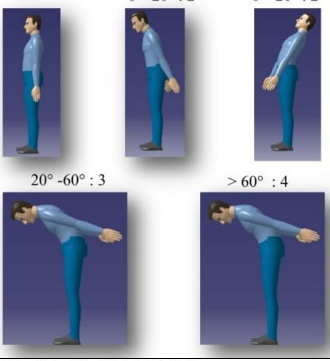





Çizelge 3.1 e göre gövde dik ise REBA skoru bir puan, gövdede 0°-20° fleksiyon ve 0°-20° ekstansiyon var ise REBA skoru iki puan, gövde 20°-60° fleksiyon ve >20° ekstansiyon ise REBA skoru üç puan, gövde >60° fleksiyon ise REBA skoru dört puan olarak derecelendirilmektedir. Ayrıca gövde de bükme ya da yana doğru dönme hareketi varsa skora +1 eklenmektedir.

Boyun 0°-20° fleksiyon ise REBA skoru bir puan, boyun >20° fleksiyon veya ekstansiyon ise REBA skoru iki puan, ayrıca boyunda bükme ya da yana doğru dönme ve esneme hareketleri varsa skora +1 eklenmektedir. İşçinin ağırlığı iki bacak üstünde ise REBA skoru 1 puan, ağırlık tek bacak üstünde, dengesiz durumda ise REBA skoru iki puan, eğer dizlerde 30°-60° fleksiyon varsa skora +1, eğer >60° fleksiyon varsa skora +2 eklenmektedir.

Çizelge 3.2 ye göre üst kol 0°-20° ekstansiyon veya fleksiyon ise REBA skoru bir puan, üst kol >20° ekstansiyon ve 20°- 45° fleksiyon ise REBA skoru iki puan, üst kol 45°-90° fleksiyon ise REBA skoru üç puan, üst kol >90° fleksiyon ise REBA skoru dört puan olarak derecelendirilmektedir. Eğer kol dönmüş veya dışarı çekilmişse +1 puan ve omuz yükseltilmiş durumdaysa +1 puan eklenir fakat kol destekleniyorsa -1 puan düşülür. Alt kol 60°-100° fleksiyon ise REBA skoru bir puan, alt kol <60° veya >100° fleksiyon ise REBA skoru iki puan olarak derecelendirilmektedir. Bilek 0°-15° arası ekstansiyon veya fleksiyon ise REBA skoru bir puan, >15° ekstansiyon veya fleksiyon ise REBA skoru iki puan olarak derecelendirilmektedir. Bilek sağ-sol dönmüş durumdaysa +1 eklenir.

Bilek, üst kol, dirsek, gövde ve dizler için her bir REBA skoru elde edilmiştir. Vücudun sağ ve sol taraflarında aynı veya farklı skorla belirlenen değerlerin aritmetik ortalamaları kullanılarak REBA skor tablolarına işlenmiştir.

Çizelge 3.1. A tablosu REBA skorları ve açıları

	GÖVDE	
	Hareket Açısı	Skor
	Dik Duruş	1
	0°-20° fleksiyon 0°-20° ekstansiyon	2
	20°-60° fleksiyon >20° ekstansiyon	3
	>60° fleksiyon	4
<p>+1 Puan Gövdeye (Dönme) Hareketi olduğunda ekle</p>  <p>+1 Puan Gövdeye (Bükme) Hareketi olduğunda ekle</p> 	<p>Skor değişimi: Eğer bükme ya da yana doğru dönme hareketi de varsa skora +1 eklenir.</p>	
	BOYUN	
	Hareket	Skor
	0°-20° fleksiyon	1
	>20° fleksiyon veya ekstansiyon	2
<p>+1 Puan Boyunda (Bükme) Hareketi olduğunda ekle</p>  <p>+1 Puan Boyunda (Dönme) Hareketi olduğunda ekle</p> 	<p>Skor değişimi: + 1 puan boyunda bükme, dönme ve esneme hareketi olduğunda eklenir.</p>	
<p>Çift Ayak : 1</p>  <p>Tek Ayak : 2</p> 	DİZ	
	Hareket	Skor
	Ağırlık iki bacak üstünde	1
	Ağırlık tek bacak üstünde, dengesiz durumda	2
<p>30° - 60° : +1</p>  <p>> 60° : +2</p> 	<p>Skor değişimi: Eğer dizlerde 30°-60° fleksiyon varsa skor +1, eğer >60° fleksiyon varsa skor +2 eklenir.</p>	

Çizelge 3.2. B tablosu REBA skorları ve açıları

<p>0°-20° : 1 20° - 45°: 2 20° - 45°: 2</p> <p>45°-90° : 3 > 90° : 4</p>	ÜST KOLLAR <table border="1"> <thead> <tr> <th>Hareket</th> <th>Skor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°-20° ekstansiyon veya fleksiyon</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>>20° ekstansiyon 20°-45° fleksiyon</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>45°-90° fleksiyon</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>>90° fleksiyon</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>		Hareket	Skor	0°-20° ekstansiyon veya fleksiyon	1	>20° ekstansiyon 20°-45° fleksiyon	2	45°-90° fleksiyon	3	>90° fleksiyon	4
Hareket	Skor											
0°-20° ekstansiyon veya fleksiyon	1											
>20° ekstansiyon 20°-45° fleksiyon	2											
45°-90° fleksiyon	3											
>90° fleksiyon	4											
<p>Omuz Yükseltilmiş</p> <p>Eğer Kol Dönmüş veya Dışarı Çekilmişse : +1</p>	<p>Skor değişimi: Eğer kol dönmüş veya dışarı çekilmişse: +1 Omuz yükseltilmiş durumdaysa: +1 Eğer kol destekleniyorsa: -1</p>											
<p>60° - 100° : 1</p> <p>0° - 60° : 2 60° - 100° : 2</p>	ALT KOLLAR <table border="1"> <thead> <tr> <th>Hareket</th> <th>Skor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>60°-100° fleksiyon</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td><60° veya >100° fleksiyon</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		Hareket	Skor	60°-100° fleksiyon	1	<60° veya >100° fleksiyon	2				
Hareket	Skor											
60°-100° fleksiyon	1											
<60° veya >100° fleksiyon	2											
<p>0° - 15° : 1</p> <p>> 15° : 2 > 15° : 2</p>	BİLEK <table border="1"> <thead> <tr> <th>Hareket</th> <th>Skor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°-15° arası ekstansiyon veya fleksiyon</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>>15° ekstansiyon veya fleksiyon</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		Hareket	Skor	0°-15° arası ekstansiyon veya fleksiyon	1	>15° ekstansiyon veya fleksiyon	2				
Hareket	Skor											
0°-15° arası ekstansiyon veya fleksiyon	1											
>15° ekstansiyon veya fleksiyon	2											
<p>+ 1 Puan Elde (Dönme) Hareketi olduğunda ekle</p>	<p>Skor değişimi: Bilek dönmüş durumdaysa +1</p>											

Çizelge 3.3’de A tablosu puanlama değerleri görülmektedir. Boyun ve gövdedeki açısal durum puanına dönme yâda yana doğru bükülme durumlarındaki ek puanlar eklenerek boyun ve gövde puanları belirlenmektedir. Diz de ise ağırlık durumlarına göre puan verilmekte, açısal duruma göre de ek puan eklenerek diz puanı tespit edilmektedir. A tablosunda boyun, diz ve gövde puanları belirlendikten sonra tabloda karşılaştırma işlemleri yapılmaktadır.

Çizelge 3.3. A tablosu puanlama

A TABLOSU		BOYUN											
		1				2				3			
		Diz				Diz				Diz			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GÖVDE	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Çizelge 3.3’de A tablosu için puanlar tespit edildikten sonra çalışan kişinin kuvvet veya yük olarak etkilenme durumuna bakılmaktadır. Kullanılan malzeme ağırlığı <5 kg ise “0 puan”, 5-10 kg arasında ise “1 puan”, >10 kg ise “2 puan” verilir. Çalışma sırasında güç kullanımı ani değişim gösteriyorsa +1 puan eklenir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Ağırlık ve kuvvet için zorlanma puanlaması

Puanlar	Ağırlık	Skor değişim puanı
0	<5 kg	Güç kullanımı ani değişim
1	5-10 kg	gösteriyorsa +1 puan
2	>10 kg	eklenir.

Çizelge 3.5’de alt kol, üst kol ve bilek puanları belirlendikten sonra tabloda çakıştırma işlemi yapılmaktadır. Örneğin alt kol bir puan, bilek iki puan, üst kol üç puan iken çakışım yeri dört puan olur. Ardından Çizelge 3.6 kavrama puanlarına bakılarak ek puan verilir.

Çizelge 3.5. B tablosu puanlama

B TABLOSU		ALT KOL					
		1			2		
		BİLEK			BİLEK		
		1	2	3	1	2	3
ÜST KOL	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Kullanılan malzemenin elle doğru kavranması ve orta derecede güçlü kavranması durumunda “0” puan, elle kavramanın doğru kabul edilebilmesine rağmen ideal olmaması ve kavrama için vücudun başka bir bölümünden destek alınması durumunda “1” puan, elle kavramanın mümkün olmasına rağmen tutmanın ideal olmaması durumunda “2” puan, elle kavramanın uygunsuz ve güvensiz olması örneğin tutacağıın olmaması buna bağlı olarak kavramanın olmaması durumunda “3” puan verilmektedir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Kavrama puanları

0 (İdeal)	1 (Orta)	2 (Düşük)	3 (Uygunsuz)
Kullanılan malzemenin elle doğru kavranması ve orta derecede güçlü kavranması	Elle kavramanın doğru kabul edilebilmesine rağmen ideal olmaması ve kavrama için vücudun başka bir bölümünden destek alınması	Elle kavramanın mümkün olmasına rağmen tutmanın ideal olmaması	Elle kavramanın uygunsuz ve güvensiz olması örneğin tutacağıın olmaması buna bağlı olarak kavramanın olmaması

A tablosunun diz, boyun ve gövde kısımlarından oluşan puanına kuvvet/yük puanının da eklenmesiyle A tablosu puanı minimum bir puan, maksimum 12 puan olur. B tablosunun üst kol, alt kol ve bilek kısımlarından oluşan puanına kullanılan malzemeyi tutma/kavrama durumları puanının eklenmesiyle B tablosu puanı minimum bir puan, maksimum 12 puan olur. A tablosu ve B tablosu karşılaştırılmasıyla C tablosu puanı belirlenir (Çizelge 3.7). Vücudun herhangi bir yerinin 1 dk ve daha fazla hareketsiz kalması durumunda, yürüme dışında kısa zaman içinde tekrarlanan işlerde, çalışma ortamında duruş hareketlerinin hızlı değişimi ve arazi eğimi olması durumunda C tablosuna ek olarak +1 puanları verilir.

Çizelge 3.7. C tablosu puanlama

C TABLOSU		B TABLOSU SKORU											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A TABLOSU SKORU	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Yukarıda bahsedilen A ve B tablolarında belirtilen vücut duruş analizi puanlandırmaları ile C tablosu skor değerleri yardımıyla 1 ile 15 arasında değişen puanlar elde edilmektedir. Değerlendirmelerde kullanılan tüm tablolar ile belirlenen skorlar matriks tablosu ile değerlendirilerek REBA sonuç puanı ortaya konmaktadır. Çizelge 3.8’de belirtilen skor tablosu yardımıyla işçinin çalışma esnasındaki ergonomik duruş şeklinde iyileştirmelerin gerekli olup olmadığı şeklinde görüşler ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3.8. REBA sonuç değeri ve açıklamaları

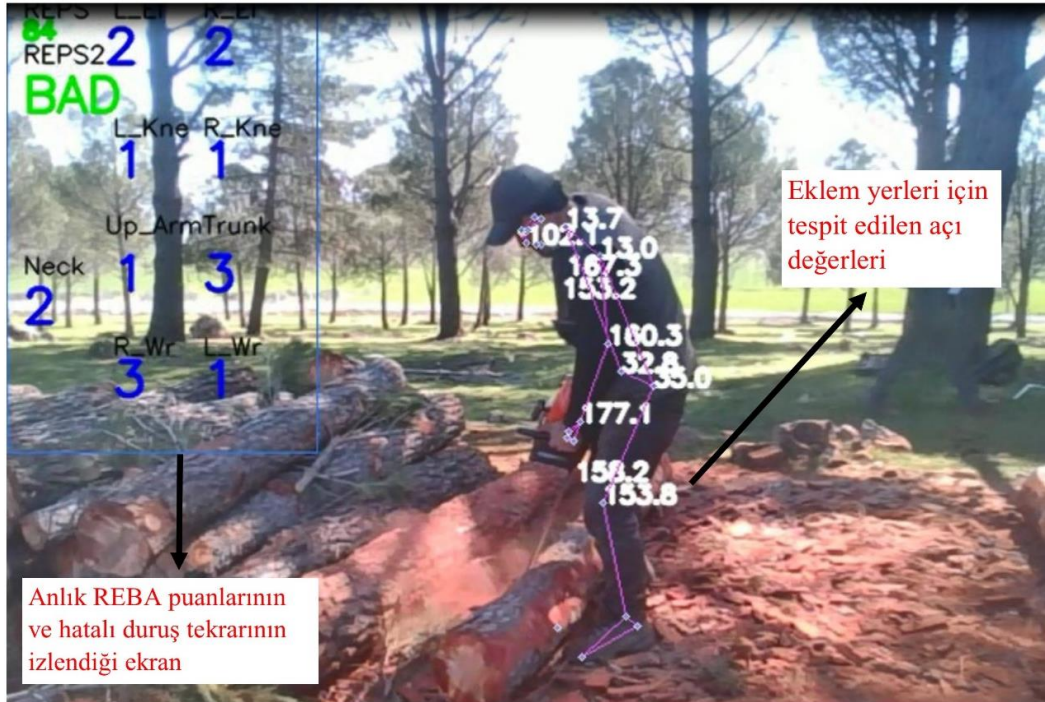
Skor	Reba Derecesi	Durum Seviyesi	Müdahale Durumu
0	1	Önemli değil	Gerekli değil
1	2-3	Zayıf	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zaman içerisinde gerekli
4	11-15	Çok yüksek	Acil gerekli

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada motorlu testere ile kabuk soyma işi yapan motorlu testere operatörünün vücut duruş analizi için toplam 40 dakikalık süredeki analizleri gerçekleştirilmiştir. Motorlu testere operatörü ve kullanılan yöntemin uyumluluğunu değerlendirmek amacıyla iş aşamaları sınıflandırılarak her 10'ar dakikalık süreler halinde dört farklı zaman dilimine ait üç farklı iş aşamasında operatörün vücut eklem bölgelerindeki açı değerleri REBA puan değerleri ile hesaplanmıştır.

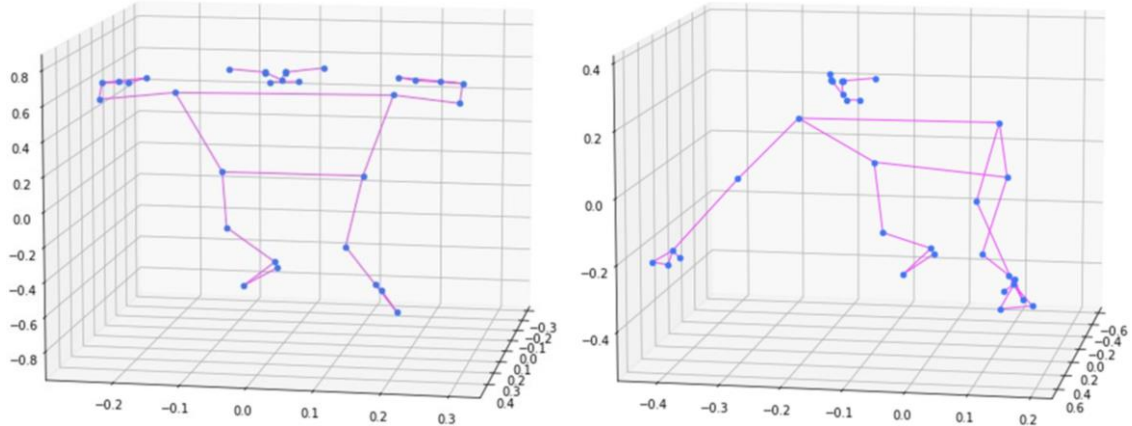
4.1. Vücut Duruş Açılarına ait Bulgular

Motorlu testere operatörünün kabuk soyma sırasında vücut duruş ölçüm ve kayıt aşamaları, makine öğrenmesine dayalı gerçek zamanlı tek yönlü CMOS sensörlü (ağ kamerası) bir kamera yardımıyla elde edilmiştir. İşçinin eklem noktaları açı değerleri daha önce eğitilmiş hafif bir evrişimli sinir ağı mimarisi olan BlazePose temelli sistem anlık açı değerlerini hem görsel hem de dijital sayı olarak kayıt etmiştir. REBA'ya göre puanlandırılan eklem noktaları alt kol, üst kol, boyun, gövde, diz ve bilekler için aynı anda eklem açıları ve bu açıların karşılığı olan REBA puan değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.1). Gövde ve diz gibi eklemlerin hatalı duruş pozisyon tekrarları ve anlık hatalı duruşları ile ilgili olarak ekrandan gözlemler yapılmıştır.



Şekil 4.1. Gerçek zamanlı video tabanlı vücut duruş analizi kayıt ekran görüntüsü

Gerçek zamanlı olarak vücut duruş analizi yapabilmek için kullanılan yazılım mimarisi oldukça hızlı bir şekilde insan vücudunu 3D olarak algılaya bilmektedir (Şekil 4.2). Kamera açısına işçinin baş bölgesi girdiği anda hızlı bir şekilde eklem yerlerinde açı okumaları gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmanın amacına uygun programlandığı üzere ekran üzerinde hem eklem açıları görülmekte hem de REBA skor değerleri otomatik olarak görüntülenerek kaydedilebilmektedir.



Şekil 4.2. Gerçek zamanlı ölçümlerle elde edilebilen vücut duruş grafiği örneği

Her bir vücut eklem yeri açısı değişimi sonucunda, video kaydından 5200'un üzerinde toplam 25000'in üzerinde skor elde edilmiştir. Gerçek zamanlı kayıt verileri arasında değerlendirme kaybı yaşanmamıştır. Skor değerleri ortalamaları dirsek, diz, gövde, üst kol ve bilek için puanlar video üzerinden otomatik olarak hesaplanmıştır. Ayrıca işçinin çalışma aşamalarında hatalı duruş tekrar sayıları ve uygun duruş pozisyonları anlık olarak izlenerek kayıt altına alınmıştır.

İşçinin yaklaşık 10 dakikalık bekleme iş aşamasında özellikle gövde duruşu ile alakalı olarak beş kez hatalı duruş tekrarı yaptığı gözlenmiştir. Yine kabuk soyma aşamasında gövde duruşu ile alakalı olarak 111 hatalı duruş tekrarı yaptığı ve tomruk çevirme esnasında gövdeye bağlı olarak işçi 14 hatalı duruş tekrarı gerçekleştirmiştir (Çizelge 4.1). Bu değerler otomatik video kaydı esnasında programlanan vücut eklem yeri açılarının değerleri yardımıyla tespit edilebilmektedir.

Çizelge 4.1 de belirtilen üst kol ve diğerleri için verilen puanlar ortalama değerler olup hatalı veya uygun duruş tekrarı ortalama değerleridir. Gerçek zamanlı elde edilen ölçüm değerleri içerisinde en yüksek değere sahip vücut eklem açılarının tespit edilmesinden dolayı görüntü üzerinden otomatik tespiti gerçekleştirilebilmektedir.

Çizelge 4.1. Vücut bölümleri için hesaplanan REBA skorlarına ait ortalamalar ve hatalı duruş tekrar sayıları

	İş aşamaları	Tekrar Sayısı	Üst kol	Bilek	Boyun	Gövde	Diz	Alt kol
Hatalı duruş	Bekleme	5	2	1	2	3	2	2
	Kabuk Soyma	111	2	1	2	4	2	2
	Tomruğu Çevirme	14	2	2	2	3	3	2
Toplam		130						
Uygun duruş	Bekleme	37	2	1	2	2	1	2
	Kabuk Soyma	57	2	1	2	3	2	2
	Tomruğu Çevirme	16	2	1	2	3	2	2
Toplam		110						

4.2. REBA Analizine ait Bulgular

Sayısal ortamda video tabanlı olarak ölçülen ve belirlenen REBA analizi ile risk durumu belirlenmiştir. Kabuk soyma iş aşamalarında motorlu testere operatörünün belli bir zaman aralığında vücut duruşu ile alakalı elde edilen puanlar hesaplanmıştır. İş gücü bakımından işçinin taşıdığı ağırlık (motorlu testere) toplamı 10 kg olarak kabul edildiğinden, REBA skor değerine iş gücü ve yükü nedeniyle fazladan +2 puan eklenmiştir. Tutuş ve kavrama bakımından herhangi bir zorluğun olmamasından dolayı hazırlık ve kabuk soymada sıfır puan, tomruk çevirmede vücudun diğer kısımlarının kullanımı dolayısıyla +1 puan eklenerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

C tablosunda işçinin birden fazla vücut uzvunu kullanması ve tekrarlı işler yapmasından dolayı kabuk soyma ve tomruk çevirme iş aşamalarında aktivite skoru +1 puan ve hazırlık iş aşamasında sıfır puan olarak kabul edilmiştir. Hazırlık iş aşamasından kabuk soyma iş aşamasına geçerken +1, hazırlıktan tomruk çevirmeye geçerken +1 puan eklenerek REBA tablosunda hesaplamalar gerçekleştirilmektedir.

4.2.1. Hazırlık aşamasına ait REBA analizi

İşçinin hazırlık aşamasında boyun, gövde, üst kol ve alt kol duruşu iki puan, diz ve bilek duruşu ise bir puan olarak belirlenmiştir. REBA uygunluk analizi sonucunda ise toplamda üç puan olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3). REBA analizi sonuçlarına göre işçinin hazırlık iş aşamasındaki duruşunun düşük riskte olduğu değerlendirilmiştir.

REBA Employee Assessment Worksheet

Permission granted by Dr Lynn McAnatomy to convert the paper based format to an Excel spreadsheet version.

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a Adjust....
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score: 2

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust....
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score: 2

Step 3: Legs

Leg Score: 1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: 3

Step 5: Add Force/Load Score

If Load < 5kgs: +0
If Load is 5 to 10kgs: +1
If load >22lbs: +2

Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force/Load Score: 0

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A.

Find row in Table C.

Score A: 3

SCORES

		Neck											
		1				2				3			
Table A	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	5	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

		Lower Arm					
		1			2		
Table B	Wrist	1	2	3	1	2	3
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	8	9

		Table C														
		Score B, (table B value + coupling score)														
Score A (score from table A + load/force score)	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	9	9	10	10
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	10	10	10
5	4	4	4	5	6	7	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10
6	6	6	6	6	7	8	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10
7	7	7	7	7	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11
8	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Score A: 3 + Activity Score: 0 = Table C Score: 3

Final REBA Score: 3

B: Arms and Wrist Analysis

Step 7: Locate Inner Arm Position:

Step 7a: Adjust....
If shoulder is raised: +1
If Upper Arm is abducted: +1
If arm is supported or leaning: -1

Upper Arm Score: 2

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Lower Arm Score: 2

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust.....
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Wrist Score: 1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: 2

Step 11: Add Coupling Score

Well fitted handles and mid range power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3

Coupling Score: +

Step 12: Score B, Find Column in Table C:

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B

Score B -> Find Column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C score.

Score B: 2

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held longer than a minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range change in postures or unstable base

Scoring:

1 = Negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate & implement change
11+ = very high risk, implement change

36

Task Name: ORMAN İŞÇİSİ Reviewer: Eshabil BEYAZBAYRAK Date: 6.05.2024

This tool is provided without warranty. The author has automated the paper verion of this tool for applying the concepts provided in REBA .

Şekil 4.3. Hazırlık aşamasına ait REBA analizi tablosu

4.2.2. Kabuk soyma aşamasına ait REBA analizi

Kabuk soyma aşamasında boyun üç puan, gövde dört puan, diz iki puan, üst kol üç puan, alt kol ve bilek duruşu ise iki puan olarak tespit edilmiştir. REBA uygunluk analizi sonucunda ise toplamda 11 puan olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4). REBA analizi sonuçlarına göre işçinin yüksek riskte duruşu olduğundan çok acil önlem alınması gerektiği görülmektedir.

REBA Employee Assessment Worksheet

Permission granted by Dr Lynn McAnatomany to convert the paper based format to an Excel spreadsheet version.

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Neck Score: **3**

Step 2: Locate Trunk Position

Trunk Score: **4**

Step 3: Legs

Leg Score: **2**

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: **7**

Step 5: Add Force/Load Score

If Load < 5kgs: +0
If Load is 5 to 10kgs: +1
If load >22lbs: +2

Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force/Load Score: **2**

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find row in Table C.

Score A: **9**

B: Arms and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Upper Arm Score: **3**

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Lower Arm Score: **2**

Step 9: Locate Wrist Position:

Wrist Score: **2**

Step 10: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: **5**

Step 11: Add Coupling Score

Well fitted handles and mid range power grip: good: +0
Acceptable but not ideal hold or coupling: fair: +1
Hand hold not acceptable but possible: poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part: Unacceptable: +3

Coupling Score: **+**

Step 12: Score B, Find column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B> Find Column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C score.

Score B: **5**

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held longer than a minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range change in postures or unstable base

Activity Score: **1**

SCORES	
Neck	
Table A	1 2 3 4
Legs	1 2 3 4
Trunk Posture Score	1 2 3 4
Neck Score	3

SCORES	
Lower Arm	
Table B	1 2
Wrist	1 2 3
Upper Arm Score	3
Lower Arm Score	2

Score A (score from table A + load/force score)	Table C											
	Score B, (table B value + coupling score)											
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12
4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	12
5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	12	12
6	5	6	7	8	9	10	11	12	12	12	12	12
7	6	7	8	9	10	11	12	12	12	12	12	12
8	7	8	9	10	11	12	12	12	12	12	12	12
9	8	9	10	11	12	12	12	12	12	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Score A: 9	+	Activity Score: 1
Table C Score: 10		
Final REBA Score: 11		

Scoring:

1 = Negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate & implement change
11+ = very high risk, implement change

Task Name: ORMAN İŞÇİSİ Reviewer: Eshabil BEYAZBAYRAK Date: 6.05.2024

This tool is provided without warranty. The author has automated the paper verion of this tool for applying the concepts provided in REBA .

Şekil 4.4. Kabuk soyma aşamasına ait REBA analizi tablosu

4.2.3. Tomruk çevirme aşamasına ait REBA analizi

Tomruk çevirme aşamasında boyun iki puan, gövde üç puan, diz, üst kol, alt kol ve bilek duruşu ise iki puan olarak tespit edilmiştir. REBA uygunluk analizi sonucunda ise toplamda altı puan olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5). REBA analizi sonuçlarına göre işçi duruşu orta riskte olduğu için zaman içerisinde önlemlerin alınması gerektiği tespit edilmiştir.

REBA Employee Assessment Worksheet

Permission granted by Dr Lynn McAnatomy to convert the paper based format to an Excel spreadsheet version.

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a Adjust....
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust....
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Step 5: Add Force/Load Score
If Load < 5kgs: +0
If Load is 5 to 10kgs +1
If load >22lbs +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Step 6: Score A, Find Row in Table C
Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A.
Find row in Table C.

Scoring:
1 = Negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate & implement change
11+ = very high risk, implement change

SCORES

Table A

		Neck												
		1				2				3				
Legs		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Neck Score	Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	5	3	3	5	6
		2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
		3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
		4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9	

Table B

		Lower Arm						
		1			2			
Upper Arm Score	Wrist	1	2	3	1	2	3	
		1	1	2	2	1	2	3
		2	1	2	3	2	3	4
		3	3	4	5	4	5	5
		4	4	5	5	5	6	7
		5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9	

Table C

Score A (score from table A + load/force score)	Score B, (table B value + coupling score)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	
4	3	4	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	
5	4	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	
7	7	7	7	7	8	9	9	9	10	11	11	11	
8	8	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	
9	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	
10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	
11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	

Table C Score = 5 + **Activity Score** = 1 = **Final REBA Score** = 6

B: Arms and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: Adjust....
If shoulder is raised: +1
If Upper Arm is abducted: +1
If arm is supported or leaning: -1

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust.....
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Step 11: Add Coupling Score
Well fitted handles and mid range power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3

Step 12: Score B, Find column in Table C
Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find Column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C score.

Step 13: Activity Score
+1 1 or more body parts are held longer than a minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range change in postures or unstable base

Task Name ORMAN İŞÇİSİ Reviewer Eshabil BEYAZBAYRAK Date: 6.05.2024

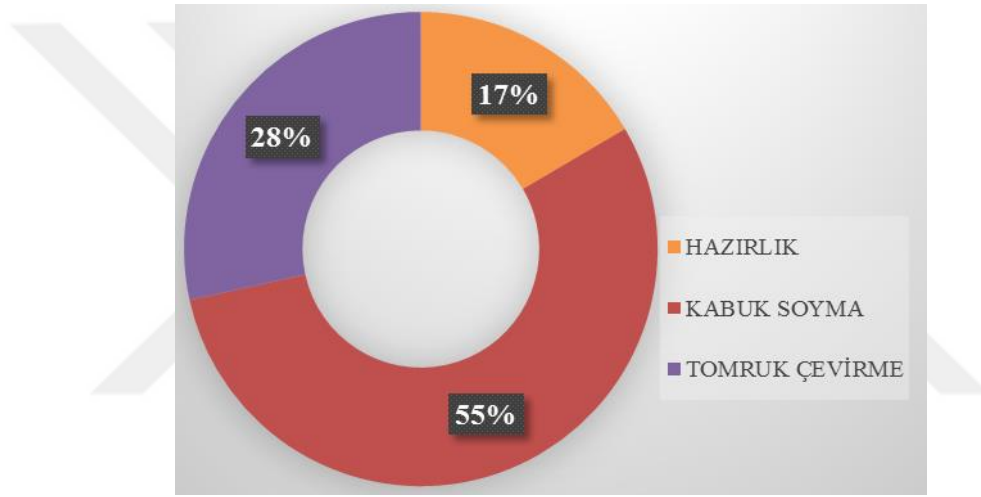
This tool is provided without warranty. The author has automated the paper verion of this tool for applying the concepts provided in REBA .

Şekil 4.5. Tomruk çevirme aşamasına ait REBA analizi tablosu

4.3. Birinci 10 Dakikalık Vücut Duruş Analizi

4.3.1. A tablosu

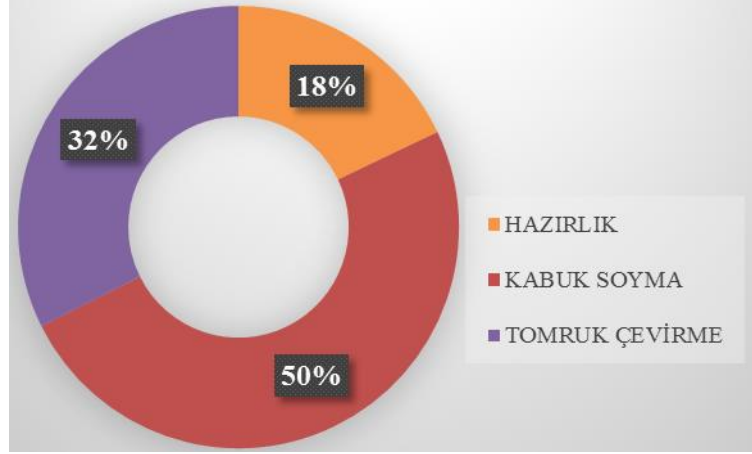
Motorlu testere ile kabuk soyma operatörünün birinci 10 dakikalık iş aşamalarına ait REBA yöntemindeki A tablosu skorları incelenmiştir. Buna göre operatörün diz, boyun ve gövde duruşlarına göre ortalama REBA skorları sırasıyla iki, üç ve dört puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%55), tomruk çevirme (%28) ve hazırlık (%17) aşamaları olduğu gerçekleştirilen hesaplamalar ile belirlenmiştir (Şekil 4.6). Hesaplanan puanlara göre operatörün kabuk soyma aşamasında en uygunsuz duruş pozisyonunda olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.6. Birinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.3.2. B tablosu

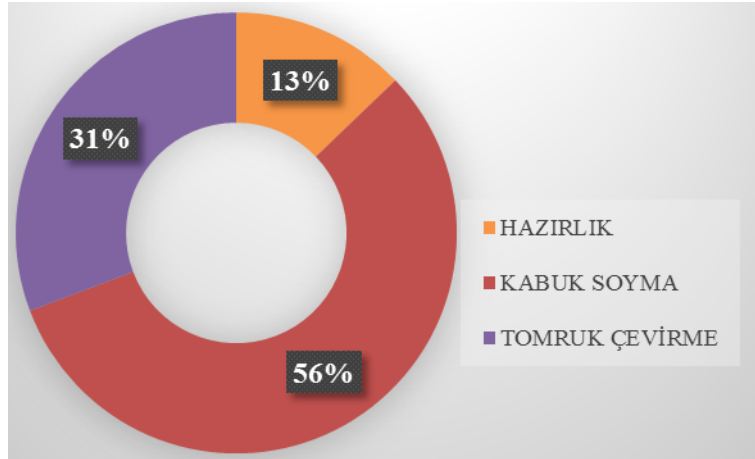
REBA yöntemindeki B tablosuna göre üst kol, alt kol ve bilekler için birinci 10 dakikalık iş aşamalarında hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamalara göre vücut duruş pozisyonunun en uygunsuz iş aşaması, A tablosunda olduğu gibi kabuk soyma aşamasında gözlenmiştir (Şekil 4.7). Buna göre ilk 10 dakikalık sürede operatörün aritmetik ortalama değerleri, üst kol ve alt kol için eşit (iki puan) iken bilek için bir puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%50), tomruk çevirme (%32) ve hazırlık (%18) aşamaları olduğu gerçekleştirilen hesaplamalar ile belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Birinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.3.3. C tablosu

A ve B tabloları yardımıyla elde edilen ölçüm ve analizler sonucunda C tablosu ile değerlendirmeler yapılmıştır. Bu analizlerde, A ve B tablolarında gözlendiği gibi kabuk soyma iş aşamasında operatörün vücut duruş skorunun ağırlıklı olarak artış gösterdiği hesaplanmıştır (Şekil 4.8). REBA tabloları göz önüne alındığında operatörün birinci 10 dakikalık iş aşamasında, kabuk soyma için risk skoru 12 puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%56), tomruk çevirme (%31) ve hazırlık (%13) aşamaları olarak belirlenmiştir.



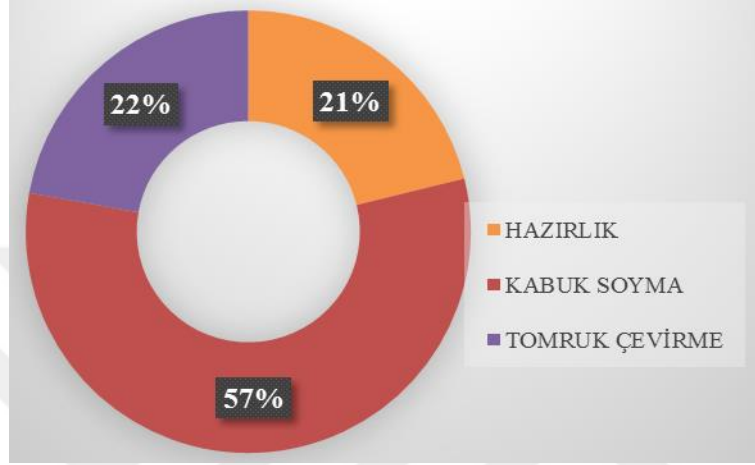
Şekil 4.8. Birinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.4. İkinci 10 Dakikalık Vücut Duruş Analizi

4.4.1. A tablosu

Motorlu testere ile kabuk soyma operatörünün ikinci 10 dakikalık iş aşamalarına ait REBA yöntemindeki A tablosu skorları incelenmiştir. Sonuçlar ilk 10 dakikalık hesaplama

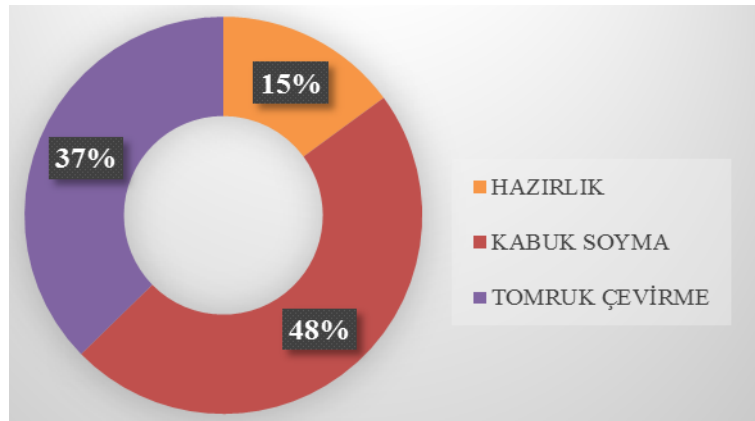
sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Buna göre operatörün diz, boyun ve gövde duruşlarına göre ortalama REBA skorları sırasıyla iki, üç ve dört puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%57), tomruk çevirme (%22) ve hazırlık (%21) aşamaları olduğu gerçekleştirilen hesaplamalar ile ortaya konmuştur (Şekil 4.9). Hesaplanan puanlara göre operatörün kabuk soyma aşamasında en uygunsuz duruş pozisyonunda olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.9. İkinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.4.2. B tablosu

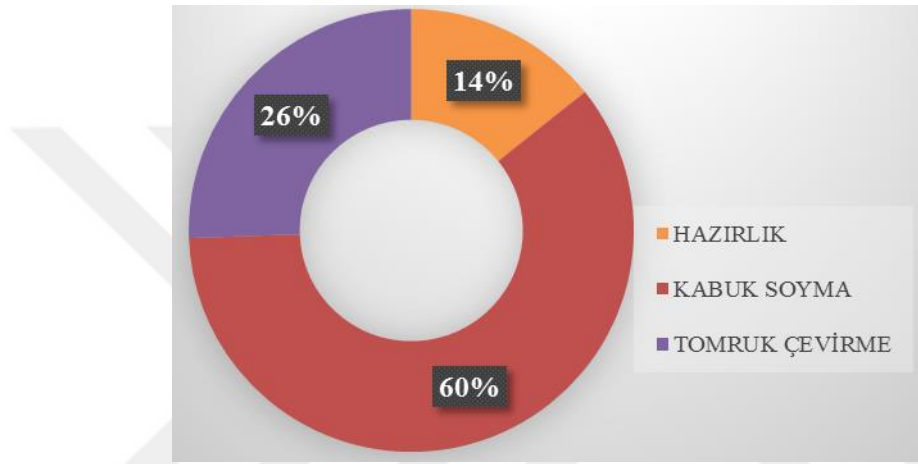
REBA yöntemindeki B tablosuna göre üst kol, alt kol ve bilekler için ikinci 10 dakikalık iş aşamalarında hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Buna göre operatörün vücut duruş puanlamalarının aritmetik ortalama değerleri üst kol, alt kol ve bilek için iki puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%48), tomruk çevirme (%37) ve hazırlık aşamaları (%15) olduğu gerçekleştirilen hesaplamalar ile ortaya konmuştur (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. İkinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.4.3. C tablosu

A ve B tabloları yardımıyla elde edilen ölçüm ve hesaplamalar sonucunda C tablosu ile değerlendirmeler yapılmıştır. Bu analizlerde, A ve B tablolarında gözlemlendiği gibi kabuk soyma iş aşamasında operatörün vücut duruş skorunun ağırlıklı olarak artış gösterdiği hesaplanmıştır (Şekil 4.11). REBA tabloları göz önüne alındığında operatörün ikinci 10 dakikalık iş aşamasında, kabuk soyma için risk skoru 11 puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%60), tomruk çevirme (%26) ve hazırlık (%14) aşamaları olarak belirlenmiştir.

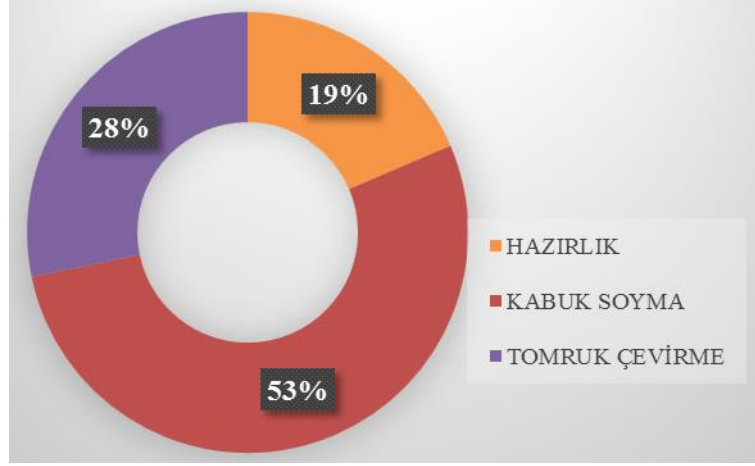


Şekil 4.11. İkinci 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.5. Üçüncü 10 Dakikalık Vücut Duruş Analizi

4.5.1. A tablosu

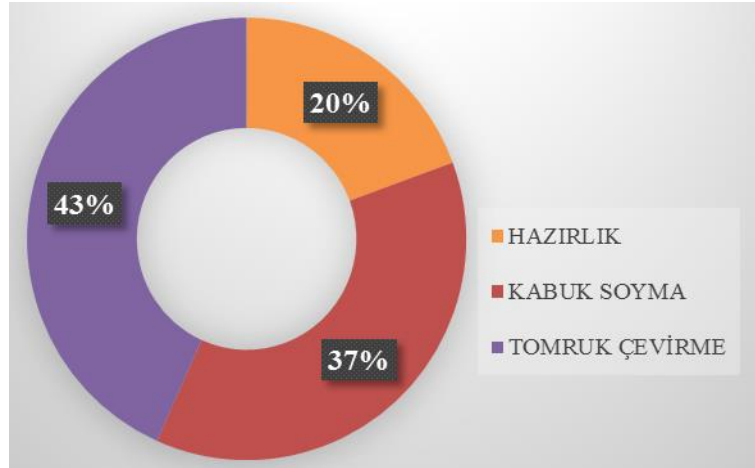
Motorlu testere ile kabuk soyma operatörünün üçüncü 10 dakikalık iş aşamalarına ait REBA yöntemindeki A tablosu skorları incelenmiştir. Sonuçlar birinci, ikinci ve üçüncü 10 dakikalık hesaplama sonuçları ile kısmen benzerlik göstermiştir. Buna göre operatörün diz, boyun ve gövde duruşlarına göre ortalama REBA skorları sırasıyla iki, iki ve dört puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%53), tomruk çevirme (%28) ve hazırlık (%19) aşamaları olduğu gerçekleştirilen hesaplamalar ile belirlenmiştir (Şekil 4.12). Hesaplanan puanlara göre operatörün kabuk soyma aşamasında en uygunsuz duruş pozisyonunda olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.12. Üçüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.5.2. B tablosu

REBA yöntemindeki B tablosuna göre üst kol, alt kol ve bilekler için üçüncü 10 dakikalık iş aşamalarında hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamalara göre vücut duruş pozisyonunun iş aşaması yoğunluğu tomruk çevirme aşamasında gözlenmiştir (Şekil 4.13). Buna göre operatörün vücut duruş puanlamalarının aritmetik ortalama değerleri üst kol, alt kol ve bilek için iki puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%37), tomruk çevirme (%43) ve hazırlık (%20) aşamaları olduğu gerçekleştirilen hesaplamalarda belirlenmiştir.

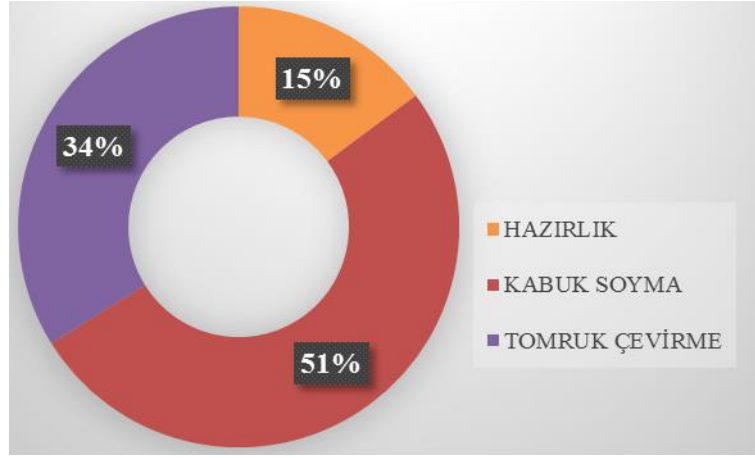


Şekil 4.13. Üçüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.5.3. C tablosu

A ve B tabloları yardımıyla elde edilen ölçüm ve hesaplamalar sonucunda C tablosu ile değerlendirmeler yapılmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla

kabuk soyma (%51), tomruk çevirme (%34) ve hazırlık (%15) aşamaları olduğu gerçekleştirilen hesaplamalarla belirlenmiştir (Şekil 4.14).

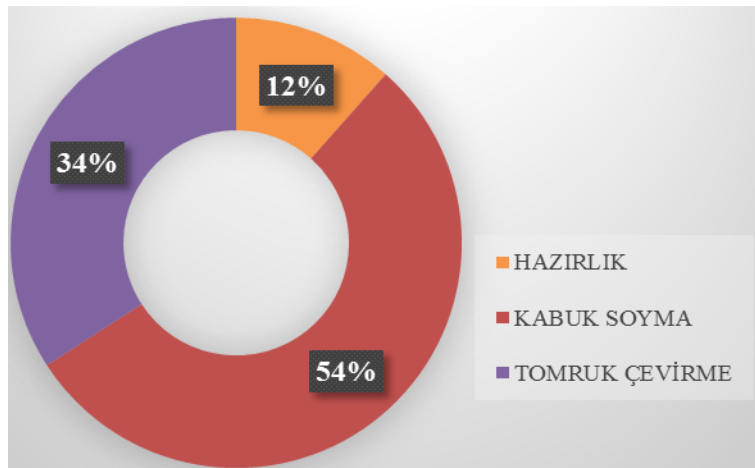


Şekil 4.14. Üçüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.6. Dördüncü 10 Dakikalık Vücut Duruş Analizi

4.6.1. A tablosu

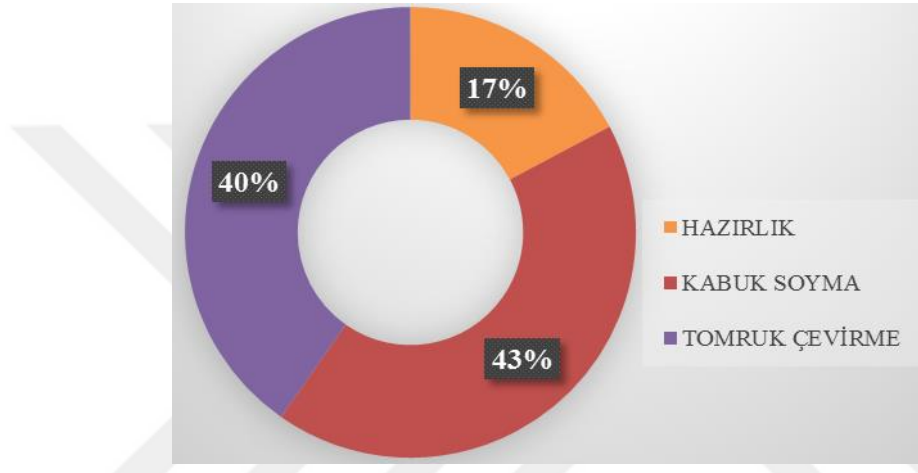
Dördüncü 10 dakikalık iş aşamalarına ait REBA yöntemindeki A tablosu skorları incelenmiştir. Sonuçlar birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü 10 dakikalık hesaplama sonuçları ile kısmen benzerlik göstermiştir. Buna göre operatörün diz, boyun ve gövde duruşlarına göre ortalama REBA skorları sırasıyla iki, üç ve dört puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%54), tomruk çevirme (%34) ve hazırlık (%12) aşamaları olduğu gerçekleştirilen hesaplamalar ile belirlenmiştir (Şekil 4.15). Hesaplanan puanlara göre operatörün kabuk soyma aşamasında en uygunsuz duruş pozisyonunda olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.15. Dördüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.6.2. B tablosu

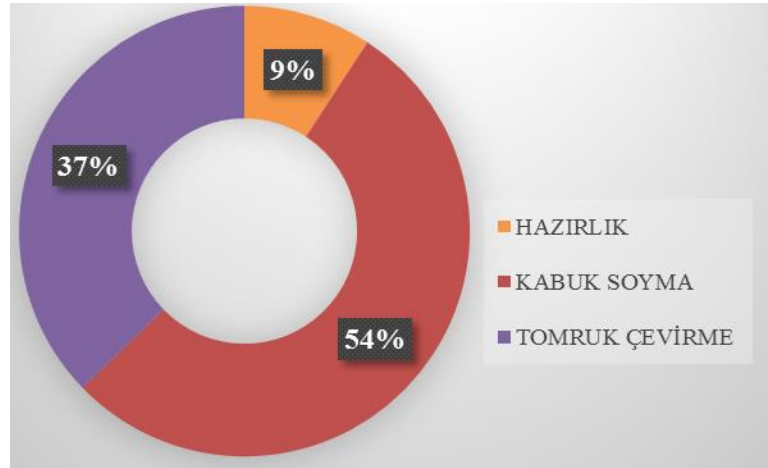
REBA yöntemindeki B tablosuna göre üst kol, alt kol ve bilekler için dördüncü 10 dakikalık iş aşamalarında hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamalara göre vücut duruş pozisyonunun gözlenen iş aşaması yoğunluğu kabuk soyma aşamasında gözlenmiştir (Şekil 4.16). Buna göre operatörün vücut duruş puanlamalarının aritmetik ortalama değerleri üst kol, alt kol ve bilek için iki puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%43), tomruk çevirme (%40) ve hazırlık (%17) aşamaları olduğu gerçekleştirilen hesaplamalarda belirlenmiştir.



Şekil 4.16. Dördüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.6.3. C tablosu

A ve B tabloları yardımıyla elde edilen ölçüm ve hesaplamalar sonucunda C tablosu ile değerlendirmeler yapılmıştır. Bu analizlerde, A ve B tablolarında gözlemlendiği gibi kabuk soyma iş aşamasında operatörün vücut duruş skorunun ağırlıklı olarak artış gösterdiği hesaplanmıştır (Şekil 4.17). REBA tabloları göz önüne alındığında operatörün dördüncü 10 dakikalık iş aşamasında, kabuk soyma için risk skoru 10 puan olarak hesaplanmıştır. Kas ve iskelet sisteminin zorlanacağı iş aşamaları sırasıyla kabuk soyma (%54), tomruk çevirme (%37) ve hazırlık (%9) aşamaları olduğu gerçekleştirilen hesaplamalarla belirlenmiştir.



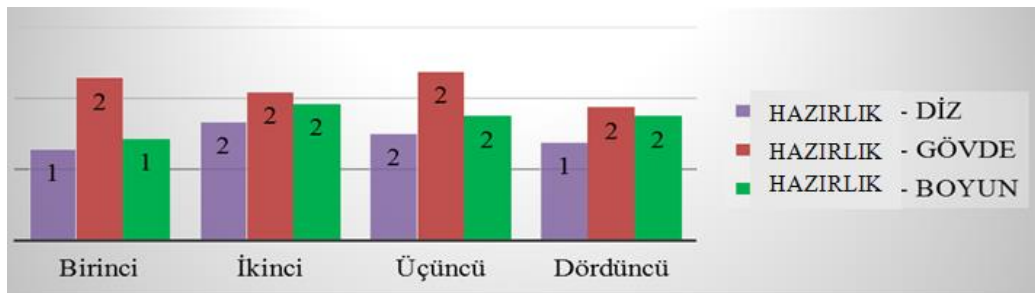
Şekil 4.17. Dördüncü 10 dk'lık iş aşamalarına ait vücut duruş puanları yüzde dağılımı

4.7. Vücut Duruş Analizi

4.7.1. Hazırlık aşamasında vücut duruş (diz, gövde ve boyun) analizi

Toplamda dört ayrı grupta üç iş aşaması için puanlar ortaya konulmuştur. Motorlu testere operatörünün hazırlık durumunda iken çalışmasının ilk ve dördüncü 10 dakikalık zaman diliminde diz açısı değerlerinin, ikinci ve üçüncü 10 dakikalık zaman dilimlerine göre daha doğru pozisyon puanı aldığı hesaplanmıştır.

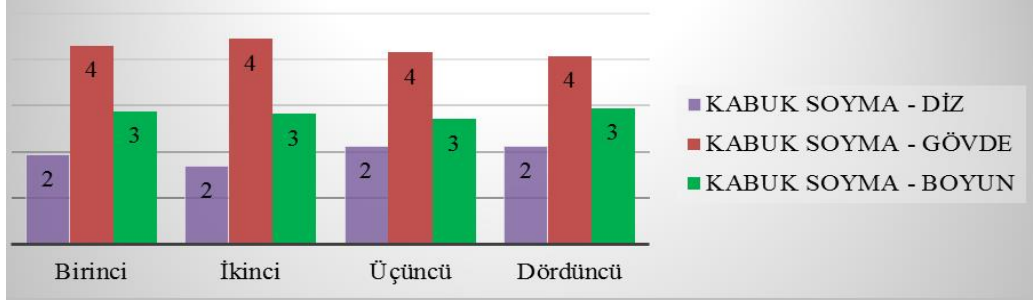
Her dört gruba ait zaman dilimi içerisinde gövde pozisyonunun açısı durumları benzer iken boyun pozisyonunun birinci zaman diliminden sonra aldığı puan değerinin arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.18). Şekil 4.13 incelendiğinde operatörün üçüncü zaman diliminde diğer zaman dilimlerine göre daha fazla hatalı gövde duruşu tekrarı yaptığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.18. Hazırlık aşamasında diz, gövde ve boyun duruş puanları

4.7.2. Kabuk soyma aşamasında vücut duruş (diz, gövde ve boyun) analizi

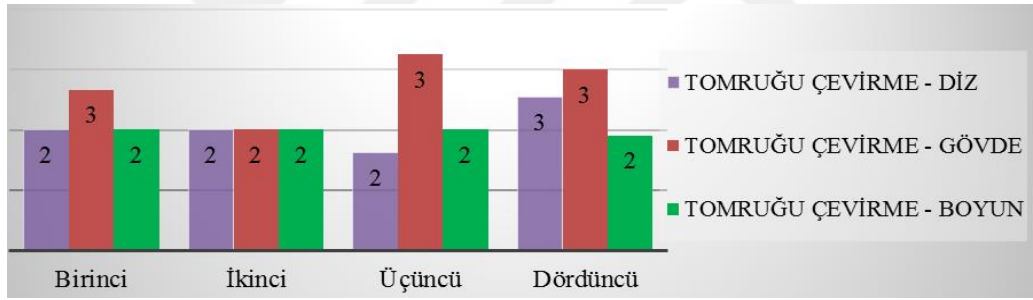
Motorlu testere operatörünün kabuk soyma aşamasında diz açısı değerlerinin tüm zaman dilimi içerisinde eşit açıda durduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde gövde ve boyun pozisyonu açısı değerlerinin de aynı kaldığı tespit edilmiştir. Bu iş aşamasında en yüksek puanı sırasıyla gövde, boyun ve diz pozisyonları almıştır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Kabuk soyma aşamasında diz, gövde ve boyun duruş puanları

4.7.3. Tomruk çevirme aşamasında vücut duruş (diz, gövde ve boyun) analizi

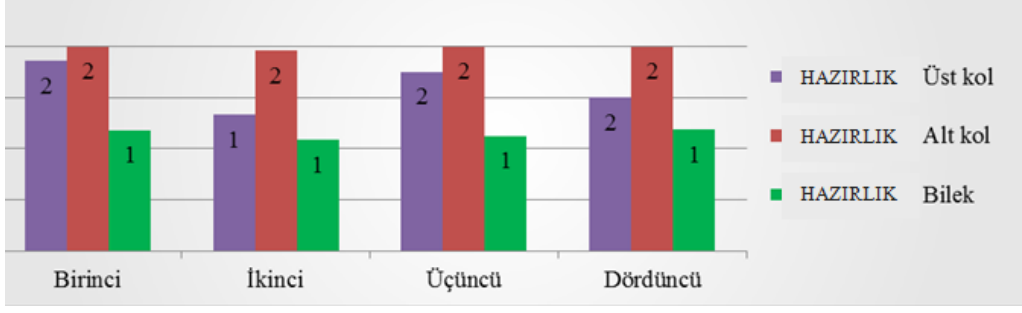
Tomruk çevirme aşamasında motorlu testere operatörünün diz pozisyon açısı değerlerinin boyun açısı ile eş değer puanlar aldığı hesaplanmıştır. Gövde açısal değerlerine göre hesaplanan REBA puan değerlendirmesinin tomruk çevirme aşamasında en yüksek puanı aldığı hesaplanmıştır (Şekil 4.20). Şekil 4.15 incelendiğinde motorlu testere operatörünün tomruk çevirirken gövdesinin hatalı duruş tekrarının diğer zaman dilimlerine oranla fazla olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.20. Tomruk çevirme aşamasında diz, gövde ve boyun duruş puanları

4.7.4. Hazırlık aşamasında vücut duruş (üst kol, alt kol ve bilek) analizi

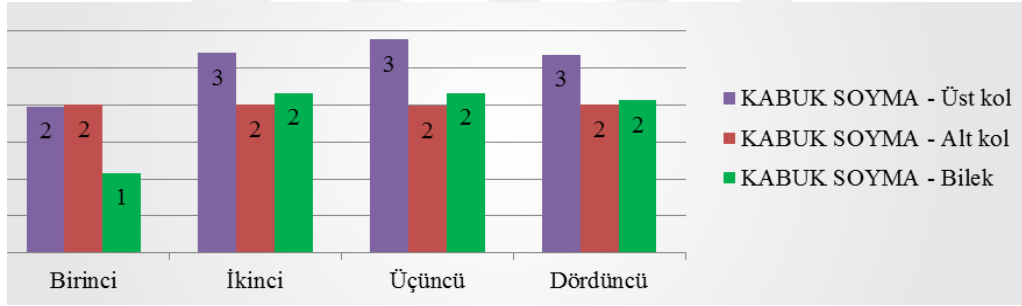
Hazırlık aşamasında motorlu testere operatörü serbest şekilde hareket edebilmektedir. Üst kol ve alt kol pozisyonlarının sürekli aynı açısal değerlerde bulunduğu ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde operatörün bilek kısmında da aynı değerlere sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.21). Şekil 4.16 incelendiğinde hazırlık aşamasının hangi zaman diliminde hatalı duruş tekrarının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin hazırlık aşamasının birinci zaman diliminde üst kol hatalı duruş tekrar sayısı, diğer zaman dilimlerindekilere göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.21. Hazırlık aşamasında üst kol, alt kol ve bilek duruş puanları

4.7.5. Kabuk soyma aşamasında vücut duruş (üst kol, alt kol ve bilek) analizi

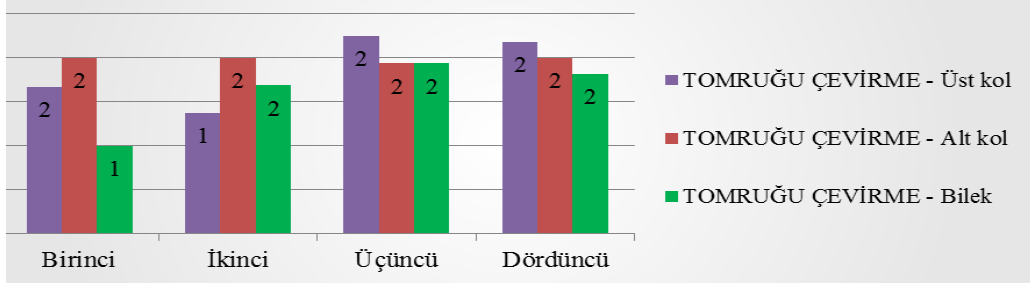
Kabuk soyma aşamasında en çok puan alan üst kol olarak belirlenmiştir. Birinci zaman diliminde üst kol daha az puan alırken diğer üç (ikinci, üçüncü ve dördüncü) zaman diliminde en yüksek puanları almışlardır. Alt kol ve bilek için belirlenen puan değerleri ise üst kola benzer şekilde puan değerleri birinci 10 dakika sonrasında arttığı gözlenmiştir. Şekil 4.22 incelendiğinde üçüncü zaman diliminde üst kol pozisyon hata tekrarının diğer zaman dilimlerine oranla daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.22. Kabuk soyma aşamasında üst kol, alt kol ve bilek duruş puanları

4.7.6. Tomruk çevirme iş aşamasında vücut duruş (üst kol, alt kol ve bilek) analizi

Dört farklı zaman diliminde motorlu testere operatörünün üst kol, alt kol ve bilek duruşlarına göre puanlar belirlenmiştir. Bu puanlamalara göre tüm zaman dilimlerinde üst kol ve alt kol puan değerlerinin sabit olduğu gözlenmiştir. Bilek pozisyonunda ise birinci 10 dakika sonrasında belirlenen puan değerinin arttığı görülmüştür (Şekil 4.23). Şekil 4.23 incelendiğinde operatör, tomruk çevirme aşamasının üçüncü zaman diliminde üst kol pozisyonu bakımından daha çok hatalı duruş tekrarı yaptığı görülmektedir.

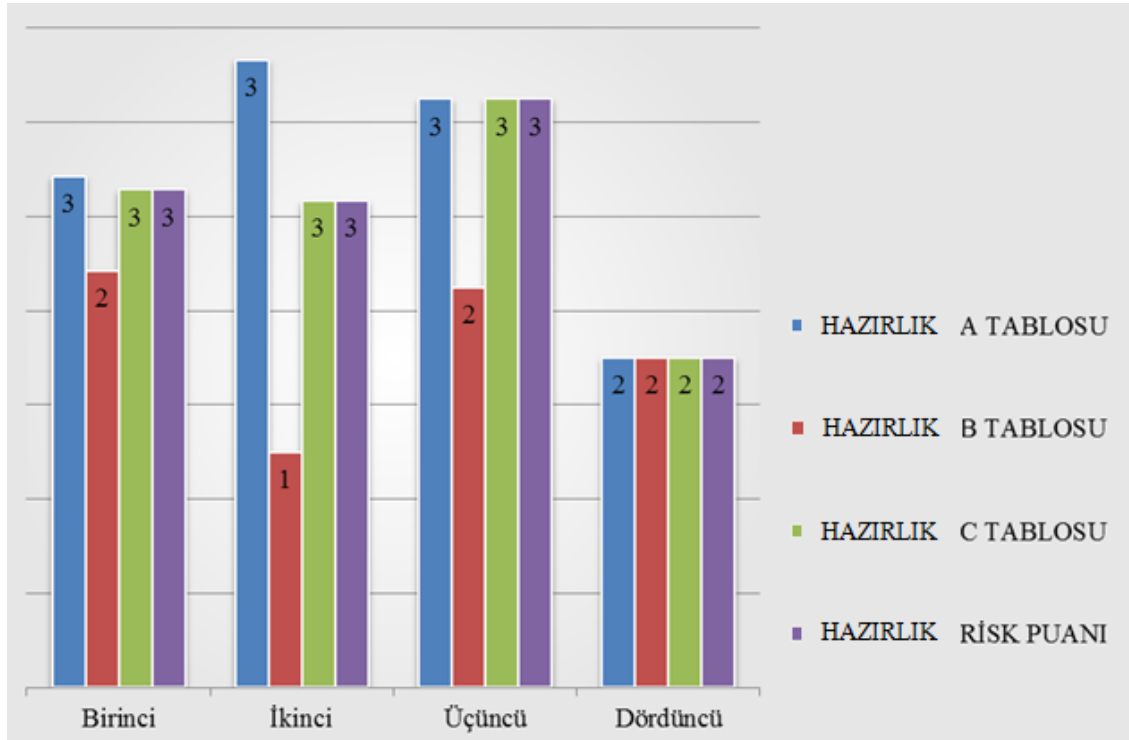


Şekil 4.23. Tomruk çevirme aşamasında üst kol, alt kol ve bilek duruş puanları

4.8. A, B, C Tabloları ve Risk Analizi

4.8.1. Hazırlık aşamasında A, B, C tabloları ve risk analizi

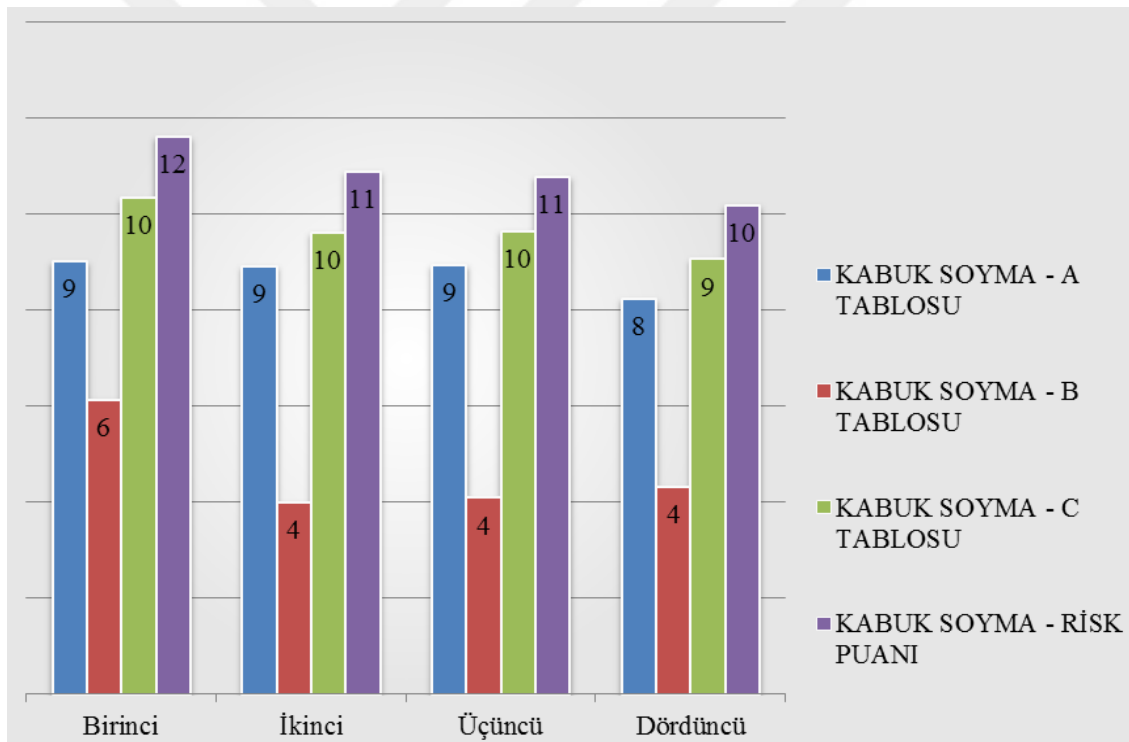
Hazırlık aşamasında operatörün diz, boyun ve gövde (A tablosu) hesaplamalarına göre birinci, ikinci ve üçüncü zaman dilimlerinde tespit edilen puan değerleri birbirine yakın olup dördüncü zaman diliminde düşük puan belirlenmiştir. Üst kol, alt kol ve bilek (B tablosu) hesaplamalarına göre birinci, üçüncü ve dördüncü zaman dilimleri eşit puan olduğu hesaplanırken ikinci zaman diliminde en düşük puan hesaplandığı görülmektedir. C tablosu hesaplamalarına göre ilk üç zaman diliminde puanlamaların dördüncü zaman dilimine göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Operatörün vücut duruş analizine göre birinci, ikinci ve üçüncü zaman dilimlerinde üç puan ve dördüncü zaman diliminde ise iki puan hesaplanarak risk değeri ortaya çıkmıştır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Hazırlık aşaması için A, B, C tabloları ve risk analizi

4.8.2. Kabuk soyma aşamasında A, B, C tabloları ve risk analizi

Kabuk soyma aşamasında motorlu testere operatörünün diz, boyun ve gövde (A tablosu) hesaplamalarına göre birinci, ikinci ve üçüncü zaman dilimlerinde tespit edilen puan değerleri dokuz iken dördüncü zaman diliminde bir puan düşük olduğu hesaplanmıştır. Üst kol, alt kol ve bilek (B tablosu) hesaplamalarına göre birinci zaman diliminde altı puan ile en yüksek değere sahip olduğu, üçüncü ve dördüncü zaman dilimlerinde eşit puan (dört) olduğu hesaplanmıştır. C tablosu hesaplamalarına göre ilk üç zaman diliminde puanlamaların birbirine yakın (10 puan) dördüncü zaman diliminde ise dokuz puan olduğu gözlenmiştir. REBA yöntemine göre yapılan değerlendirme ve puanlandırma çalışmalarına göre birinci zaman diliminde 12 puan, ikinci ve üçüncü zaman diliminde 11 puan, dördüncü zaman diliminde 10 puanlık risk değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.25).



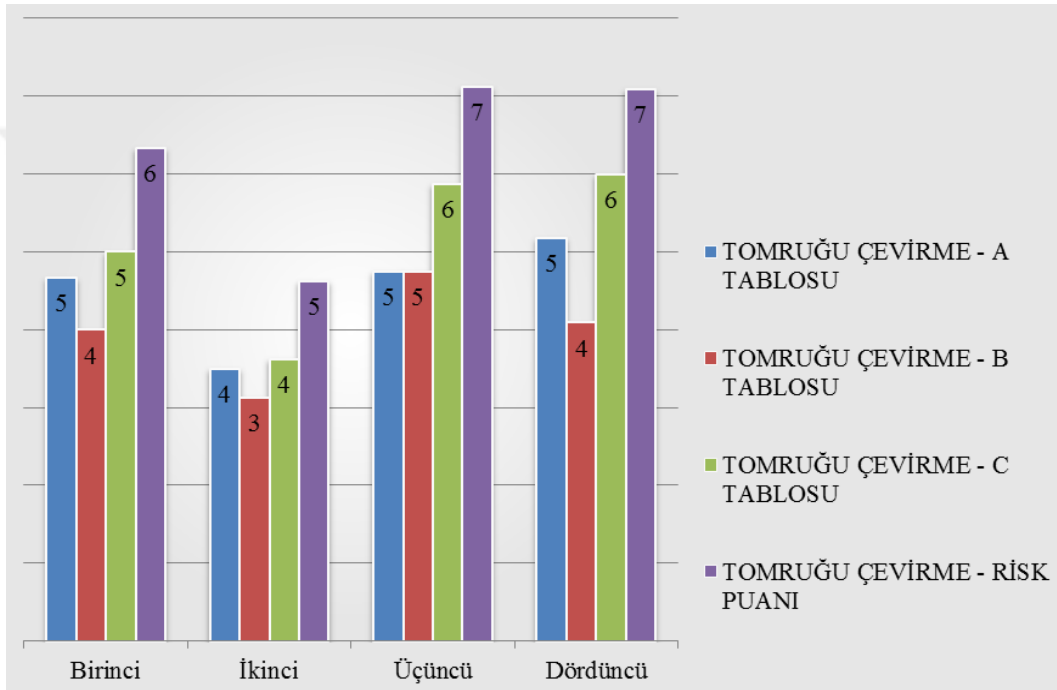
Şekil 4.25. Kabuk soyma aşaması için A, B, C tabloları ve risk analizi

4.8.3. Tomruk çevirme aşamasında A, B, C tabloları ve risk analizi

Tomruk çevirme aşamasında motorlu testere operatörünün diz, boyun gövde (A tablosu) hesaplamalarına göre birinci, üçüncü ve dördüncü zaman dilimlerinde tespit edilen puan değerleri beş iken ikinci zaman diliminde bir puan daha düşük olduğu hesaplanmıştır. Üst kol, alt kol ve bilek (B tablosu) hesaplamalarına göre birinci ve dördüncü zaman

diliminde dört puan, ikinci zaman diliminde üç puan ve üçüncü zaman diliminde beş puan ile en yüksek değere sahip olduğu ortaya konulmuştur.

C tablosu hesaplamalarına göre son iki (üçüncü ve dördüncü) zaman diliminde puanların birbirine yakın (altı puan), birinci zaman diliminde beş puan, ikinci zaman diliminde dört puan olduğu gözlenmiştir. REBA yöntemine göre yapılan değerlendirme ve puanlandırma çalışmalarına göre birinci zaman diliminde altı puan, ikinci zaman diliminde beş puan, üçüncü ve dördüncü zaman diliminde yedi puanlık risk değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Tomruk çevirme aşaması için A, B, C tabloları ve risk analizi

4.9. Motorlu Testere Operatörünün Vücut Duruş Analizi

Bu bölümde tüm iş aşmalarının REBA ölçütleri ile puanlandırılmasında adım adım ortaya çıkan risk durumları açıklanmıştır. Motorlu testere operatörünün kabuk soyma aşamasında göstermiş olduğu vücut duruş pozisyonunun risk değeri 11 puan olarak hesaplanmıştır. REBA'ya göre önlem alınması/müdahale edilmesi gereken iş aşaması olduğu ortaya çıkmıştır. Tomruk çevirme aşamasında kısmi önlemlerin alınması gerekirken hazırlık aşamasında önemsiz sayılacak kadar müdahaleler ile operatörün bilgilendirilmesi gereken ve acil önlem alınması gereken risk puanları ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.2).

Tüm iş aşamalarında uygun olmayan vücut duruş pozisyon tekrarı nedeniyle kabuk soyma aşamasında yaklaşık %50 oranında daha fazla hatalı duruş tekrarı olduğu

gözlenmiştir. Diğer taraftan yaklaşık %30 civarında hatalı duruş tekrarının tomruk çevirme ve yaklaşık %20 civarında uygunsuz duruş tekrarının hazırlık aşamasında olduğu görülmüştür.

İşçinin çalışma zaman aralıkları ve iş aşamalarına göre REBA risk skorları sonucunda, aynı iş aşamasında farklı zaman aralıklarında risk durumlarında değişiklikler olabileceği gözlenmiştir. Hazırlık aşamasının her zaman diliminde, acil olmayan istenirse önlem alınmasının gerekebileceği ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. İşçinin hazırlık aşaması ve çalışma zaman aralıklarına göre REBA risk durumları

İş Aşamaları	Ölçüt	Birinci	İkinci	Üçüncü	Dördüncü	Genel Ortalama	Önlem Durumu
Hazırlık	A Tablosu	3	3	3	2	3	
	B Tablosu	2	1	2	2	2	
	C Tablosu	3	3	3	2	3	
	Risk Puanı	3	3	3	2	3	Gerekli Olabilir
Önlem Durumu		Gerekli Olabilir	Gerekli Olabilir	Gerekli Olabilir	Gerekli Olabilir		

Operatörün kabuk soyma aşamasının her koşulunda ergonomik duruşa sahip olmadığı ve hatalı duruş tekrarı yaptığı ortaya çıkmıştır. İş zaman grupları içerisinde birinci, ikinci ve üçüncü 10 dakikalık çalışma aşamasında çok acil önlem alınması ve dördüncü 10 dakikalık çalışma aşamasında acil önlem alınması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Kabuk soyma aşaması ve zamansal çalışma sınıflarının REBA ölçütlerine göre puanları ve risk durumları

İş Aşamaları	Ölçüt	Birinci	İkinci	Üçüncü	Dördüncü	Genel Ortalama	Önlem Durumu
Kabuk Soyma	A Tablosu	9	9	9	8	9	
	B Tablosu	6	4	4	4	5	
	C Tablosu	10	10	10	9	10	
	Risk Puanı	12	11	11	10	11	Acil Gerekli
Önlem Durumu		Çok Acil Gerekli	Çok Acil Gerekli	Çok Acil Gerekli	Acil Gerekli	Çok Acil Gerekli	

Tomruk çevirme aşamasında operatörün duruşunda orta düzeyde önlem alınması gerektiği ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda tüm iş aşamalarına ait zaman dilimlerinde yine orta düzeyde önlem alınması gerektiği ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Tomruk çevirme aşaması ve zamansal çalışma sınıflarının REBA ölçütlerine göre puanları ve risk durumları

İş aşamaları	Ölçüt	Birinci	İkinci	Üçüncü	Dördüncü	Genel Ortalama	Önlem Durumu
Tomruğu Çevirme	A Tablosu	5	4	5	5	5	
	B Tablosu	4	3	5	4	4	
	C Tablosu	5	4	6	6	5	
	Risk Puanı	6	5	7	7	6	Gerekli
Önlem Durumu		Gerekli	Gerekli	Gerekli	Gerekli	Gerekli	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tek görüş açılı bir kamera yardımıyla gerçek zamanlı video kaydı üzerinden anlık REBA puanlandırma değerleri kayıt altına alınmış ve değerlendirilmiştir. Vücut duruş analizlerinin detaylı şekilde yapılmasına olanak sağlayan bu yöntemin olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Birden fazla görünüm ile değerlendirme yapılacak iş aşamalarında asimetrik (çoklu görüş) kullanımının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Çalışma esnasında motorlu testere operatörünün giymiş olduğu iş kıyafeti (bol veya dar olması) ve koruyucu ekipmanların kullanımı hatalı veri elde edilmesine neden olabilmektedir. Açık arazide yapılacak ölçmelerde video kaydı için yeteri miktarda ışık ve karışıklık değerlerinin bulunması gerekmektedir. Açık arazide çalışan motorlu testere operatörünün çalıştığı alanda uzun boylu otların veya kamera görüş açısını etkileyen engeller yanlış ölçümlere neden olabilmektedir. Kamera ile gerçek zamanlı ölçüm yapılan operatör dışında başka bir kişinin ekranda bulunması ölçümlerde hatalı veri elde edilmesine neden olmaktadır. Kameranın konumlandırılmasında operatörün yüzünün bir kısmının görülebileceği bir yere sabitlenmemesi hatalı verilerin toplanması ihtimalini artıran etkenler arasındadır.

Video kaydı ile gerçek zamanlı yapılan bu çalışmada tek tip tekrarlı iş döngüsü bulunan operatörün kısa zamanlı ölçümleri tutarlı ve yeterli olmaktadır. Bu yöntem sayesinde hızlı ve detaylı vücut duruş analizleri yapılabilmektedir. Motorlu testere operatörünün duruş bozukluğu yoğunlukla kabuk soyma aşamasında tekrar edilen uygun olmayan duruş pozisyonu en çok gövde duruşu olarak ortaya çıkmıştır. Yine kabuk soyma esnasındaki operatör duruşu için dizler ve boyun duruşu için operatörün bilgilendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Kabuk soyma iş aşamasında çalışan operatörün REBA risk puanı 10 ve 11 üzeri tespit edildiği için acil ve çok acil önlem alınması gerekmektedir. Tomruk çevirme aşamasında uygun olmayan duruş pozisyonu tekrarı en çok üst kol ve daha sonra gövdede tespit edilmiştir. Daha sonra bilek ve boyun pozisyonlarında uygun olmayan duruşlar tespit edilmiştir. Tomruk çevirme aşamasında operatörün REBA risk puanı altı olarak hesaplandığı göz önüne alındığında çalışma esnasında vücut duruş iyileştirmeleri için önlem alınması gerekmektedir. Hazırlık aşamasında operatörün kısmen uygun olmayan duruş pozisyonu tespit edilmiş olup REBA risk puanı iki ila üç arasında önemsiz derecede

düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Hazırlık aşamasında önlem alınması gerekebileceği düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında orman işçisinin açık alanda çalışması sırasında vücut duruş pozisyonu takibine yönelik makine öğrenmesi tekniğine dayalı yöntem kullanılmıştır. Yöntem büyük veri oluşturmada araştırmacıya detaylı veriler sunabilmektedir. Gelecek yıllarda geliştirilecek matematiksel algoritmalar yardımıyla sahada etkin bir şekilde kullanım potansiyeli olduğu görülmüştür.

Bu teknik ve yöntem sayesinde hızlı ve anlık olarak ormancılık çalışmalarında görev alan personellerin hatalı duruş ve duruş tekrarları gözlenebilecektir. Kısaca kullanılan bu vücut duruş değerlendirme sistemi oldukça hızlı ve uygun maliyetli bir tekniktir. Otomatik bir ergonomik duruş değerlendirme aracı olarak orman işçileri için ergonomik duruş risklerin belirlenmesinde kullanım potansiyeli oldukça yüksektir.

Ormancılık çalışmalarında ve endüstrisinde vücut duruş analizlerinin önemli bir rol oynadığı ve işçi sağlığı ve güvenliği açısından kritik bir öneme sahip olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, ormancılık operasyonlarında kullanılan monoküler açılı kameraların, gerçek zamanlı video kaydı üzerinden anlık REBA puanlandırma değerlerini kaydetme ve analiz etme yeteneğinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Öncelikle, teknolojik gelişmelerin izlenmesi ve yeni nesil kameraların kullanılmasıyla, daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilir ve vücut duruş analizi için daha hassas veriler elde edilebilir. Böylece operatörlerin duruş pozisyonlarının daha detaylı bir şekilde değerlendirilmesine ve ergonomik risklerin daha doğru bir şekilde belirlenmesine olanak tanınmış olacaktır. Ayrıca, yapay zekâ ve makine öğrenimi tekniklerinin daha geniş kapsamlı olarak kullanılmasıyla, vücut duruş analizindeki verimliliğin artırılması mümkündür. Bu teknikler, büyük veri setlerini analiz ederek, belirli işlemlerdeki tekrarlanan duruş pozisyonlarını ve kısıtları tanımlayabilir ve operatörlere daha iyi ergonomik tavsiyelerde bulunabilir. Bununla birlikte, arazi çalışmalarında daha iyi sonuçlar elde etmek için eğitim ve farkındalık programlarının geliştirilmesi önemlidir. Operatörlere, doğru duruş pozisyonlarını sürdürme ve ergonomik riskleri azaltma konusunda eğitim verilmesi, kazaların ve sakatlanmaların önlenmesine yardımcı olabilir.

Son olarak, bu teknolojilerin ve yöntemlerin endüstriye entegrasyonunu teşvik etmek için kurumlar ve ormancılık şirketleri arasında işbirliği, teşvik ve destekler sağlanmalıdır. Böylece, ormancılık operasyonlarının daha güvenli ve verimli hale

getirilmesine yardımcı olunabilir ve işçi sağlığı ve güvenliği standartlarını iyileştirebilir. Bu önerilerin dikkate alınmasıyla, ormancılık çalışmalarında vücut duruş analizi uygulamalarının geliştirilmesi ve işçi sağlığı ve güvenliğinin artırılması için çağın koşullarına ayak uydurulabilir.



KAYNAKLAR

- Acar, H.H., Şentürk, N. (1999). Artvin yöresindeki orman işçilerinde işçi sağlığı üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 39(1), 25-39.
- Acar, H.H., Akay, A.E., Gümüş, S. (2015). *Ormancılıkta mekanizasyon*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 234, Fakülte Yayın No:40, Trabzon, 240 s.
- Acar, H. H., Eroğlu, H. (2016). *Ormancılık iş bilgisi ve iş güvenliği*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Genel Yayın No: 239, Fakülte Yayın No: 41, Trabzon, 344 s.
- Akay, A. O., Akgül, M., Esin, A. İ., Senturk, N. (2022). Evaluation of occupational accidents in forestry in terms of incidence, frequency, and severity rates in Turkey. *International Journal of Forest Engineering*, 1-9.
- Akay, D., Dağdeviren, M., Kurt, M. (2003). Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. *Gazi Üniv. Müh. Fak. Der.*, 18(3):73-84.
- Atıcı, H., Gönen, D., Oral, A. (2015). Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların Reba Yöntemi İle Ergonomik Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3): 239-244.
- Aziana Abdul Rahman, S., Nasrull Abdol Rahman, M. (2018). A Systematic Review for Computer Based Observational Techniques for Assessing Exposure to Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.20), 60–65. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.20.18732>
- Bazarevsky, V., Grishchenko, I., Raveendran, K., Zhu, T., Zhang, F., Grundmann, M. (2020). Blazepose: On-device real-time body pose tracking. *arXiv*, preprint arXiv:2006.10204. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.10204>
- Borz, S. A., Iordache, E., Marcu, M. V. (2021). Enhancing working posture comparability in forest operations by the use of similarity metrics. *Forests*, 12(7), 926.
- Çinko, D. (2018). *Ormancılıkta Üretim Yöntemleri İş Aşamalarının OWAS Metodu ile İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kastamonu. 75s.
- Delice, E.K., Ayık, İ., Abidinoğlu, Ö.N., Çiftçi, N.N., Sezer, Y. (2018). Ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ve AHP yöntemi ile çalışma duruşlarının analizi: Ağır ve tehlikeli işler için bir uygulama. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 112-124. <https://doi.org/10.21923/jesd.364394>
- Dimou V, Malesios C, Chatzikosti V (2020). Assessing chainsaw operators' exposure to wood dust during timber harvesting. *SN Appl Sci*, 2(1899). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03735-6>

- Eker, M., Acar, H.H., (2004). Motorlu testereye monteli kabuk soyman ekipmanının orman işçiliği açısından değerlendirilmesi. *10. Ergonomi Kongresi*. 7-9 Ekim 2004, Bursa.
- Eker, M., Acar, H.H., Çoban, H.O. (2011). Time study and productivity analysis of chainsaw mounted log debarker in southern pine forests of Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 6(10):2146-2156.
- Enez, K., (2008). *Ormancılıkta üretim işçiliğinde Antropometrik verilerin ve çalışma duruşlarının kaza risk faktörleri olarak değerlendirilmesi*. Doktora Tezi: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon. 168 s.
- Enez, K., Nalbantoğlu, S.S. (2015). REBA yönteminin ormancılık faaliyetleri açısından değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3) 127-131.
- Enez, K., Nalbantoğlu, S. S. (2019). Comparison of ergonomic risk assessment outputs from OWAS and REBA in forestry timber harvesting. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 70, 51-57.
- Engür, M.O. (2014). *Odun Üretiminde Çalışanların Eğitimi (Ağaç Kesme ve Boylama Operatörü)*. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. 393 s.
- Engür, M.O. (2022). Orman işletme depolarında iş kazalarının önlenmesi: teknik ve yönetsel çözümler. *Ergonomi*, 5(3), 153-166. <https://doi.org/10.33439/Ergonomi.1174518>
- Erdaş, O., Acar, H.H., Eker, M. (2014). *Orman ürünleri transport teknikleri*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 233, Fakülte Yayın No: 39, Trabzon. 504 s.
- Esen, H., Fırlı, N. (2013). Çalışma duruşu analiz yöntemleri ve çalışma duruşunun kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkileri. *Sakarya University Journal of Science*, 17(1), 41-51. <https://doi.org/10.16984/saufbed.95143>
- Felekoğlu, B., Taşan, S. Ö. (2017). İş ile ilgili kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına yönelik ergonomik risk değerlendirme: Reaktif/proaktif bütünleşik bir sistematik yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3). <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.337625>
- Frings Dresen, M. H. W., Kuijer, P. P. P. F. M. (1995). The TRAC-system: an observation method for analysing work demands at the workplace. *Safety Science*, 21(2):163-165. [https://doi.org/10.1016/0925-7535\(95\)00049-6](https://doi.org/10.1016/0925-7535(95)00049-6)
- Gülci, N. (2014). *Üretim planlamasında hassas ormancılık üzerine araştırmalar*. Doktora Tezi: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 264 s.
- Gülci, N., Akay, A.E., Erdaş, O., (2016). Investigation of timber harvesting operations using chainsaw considering productivity and residual stand damage: The Case of Bahçe Forest Enterprise Chief. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2): 357-368. DOI: 10.17099/jffiu.11250

- Gülci, N., Akay, A. E., Erdaş, O. (2017). Productivity assessment of alternative timber debarking methods. *Šumarski list*, 141(9-10), 469-476.
- Gülci S, Akay AE, Spinelli R, Magagnotti N (2018). Assessing the exposure of chipper operators to wood dust in a roadside landing area. *Fresenius Environ Bull.*, 27(6), 4132-4138.
- Hignett S, McAtamney L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Appl. Ergon.*, 31 (2), pp. 201-205.
- Hita-Gutiérrez, M., Gómez-Galán, M., Díaz-Pérez, M., Callejón-Ferre, Á. J. (2020). An overview of REBA method applications in the world. *International journal of environmental research and public health*, 17(8), 2635.
- Kaya, A. (2016). *Kadın orman fidanlık işçilerinde bazı Antropometrik özellikler ve çalışma duruşlarının değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.128 s.
- Kee, D., Karwowski, W. (2001). LUBA: an assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Applied ergonomics*, 32(4), 357-366.
- Laschi, A., Marchi, E., Foderi, C., Neri, F. (2016). Identifying causes, dynamics and consequences of work accidents in forest operations in an alpine context. *Saf. Sci.* 89, 28–35.
- Leszczyński, K. (2014). The concentration of carbon monoxide in the breathing areas of workers during logging operations at the motor-manual level. *Int J Occup Med Environ Health*, 27:821–829. <https://doi.org/10.2478/s13382-014-0300-x>
- Li, L., Martin, T., Xu, X. (2020). A novel vision-based real-time method for evaluating postural risk factors associated with musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*, 87, 103138.
- Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., ... & Grundmann, M. (2019). Mediapipe: A framework for building perception pipelines. *arXiv*, preprint arXiv:1906.08172.
- McAtamney, L., Corlett E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl. Ergon*, 24(2): 91-99.
- Melemez, K. (2015). Risk factor analysis of fatal forest harvesting accidents: A case study in Turkey. *Saf. Sci.*, 79, 369–378.
- Melemez, K., Kurban, H., Tankut, A. N. (2016). Ormancılık üretim işlerinde çalışma duruşlarının işçi sağlığı açısından değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1), 47-56.
- Micheletti Cremasco, M., Giustetto, A., Caffaro, F., Colantoni, A., Cavallo, E., Grigolato, S. (2019). Risk assessment for musculoskeletal disorders in forestry: A comparison between RULA and REBA in the manual feeding of a wood-chipper. *International journal of environmental research and public health*, 16(5), 793.

- Occhipinti, E. (1998). OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1290-1311.
- Potočnik, I., Poje, A. (2017). Forestry ergonomics and occupational safety in high ranking scientific journals from 2005–2016. *Croat. J. For. Eng.* 38, 291–310.
- Pratiwi, I., Nuriati, H. W. (2022). Ergonomic risk evaluation to minimize musculoskeletal disorders of workers at batik cap industry. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri* 6(2): 176-186.
- REBA, (2022). REBA hesaplama tablosu. <https://ergo.human.cornell.edu/CUErgoTools/REBA%206.xls> (Erişim 01.03.2022)
- Sever, S., Deste, M. (2021). Üretim süreçlerinde ergonomik riskler ve risk değerlendirme yöntemleri: Cıvata fabrikasında bir uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 0 (25), 417 - 441. 10.31590/ejosat.892538
- Spinelli, R., Aminti, G., De Francesco, F. (2017). Postural risk assessment of mechanised firewood processing. *Ergonomics*, 60(3), 375-383. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1172738>
- Spinelli, R., Aminti, G., Magagnotti, N., De Francesco, F. (2018). Postural risk assessment of small-scale debarkers for wooden post production. *Forests*, 9(3):111. <https://doi.org/10.3390/f9030111>
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Labelle, E.R. (2020). The effect of new silvicultural trends on the mental workload of harvester operators. *Croat. J. For. Eng.*, 41, 177–190.
- Tunay M, Emir T (2015). Ormancılık üretim işlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin yasal çerçevede değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 16(2): 195-202. <https://doi.org/10.18182/tjf.23774>
- Tunay, M., Bozkurt A. (2018). Ormancılık çalışmalarında iş güvenliği analizinin uygulanması (Karabük Orman İşletme Örneği). *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 124-129s.
- Tunay, M., Melemez, K. (2008). Noise induced hearing loss of forest workers in Turkey. *Pak. J. Biol. Sci.*, 1;11(17):2144-8. doi: 10.3923/pjbs.2008.2144.2148.
- Türkkan, A. (2009). İşe bağlı kas-iskelet sistemi hastalıkları ve sosyoekonomik eşitsizlikler. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 35 (2) 101-106.
- Uşar, K. (2024). *Tıbbi Sekreterlerin Ergonomik Risk Etmenlerinin Rula, Reba ve Owas Metotları ile Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 92 s.
- Üçüncü, K., Acar, H.H. (2020). *Ergonomi*. Nobel Akademik Yayıncılık, İstanbul. 652 s.
- Ünver-OKAN, S., Acar, H. (2015). Orman depolarındaki olası risk etmenlerinin iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi. *SDÜ Mühendislik Bilimleri Tasarım Dergisi*, 3(3), 165-172.

- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7), 749-776.
- World Health Organization (WHO). (2021). Musculoskeletal conditions. Available online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions> (accessed on 3 April 2022).
- Yaylı, D., Çalışkan, E. (2019). Comparison of ergonomic risk analysis methods for working postures of forest nursery workers. *European Journal of Forest Engineering*, 5(1), 18-24.
- Yenilmez, N. (2010). *Tomruk üretiminde optimum boylama metodunun tek ağaç düzeyinde uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 126 s.
- Yu, Y., Yang, X., Li, H., Luo, X., Guo, H., Fang, Q. (2019). Joint-level vision-based ergonomic assessment tool for construction workers. *Journal of construction engineering and management*, 145(5), [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.000164](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.000164).
- Zurita Vintimilla, M.C., Castro Pérez, S.N., Borz, S.A. (2021). Processing small-sized trees at landing by a double-grip machine: A case study on productivity, cardiovascular workload and exposure to noise. *Forests*, 12(2):213, 10.3390/f12020213