

BİR METAL SANAYİ İŞLETMESİNDE ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİYLE BÜTÜNLEŞİK İŞ YÜKLERİNİN ANALİZİ

Emin KAHYA^{1*}, Kadriye ALPASLAN², Gizem ŞENYÜZ³

- ¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Meşelik Yerleşkesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-9763-2714>
- ² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Meşelik Yerleşkesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, ORCID No : <https://orcid.org/0009-0003-6588-4580>
- ³ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Meşelik Yerleşkesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, ORCID No : <https://orcid.org/0009-0003-0588-3252>

Anahtar Kelimeler	Öz
Çalışma duruşları Ergonomik risk değerlendirme yöntemleri REBA MURI AHP	<i>Uygunsuz çalışma duruşları sırt, kol, boyun, bilek gibi vücut bölgelerinde kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Bu rahatsızlıklar, yapılan işin özelliklerinin farklı olması nedeniyle aynı bölümde atölyeler arasında farklılıklar göstermektedir. Rahatsızlıkların önlenmesi amacıyla, ergonomik risk değerlendirmelerin yapılarak risk düzeylerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, ana sanayiye metal parçaların üretimini gerçekleştiren bir işletmenin üretim bölümünde işçilerin yaptıkları işlem ve montaj faaliyetlerin risk düzeylerinin 5 farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemi; REBA, NERPA, QEC, OWAS ve MURI, ile tespiti amaçlanmıştır. İşletmede, işçilerin yapmış oldukları 20 işlem belirlenmiş, bunlar gözlemlenerek her işlem için vücut bölgeleri (boyun, gövde, bacak, kol, bilek) ve diğer bileşenlerin (ağırlık kaldırma, kavrama, aktivite, stres, yürüme vb.) risk skorları 5 yöntem için tespit edilmiştir. Yöntemlerin kapsadığı vücut bölgeleri ile diğer faktörler ayrı özelliklere ve hatta risk skoru birimlerine sahip olduklarından, her yöntemin maksimum risk skoruna göre işlemlerin risk skorları % birimine dönüştürülerek normalizasyon işlemi yapılmıştır. İşlemlerin bütünlük risk skoru için, 5 uzmana AHP yöntemi uygulanarak yöntemlerin ağırlıkları belirlenmiş ve her işlem için bütünlük risk skoru hesaplanmıştır. En yüksek bütünlük risk skoruna sahip ilk 5 işlem için iyileştirici geliştirmeler önerilmiştir.</i>

ANALYSIS OF INTEGRATED WORKLOADS BY USING ERGONOMIC RISK ASSESSMENT METHODS IN A METAL INDUSTRIAL ENTERPRISE

Keywords	Abstract
Working posture Ergonomic risk assessment methods REBA MURI AHP	<i>Inappropriate working postures can cause musculoskeletal disorders on the body parts such as back, arms, neck, wrists. These disorders show differences between workshops in the department due to the different compelling characteristics of the work done. In order to prevent disorders, ergonomic risk levels should be determined by using ergonomic risk assessments. In this study, it is aimed to determine the risk levels of the operations and assembly activities performed by the workers in the production department of an enterprise that produces metal parts for the main industry with 5 different ergonomic risk assessment methods, REBA, NERPA, QEC, OWAS ve MURI. In the enterprise, 20 operations performed by the workers were determined, and by observing these, risk scores of the body parts (neck, trunk, leg, arm, wrist) and other components (weight lifting, grip, activity, stress, walking, etc.) for each operation for 5 methods were determined. Since the body regions covered by the methods and other factors have different characteristics and even risk score units, the risk scores of the operations were converted into % units according to the maximum risk score of each method, and then normalization was performed. For the integrated risk score of the operations, the weights of the methods were determined by applying the AHP method to 5 experts and the integrated risk score was calculated for each operation. Remedial enhancements are proposed for the top 5 operations with the highest integrated risk score.</i>

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi : 18.06.2023

Submission Date : 18.06.2023

Kabul Tarihi : 14.09.2023

Accepted Date : 14.09.2023

* Sorumlu yazar: ekahya@ogu.edu.tr

<https://doi.org/10.31796/ogummf.1316286>



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Giriş

Teknolojik gelişmeler sayesinde işler kolay hale gelse de fiziksel insan gücüne duyulan ihtiyaç hala birçok alanda devam etmektedir. İnsan gücünün yoğun olarak kullanıldığı işlerde eğer uygun olmayan çalışma duruşları mevcut ise kas iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR) kaçınılmaz bir sorundur.

Araştırmalara göre endüstriyel işlerin ortalama üçte birinin; kaldırma, indirme, tutma, taşıma, itme veya çekme gibi elle taşıma faaliyetlerinden biri ile bağlantılı olduğu yönünde güçlü kanıtlar bulunmaktadır (Akay ve Toksari, 2009). El ile taşıma işlerinde özellikle bel rahatsızlıkları ile sıkça karşılaşılmaktadır.

KİSR; kaslarda, sinirlerde, tendonlarda, kıkırdakta, bağlarda, birleşme noktalarında ve disklerde (omurga) meydana gelen rahatsızlıklardır. İskelet ve kas sistemi sendromları eğilme, doğrulma, tutma, kavrama, bükme ve uzanma gibi sıradan vücut hareketlerinden meydana gelir (Akay, Dağdeviren ve Kurt, 2003). Bu hareketler günlük yaşam içerisinde yapıldıklarında zararlı olmamakla birlikte, iş yaşamında sürekli tekrar edildiklerinde ve hızlı yapıldıklarında zararlı hale gelmektedirler (Özel ve Çetik, 2010).

KİSR, dünyada yaygın bir sağlık sorunu olup; sinirleri, tendonları, kasları ve vücudun destekleyici yapılarını kapsamaktadır (Esen ve Fığlalı, 2013). Tekrarlı hareketler, kesintisiz uzun süre çalışma, hız çalışma, uygunsuz çalışma koşulları (sıcaklık, titreşim vb.), yüksek iş talebi, gibi faktörler KİSRna sebep olmaktadır. Ayrıca, iskelet ve kas sistemi sendromlarına: sabit duruşlar, sürekli ve tekrarlı hareketler, işin süresi ve sıklığı, vücudun belli bölgelerindeki uygun olmayan duruşlardan dolayı meydana gelen zorlanmalar, uygun harekete izin vermeyen işler ve titreşim neden olmaktadır (Akay ve diğ., 2003). Bu sebeple uygunsuz çalışma duruşlarının olabildiğince iyileştirilmesi ve çalışanın rahatsızlıklarının en aza indirilmesi, hem çalışan sağlığı hem de işgücü verimliliği açısından oldukça önemlidir.

KİSR ortaya çıkmasını önleyebilmenin en önemli yolu ise ergonomik tehlikelerin belirlenmesi için ergonomik risk değerlendirme yapılmasıdır. Ergonomik düzenlemelerin nasıl ve hangi yerlerde yapılacağı, ergonomik risk değerlendirmeleri sonucu belirlenmelidir (Coşkun, Sağıroğlu ve Erginel, 2015). Ergonomik risk değerlendirme sonucunda hangi alanda hangi sırada iyileştirmeler yapılacağı ortaya çıkmaktadır.

Literatürde ergonomik riskleri değerlendirmek için birbirinden farklı özellikte pek çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler, çalışırken işçinin duruşunu değerlendirmek ya da yaptığı işin unsurlarını ele almak üzere tasarlanmışlardır (Karabacak, 2016; Kılıç Delice, Ayık, Abidinoğlu, Çiftçi ve Sezer, 2018). Bu çalışmada, ergonomik risk değerlendirme

yöntemlerinden REBA (Rapid Entire Body Assessment - Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi), NERPA (Novel Ergonomic Postural Assessment - Yeni Ergonomik Duruş Değerlendirmesi) OWAS (Ovako Working Posture Analysing System - Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi), QEC (Quick Exposure Check - Hızlı Maruziyet Değerlendirme) ve MURİ yöntemleri bir metal sanayi işletmesindeki 20 işlem için kullanılarak her bir yöntem için risk skorları elde edilmiştir. Bir ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) yöntemi olan AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) 5 karar vericiye uygulanarak ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin ağırlıkları tespit edilmiştir. Her bir yöntemin maksimum risk skorunun farklı ve hatta birimlerinin değişik yapıda olması nedeniyle, maksimum risk skorlarından hareketle, işlemlerin risk skorları % birime dönüştürülerek normalizasyon işlemi yapılmıştır. Normalize risk skorları yöntem ağırlıkları ile bütünleşik risk skorları elde edilmiş, en yüksek bütünleşik risk skoruna sahip 5 işlem için iyileştirici öneriler geliştirilmiştir.

Çok çeşitli risk değerlendirme yöntemlerini içinde bulundurması nedeniyle bu çalışma daha kapsamlıdır. Ayrıca risk değerlendirme yöntemlerinin bir ÇKKV yöntemi ile birlikte kullanılması ile alandaki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Literatürde, ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden biri veya birkaçı kullanılarak; metal, otomotiv, tekstil, mobilya, gıda, tarım, ormancılık, inşaat ve enerji gibi sektörlerde mavi yakalı çalışanların yaptıkları işlerde risk skorunu tespit etmek ve yüksek riskli işlemler için iyileştirici öneriler geliştirilmiş çok sayıda çalışma sunulmuştur.

Son yıllarda, bu çalışmada kullanılmış yöntemlerden birkaçı kullanılarak yapılmış en önemli çalışmalar tanıtılacaktır. Çalışmaların büyük bölümünde en yüksek risk skoru tespit edilen işlemler için iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi ele alınmıştır.

Gajbhiye, Banerjee ve Nandi (2020), inşaat işlerinde çalışanların, aşırı fiziksel efor, aşırı kuvvet, ağır yük kaldırma ve gün boyunca uygunsuz duruşta çalışmaları nedeniyle KİSR maruz kaldıklarını belirterek, hafriyat işçilerinin ağrı/rahatsızlık düzeylerini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışanların ergonomik riskleri NERPA, WERA ve REBA yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. İnşaat işçilerinin duruşlarının değerlendirilmesi için NERPA yönteminin uygulanabileceği görülmüştür. Zengin ve Ömer (2020), bina inşaatlarında çalışan duruşlarının 3 farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemi (REBA, OWAS ve QEC) ile analiz ederek, 4 farklı görevdeki toplam 39 çalışma duruşunu analiz etmişlerdir. Sonuçta QEC yöntemi sonuçlarının diğer yöntemlerden ayrıldığı belirlenmiştir. Sadeghi Yarandi ve diğ. (2019), KİSR

etkileyen risk faktörlerini belirlemek için NERPA, RULA, REBA yöntemlerini, Alborz ilinde bir enerji santrali ekipman endüstrisinde onarım ve bakım bölümünde çalışan 259 çalışana uygulamışlardır. Nordic anketi KİSR düzeylerini belirlemek için kullanılmıştır. Sonuçlar, farklı görevlerde KİSR sonuçlarını tahmin etmede en iyi yöntemin RULA yöntemi olduğunu göstermiştir.

Baş ve Yapıcı (2020), Karadeniz bölgesinde emek yoğun çalışmanın yapıldığı bir gıda işletmesinin hammadde, imalat ve paketleme bölümlerinde, işçilerin çalışma esnasındaki riskli çalışma pozisyonları REBA ve RULA yöntemleri ile risk analizi yapmışlardır. Akalp, Saklangıç ve Çırakoğlu (2021) tarım işçilerinin zeytin hasadı esnasında çalışma duruşlarını REBA yöntemi ile analiz etmiş ve riskli işler için çözüm önerileri sunmuşlardır. Aydın (2021), perakende sektöründe et ve tavuk ürünleri satışı yapan bir firmada çalışma duruşlarını gözlemiş, çalışanların elle kaldırma işlemi için NIOSH kaldırma denklemi, reyon kısmındaki çalışma duruşları için ise REBA yöntemini kullanmıştır. Hawari, Sulaiman, Kamarudin ve Me (2022), Malezya'nın Selangor kentindeki 3 ahşap işleme atölyesinde kesme, kaldırma ve montaj işlemleri için QEC ve REBA yöntemleri ile ergonomik risk analizi yürütmüşlerdir. Sauk, Beyhan ve Kalın Uğurlutepe (2023), fındık toplama makinası ile fındığın yerden toplanması esnasında çalışan duruşlarını REBA ve OWAS yöntemleri ile inceleyerek risk skorlarını belirlemişlerdir.

Polat ve diğ. (2017), Denizli'de faaliyet gösteren bir mobilya işletmesinde çalışan işçilerin çalışma duruşlarını REBA yöntemi ile analiz etmişlerdir. Otuz iki işçi için REBA yöntemi ile gözlemler yapılmış, KİSR açısından riskli işler belirlenmiştir. Özellikle üretim ve montaj hatlarında çalışan işçilerin yaklaşık %60'ının KİSR açısından oldukça riskli olduğunu tespit edilmiştir. Çiçek, Kazanç ve Kahya (2018), REBA, OWAS ve QEC yöntemleri ile mobilya sektöründe bir işletmenin montaj hattındaki süngerleme, kumaşı iskelete giydirme, kolları iskelete zımbalama ve gövdeyi iskelete zımbalama olmak üzere dört işlemin risk skorlarını tespit etmişlerdir. Demirkol Akyol (2022), bir tekstil işletmesindeki işlemlerin ergonomik risk faktörlerini belirlemek amacıyla REBA, NIOSH ve OCRA yöntemlerini kullanmıştır.

Yazdanirad ve diğ. (2018), İsfahan'da ilaç, otomotiv ve montaj olmak üzere üç farklı sektörden 210 işçi üzerinde çalışma yürütmüşlerdir. KİSR düzeylerini belirlemek için bir Nordic anketi kullanılmıştır. Seçilen işlemler RULA, LUBA ve NERPA yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, KİSR değerlendirmek için üç yöntem arasında en uygun yöntemin RULA olduğunu göstermiştir. Kahya ve Söylemez (2019), bir jant fabrikasının üretim atölyesinde zorlanmaların en fazla olduğu yıkama, kıvrırma, torna ve pres tezgahlarında, işçilerin maruz kaldıkları fiziksel zorlanmaların tespiti amacıyla REBA ve QEC yöntemleri ile ergonomik risk

değerlendirmesi yapılmışlardır. Özcan ve Yeğin (2020), otomotiv sektörüne lastik üreten bir işletmede yükleme ve boşaltma yapan işçilerin fiziksel ve zihinsel iş yüklerinin iyileştirilmesi amacıyla OWAS ve NASA-TLX yöntemleri ile analizler yapmışlardır. Mert, İde ve Gündüz (2022), otomotiv sektöründe yedek parça imalatı yapılan progresif kalıp hattında çalışanların KİSR risklerini QEC ve BAUA yöntemleri ile incelemişlerdir. Demirtaş ve diğ. (2023), ısı rezistans üretimi yapan bir fabrikada REBA, NIOSH, OWAS ve OCRA yöntemlerini kullanılarak riskli çalışma duruşlarının olduğu işlerde çalışacak personelin atanması problemini ele almışlardır.

Bu çalışmalara ilaveten, Kılıç Delice ve diğ. (2018), Adar ve Kılıç Delice (2020) ve Aksüt, Eren ve Tüfekçi (2021) ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ile ÇKKV yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar sunmuşlardır. Kılıç Delice ve diğ. (2018), bir tüp üretim fabrikasında REBA, OWAS, QEC ve MANTRA yöntemlerini kullanarak riskli çalışma duruşlarını çıkarmayı amaçlamışlardır. Diğer çalışmalardan farklı olarak, çalışmada; üretim aşamalarının ve vücut bölümlerinin risk değerlendirmeleri ayrı ayrı yapılmıştır. Bütünleşik bir değerlendirme için bu dört yöntem AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Adar ve Kılıç Delice (2020), şoförlerin toplam iş yükünü ÇÖKV yöntemlerinden AHP ve COPRAS yöntemlerini kullanarak belirlemişlerdir. İlk olarak; zihinsel iş yükünü NASA-TLX, fiziksel iş yükünü ise REBA yöntemi ile tespit etmişlerdir. Ardından, AHP yöntemi ile ölçütlerin önem ağırlıkları belirlenmiş ve bu ağırlıklar kullanılarak COPRAS yöntemi ile 60 şoförü karşılaştırmışlardır. Aksüt, Eren ve Tüfekçi (2021), bir tekstil fabrikasının bölümlerinin ergonomik risk açısından sıralanması problemini ele almışlardır. Problemin çözümünde ANP ve PROMETHEE yöntemleri kullanılmıştır. Kadınların yoğun olarak çalıştığı Dikimhane bölümü ergonomik risk açısından ilk sırada yer almıştır.

Bu çalışmada, farklı olarak, birbirinden farklı özelliklere sahip 5 ergonomik risk değerlendirme yöntemi kullanılmış, kapsam daha da genişletilmiştir. Yöntemlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile tespit edilerek bütünleşik bir risk skorunun belirlenmesi açısından diğer çalışmalardan fark oluşturmaktadır. Bu şekilde ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin sonuçları ayrı ayrı değil, bir bütün olarak değerlendirilip daha etkin sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır.

3. Kullanılan Yöntemler

Bu çalışmada, 5 ergonomik risk değerlendirme yöntemi ile bir ÇKKV yöntemi olan AHP yöntemi kullanılmıştır.

3.1. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri

İşlemlerin ergonomik riskleri REBA, NERPA, QEC, OWAS ve MURI yöntemleri belirlenmiştir.

REBA Yöntemi

Hignett ve McAtamney (2000) tarafından duruşları analiz etmek üzere geliştirilen REBA yöntemi; elle yapılan taşıma, kaldırma işlemlerindeki riskleri hesaplamak için kullanışlıdır. REBA yönteminde, vücut bölgeleri olarak; gövde, boyun, bacak, üst kol, alt kol ve bileklerin duruşu analiz edilir, duruş sırasında uygulanan kuvvet (veya taşınan yük), kavrama ve aktivite skoru eklenerek REBA skoru elde edilmektedir.

NERPA Yöntemi

Yöntem, postüral değerlendirmenin en yeni yöntemlerinden biridir. NERPA, fiziksel durumu daha iyi değerlendiren son yöntemlerden biri olarak ilk kez 2013 yılında Sanchez-Lite, Garcia, Domingo ve Angel Sebastian (2013) tarafından sunulmuştur. NERPA, RULA'nın değiştirilmiş bir uyarlamasıdır, aynı yapıya sahiptir. Yöntem, nihai puanı elde etmek için fiziksel koşullara dayalı bir puanlama sistemini kullanan birçok gözlemsel değerlendirme yöntemine benzerdir (Sadeghi Yarandi ve diğ., 2019).

QEC Yöntemi

QEC yönteminin ilk yapı ve değerlendirilmesi 1. aşamada (1996-1998) Lee ve Buckle (1998) tarafından oluşturulmuştur. Yöntem uygulayıcılar tarafından belirli bir süre kullanıldıktan sonra, içeriği değerlendirilmiş, sunum formatı 2. aşamada (2000-2003) gözden geçirilmiştir. Her iki aşamada 206 uygulayıcıdan alınan geri bildirimlere göre yöntem son şekli verilmiştir (David, Woods, Li ve Buckle, 2008).

İki bölümden oluşan formun, "Gözlemcinin Değerlendirmesi" bölümünde; değerlendirici, çalışma esnasında 4 vücut bölgesinde (sırt, omuz/kol, bilek/el ve boyun) duruş ve hareketler için 18 soru yer almaktadır. "Çalışanın Değerlendirmesi" bölümünde ise, çalışan; kaldırılan veya taşınan en fazla ağırlık, iş süresi, bir elle uygulanan en yüksek kuvvet, işin gerektirdiği görsel dikkat, taşıt kullanma, titreşim, zorlanma ve iş stresi olmak üzere 8 başlıkta değerlendirme yapmaktadır. Nihai olarak; 8 farklı bileşen; sırt (statik ve dinamik), omuz/kol, bilek/el, boyun, taşıt kullanma, titreşim, iş temposu, stres skorlamaya esas teşkil etmektedir.

OWAS Yöntemi

Ovako Çelik Şirketi tarafından 1970 yılında Finlandiya'da geliştirilmiştir (Karhu, Kansu ve Kuorinka, 1977). Çalışma sırasında sırt, kol ve bacak vücut bölgelerinin duruşları ile eğilme, rotasyon ve elevasyon pozisyonlarını değerlendirilir. Her bir duruş özelinde o duruşa maruz kalma süresi ve sıklığı da dikkate alınır. Değerlendirmede duruşların kaydedilmesi aşamasında kamera kullanılabilir, görüntüler için özelliğine göre farklı zaman aralıkları ile incelenir. Uzun süreli

işlemlerde 15 saniye, daha küçük sürelerde ise 5 saniye ara ile çalışma duruşunun kaydedilip değerlendirilmesi önerilmektedir (Akay ve diğ., 2003). Sadece 4 vücut bölgesinin etkili olduğu işlem türleri için kullanılabilir. Her 5-15 saniyede bir analiz yapılması işlem yükünü arttırır.

MURI Yöntemi

Yalın üretimde, gereksiz faaliyetler yani israflar MUDA, MURİ ve MURA olarak tanımlanır. MURİ; aşırı yükü yani çalışma alanında bulunan ekipman ve insanların normal kapasitelerinin üzerinde çalıştırılarak zorlanmalarını ifade eder (Ayan, 2015; Oral, Gönen, Karaoğlan, Tuncer ve Kundakçı, 2018).

MURİ yönteminde, belden eğilme, belin dönmesi, kolların çalışması gibi 9 vücut bölgesi hareketi için çalışma esnasında puanlama yapılmaktadır. Her hareket için 3 farklı seviye bulunmaktadır. Değerlendirme sonucuna göre elde edilen risk seviyesi yüksek ise iyileştirme yapılarak riskli hareketin azaltılması hatta ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır.

Yöntemlerin risk skorlarına bağlı olarak risk düzeyleri Tablo 1'de verilmiştir.

3.2. AHP Yöntemi

AHP yöntemi Thomas L. Saaty (1980) tarafından karmaşık karar verme problemlerinin çözümü için geliştirilen ve en yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemidir. AHP yöntemi çok sayıda ölçüt ile uygulanabilen, nitel ve nicel faktörleri değerlendirebilen, diğer yöntemlere göre uygulaması kolay olan ve sistematik yapısı sayesinde çok karmaşık problemleri basitleştiren bir yöntemdir (Adar ve Kılıç Delice, 2020).

AHP yöntemi 4 adımdan oluşmaktadır (Saaty, 1980; Adar ve Kılıç Delice, 2020):

- 1- Karar matrislerinin oluşturulması
- 2- Normalize matrisin oluşturulması
- 3- Öncelik vektörünün hesaplanması
- 4- Tutarlılık oranının (TO) hesaplanması

Adım 1: Karar matrislerinin oluşturulması

Ölçütler arasında ikili karşılaştırma matrisleri kurularak karar verici görüşleri alınır. Karar verici tarafından ölçüt i ile ölçüt j karşılaştırıldığı zaman, ölçüt i'nin ölçüt j'ye göre ne oranda tercih edildiğini belirlemek için Saaty (1980) tarafından önerilen ve Tablo 2'de gösterilen 1-9 skalası kullanılır.

Tablo 1. Risk Düzeyleri

Derece	Risk Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal Edilebilir	Gerekli değil
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zaman içerisinde gerekli
4	11-15	Çok Yüksek	Hemen gerekli

b) NERPA Yöntemi (Sadeghi Yarandi ve diğ., 2019)

Derece	Risk Skoru	Risk Seviyesi
1	1-2	Düşük
2	3-4	Orta
3	5-6	Yüksek
4	7	Çok Yüksek

c) QEC Yöntemi (Li ve Buckle, 1998)

Derece	Risk Skoru	Eylem
1	≤40%	Kabul edilebilir
2	41-50%	Daha fazla araştırılmalı
3	51-70%	Daha fazla araştırılmalı ve yakın zamanda değişiklik yapılmalı
4	>70%	Araştırılmalı ve hemen değişiklik yapılmalı

d) OWAS Yöntemi (Ülker ve Burdurlu, 2012)

Kod	Kategori	Eylem Sınıfı	Açıklama
1	C1	Normal duruş	Ergonomik düzenleme yapılması gerekmemektedir.
2	C2	Zorlanma fazla değil	Ergonomik düzenleme yapılması gerekir fakat acil bir düzenlemeye gidilmez.
3	C3	Yüklenme ve zorlanma fazla	Ergonomik düzenleme en kısa zamanda yapılmalıdır.
4	C4	Yüklenme ve zorlanma çok fazla	Ergonomik düzenleme derhal yapılmalıdır.

e) MURI Yöntemi (Oral ve diğ., 2018)

Derece	Risk Skoru	Risk Seviyesi
1	0-10	Yeşil
2	11-15	Sarı
3	16-	Kırmızı

Tablo 2. Karşılaştırma Ölçeği (Saaty, 1980)

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit öneme sahip	Her iki seçenekte eşit önem düzeyine sahip
3	Biraz önemli	Bir ölçüt diğerine göre biraz daha önemlidir
5	Fazla önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok daha önemlidir
7	Çok fazla önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok daha fazla önemlidir
9	Son derece önemli	Bir ölçütün diğerine göre son derece önemli
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılan önem düzeyleri

İkili karşılaştırmalar, köşegen elemanları 1 olan matrisin üst üçgen matris kısmı için yapılır. x_{ij} , i. ve j. ölçütün ikili karşılaştırma değeri ise, x_{ji} değeri $1/x_{ij}$ eşitliğinden elde edilir. İkili karşılaştırma matrisleri Denklem (1)'de verildiği gibi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{1,2} & \dots & x_{1,n} \\ x_{2,1} & 1 & \dots & x_{2,n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

n ölçütün yer aldığı durumda oluşturulacak ikili karşılaştırma matrisi X, $n \times n$ boyutundadır. Ana ölçütler ve alt ölçütler arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra Adım 2'ye geçilir.

Adım 2: Normalize matrisin oluşturulması

İkili karşılaştırma matrisindeki (X) her eleman Denklem (2)'ye göre kendi sütun toplamına bölünerek normalize edilir.

$$x'_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{\sum_{i=1}^n x_{i,j}} \quad (2)$$

Adım 3: Öncelik vektörünün hesaplanması

Normalize edilmiş matrisin her bir sütun toplamı 1'e eşittir. Denklem (3) kullanılarak, normalize edilmiş matrisin her bir satır toplamı, matrisin boyutuna bölünerek ortalaması elde edilir. Elde edilen bu değer her bir ölçüt için hesaplanan önem ağırlığıdır. Bu ağırlıklar öncelik vektörü olarak adlandırılır.

$$w_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^n x'_{i,j}, \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

Adım 4: Tutarlılık oranının (TO) hesaplanması

Ölçütler arasında yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu elde edilen yargıların tutarlı olup olmadığı kontrol edilir. Karar vericinin yargıları ile oluşturulan bir A matrisinin tutarlı olup olmadığı Denklem (4)'te verilen "Tutarlılık İndeksi (TI)" katsayısının hesaplanması ile elde edilir.

$$TI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Tutarlılık indeksi hesabı yapabilmek için önce Özdeğer olarak adlandırılan λ_{\max} , Denklem (5) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n X_{i,j} * w_j}{w_i} \right) \quad (5)$$

Tutarlılığı kontrol edebilmek için "Rassal İndeks (RI)" değerinin de bilinmesi gerekir. Her bir matris boyutu n'e karşılık gelen RI değerleri Tablo 3'te verilmiştir. RI değeri, boyutu en çok 15 olan matrisler için hesaplanabilmektedir.

Tablo 3. Matris Boyutuna Göre RI Değerleri

n	1	2	3	4	5	..	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	..	1,49

TI ve RI oranları belirlendikten sonra TO değeri Denklem (6) kullanılarak hesaplanır.

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (6)$$

Matrisin tutarlı olması için TO değerinin 0,1'den küçük çıkması gerekmektedir. Eğer TO değeri 0,1'den büyük çıkarsa matrisin tutarsız olduğu kanaatine varılır ve ikili karşılaştırma matrisi tekrar gözden geçirilir.

4. Uygulama

Çalışmanın gerçekleştirildiği işletme, Organize Sanayi Bölgesinde, metal ve plastik parçalar üretmekte olup 1984 yılında kurulmuştur. İşletmede, 35 adeti beyaz ve 249 adeti mavi yakalı olmak üzere 284 personel görev yapmaktadır. Bu çalışmanın gerçekleştirildiği metal üretim bölümünde ise 2 vardiyada 63 mavi yakalı çalışmaktadır.

Metal üretim bölümünde, saç plakadan kesilen saç parçalar, preslerde şekillendirme, puntolama, delik

delme, dış çekme gibi işlemlerden geçtikten sonra gruplama atölyesinde birleştirilmektedir.

Çalışma öncesinde işletme yöneticisi ile temas kurularak çalışmanın amacı, yürütüm şekli hakkında detaylı bilgi verilmiş, çalışma ve makale için 12 Nisan 2023 tarihli izin alınmıştır. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri İnsan Araştırmaları Etik Kurulu Başkanlığı'nın 18 Mayıs 2023 tarih ve 2923-13 nolu kararı ile araştırmanın etik ve bilimsel açıdan uygunluğu onaylanmıştır.

Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

4.1. İşlemlerin Risk Skorlarının Belirlenmesi

İşletmenin Metal Üretim Bölümündeki 4 farklı atölyede mevcut olan tezgâhlardaki işlemler üzerine yürütülmüştür. 3 üretim atölyesinde 28 tezgâh ve Gruplama atölyesinde 13 montaj iş istasyonunda işlemler yapılmakta olup bizzat işçilerin yaptığı 20 farklı özelliklere sahip işlem için gözlem yapılabileceği tespit edilmiştir.

Tezgâh ve montaj masalarında çalışan işçilerin yaptıkları işlemler gözlemlenerek, ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden; REBA, NERPA, QEC, OWAS ve MURI yöntemleri ile risk skorları belirlenmiştir.

Her bir işlem için, bir süre işlemin nasıl yapıldığı, işçinin işlemlerini yapılış esnasında zorlandığı vücut bölgelerine odaklanılmıştır. Önce, REBA formunda belirtilen her vücut bölgesi için işçinin zorlanma düzeyini gösteren düzey forma işaretlenmiştir. İşaretlenen düzeylerine göre formdaki puanlar toplanarak REBA risk skoru hesaplanmıştır. Benzer işlemleri NERPA, QEC, OWAS ve MURI yöntemleri için de yapılmış ve her işlem için 5 farklı yöntemin risk skorları elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4'ten görüleceği üzere, işlemlerin REBA skorları 3-10, NERPA skorları 3-6, QEC skorları 65,43%-76,54%, OWAS skorları 1-3 ve MURI skorları 10-17 arasında değişmektedir.

Her yöntemde farklı vücut bölgeleri zorlanmaları ile ek faktörler (ağırlık kaldırma gibi) yer almaktadır. Başka bir ifade ile tüm vücut boyutları ve faktörleri kapsayan mükemmel bir yöntem yoktur. Dolayısıyla en yüksek skorlu işlemler yöntemden yöntemeye değişebilmektedir.

En yüksek skorlu işlemler (Şekil-1);

- REBA yöntemine göre Çoklu Dış Çekme (skor = 10)
- NERPA yöntemine göre Çoklu Dış Çekme dahil 8 işlem (skor = 6)
- QEC yöntemine göre Çoklu Dış Çekme ve Teker sıkma ve kapak takma B (skor = 76,54%)
- OWAS yöntemine göre Çoklu Dış Çekme (skor = 3)
- MURI yöntemine göre Çoklu Dış Çekme (skor = 17) olarak elde edilmiştir.

Tablo 4. İşlemlerin Risk Skorları

Atölye	Analizlerde İşlem Adı	REBA	NERPA	QEC	OWAS	MURİ
Manuel Saç Şekillendirme	Saç kesim (M3)	7	5	62,96%	2	12
	Manuel Pres Baskı (H2501)	5	6	72,84%	2	15
Manuel Preshane	Manuel Pres Baskı (631)	5	4	69,14%	2	12
	Manuel Pres Baskı (632)	5	4	69,14%	2	13
	Manuel Pres Baskı (1005)	5	3	69,14%	1	12
	Manuel Pres Baskı (1007)	5	4	69,14%	2	15
Otomatik Preshane	Otomatik Pres Baskı	7	6	72,22%	2	14
Gruplama	Çapak alma	7	6	67,90%	1	12
	Argon Kaynak	5	6	62,96%	1	9
	Punta Kaynak	5	5	67,90%	1	12
	Kılavuz Çekme	3	3	65,43%	1	12
	Diş Çekme	7	3	74,07%	1	13
	Çoklu Diş Çekme	10	6	76,54%	3	17
	Perçinleme	3	4	72,84%	1	11
	Teker Sıkma	9	6	71,60%	2	10
	Teker sıkma ve kapak takma A	7	6	74,07%	2	12
	Teker sıkma ve kapak takma B	7	6	76,54%	2	13
	Tox Baskı	7	5	75,31%	1	14
	Vida Sıkma	5	5	70,99%	1	11
	Yapıştırma	6	5	68,52%	2	13

4.2. Risk Skorlarının Normalizasyonu

Her yöntemin risk skorunun maksimum değeri ile yapısı birbirinden farklıdır. Maksimum REBA skoru 15 iken QEC skoru % cinsindedir. Bir işlemin 5 yöntem için risk skorlarını içeren bütünleşik skoru, bunların ortalaması ile belirlenemez. Dolayısıyla, yöntemlerin skorlarının aynı birime dönüştürülmesi yani normalizasyon yapılması gerekir.

Normalizasyon işlemi, 1 risk skoru başına % belirlenmesi ile mümkündür. Örneğin, REBA skoru için, maksimum risk skoru 15 olduğundan 1 risk skoru başına %6,67 olarak elde edilir (Tablo 5).

Tablo 5. Karşılaştırma Ölçeği

Yöntem	Maksimum Risk Skoru	Skor Başına %
REBA	15	%6,67
NERPA	7	%14,29
QEC	%100	%1
OWAS	4	%25
MURİ	27	%3,7

Böylece, örneğin Saç kesim (M3) işlemi için risk skorları (%);

- REBA : %46,67
- NERPA : %71,43
- QEC : %62,96
- OWAS : %50
- MURİ : %44,44

olarak elde edilir. Eğer, her bir yöntemin bütünleşik risk skorundaki payı eşit kabul edilir (eşit ağırlık, %20) ise, işlemin;

$$\text{Risk Skoru} = \%20(\%46,67 + \%71,43 + \%62,96 + \%50 + \%44,44) = \%55,10$$

şeklinde hesaplanır.

4.3. AHP Yöntemi ile Yöntemlerin Ağırlıklarının Tespit Edilmesi

AHP yöntemi her yöntemin ağırlığını belirlemede kullanılabilir en uygun yöntemlerden biridir. AHP yöntemi uygulaması için Ergonomi alanından 3 öğretim üyesi ile işletmeden 2 yönetici karar verici olarak belirlenecektir. Yöneticilere, 5 Ergonomik Risk Değerlendirme Yönteminin her birinin temel özellikleri, değerlemede dikkate alınan vücut bölgeleri ve puanları açıklanmış, sonra da AHP yönteminin nasıl uygulanacağı tanıtılmıştır. Başlık 3.2'de belirtilen 4 adım izlenerek yöntemlerin ağırlıkları tespit edilmiştir.

Her bir yönetici ikili karşılaştırma yaparak, bir yöntemin diğerine göre üstünlük (önem) düzeyine karar verecektir. Tablo 2'de verilen karşılaştırma ölçeği kullanılarak, 5 karar vericinin gözlem sonuçları ile ölçütler arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Beş karar verici tarafından oluşturulan matrisler geometrik ortalama ile birleştirilmiş ve Tablo 6'da sunulmuştur.

Denklem (4) ve Denklem (5) ile her karar vericinin ve birleştirilmiş matrislerin tutarlılık oranları hesaplanmıştır.

Birleştirilmiş matris için;

$$\lambda_{max} = 5,0438483$$

$$TI = (\lambda_{max} - n)/(n-1) = 0,01096207 \quad (n=5)$$

$$RI = 1,12 \quad (n=5)$$

$$TO = 0,09135062 < 0,1$$

olduğundan matris tutarlıdır, Tablo 7'de verilen ağırlıklar uygundur.

Gözlem yapılan her işlem için, 5 yöntemin sonuçları ağırlıkları ile çarpılarak, bütünlük risk skoru tespit edilmiş ve Tablo 8'de sunulmuştur.

Denklem (2) kullanılarak Tablo 6'daki değerler normalize edilmiş, Denklem (3) kullanılarak her bir satır toplamı, matrisin boyutuna bölünerek yöntemlerin önem ağırlıkları yani öncelik değerleri hesaplanmıştır. Tablo 7'de yöntemlerin ağırlıkları sunulmuştur.

Tablo 6. Birleştirilmiş Karar Matrisleri

Yöntem	REBA	NERPA	QEC	OWAS	MURI
REBA	1,0000	1,0845	0,7579	3,1165	1,5157
NERPA	0,9221	1,0000	0,6310	2,5365	1,0845
QEC	1,3192	1,5849	1,0000	5,1435	3,4375
OWAS	0,3209	0,3942	0,1944	1,0000	0,5422
MURI	0,6598	0,9221	0,2909	1,8442	1,0000

Tablo 7. Birleşik Öncelik Değerler (Ağırlıklar) (%)

Yöntemler	Öncelik Değerleri
REBA	22,93%
NERPA	19,35%
QEC	36,18%
OWAS	7,35%
MURI	14,19%

5. Tartışma

Bu çalışmada, literatürde en yaygın kullanılan, olabildiği ölçüde fazla vücut boyutlarını dikkate alan 5 ergonomik risk değerlendirme yöntemi; REBA, NERPA, QEC, OWAS ve MURI ile risk skorları belirlenmiştir.

Risk skoruna bağlı olarak, Tablo 1'de verilen risk düzeyleri dikkate alındığında, orta düzey riskler için iyileştirme yapılması gerekli, yüksek riskler için ise kısa zamanda iyileştirme yapılması önerilir. REBA yöntemine göre, Tablo 4'ten açıkça görülmektedir ki, işlemlerin %80'i orta risk düzeyindedir. Başka bir deyişle sadece 2 işlem düşük ve 2 işlem de yüksek risklidir. Yüksek riskli işlemler Çoklu Dış Çekme ve Teker Sıkma işlemleridir. Bu işlemler, bütünlük risk skoru açısından, en yüksek risk skorlu ilk 5 işlem arasında yer almaktadır.

Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin dikkate aldıkları vücut bölgeleri ve diğer faktörler ile risk puanlamaları arasında bazı farklılıklar olduğundan, belirledikleri yüksek riskli işlemler arasında bazı farklılıklar çıkabilir.

Beş ergonomik risk değerlendirme yöntemi için risk düzeylerindeki işlem sayıları Tablo 9'da verilmiştir.

En yüksek bütünlük risk skoruna sahip işlemler,

- 1) Çoklu Dış Çekme
- 2) Teker Sıkma
- 3) Teker Sıkma ve Kapak Takma B
- 4) Teker Sıkma ve Kapak Takma A
- 5) Otomatik Pres Baskı

olarak elde edilmiştir.

Sonuçlar göstermektedir ki REBA, OWAS ve MURI yöntemleri yüksek riskli işlem sayıları 1-2 olmasına rağmen, NERPA ve QEC yöntemlerinde yüksek ve çok yüksek risk düzeyleri başlangıç skorunun daha düşük skorla belirlendiği görülmektedir. NERPA yönteminde risk düzeyinin 2 skor sabit farklarla oluşturulması bu sapmanın nedeni olabilir. QEC yönteminde risk düzeyleri, öncekine göre %10 sabit artışlarla belirlenmiştir. İlk bakışta makul görülmeyle birlikte, hafif metal sanayi işlemleri için uygun olmadığı görülmektedir.

Tablo 8. İşlemlerin Risk Skorları

Atölye	Analizlerde İşlem Adı	REBA	NERPA	QEC	OWAS	MURİ	Birleşik Skor (%)
		22,93%	19,35%	36,18%	7,35%	14,19%	
Manuel Saç Şekillendirme	Saç kesim (M3)	46,67	71,43	62,96	50,00	44,44	59,07
	Manuel Pres Baskı (H2501)	33,33	85,71	72,84	50,00	55,56	60,30
Manuel Preshane	Manuel Pres Baskı (631)	33,33	57,14	69,14	50,00	44,44	53,70
	Manuel Pres Baskı (632)	33,33	57,14	69,14	50,00	48,15	54,22
	Manuel Pres Baskı (1005)	33,33	42,86	69,14	25,00	44,44	49,09
	Manuel Pres Baskı (1007)	33,33	57,14	69,14	50,00	55,56	55,27
Otomatik Preshane	Otomatik Pres Baskı	46,67	85,71	72,22	50,00	51,85	64,45
Gruplama	Çapak alma	46,67	85,71	67,90	25,00	44,44	60,00
	Argon Kaynak	33,33	85,71	62,96	25,00	33,33	58,99
	Punta Kaynak	33,33	71,43	67,90	25,00	44,44	54,18
	Kılavuz Çekme	20,00	42,86	65,43	25,00	44,44	44,70
	Diş Çekme	46,67	42,86	74,07	25,00	48,15	54,46
	Çoklu Diş Çekme	66,67	85,71	76,54	75,00	62,96	74,01
	Perçinleme	20,00	57,14	72,84	25,00	40,74	49,62
	Teker Sıkma	60,00	85,71	71,60	50,00	37,04	65,18
	Teker sıkma ve kapak takma A	46,67	85,71	74,07	50,00	44,44	64,07
	Teker sıkma ve kapak takma B	46,67	85,71	76,54	50,00	48,15	65,49
	Tox Baskı	46,67	71,43	75,31	25,00	51,85	60,96
	Vida Sıkma	33,33	71,43	70,99	25,00	40,74	54,77
	Yapıştırma	40,00	71,43	68,52	50,00	48,15	58,29

Tablo 9. Yöntemler Göre Risk Düzeylerindeki İşlem Sayıları

Risk Düzeyi	REBA	NERPA	QEC	OWAS	MURİ
Düşük	2	0	0	9	2
Orta	16	7	0	10	13
Yüksek	2	13	10	1	1
Çok Yüksek	0	0	10	0	0

En yüksek bütünlük risk skoruna sahip 5 işlem için risk skorunu düşürücü iyileştirme önerileri aşağıda açıklanmıştır. İşlemlerin risk skorunu yükseltici hareketleri Şekil 1'de verilmiştir. Analizler REBA yöntemine göre yapılacaktır.

Çoklu Diş Çekme: Çalışan diş çekilecek parçaları kasadan alarak banttaki yuvalara yerleştirmekte, bant kılavuz tezgahın önüne geldiğinde diş çekme otomatik gerçekleşmektedir.

Ergonomik açıdan 3 önemli problem tespit edilmiştir.

a) İşlemin özelliği gereği, çalışan her 10-15 parçada bir matkap ucuna yağ sürmektedir. Bu faaliyet esnasında 3 vücut bölgesi zorlanmaktadır (Şekil-1.a).

- 1) 20° üstünde boyun eğmesi ve yana dönme
- 2) 60° üstünde sırtın öne ve yana doğru sırt eğilmesi
- 3) 45-90° arası kolların öne ve rotasyon

Bu zorlanmayı azaltmak için, kılavuz tezgahın üzerine uygun büyüklükte bir yağ tankı ve bundan bir hortum ile tezgaha yağ akışının ayarlı olmasını sağlayan bir mekanizma (tıpkı hastaya serum verme gibi) kurulması önerilir.

b) Çalışan yüksek ve yüksekliği sabit bir sandalyede oturmaktadır. Bu oturuş esnasında ayaklar masa altına girmediğinden, yan oturuş yapmakta veya vücudunu geriye çekmekte, bu da parçaları banda koyma esnasında 20° üstünde sırtın öne doğru eğilmesini gerektirmektedir.

Temel prensip, çalışma yeri yüksekliğinin operatörün dirsek yüksekliğinde olmasıdır. Bu boyuta 10-15 cm tolerans eklenebilir. Ancak operatörün omuz yüksekliğine kadar kollarını kaldırması, omuz ve üst kol ağrılarına neden olduğundan, kabul edilemez.

Çalışma yeri yüksekliği (parçaların konduğu konveyör yükseklik: 95 cm

Oturarak çalışma durumunda;

Türkiye’de son yıllarda kapsamlı (4205 denek) antropometrik ölçülerin alındığı bir çalışma olan İşeri ve Arslan (2009)’da verilmiş ölçülere göre;

172,3 cm boya sahip uzun boy (%95.) kadın bir operatör için;

Oturma yüksekliği = 44,6 cm

Dirsek yüksekliği = 28,7 cm

Ayakkabı ve elbise payı = 5 cm

Toplam = 78,3 cm

Parçaların konduğu yükseklik 95 cm olduğundan operatörün oturarak çalışması tercih edilmez. Zira 16,7 cm’ye kadar kollarını kaldırması gerekir ki bu üst kol ve omuz ağrılarına sebep olur. Oturarak çalışmak uzun boylu kadın için dahi uygun değildir.

Ayakta çalışma durumunda;

Kısa (%5.) boya (147,3 cm) sahip kadın bir operatör için;

Ayakta dirsek yükseklik = 91,3 cm

Ayakkabı ve elbise payı = 5 cm

Toplam = 96,3 cm

Operatörün ayakta çalışması uygundur.

c) Kasaların konduğu sehpanın yüksekliği sabittir.

Yük kaldırma ilkeleri gereği, kasaların zeminden en az 40 cm yükseğe konulması önerilmektedir. Bu yükseklik dolu kasayı yerden almak için uygundur.

i) Kutulardan malzemeleri alma dirsek yüksekliğinde alınmalıdır. Kutu yüksekliğinin 15-20 cm olabileceği dikkate alındığından, kasa altı sehpa yüksekliğinin yaklaşık çalışanın bel yüksekliğinde olması önerilebilir.

Ayakta yapılan işler için;

İşeri ve Arslan’ın (2009) verdiği antropometrik ölçülere göre;

%5. (kısa) boya (147,3 cm) sahip kadın bir operatör için;

Ayakta dirsek yükseklik = 91,3 cm

Ayakkabı ve elbise payı = 5 cm

Toplam = 96,3 cm

184,2 cm boya sahip (%95) erkek bir operatör için;

Ayakta dirsek yükseklik = 117,5 cm

Ayakkabı ve elbise payı = 5 cm

Toplam = 122,5 cm

olup, çalışanların farklı boy ölçülerinde olabileceği dikkate alındığında, standart 109,4 cm, ayarlama mesafesi 26,2 cm (109,4 ± 13,1 cm) olan ayarlanabilir sehpa kullanılmalıdır.

ii) Hem ayakta hem de oturarak yapılan işler için, en uygunu, sabit veya hareketli (tekerlekli), hidrolik makaslı, manuel veya elektrikli kaldırma tablaları kullanmaktır.

Bu iyileştirmelerin uygulanması halinde REBA risk skorunun 10’dan 4’e düşmesi beklenmektedir.

Teker Sıkma: İşçi kutulardan aldığı parçaları sıkma mekanizmasına koyup anahtar ile sıkılmaktadır.

Bu işlemdeki en önemli risk faktörü çalışan boyun (193 cm) tezgah yüksekliğine göre uzun olmasıdır (Şekil-1.b).

Tezgah yüksekliğinin 90 cm olması nedeniyle,

- 1) 20° üstünde boyun eğmesi ve yana dönme
- 2) 20-60° sırtın öne ve yana doğru sırt eğilmesi

olmaktadır. Ayakta çalışılan iş yerlerinde tezgah yüksekliği;

- a) İşçinin dirsek yüksekliği,
- b) Çalışılan parçanın yüksekliği,
- c) Kuvvet kullanımı ve
- d) Montajın inceliğine (hassasiyet)

bağlıdır. Kısa veya uzun boylu kadın ve erkeklerin birlikte çalıştığı iş istasyonlarında aynı tezgah yüksekliği önerilemez. Öncelikle önemli olan, çalışanların ayakta dirsek yüksekliği, yaklaşık olarak, tezgah yüksekliği ile aynı olmasıdır.

İşeri ve Arslan’ın (2009) verdiği antropometrik ölçülere göre;

157,4 cm kısa boya (%5.) sahip erkek bir operatör için;

Ayakta dirsek yüksekliği = 97,7 cm

Ayakkabı ve giysi payı = 5 cm

Toplam = 102,7 cm

Tezgah yüksekliği ~13 cm küçüktür, %5. erkek operatörün bile eğilmesi kaçınılmazdır. Böyle bir tezgahta ancak kısa boylu (%5.) kadınlar (147 cm) çalışabilir.

Kutular, operatörün en fazla 20° eğilecek kadar yakın mesafeye alınmalıdır. Bu önerinin uygulanması halinde REBA risk skorunun 9’dan 4’e düşmesi beklenmektedir.

Teker Sıkma ve Kapak Takma A/B: Bu işlemlerdeki en önemli risk faktörü malzemelerin olduğu kutulardan parçaların alınması ve kapak takılmış parçaların diğer

bir kutuya bırakılması esnasında özellikle boyun, sırt ve üst kol hareketlerindeki uygunsuzluklardır (Şekil-1.c).

Böyle uygunsuzluklar;

- i) Masa altı bacak boşluğu olmaması ve
- ii) Çalışanın kısa boylu olması nedeniyle kutuların işçiden uzak kalması sonucu oluşur.

İstasyonlarında, işçinin oturarak veya ayakta çalışması halinde, masa üzerinde iki kolun uzanma mesafesinde, öne doğru eğimli malzeme kutularının yerleştirilmesi, bitmiş ürün kutusunun ise yanda, kasa üst seviyesi işçinin dirsek hizasında olacak şekilde, sehpa üzerinde tasarlanması (ergonomik iş istasyon) önerilir. Bu iyileştirme sadece KİSR düşürmekle kalmaz aynı zamanda işgücü verimliliğinin yükselmesini de sağlar. Öneri ile REBA risk skorunun 7'den 4'e düşmesi beklenmektedir.



a) Çoklu Diş Çekme



b) Teker Sıkma



c) Teker Sıkma ve Kapak Takma A/B



d) Otomatik Pres Baskı

Şekil 1. En Yüksek Risk Skorlu İşlemler

Otomatik Pres Baskı: İşlem esnasında en büyük risk, kasa 80*150*80 cm ebadında olduğunda, parçanın kasaya yerleştirilmesi esnasında işçinin 60°'ye kadar sırtını eğmesidir (Şekil-1.d).

i) Kasanın altında 40 cm yüksekliğinde platform bulunmalı, kasada yarıdan az malzeme kaldığında, daha az eğilerek malzeme alabilmek için kasanın bir tarafının yarıya kadar açılmasını sağlayacak şekilde menteşeli kapak yapılması önerilmektedir.

ii) Üzerinde daha küçük ebatlı (70*50 cm gibi) kasa konabilen, sabit veya hareketli (tekerlekli), hidrolik makaslı, manuel veya elektrikli kaldırma tablaları kullanılabilir.

Önerinin uygulanması halinde REBA risk skorunun 8'dan 4'e düşmesi beklenmektedir.

6. Sonuçlar

Herhangi bir ürünün işlenmesi, paketlenmesi vb. aşamalarında mutlaka bir kütleyi tutma, kaldırma, taşıma, elde tutma, indirme, bırakma vb. faaliyetler ile karşılaşılır. Bir kütleyi kaldırma vb. tamamen veya büyük ölçüde statik bir iş olup, çok fazla güç gerektirir. Asıl sorun, güç gereksinimi ve zorlanma değil, uygunsuz çalışma duruşları sonucu, özellikle boyun, sırt, kol, bilek, ayak gibi vücut bölgelerinde KİSR neden olmasıdır. Bu rahatsızlıklar sadece yük kaldırma, taşıma faaliyetlerini yapanlarda değil, aynı zamanda sık frekanslarda parça alma-bırakma, montaj gibi çalışanlarda da sıklıkla görülmektedir. Çalışanlarda meydana çıkan rahatsızlıklar, aynı zamanda üretimdeki verimliliğin düşmesine, iş kazalarının artmasına da yol açmaktadır.

KİSR azaltmak için, ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ile risk skorunun belirlenmesi, bu skoru yükselten boyun ve sırt eğmesi, omuz veya baş üstü kol uzanma, bilek dönmeleri, diz çökme gibi uygunsuzlukları azaltacak çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerekir.

İşyerinin çalışma koşullarının ve çevresinin ergonomik açıdan uygun olmayışı hem işçilerin işe bağlı sağlık sorunları yaşamalarına hem de işverenin tazminat ve tedavi masraflarını ödemelerine neden olabilir. Bu nedenle ergonomik düzenlemelerin yapılması hem çalışan hem de işveren bakımından oldukça yararlı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bununla birlikte, ergonomik düzenleme çalışmaları içerisinde çalışma duruşlarının ergonomik risk değerlendirmeleri sıklıkla yapılmakta olan önemli değerlendirmelerdir (Kılıç Delice ve diğ., 2018). Bu çalışmada 5 ergonomik risk değerlendirme yöntemi; REBA, NERPA, QEC, OWAS ve MURI kullanılarak elde edilen ergonomik risk değerleri bir ÇKKV yöntemi olan AHP yöntemi kullanılarak bütünleşik bir risk değerlendirmesine dönüştürülmüştür. Hangi görevde hangi vücut bölümü için öncelikli olarak ergonomik açıdan tedbirler alınması gerektiği ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkarılmıştır. Böylece, risk önceliklerine göre belirlenmiş işlemler ve vücut bölgeleri için önerilen iyileştirme çalışmaları başlatılmalıdır.

Araştırmacıların Katkıları

Bu araştırmada; Emin KAHYA, çalışmanın tasarımı, bilimsel yayın taraması, formların tasarımı, istatistiki analizi, iyileştirme önerileri, makalenin hazırlanması, iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi; Kadriye ALPASLAN ve Gizem ŞENYÜZ ergonomik risk değerlendirmelerin yapılması konularında katkılarda bulunmuştur.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesine izin veren işletme yöneticilerine, çalışmalar esnasında yardımcı olan Makine Müh. Serkan Bıyıkoğlu ve İSG uzmanı Zeynep Soykan Birtürk'e teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Adar, T. ve Kılıç Delice, E. (2020). Şehir içi toplu taşıma şoförlerinin toplam iş yüklerinin fiziksel ve zihinsel iş yükü ölçütlerine göre yeni bir yaklaşımla karşılaştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 254-267. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/pajes/issue/52564/690955?publisher=pamukkale>
- Akalp, H. G., Saklangıç, U. ve Çırakoğlu, S. (2021). Zeytin tarımında çalışan işçilerin çalışma duruşlarının REBA yöntemi ile analizi. *Ergonomi*, 4(2), 88-96. doi: <https://doi.org/10.33439/ergonomi.961369>
- Akay, D., Dağdeviren, M. ve Kurt, M. (2003). Çalışma duruşlarının ergonomik analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(3), 73-84. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6657/88995>
- Akay, D. & Toksari, M. D. (2009). Ant colony optimization approach for classification of occupational low back disorder risks. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 19(1), 1-14. doi: <https://doi.org/10.1002/hfm.20134>
- Aksüt, G., Eren, T. ve Tüfekçi, M. (2021). Tekstil sektöründe kadın çalışanların maruz kaldığı ergonomik risklerin çok kriterli karar verme yöntemleri ile belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 32(1), 12-33. doi: <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.789642>
- Ayan, B. (2015). *Montaj hattında ergonomik risk unsurlarının incelenmesi: Otomotiv sektörüne yönelik bir uygulama* (Uzmanlık Tezi). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi, Ankara.
- Aydın, S. (2021). NIOSH ve REBA yöntemleri kullanılarak ergonomik risk analizi vaka çalışması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 414-433. doi: <https://doi.org/10.25092/baunfbed.887802>

- Baş, H. ve Yapıcı, F. (2020). İş istasyonlarında çalışanlarda zorlanmaya neden olan duruşların ergonomik açıdan irdelenmesi: Örnek uygulama. *Ergonomi*, 3(3), 128-137. doi: <https://doi.org/10.33439/ergonomi.789307>
- Coşkun, M. B., Sağiroğlu, H. ve Erginel, N. (2015). İş istasyonlarının ergonomik riskinin NIOSH yöntemi ile belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 365-370. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jesd/issue/20874/224048>
- Çiçek, E., Kazanç, N. ve Kahya, E. (2018). Bir mobilya işletmesinin montaj hattında ergonomik risk analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(Özel sayı: Ergonomi 2017), 67-82. doi: <https://doi.org/10.21923/jesd.359455>
- David, G., Woods, V., Li, G., & Buckle, P. (2008). The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*, 39(1), 57-69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.03.002>
- Demirkol Akyol, Ş. (2022). Bir tekstil işletmesinde ergonomik risk değerlendirme uygulaması. *Ergonomi*, 5(2), 72-83. doi: <https://doi.org/10.33439/ergonomi.1086636>
- Demirtaş, D. N., Yazıcı, E., Olcar, H., Kuşçu, F. N., Başer, C. ve Alakaş, H. M. (2023). Isı rezistans fabrikasında ergonomik risk değerlendirme ve hedef programlama ile personel planlama. *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 159-180. doi: <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1050109>
- Esen, H. ve Fırlı, N. (2013). Çalışma duruşu analiz yöntemleri ve çalışma duruşunun kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(1), 41-51. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/192676>
- Gajbhiye, M. T., Banerjee, D., & Nandi, S. (2020). Postural evaluation of construction labourers engaged in excavation work using newly developed NERPA method and its validation through REBA and WERA methods. In: *Advances in Mechanical Engineering: Select Proceedings of ICAME 2020* (pp. 253-261). Singapore: Springer Singapore. Erişim adresi: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-3639-7_30
- Hawari, N. M., Sulaiman, R., Kamarudin, K. M., & Me, R. C. (2022). Musculoskeletal discomfort evaluation using Rapid Entire Body Assessment (REBA) and Quick Exposure Check (QEC) among woodworking workers in Selangor, Malaysia. *Asian Journal of Applied Sciences*, 10(5), 407-416. doi: <https://doi.org/10.24203/ajas.v10i5.7047>
- Hignett, S. & McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205. doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- İşeri, A. ve Arslan, N. (2009). Estimated anthropometric measurements of Turkish adults and effects of age and geographical regions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(5), 860-865. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2009.02.007>
- Kahya, E. ve Söylemez, S. (2019). Jant sektöründe QEC ve REBA yöntemleriyle ergonomik risk değerlendirmesi. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 3(2), 83-96. doi: <https://doi.org/10.33720/kisgd.644584>
- Karabacak, N. (2016). *Diş hekimlerinin çalışma duruşlarının ergonomik analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201. doi: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(77\)90164-8](https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8)
- Kılıç Delice, E., Ayık, İ., Abidinoğlu, Ö. N., Çiftçi, N. N. ve 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(Özel sayı: Ergonomi 2017), 112-124. doi: <https://doi.org/10.21923/jesd.364394>
- Li, G. & Buckle, P. (1998). User participation in the development of exposure assessment method—a think aloud approach (abstract). In: *PREMUS-ISEOH '98: Proceedings of the Third International Scientific Conference on Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders*, 21-25 September 1998, Helsinki, Finland. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, 97p.
- Mert, U., İde, D. ve Gündüz, T. (2022). Otomotiv sektörü progresif kalıp hattında ergonomik üretim tasarımı ile verimliliğin artırılması. *Endüstri Mühendisliği*, 33(2), 289-308. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/endustrimuhendisligi/issue/46716/585764>
- Oral, A., Gönen, D., Karaoğlu, A. D., Tuncer, C. ve Kundakçı, S. S. (2018). Makina montajında zaman israfının kaldırılması için REBA ve MURİ çalışması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(Özel Sayı: Ergonomi 2017), 102-111. doi: <https://doi.org/10.21923/jesd.359911>
- Özcan, B. ve Yeğin, E. (2020). Lastik sektöründe OWAS ve NASA-TLX yöntemleri kullanılarak fiziksel ve zihinsel iş yükü ölçümü. *Ergonomi*, 3(1), 1-9. doi: <https://doi.org/10.33439/ergonomi.643602>

- Özel, E. ve Çetlik, O. (2010). Mesleki görevlerin ergonomik analizinde kullanılan araçlar ve bir uygulama örneği. *Dumlupınar üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 41-56. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/dpufbed/issue/36008/405251>
- Polat, O., Mutlu, Ö., Çakanel, H., Doğan, O., Özçetin, E. ve Şen, E. (2017). Bir mobilya fabrikasında çalışan işçilerin çalışma duruşlarının REBA yöntemi ile analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(Özel sayı: Ergonomi 2016), 263-268. doi: <https://doi.org/10.21923/jesd.41742>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Sadeghi Yarandi, M., Soltanzadeh, A., Koohpaei, A., Sajedian, A. A., Ahmadi, V., Sakari, S., & Yazdanirad, S. (2019). Effectiveness of three ergonomic risk assessment tools, namely NERPA, RULA, and REBA, for screening musculoskeletal disorders. *Archives of Hygiene Sciences*, 8(3), 188-201. Erişim adresi: <https://pdfs.semanticscholar.org/007d/2bb75838ce2d59a6a9dc331c09da585ffa33.pdf>
- Sanchez-Lite, A., Garcia, M., Domingo, R., & Angel Sebastian, M. (2013). Novel ergonomic postural assessment method (NERPA) using product-process computer aided engineering for ergonomic workplace design. *PLoS One*, 8(8), e72703. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072703>
- Sauk, H., Beyhan, M. ve Kalın Uğurlutepe, K. M. (2023). Fındığın mekanik hasadında çalışanların çalışma duruşlarının ergonomik analizi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(3), 126-138. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tarmak/issue/74320/1137193>
- Ülker, O. ve Burdurlu, E. (2012). Panel mobilya imalatında kullanılan bazı makinelerde OWAS yöntemi ile eylemsel duruş analizi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 12(2), 291-300. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastorman/issue/17233/180030>
- Yazdanirad, S., Khoshakhlagh, A. H., Habibi, E., Zare, A., Zeinodini, M., & Dehghani, F. (2018). Comparing the effectiveness of three ergonomic risk assessment methods—RULA, LUBA, and NERPA—to predict the upper extremity musculoskeletal disorders. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 22(1), 17. Erişim adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5932905/>
- Zengin, M. A., ve Ömer, A. S. A. L. (2020). Bina inşaatındaki çalışan duruşlarının farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemi ile değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(3), 1615-1630. doi: <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.548028>