

MESLEKİ GÖREVLERİN ERGONOMİK ANALİZİNDE KULLANILAN ARAÇLAR VE BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

Emre ÖZEL¹, Oya ÇETİK²

¹Dumlupınar Üniversitesi, Müh. Fak., Endüstri Müh. Bölümü, 43270, Kütahya, eozel@dpu.edu.tr
²Çukurova Üniversitesi, Müh.- Mim. Fak., Endüstri Müh. Bölümü, 01330, Adana, oyacetik@cu.edu.tr

Geliş Tarihi: 17.11.2009 Kabul Tarihi: 02.04.2010

ÖZET

İş yerlerinde, hızlı teknolojik ilerlemeler ve artan mekanizasyon insan vücudu üzerindeki yükleri azaltıyor gibi görünmesine rağmen, sanayi bakımından gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kas iskelet sistemi rahatsızlıkları, mesleki görevlerin bir sonucu olarak, en önemli rahatsızlıklarından biri olmaya devam etmektedir. Bu da ekonomik kayıpları beraberinde getirmektedir. Bu kayıplar sadece bireyleri değil, bir bütün olarak örgütleri ve toplumları da etkilemektedir. Bu nedenle, bu tür rahatsızlıkların ortaya çıkmadan önce, görevlerin risk analizlerinin yapılması, insan üzerinde fiziksel yüklenmeye neden olan faktörlerin tespiti büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, en çok kullanılan ergonomik risk değerlendirme araçları gruplandırılmış, üstün ve zayıf yönleriyle bir karşılaştırması yapılmıştır. Ayrıca, bir işletmenin yükleme bölümündeki çalışanları üzerinde örnek bir analiz yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ergonomi, Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları, Ergonomik araçlar.*

TOOLS USED IN THE ANALYSIS OF OCCUPATIONAL DUTIES AND A SAMPLE APPLICATION

ABSTRACT

Although rapid technological developments and increasing mechanisation in the workplace seem to ease the workload on human body, as a result of occupational duties, musculoskeletal disorders have still persisted in the industrially developed and developing countries among the most pervasive diseases. This leads to economical losses which affect not only individuals but also the organizations and the society as a whole. Therefore, it is crucial that risk analysis of such duties be done and the factors leading to physical loads on human be determined before such ailments occur. In this study, the most widely used ergonomic risk assessment tools were grouped and compared in terms of their pros and cons. Besides, a sample analysis was carried out on the employees in the loading department of a company and the results were evaluated.

Key Words: *Ergonomics, Musculoskeletal disorders, Ergonomic tools.*

1. GİRİŞ

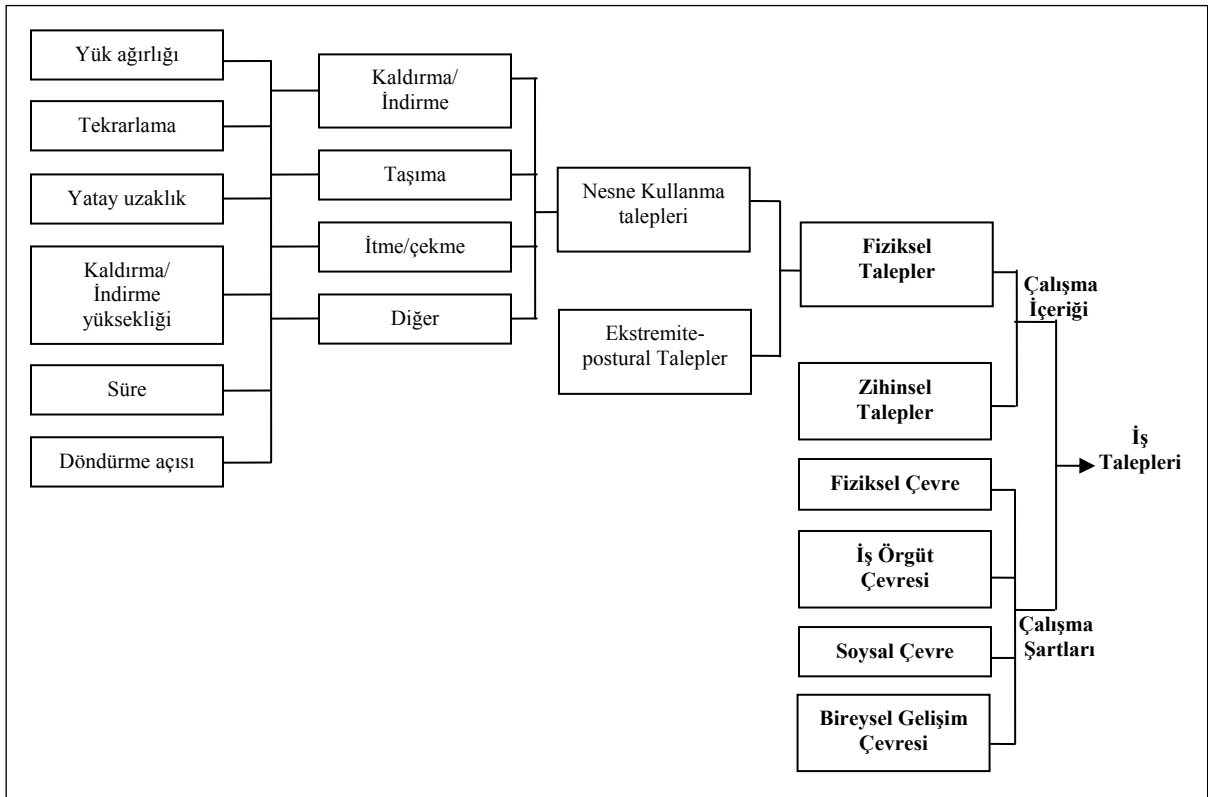
Endüstriler, rekabet ortamında varlıklarını sürdürmek ve iş yapmaya devam edebilmek için, gittikçe daha yüksek üretim hızlarına ve teknolojik yeniliklere gereksinim duymaktadır. Bunun sonucu olarak, çalışma faaliyetleri günümüzde aşağıdaki iş taleplerini içerebilir [1]:

- Sık sık diğer çalışanlardan veya makinalardan yardım istemeden yükleri kaldırma, taşıma ve çekme veya itme,
- Çalışanların uzun bir periyot boyunca veya günlerce sadece bir işlevi veya hareketi yapmasını gerektiren artan uzmanlaşma,
- Bir günde sekiz saatten fazla çalışma,
- Daha hızlı tempoda çalışmak, daha yüksek montaj hattı hızları,
- Aletleri kullanırken daha sıkı tutmak zorunda olmak, vb.

İş talepleri, çalışana bir girdi görevi görür, buna karşılık, çalışan bir görev nesnesini veya bilgiyi istenen ürüne dönüştürmek için bir faaliyet gerçekleştirir. İş talebi, hem çalışma içeriğini (fiziksel ve zihinsel iş gibi) hem de çalışma şartlarını (fiziksel, sosyal, bireysel gelişme ve örgütsel çevre gibi) içerir.

Shoaf ve ark. (2000) iş talep profilini hiyerarşik bir çerçeve olarak yapılandırmıştır (Şekil 1). Şekil 1, fiziksel taleplerin hiyerarşik yapısının bir örneğini gösterir. İki geniş çaplı iş talebi hiyerarşinin tepesinde bulunmaktadır, bunlar; çalışma içeriği ve çalışma şartlarıdır. Üst tabakanın altındaki sınıflandırmalar, sonraki daha düşük yapının bileşenlerini tanımlamaktadır. Örneğin, çalışma içeriği katmanında, fiziksel ve zihinsel iş talepleri bulunmaktadır. Sonraki daha düşük katman fiziksel ve zihinsel talepleri oluşturan gruplandırmayı tanımlamaktadır.

Hiyerarşinin en düşük seviyesi en detaylı açıklamaları gösterir. Bunlar talep sınıflandırmasını karakterize eden iş öğeleridir. Ergonomistler ve güvenlik mühendisleri genellikle iş yerindeki riskleri minimize edecek tasarım ve kontrol stratejilerini yerine getirmeye çalıştığından, hiyerarşinin temel katmanından (en düşük seviyeden) sağlanan bilgiyle ilgilenirler [2].



Şekil 1. İş taleplerinin hiyerarşik yapısı [2]

Şekil 1’de açıkça gösterilen bu taleplerin/öğelerin birbirleriyle etkileşmesi veya – bilhassa kötü □akine tasarımı, alet ve iş yeri tasarımı veya uygun olmayan araçların kullanımı ile birleşmesi sonucunda, çalışanların vücutlarında sakatlığa neden olabilecek fiziksel stres ve aşırı zorlanma yaratır [1]. İnsan sağlığı açısından bu risk faktörleri uzun süreli periyodlar boyunca birleşirse başta kas iskelet sistemi hastalıkları veya yaralanmaları olmak üzere birçok meslek hastalığını beraberinde getirebilir.

1.1. İş İlişkin Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları

Kas iskelet sistemiyle ilgili sıkıntılar büyük ölçüde çalışma ortamı tarafından şiddetlendirildiği için işe ilişkin kas iskelet sistemi rahatsızlıkları (İKİSR) olarak adlandırılırlar [3].

İKİSR fiziksel çaba ile ilişkili olup, dünyanın her tarafında en yaygın sağlık problemlerinden birisidir [4,5,6,7,8]. Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR); kasların, sinirlerin, tendonların, bağ dokuların, eklemlerin, kırıkdağların ve spinal diskin yaralanması ve bozuklukları olarak tanımlanır [1,3,5,9,10], kayma, düşme veya benzeri kazalardan kaynaklanan yaralanmaları içermez [5]. İKİSR problemlerini tanımlamak için Kümülatif Travma Rahatsızlığı, Tekrarlanan Zorlama Yaralanması, Tekrarlanan Hareket Yaralanması, Aşırı Kullanım Yaralanması gibi farklı terminolojiler kullanılmaktadır [9,11].

Amerika'nın en elit Ekonomi ve İstatistik şirketlerinden Bureau of Labor Statistics tarafından gerçekleştirilen Mesleki Yaralanma ve Rahatsızlıkların Yıllık Araştırmasında (2001), Amerika'da, 522.528 İKİSR hastasının bulunduğu, bunu toplamda 329.920'sinin servis endüstrisinde çalışan personelin oluşturduğu rapor edilmiştir [11].

İngiltere'de, Sağlık ve Güvenlik İdaresi (Health and Safety Executive-HSE) ve Washington State Çalışma ve Endüstri Departmanı (Washington State Department of Labor and Industries) raporlarında (Safety and Health Assessment and Research for Prevention, SHARP-2005), endüstride çalışanların %50'sinden fazlasının kas iskelet sistemi rahatsızlığı çektiği bildirilmiştir [5].

Yine HSE raporunda (2006), işe ilişkin kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının en yaygın mesleki rahatsızlık olduğu ve bir yılda bir milyon insanı etkilediği belirtilmiştir [11].

Son yıllarda kümülatif travma rahatsızlıklarının, tüm ABD'nin rahatsızlıklarının yaklaşık % 48'ine sebep olduğu görülmüştür. Yüksek teknolojiyi bulduran ve sıklıkla hayran kalınan Japon endüstrisi de bu rahatsızlıklardan muaf değildir. Japon örgütleri, mesleki kas iskelet sistemi yaralanmalarının sayısında artış olduğunu rapor etmişlerdir [12].

1.2. İKİSR'nin Endüstriye ve Ülke Ekonomilerine Getirdiği Yükler

Meslek hastalıkları arasında özellikle kas iskelet sistemi hastalıklarının, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde dikkat çekici bir artış göstermesi, işletmelere ve dolayısı ile sosyal güvenlik sitemlerine ciddi finansal yükler/kayıplar getirmektedir [3]. Ayrıca kaliteyi engelleme, verimlilik kaybı ve çalışanların moralinde azalma gibi bir takım olumsuzluklara da neden olabilmektedir [12]. İKİSR'nin işletmelere ve ülke ekonomilerine yaratmış olduğu bu yükler genel olarak aşağıda kısaca belirtilmiştir [1]:

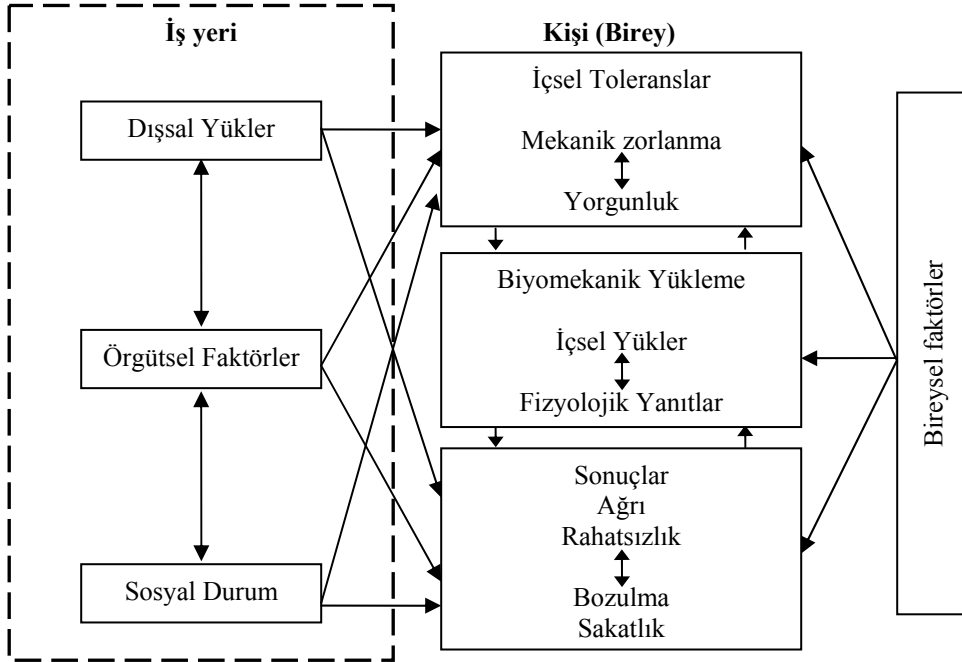
- İKİSR, yaralanma ve hastalıklara ilişkin tüm kayıp iş günlerinin %34'ünün sebebi olmaktadır,
- İşverenler her yıl yaklaşık 600.000 çalışanın KİSR yüzünden işlerinden uzaklaşması gerektiğini rapor ediyorlar,
- Çalışanların tazminatı için harcanan her 3\$'dan 1\$'ının sebebi olmaktadır,
- Her yıl çalışanların tazminat bedelleri içinde 15-20 milyar \$'a neden olmaktadır. Toplam direkt maliyetler yıllık olarak 50 milyar \$ kadar tutmaktadır,
- Ortalama olarak, Karpal Tünel Sendromundan kurtulmak 28 gün, amputasyonlardan ve kırık-çatlaklardan kurtulmak için daha fazla süreye ihtiyaç duyulmaktadır,
- Şiddetli hasarlar, çalışanların işlerine dönmelerine veya günlük görevlerini yapmalarına engel olacak kalıcı maluliyetler doğurabilmektedir.

Ülkemizde ne yazık ki bu konuda net bir rakam bulunmamaktadır. Teknolojik ilerlemelere karşın, işe ilişkin kas iskelet sistemi rahatsızlıklarıyla ilgili bu rakamlar, konunun ne kadar ciddi boyutlarda olduğunu açıkça göstermektedir. Birçok ülkede İKİSR'nin önlenmesi ulusal öncelik olarak göz önüne alınır. İşyerinde bulunmamak ve çalışma kayıp günleri endüstriyel sağlık bilimcilerinin konusu içerisine giren en önemli problemlerden birisidir [10].

1.3. İşe İlişkin Kas İskelet Sistemi Modelleri

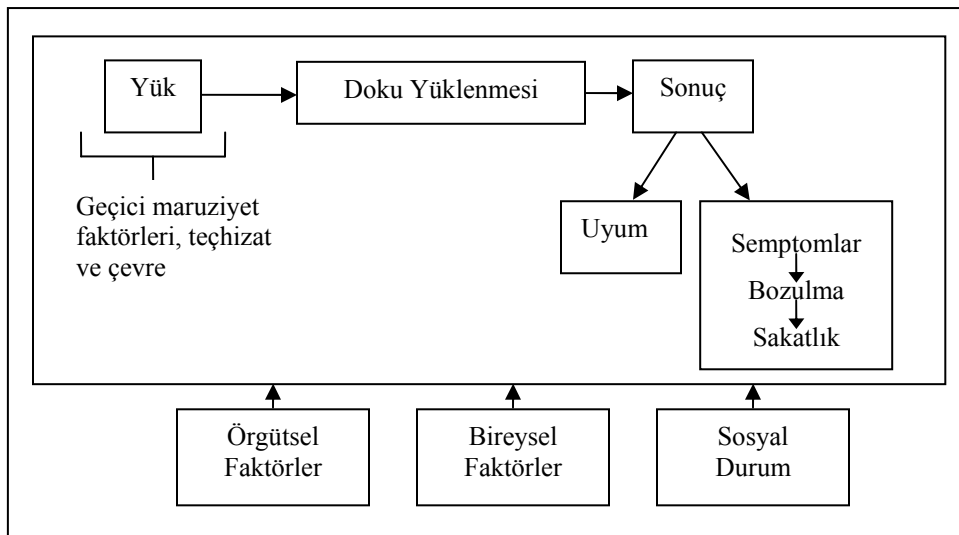
Literatürde tartışılan birçok İKİSR modelleri vardır. Yaralanmaya neden olan faktörler bu modellerle açıklanmaya çalışılmıştır. Yakın geçmişte, Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council) ve Tıp

Enstitüsü (Institute of Medicine) “Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları ve İşyeri” üzerine yayınladıkları bir kitapta bir model sunmuşlardır (National Research Council Model) (Şekil 2). Bu model; etkileşim halindeki üç iş yeri faktörünün; “dışsal yükler (duruş, güç, vb.), örgütsel faktörler (iş hızı, iş ilişkisi vb.) ve sosyal durum (yönetici ve iş arkadaşlarıyla ilişkiler gibi)” direkt olarak hem biyomekanik yüklenmeyi hem de ağrı ve bozulma gibi sonuçları (çıktıları) etkileyebileceğini gösterir. Birey içinde; biyomekanik yüklenme, içsel toleranslar ve sonuçlar sürekli olarak birbirini etkilemek için geri bildirim döngüleri yoluyla çalışırlar. Adaptasyon gibi bireysel faktörlerin de bağımsız olarak biyomekanik yüklemeyi, içsel toleransları ve sonuçları etkilediği görülmektedir [13].



Şekil 2. İKİSR'nin gelişmesine olumsuz katkıda bulunabilecek çeşitli faktörlerin kavramsal modeli [10]

İKİSR için diğer bir model ise, NORA Araştırma Gündemi (NORA Research Agenda) içinde yer almıştır (Şekil 3). Bu model Ulusal Araştırma Konseyi tarafından önerilen modelle benzerlik göstermektedir [14].



Şekil 3. İKİSR gelişmesinde kavramsal model

1.4. İşe Bağlı Kas İskelet Sistemi Hastalıkları

İKİSR'ye ilişkin risk faktörleri tek başlarına veya çoğunlukla da birleşerek insan vücudunun çeşitli bölgelerini etkiler (sinirler, tendonlar, tendon kılıfları, kaslar) ve bu risklerin kümülatif etkisiyle de bir takım rahatsızlıkların/yaralanmaların oluşmasına neden olabilir.

İşe bağlı kas iskelet sistemi hastalıkları genelde iki ana başlık halinde incelenmektedir [12]:

- Üst ekstremitte hastalıkları (boyun, omuz, dirsek, el ve el bileği),
- Bel hastalıkları

El/bilek ve dirseğe ilişkin olarak en çok görülen rahatsızlıklar; Karpal Tünel Sendromu, De Quervain hastalığı, tetik parmak (trigger finger) hastalığı, tenosinovit, Raynaud sendromu (beyaz parmak olayı), lateral epikondilit (Tenisçi Dirseği)'dir. Boyun ve omuza ilişkin olarak en çok görülen rahatsızlıklar ise; Trapez kas ağrısı (Trapezius Myalgia), Rotator-cuff sendromu'dur.

2. İKİSR İLE İLGİLİ RİSK MARUZİYET DEĞERLEME TEKNİKLERİ

Ergonomide ve mesleki sağlıkta çalışmalar; işe ilişkin yüklenme, bireysel zorlanma ve olası sağlık riskleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için gerçekleştirilir. Bu çalışmalar gerçek işyerlerinde rehberlik edeceği için, uygulama-yönlü bir araştırma gereklidir [15]. Çalışanların maruz kaldığı İKİSR'lerin gelişmesine katkıda bulunabilen faktörlerin doğru ölçülmesi, araştırmaları yönlendiren hem epidemiolojistler hem de ergonomistler için hayati önem taşımaktadır [16]. Raporlanmış iş ile ilişkili yaralanmaların çoğunluğu sırt, omuz, üst uzuvlar ve boyun üzerinde yoğunlaşmış olduğundan ötürü, Ergonomik ölçümler/değerlendirmeler de çoğunlukla bu bölgelerdedir [9].

Maruziyet değerlendirme teknikleri üç kategori içine açık olarak sınıflandırmışlardır. Bunlar [17,18];

- a) Çalışanlar tarafından öznel değerlendirmeler (subjective judgement),
- b) Sistematik gözlemler (systematic observations),
- c) Direkt ölçümlerdir (direct measurements).

a) Öznel değerlendirmeler: Maruziyetlerin değerlendirilmesi için çok fazla subjektif yöntem bulunmaktadır. Öznel risk değerlendirmesi olarak anketler ve kontrol listeleri (check lists) kullanılır. Bu yöntemlerden literatürde adından çokça bahsettirenlerden bazıları; standardize edilmiş İskandinav Kas-İskelet Sistemi Anketi (Nordic Musculoskeletal Questionnaire) [19], Alman Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlık Anketi (Dutch Musculoskeletal Discomfort Questionnaire) [20], Cornell Kas İskelet Sistemi Rahatsızlığı Taraması (Cornell Musculoskeletal Discomfort Survey) [21], Vücut Rahatsızlık Haritası (Body Discomfort Map) [22], Hissedilen Çaba Derecesi (Rating of Perceived Exertion, RPE) [23], RPE'ye dayanan İsveç Mesleki Yorgunluk Envanteri (Swedish Occupational Fatigue Inventory, SOFI) [24]'dir. Bu metodların en önemli avantajı etkin, düşük kaynak kullanımı ve imkan dahilinde geniş örnek büyüklüğü sağlamasıdır [17].

Maruziyet seviyesinin mutlak bir şekilde ölçümü bu metodları kullanarak şüpheli olmakla beraber, nispeten daha yüksek riskteki meslek grupları için diğer metodlar kullanılarak daha detaylı analizler yapılmalıdır [18].

b) Sistematik gözlemlere dayalı yöntemler: İş yeri risk maruziyetlerini sistematik olarak kaydetmek ve de nicel değerlendirmeler yapmak amacıyla gözlemsel teknikler oluşturulmuştur. Sistematik gözlemler basit gözlemsel teknikler ve gelişmiş gözlemsel teknikler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Literatürde bir takım basit gözlemsel teknikler geliştirilmiştir. Farklı teknikler, insan vücudunun farklı sayıdaki bölgeleri için risk değerlendirmelerini gerçekleştirir. Bazı teknikler sadece çeşitli vücut bölümlerinin postural değerlendirmesi yapar, fakat çoğunluğu, Çizelge 1'de görüldüğü gibi çeşitli kritik fiziksel maruziyet faktörlerini değerlendirir [18]. Çizelge'de kas-iskelet sistemi rahatsızlığına ilişkin fiziksel risk faktörleri koyu alan ile gösterilmiştir.

Çizelge 1. Basit gözlemsel değerlendirme araçları [18, 25]

Değerlendirme Aracı	Duruş	Yük/ Güç	Hareket frekansı	Süre	Titreşim	Analiz Zamanı	Eğitim gereksinimi/ Karmaşıklık	Değerlendirilen Vücut Bölgeleri
<i>El ile malzeme elleçleme (kaldırma, indirme, itirme, çekme, taşıma) görevleri için</i>								
ACGIH TLV- 2001 Amerikan Endüstriyel Hijyenistler Konferansı Yük Kaldırma Eşiği (<i>American Conference of Industrial Hygienists Lifting TLV</i>)	x	x	x	x	-	Düşük	Düşük	Boyun/omuz, Sırt/Gövde/kalça
NIOSH- 1994 Amerika Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü Yük Kaldırma Endeksi (<i>Revised NIOSH Lifting Equation</i>)	x	x	x	x	-	Düşük	Düşük	Boyun/omuz, Sırt/gövde/kalça
Snook Tabloları- 1991 (Snook Tables)	x	x	x	x	-	Düşük	Düşük	Boyun/omuz, Sırt/gövde/kalça Bacak/diz/ayak bileği
MAC- 2003 El ile Taşıma Değerlendirme Çizelgeleri (<i>Manual Handling Assessment Charts</i>)	x	x	x	-	-	Düşük	Düşük	Boyun/omuz, Sırt/gövde/kalça
Mital ve ark. Tabloları- 1993 (<i>Mital et. al. Tables</i>)	x	x	x	x	-	Düşük	Orta	Boyun/omuz, Sırt/gövde/kalça Bacak/diz/ayak bileği
<i>Üst uzuv risk değerlendirme metotları</i>								
ACGIH HAL- 2001 El Aktivitesi Düzeyi (<i>Hand Activity Level</i>)	-	x	x	x	-	Orta	Orta	El/bilek/kol
RULA- 1993 Hızlı Üst Uzuv Değerlendirmesi (<i>Rapid Upper Limb Assesment</i>)	x	x	x	-	-	Düşük	Orta	Boyun/omuz El/bilek/kol Sırt/gövde/kalça
SI- 1995 Zorlanma İndeksi (<i>The Strain Index</i>)	x	x	x	x	-	Orta	Orta	El/bilek/kol
CTD RAM- 1999 Kümülatif Travma Rahatsızlığı İndeksi (<i>The Cumulative Trauma Disorder Risk Index</i>)	-	x	x	x	-	Orta	Orta	Boyun/omuz, El/bilek/kol
LUBA- 2001 Üst Vücut Yüklenmesi Analizi (<i>Postural Loading on the Upper Body</i>)	x	-	-	-	-	Orta	Orta	Boyun/omuz El/bilek/kol Sırt/gövde/kalça
OCRA- 1998 Mesleki Tekrarlamalı Hareketler İndeksi (<i>Occupational Repetitive Actions Index</i>)	x	x	x	x	x	Orta	Orta	Boyun/omuz, El/bilek/kol
<i>Birleştirilmiş Metotlar</i>								
QEC- rev. 2003 Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi (<i>Quick Exposure Check</i>)	x	x	x	x	x	Düşük	Orta	Boyun/omuz El/bilek/kol Sırt/gövde/kalça Bacak/diz/ayak bileği
REBA- rev. 2000 Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (<i>Rapid Entire Body Assessment</i>)	x	x	x	-	-	Düşük	Orta	
ManTRA- 2004 (ver. 2.0) El Görevleri için Risk Değerlendirme Aracı (<i>Manual Tasks Risk Assessment Tool</i>)	x	x	x	x	x	Düşük	Orta	

Çizelge 1. Basit gözlemsel değerlendirme araçları (devam)

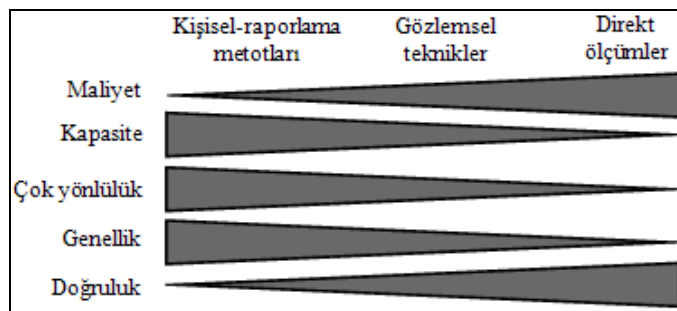
Değerlendirme Aracı	Duruş	Yük/ Güç	Hareket frekansı	Süre	Titreşim	Analiz Zamanı	Eğitim gereksinimi/ Karmaşıklık	Değerlendirilen Vücut Bölgeleri
PLIBEL-1995 Ergonomik Tehlikelerin Tanımlanmasına Yönelik Kontrol Listesi (<i>Plan för Identifiering av belastningsfaktorer</i>)	x	x	x	-	-	Orta	Orta	Boyun/omuz El/bilek/kol Sırt/gövde/kalça Bacak/diz/ayak bileği
OWAS- 1970 Ovako Çalışma Duruşların Analiz Sistemi (<i>Ovako Working Posture Analyzing System</i>)	x	x	-	-	-	Yüksek	Orta	Boyun/omuz Sırt/gövde/kalça Bacak/diz/ayak bileği

Yüksek derecede dinamik aktiviteler için postural değişimin değerlendirilmesi için bir dizi videoya dayalı gelişmiş gözlemsel teknikler geliştirilmiştir. Bu metotta, videobandına veya bilgisayara kaydedilen veriler, özel yazılımlar kullanılarak sonradan objektif olarak analiz edilir. Çalışanların postural değişimleri, temsil edecek bir çalışma periyodu süresince gerçek zamanlı kaydedilir ve çeşitli eklem parçaları analiz edilebilir. Ayrıca, hareketin uzaklığı, açısal değişiklik, hız ve ivme gibi birkaç boyut belirlenebilir. Bu analiz insan vücudunu bir kinetik zincirde birbirine eklenmiş bağıntılar (parçalar) olarak tasvir eden (gösteren) biyo-mekanikal modellerin kullanımını içerebilir (kapsayabilir) ve ayrıca antropometrik, duruş ve el yüküne ilişkin verileri, segmentler arası dengeleri ve güçleri hesaplamada kullanabilir. Bunlar karmaşıklık olarak iki boyutlu statik model ile üç boyutlu dinamik model arasında değişmektedir [18].

Literatürde gelişmiş gözlem aracı olarak; 3D Match [26], TRAC [27], Ergo-Man [28], 3DSSPP [29], Jack [30], Sammie Cad [31] gibi programların kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır.

c) Direkt Ölçüm Teknikleri; İnsan hareketlerini ve duruşlarının analizi için çeşitli direkt ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Direkt ölçümler için; sırasıyla kas aktiviteleri, açı sapmaları, güçler ve vücut hareketleri hakkında detaylı gerçek nicel bilgiler veren elektromiyografi, açı ölçer, biyomekanik analiz araçları ve optik araçlar kullanılır.

Yukarıda değinilen bu üç yaklaşımın karşılaştırılması yapıldığında, daha geçerli ve güvenilir metotlar olduğundan, direkt ölçümler gözlemlerin üzerinde, gözlemler de kişisel raporların üzerinde tutulur [32]. Gözlemsel teknikler temassızdır (vücuda cihazların takıldığı direkt ölçüm metotlarının tersine) ancak, çeşitli vücut duruşlarını tanımlamada analizcinin yargılarına dayanır [33]. Farklı metotların genel karakteristikleri Şekil 4’de görülmektedir. Bu şekil seçim için yardımcı bir rehber vazifesi görebilir.



Şekil 4. Üç farklı maruziyet (risk) ölçme metodunun genel karakteristikleri

Genel olarak, direkt metotlar ölçüm aletleriyle en spesifik ve doğru maruziyet tahminini verir, ancak önemli maliyet içerir. Büyük çaplı epidemiyolojik çalışmalarda çok geniş popülasyonda, önemli kaynaklar ve uzman gerektirdiğinden, bireysel maruziyet değerlendirmesi için pratik değildir. Anketler ve görüşme metotları kullanan kişisel raporlama (öznel değerlendirme) tekniği, geniş bir popülasyona makul bir maliyetle erişebilir, ancak maruziyet düzeyi ve değişimi ile ilgili olarak düşük geçerliliğe sahiptir [34]. Burdorf ve Van Der Beek [35], bu

şekilde bilgi toplamanın sistematik ön yargıya eğimli ve doğruluktan yoksun bulunduğunu, kişiyi etkileyen faktörler hakkında çok az şeyin bilineceğini belirtmişlerdir. Gözlemsel teknikler genellikle saha-alan araştırmalarında (field study) öznel değerlendirme teknikleri ile direkt ölçüm teknikleri arasında dengeleyici olarak kullanılır [34].

Sonuç olarak, hiçbir yöntem mükemmel değildir, farklı metotlar, farklı durumlar ve farklı amaçlar için kullanılabilir [34].

3. UYGULAMA ÖRNEĞİ

3.1. Materyal ve Metot

Örnek bir Kas iskelet sistemi risk maruziyeti değerlendirmesine yönelik olarak; Kütahya'da faaliyet gösteren bir kiremit fabrikasının emeğin yoğun olarak kullanıldığı yükleme bölümünün işgörenleri dikkate alınmıştır. Araştırmanın yapıldığı yükleme bölümünde 38 işgören çalışmakta ve yaşları da 25-45 arasında değişmektedir. İşletmede üretilen kiremitler ve özellikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. İşletmede üretilen kiremitler ve özellikleri

Kiremit Türü	Marsilya	Akdeniz	Grand	Valensiya	Otantik	Yarım Kiremit	Mahya
Boyutlar (mm) (± %2)	415*233	415*233	250*400	250*410	420*295	415*135	435*200
Ağırlık (gr)	2750	2750	3000	2650	3800	1600	2900

Bu işletmede kiremitler kamyonlara iki türlü yüklenmektedir:

- i) İlk yöntemde, stok alanından altışarlı gruplar halinde sarılı olarak taşıyıcı salıncak sistemi ile gelen kiremitler, işçiler tarafından el ile kamyonlara dizilmektedir.
- ii) İkinci yöntemde, stoktan altışarlı gruplar halinde bantlarla sarma makinasının yanına gelen kiremitler, işçiler tarafından el ile alınıp, sarma makinası üzerindeki paletin üzerine üst üste dizilir. Daha sonra, bu kiremitler stretch film ile sarılır. Kamyona yükleme ise forkliftler ile gerçekleştirilir.

Çalışma kapsamında, Marsilya kiremit grubunun birinci tip ve ikinci tip yüklenmesinde çalışan 3'er işçi denek olarak seçilmiştir. İşçiler tarafından kaldırılan yük ağırlığı toplamda 20 kg'nin altındadır (2,75 kg x 6 ad. = 16,5 kg/6 ad.).

Gerek direkt olarak kamyona yüklemede gerekse sarma makinası üzerindeki paletin üzerine yüklemede, yetersiz teknolojiye bağlı olarak, çalışanlar öne eğilme, ağırlık kaldırma, taşıma gibi fiziksel aktivitelere maruz kalmaktadırlar. Bu iki yükleme türünün, kas iskelet sistemi rahatsızlık riski bakımından, çalışanlar üzerinde oluşturduğu fiziksel yüklerin karşılaştırılması amacıyla OWAS metodundan faydalanılmıştır.

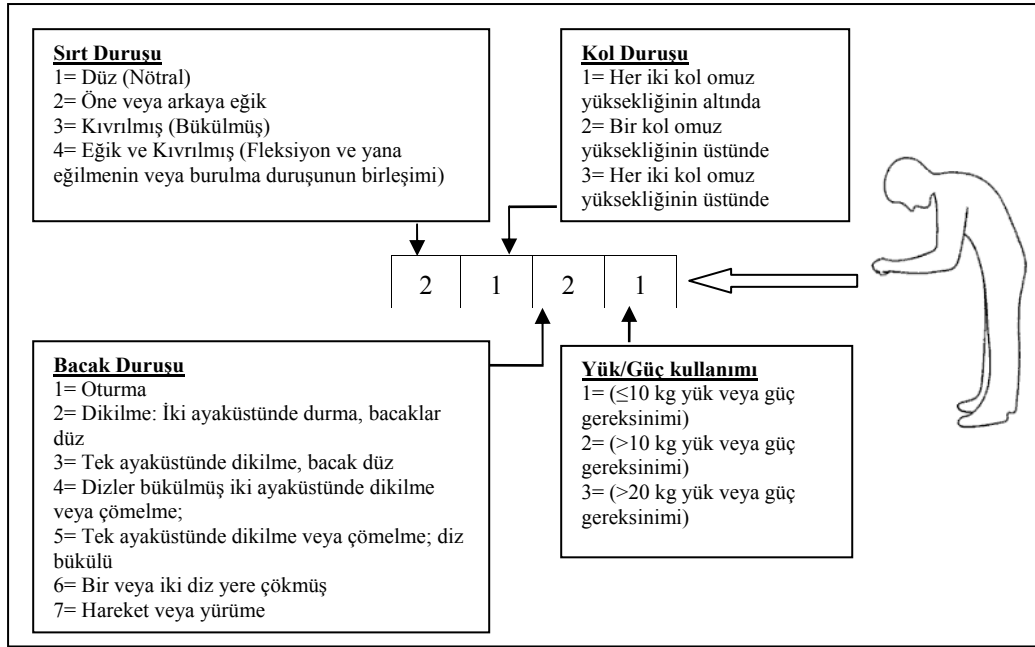
OWAS (Ovako Working Postures Analyzing System), çalışanın kas-iskelet sistemindeki yüklenmeyi ve sistemin neden olduğu kötü duruşları belirlemeye yarayan gözleme dayalı bir çalışma duruşu analiz metodudur. OWAS metodu, iş etütçülere çalışma metotlarının iyileştirmesinde yardımcı olması amacıyla bir analiz aracı olarak tasarlanmış olup, temeli çalışma duruşlarının örneklenmesine dayanmaktadır [36, 37]. Finlandiya'da bulunan bir çelik üretim şirketi (Ovako) tarafından 1970 ortalarında geliştirilmiştir. Yöntemin temel kavramları (fikirleri) diğer bazı duruş analiz sistemlerinin temelini oluşturmuştur (örneğin; RULA, REBA, vb.).

OWAS metodunun temel özellikleri [38];

- Öğrenmesi ve kullanması kolaydır,
- Çalışanın geçirdiği iyi ve kötü duruşların zaman yüzdesini özetler,
- İş tasarımı için kıyaslamalar sağlar.

McAtamney ve Hignett [39], Hızlı Üst Vücut Değerlendirme (Rapid Entire Body Assessment, REBA) gibi diğer duruş kayıt teknikleri ile karşılaştırıldığında, OWAS'ın uyum geçerliği (convergent validity) gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca Karhu ve ark. [40], OWAS metodunda, gözlemciler arasındaki ortalama güvenilirliğin %93 olduğunu ortaya koymuşlardır. OWAS'ın literatürdeki bu ve buna benzer başarılı uygulamaları göz önüne alınarak, bu çalışmada da Ergonomik değerlendirme aracı olarak OWAS metodu seçilmiştir.

OWAS metodu çalışma esnasında sırtın, kolların ve bacakların duruşlarına ilişkin bilgiler toplar. OWAS; dört sırt duruşu, üç kol duruşu ve yedi bacak duruşu ile birlikte üç yük durumu (kaldırılan yükün ağırlığı) kombinasyonundan oluşan toplamda 252 (4x3x7x3) duruş ve yük kombinasyonuna sahiptir [41]. Bu sistemde, analist gözlemler yoluyla sırtın, kolların, bacakların hareketlerini ve yükü 4 dijital kod yardımıyla kaydını tutar [42]. Duruşlar, ilgili kod numaraları ve kodlama yapısı örneği Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. OWAS Metodunda kodlama yapısı ve örneği [43]

Gözlenen duruş kombinasyonları, duruşun zararlılık düzeyi ile ilişkili olarak, dört eylem kategorisi (action categories, AC) içerisinde sınıflandırılır: AC1 ergonomik iyileştirme gerektirmeyen normal duruşları, AC2, AC3 ve AC4 ise, sırasıyla yakın zamanda iyileştirme gerektiren, mümkün olduğunda erken iyileştirme gerektiren ve hemen/derhal iyileştirme gerektiren zararlı duruşları gösterir.

Örnek büyüklüğü geniş olduğunda, duruş analiz ve kodlama sistemi çok zaman alacağından dolayı, bu işlemleri kolaylaştırmak amacıyla, Tampere Teknoloji Üniversitesi tarafından WinOWAS yazılımı geliştirilmiştir [37,44].

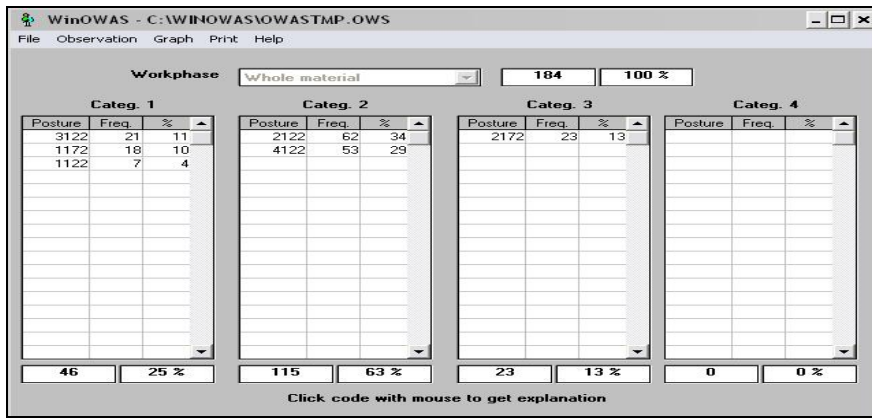
Verileri toplamadan önce, çalışanların işlerini çalışma görevlerine uygun olarak yaptıklarından ve orijinal çevrim zamanından daha büyük zamanda işleri gerçekleştirmediklerinden emin olunmuştur. Çalışanların anlık olarak yaptığı hareketlerin kaydedilmesi amacıyla video kamera kullanılmıştır. Video kamera her iki yükleme türü için, seçilen deneklerin vücut bölümlerinin tam görüntüsünü yakalayabilmesi için, deneklerden 4,5 metre uzağa yerleştirilmiştir.

İş gereği yapılan hareketlerin bir örnekleme sisteminin yapılabilmesi amacıyla, her iki tür yükleme için kaydedilen video görüntüleri, 30 sn aralıklarda olmak üzere durdurulmuş ve o anki yapılan hareketler ve duruşlar OWAS paket programına aktarılmıştır. Bu amaçla birinci tip yüklemede çalışan üç kişiye ilişkin toplam 184 veri kaydı yapılmış ve gözlem yeterliliği incelenmiştir. %10 hata payı ile % 95 güven sınırları içerisinde, gözlem sayısının

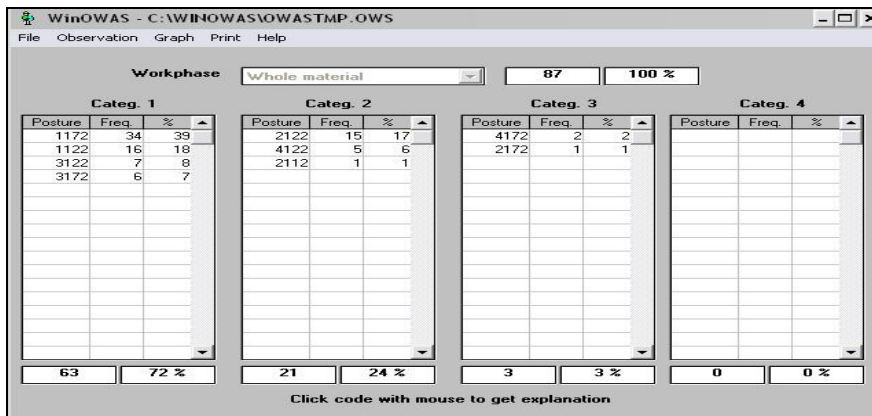
yeterli olduğuna karar verilmiştir. İkinci tip yükleme için ise, 87 veri kaydı yapılmış ve %10 hata payı ile % 95 güven sınırları içerisinde, gözlem sayısının yeterli olduğuna karar verilmiştir.

3.2. Bulgular ve Tartışma

WinOWAS yazılımı ile elde edilen, iki tür yükleme işi için işgörenlerin duruşlarının frekans dağılımları Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi, el ile direkt olarak kamyonla yükleme işinde, alınan verilerin (duruşların) %13'ü zararlı duruş olarak nitelendirilen ve ergonomik düzenlemenin mümkün olduğunca erken yapılmasının gerektiği kategori 3 içinde yer almıştır. Verilerin %63'ü, fiziksel zorlanmanın çok fazla olmadığı ancak ergonomik düzenlemenin yakın gelecekte yapılması gerektiğini gösteren kategori 2'de toplanmıştır. Kiremitleri direkt kamyonla yüklemek yerine önce paletler üzerine el ile üst üste yığılması işinde ise, işgören duruşlarına göre tehlike oranı yüksek olan kategori 3'ün görülme sıklığı %13'den %3'e düşmüştür, tehlikesiz olan kategori 1'in görülme sıklığı %25'ten %73'e yükselmiştir. AC3 olarak sınıflandırılan 2172 duruş kodu, kamyonla yüklemede/veya paletle yüklemeye, taşıma salıncağından/veya banttan alınan toplamda 16.5 kg olan kiremitlerin kamyon kasasının zeminine/veya paletin ilk katları üzerine yerleştirilirken kaydedilmiştir. Paletle yüklemeye AC3 kategorisindeki 4172 kodu ise, kiremitlerin banttan alınıp paletle ilk katlardaki köşelere yerleştirmede kaydedilmiştir.



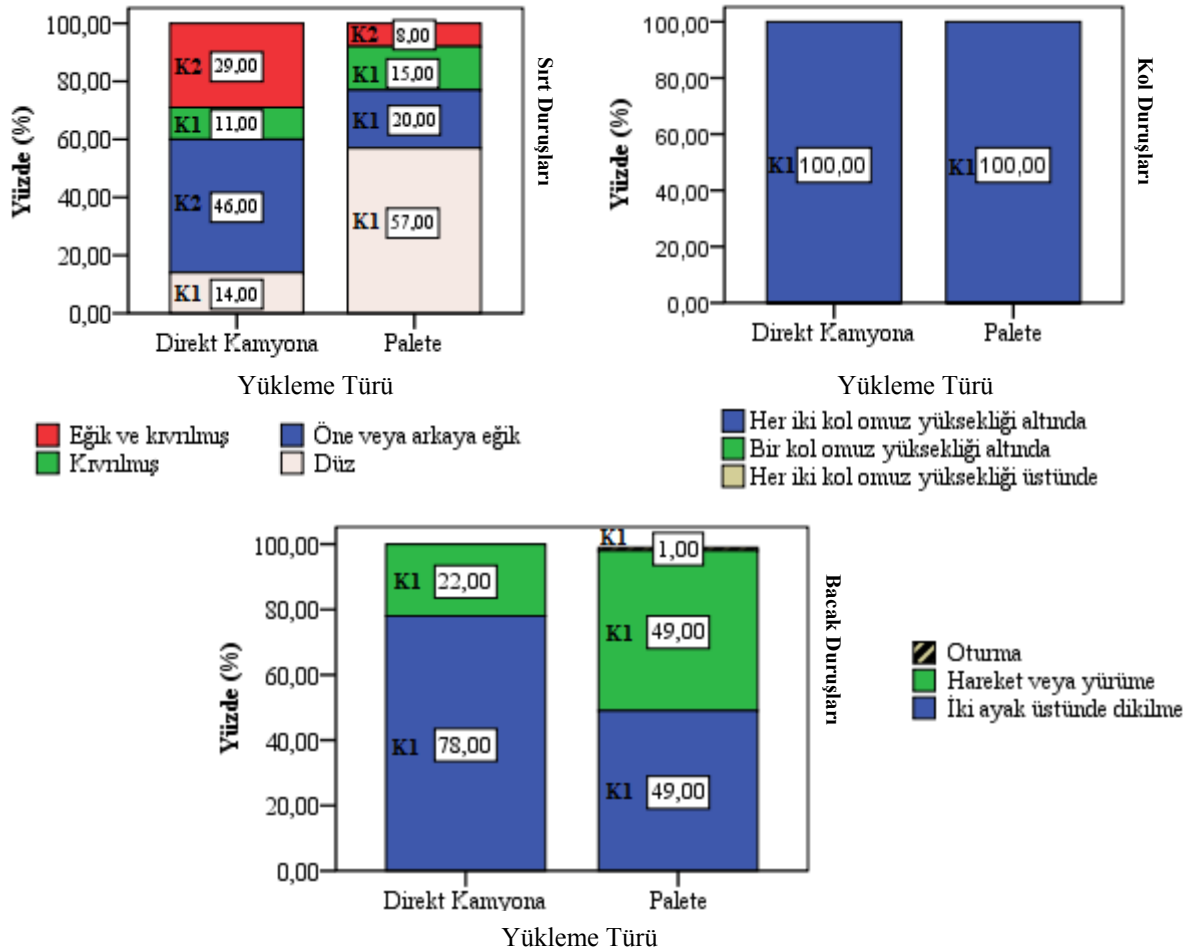
Şekil 6. El ile direkt kamyonla yükleme işi için duruşların yüzdeleri



Şekil 7. Paletle el ile yükleme işi için duruşların yüzdeleri

Bu iki tür yükleme işi için, WinOWAS yazılımı ile elde edilen ve düzenlenen her bir vücut bölgesi için, %95 güven sınırları içerisinde ve ortalama %8 hata payı ile, farklı duruşlarda harcanan toplam zaman yüzdeleri ve risk kategorileri (K) Şekil 8'de verilmiştir. Direkt kamyonla yüklemeye; sırtın, alınan verilerin %14'ünde düz, %46'sında eğik, %11'inde bükülmüş ve %29'unda eğilmiş ve bükülmüş olduğu görülmüş iken, paletle yüklemeye ise; sırt alınan verilerin % 57'sinde düz, %20'sinde eğik, %15'inde bükülmüş ve %8'inde eğilmiş ve bükülmüş konumda olduğu görülmüştür. Örneklemeye süresinin tamamında her iki yükleme türünde de

işgörenlerin iki kolu, omuz hizasının altında çıkmıştır. Direkt kamyona yüklemede, gözlemlerin %78'inde duruşlar iki ayaküstünde ve %22'sinde yürür durumdadır. Palete yüklemede ise, gözlemlerin %49'unda bacak duruşları iki ayaküstünde dikilme, %49'unda yürüme durumunda ve %1'inde ise oturma durumundadır. Ayrıca, Şekil 8'de görüldüğü gibi, sırt duruşları için palete yüklemede çalışanların eğilme frekanslarının ve tehlikeli duruşların daha az olması nedeniyle, kategori 1 (K1) olarak belirtilen zararsız duruş prevalansı, direkt kamyona yüklemeye göre çok daha büyüktür. Ayrıca kas iskelet sistemi rahatsızlık riski için büyük bir tehlike yaratan eğilme ve bükülme duruş frekansı direkt palete yüklemede %29'dan %8'e düşmüştür. Bacak duruşları bakımından ise; palete yüklemede, iki ayaküstünde dikilme oranının daha düşük olmasına bağlı olarak, iş daha dinamik bir hale gelmiştir.



Şekil 8. Her bir vücut bölgesi için farklı duruşlarda harcanan zaman yüzdeleri

3.3. Araştırma Sonuçları ve Öneriler

Örnek uygulama kapsamında, bilgisayar tabanlı OWAS metodu kullanılarak Kütahya ilinde bir kiremit fabrikasının yükleme bölümündeki iki farklı yükleme türü, işlerin yerine getirilirkenki yapılan hareketlere ve duruşlara bağlı olarak ergonomik risk bakımından sınıflandırılmıştır. Yapılan çalışmada, palete yükleme işinde tehlike kategorisi olan AC3 kategorisinin görülme oranında, direkt kamyona yüklemeye göre %10'luk bir düşüş olduğu görülmüştür.

Çalışma sonuçlarına göre, direkt kamyona yükleme işinin daha çok uygunsuz hareketler içerdiği görülmüş, bu nedenle de çalışanlar arasında yüksek oranda bel ağrısı gibi problemlerle daha sık karşılaşılması şaşırtıcı olmamıştır. Vücut ağırlığı ve taşınan yükün ağırlığı ile beraber eğilmeye de bağlı olarak artan omurga yüklenmeleri omurga disklerinde dejeneratif değişikliklere neden olur. Disklerin dejenerasyonu da kronik sırt-

bel ağrılarına dönüşebilir. Palete yükleme işinde uygunsuz duruşlar, palet boş iken ilk dizme anından başlanarak kiremitlerin seviyesinin işçilerin bel hizasının biraz altına gelinceye kadar ki olan aşamada olduğu görülmüştür. Gerek kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının önüne geçilmesi açısından, gerekse yükleme zamanı açısından, işletmenin direkt olarak kamyonu yükleme işinden vazgeçmesi gerekmektedir. Kiremitlerin palet üzerine yüklendikten sonra forklift ile kamyonu yüklenmesi, el ile yüklemeye göre ek bir maliyet oluşturmakta ancak el ile yüklemeye göre zamandan kazanç sağlamaktadır. El ile yüklemeye bir kamyonun yüklenme süresi 45-50 dakika olurken forklift ile yükleme yapıldığında bu süre 15-20 dakikaya kadar düşmektedir.

Palete yükleme işindeki uygunsuz hareketleri azaltmak için de, taşıma bandının çalışanların antropometrik özellikleri dikkate alınarak, bel seviyesinde olması ve sarma makinası üzerindeki paletin de yüksekliğinin ayarlanabilir olması önemlidir. Diğer bir öneri olarak da, boş paletin önce bel seviyesinin biraz altındaki hidrolik kaldırma platformu üzerine konularak, banttan gelen kiremitlerin bu şekilde palete aktarılması, kiremitlerin yerleştirme yüksekliği arttıkça, kaldırma platformunun yüksekliğinin indirilmesi yoluyla seviye farkının giderilmesi sağlanabilir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada işe ilişkin kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının önüne geçilmesi bakımından, en çok kullanılan ergonomik risk değerlendirme araçları gruplandırılmış, üstün ve zayıf yönleriyle bir karşılaştırması yapılmıştır. Bu risk değerlendirme araçlarından, kullanımının ve analizinin kolay olduğu direkt bir gözlem tekniği olan OWAS metodu ele alınmıştır. Bir kiremit fabrikasının emek yoğun olarak çalışılan yükleme bölümündeki çalışanları üzerinde bu metod kullanılarak örnek bir analiz yapılmış, sonuçları değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur. İlave olarak, yapılan bu çalışmayı daha geniş bir popülasyona yayarak, RULA, revize edilmiş NIOSH Endeksi, vb. araçları da kullanarak sonuçların bir karşılaştırması yapılabilir.

Sonuç olarak, mesleki görevlerin yerine getirilirkenki kas iskelet sistemi rahatsızlık risklerinin ortaya çıkarılması ve ergonomik tedbirlerin alınması açısından; ülkemizde üretim ve hizmet işletmelerine, konunun hem finansal hem de sağlık yönünden ne kadar ciddi boyutlarda olduğunu anlatılmasında, çok nadir olarak kullanılan ve az bilinen bu tür araçların işletmelere tanıtılmasında, kullanımının sağlanması yönünde çalışmaların yapılmasında ergonomistlere, yöneticilere, sendikalara ve de Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'na önemli görevler düşmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] OSHA, "Ergonomics: The Study of Work", Occupational Safety and Health Administration 3125, 1-14, (2000)
- [2] Shoaf, C. ve ark., "An Adaptive Control Model for Assessment of Work-Related Musculoskeletal Hazards and Risks", *Theor. Issues In Ergon. Sci.*, Vol. 1: 34-61, (2000)
- [3] Kumar, R., "Ergonomic Evaluation and Design of Tools in Cleaning Occupation", Doctoral Thesis, Luleå University of Technology, Department of Human Work Sciences, Division of Industrial Design, Sweden, ISSN: 1402-1544, (2006)
- [4] Li, G. ve Buckle, P., "Evaluating Change in Exposure to Risk for Musculoskeletal Disorders -A Practical Tool", *Robens Centre for Health Ergonomics, University of Survey*, (1999)
- [5] Ma, L. ve ark., "A New Simple Dynamic Muscle Fatigue Model and Its Validation", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39: 211-220, (2009)
- [6] David, G. ve ark., "The Development of The Quick Exposure Check (QEC) for Assessing Exposure to Risk Factors For Work-Related Musculoskeletal Disorders", *Applied Ergonomics*, 39: 57-69, (2008)

- [7] Zurada, J. ve ark., “A Neural Network-Based System for Classification of Industrial Jobs with Respect to Risk of Low Back Disorders Due to Workplace Design”, *Applied Ergonomics*, Vol 28: 49-58, (1997)
- [8] Sullivan, L.W. ve Gallwey T.J., “Effects of Gender and Reach Distance on Risks of Musculoskeletal Injuries in an Assembly Task”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29: 61–71, (2002)
- [9] OHCOW, “Work Related Musculoskeletal Disorders”, *Occupational Health Clinics for Ontario Workers Inc. Report*, 1-7, (2005)
- [10] Habibi, E. ve ark., 2008, “Prevalence of Musculoskeletal Disorders and Associated Lost Work Days in Steel Making Industry”, *Iranian J. Publ. Health*, Vol. 37: 83-91, (2008)
- [11] Fang, H.L. ve ark., “An Ergonomic Approach to an Investigation into The Risk Factors Leading to Work-Related Musculoskeletal Disorders for Taiwanese Hairdressers”, *IASDR 2007*, The Hong Kong Polytechnic University, (2007)
- [12] McCauley-Bell, P.R. ve ark., “Measurement of Cumulative Trauma Disorder Risk in Clerical Tasks Using Fuzzy Linear Regression”, *EEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part C: Applications And Reviews*, Vol. 29: 1-14, (1999)
- [13] Sestos, M., “Chronic Musculoskeletal Disorders in Agriculture for Partners in Agricultural Health”, *Agricultural Health Project Module VIII*, 1-39, (2008)
- [14] Marras, W.S. ve ark., “National Occupational Research Agenda (NORA) Future Directions in Occupational Musculoskeletal Disorder Health Research”, *Applied Ergonomics*, 40: 15–22, (2009)
- [15] Luttmann, A. ve ark., “Evaluation of Muscular Strain and Fatigue in Occupational Field Studies Using Long Term EMg Records”, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 4*, 209-212, (2000)
- [16] Jones, T. ve Kumar S., “Comparison of Ergonomic Risk Assessments in a Repetitive High-Risk sawmill Occupation: Saw-filer”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37: 744–753, (2007)
- [17] Village, J. ve ark., “An Analysis of Physical Work of Care Aides”, *Reducing Injuries in Intermediate Care: The Ergonomic Report*, 5-40, (2008)
- [18] David, C.G., 2005, “Ergonomic Methods for Assessing Exposure to Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders”, *Occupational Medicine*, 55: 190-199, (2005)
- [19] Kuorinka, I. ve ark., “Standardized Nordic Questionnaires for The Analysis of Musculoskeletal Symptoms”, *Applied Ergonomics*, 18: 233-237, (1987)
- [20] Hildebrandt, V.H. ve ark., “Dutch Musculoskeletal Questionnaire: Description and Basis Qualities”, *Ergonomics*, 44: 1038-1055, (2001)
- [21] İnternet: Cornell University, “Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires”, <http://ergo.human.cornell.edu>, (1999)
- [22] Corlett E.N. ve Bishop R.P., “A Technique for Assessing Postural Discomfort”, *Ergonomics*, 19: 175-182, (1976)
- [23] Borg, G., “Perceived Exertion as an Indicator of Somatic Stres”, *Scandinavian Journal of Work, Environment, and Health*, 16: 55–58, (1970)

- [24] Ahsberg, E. ve ark., “Perceived Quality of Fatigue During Different Occupational Tasks: Development of a Questionnaire”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20: 121-135, (1997)
- [25] OHSCO, “MSD Prevention Toolbox”, OHSCO’s Musculoskeletal Disorders Prevention Series, Part 3A, 1-56, (2007)
- [26] Callaghan, J.P. ve ark., “The Design and Preliminary Validation of 3D-Match- A Posture Matching Tool for Estimating Three-Dimensional Cumulative Loading on The Low Back” 34th Annual Conference of Association of Canadian Ergonomists, London, Ontario, (2003)
- [27] Frings-Dresen, H.W., Kuijer, P.P.F.M., “The TRAC-System: An Observation Method for Analysing Work Demands at the Workplace”, *Safety Science* 21: 163-165, (1995)
- [28] Mollard, R. ve ark., “Researches and Developments on Postures and Movements Using CAD Techniques and ERGODATA”, *Computer Applications in Ergonomics, Occupational Safety and Health Elsevier, Amsterdam*, 337-343, (1992)
- [29] Chafflin, D., “A Computerized Biomechanical Model: Development and Use in a Studying Gross Body Actions”, *J. Biomech* 2: 429-441, (1969)
- [30] Badler, N.I. ve ark., “Simulating Humans: Computer Graphics Animation and Control”, Oxford University Press, USA, (1993)
- [31] Porter, J.M. ve ark., “Computer Aided Ergonomics and Workspace Design”, Taylor and Francis, London, 574-620, (1995)
- [32] Village, J. ve ark., “Development and Evaluation of an Observational Back-Exposure Sampling Tool (Back-EST) for Work-Related Back Injury Risk Factors”, *Applied Ergonomics*, 40: 538-544, (2008)
- [33] Pinzke, S. ve Kopp, L., “Marker-Less Systems for Tracking Working Postures-Results from Two Experiments”, *Applied Ergonomics*, 32: 461-471, (2001)
- [34] Marras, S., Karwowski, W., “Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics”, CRC Pres, 1024 pages, Boca Raton, USA, (2006)
- [35] Burdorf A, van der Beek A., “Exposure Assessment Strategies for Work-Related Risk Factors for Musculoskeletal Disorders”, *Scand J Work Environ Health* 25-4: 25-30, (1999)
- [36] Heinsalmi, P., “The Ergonomics of Working Postures”, *International Occupational Ergonomics Symposium*, 100-105, (1986)
- [37] Li, K.W., Lee, C.L., “Postural Analysis of Four Jobs on Two Building Construction Sites: An Experience of Using The OWAS Method In Taiwan”, *Journal of Occupational Health*, 183-190, (1999)
- [38] Keyserling, W.M., “OWAS: An Observational Approach to Posture Analysis”, *Industrial and Operations Engineering*, The University of Michigan, Ann Arbor, (2004)
- [39] McAtamney, L. and Hignett, S., “REBA (Rapid Entire Body Assessment) - More than a Postural Analysis Tool”, In Robertson S (Ed) *Contemporary Ergonomics*, Taylor & Francis, London, 431-435, (1997)
- [40] Karhu O., Kansi P., Kuorinka I., “Correcting Working Postures in Industry: A Practical Method for Analysis”, *Applied Ergonomics* 8: 199-201, (1997)

- [41] Ismail, A.R. ve ark., “Assessment of Postural Loading Among The Assembly Operators: A Case Study at Malaysian Automotive Industry”, *European Journal of Scientific Research*, 224-235, (2009)
- [42] Akay, D. ve ark., “Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 18, No 3: 73-84, (2003)
- [43] Helander, M., 2005, “A Guide to Human Factors and Ergonomics”, 2nd ed., CRC pres, 414 pages, Boca Raton, USA, (2005)
- [44] Saraji, J.N. ve ark., “Evaluation Of Musculoskeletal Disorders Risk Factors Among The Crew Of The Iranian Ports And Shipping Organization’s Vessels”, *Acta Medica Iranica*, 42(5): 350-354, (2004)

