Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi
6(ÖS: Ergonomi2017), 159 – 175, 2017
e-ISSN: 1308-6693

Araştırma Makalesi

Journal of Engineering Sciences and Design
DOI: 10.21923/jesd.359123

Research Article

BİR METAL SANAYİ İŞLETMESİNDE ERGONOMİK RİSK ANALİZİ

Barkın ÖZOĞUL[1], Bedriye ÇİMEN[1], Emin KAHYA[*1]

[1] Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Türkiye

Anahtar Kelimeler

Ergonomik risk değerlendirme,
REBA,
OWAS

Öz

Bir işletme, çalışanın sağlığını korumak için gerekli ergonomik risk analizlerini yapmak, önleyici tedbirler bulmak ve bunları uygulamakla sorumludur. Çalışan sağlığının yanı sıra işletmeler açısından kayıplar (kalitesiz üretim, iş günü kayıpları vb.) da göz önüne alınmalıdır. Bu çalışmada, bir metal sanayi işletmesinde genleşme tankları üretim hattında yapılan 7 işleminde incelemeler yapılmış, çalışanın maruz kaldığı ergonomik risk düzeyleri REBA ve OWAS yöntemleri ile tespit edilmiştir. REBA yönteminde tüm vücudun duruşsal riskleri daha ayrıntılı bir şekilde incelenmiş, OWAS yönteminde ise tüm vücudun temel hareketleri ele alınıp belirli zaman skalasında bilgisayar desteği alınarak incelenmiştir. Söz konusu analizlerden çıkan skorlar değerlendirilmiş, iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Önerilen iyileştirmeler sonucunda işlemlerin risk düzeylerinin ihmal edilebilir seviyelere çekilerek çalışanın kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının azaltılması ve bunun işletmelerde doğurduğu kayıpların mümkün olan en az seviyeye çekilmesi sağlanmıştır.

ERGONOMIC RISK ANALYSIS IN A METAL INDUSTRY OPERATION

Keywords

Ergonomic risk analysis,
REBA,
OWAS

Abstract

An organization is responsible for making ergonomic risk analysis, finding preventive measures and implementing them to protect the health of the worker. In addition to the health of workers, losses in terms of businesses (poor quality production, loss of working days, etc.) should also be considered. In this study, 7 different operations of expansion tank production line in a metal industry company were examined and their ergonomic risk levels were determined by REBA and OWAS methods. The posture risks of the whole body are scrutinized in detail in the REBA method and the basic movements were examined by computer support at specific time scales in OWAS method. Scores of these analyzes were evaluated and suggestions for improvement according to risk analysis scores were made. As a result of the proposed improvements, the risk levels of the operations were reduced to negligible levels to reduce the incidence of musculoskeletal disorders in the worker and to minimize the these worker's losses.

Alıntı / Cite

Özoğul, B., Çimen, B., Kahya, E. (2018). Bir Metal Sanayi İşletmesinde Ergonomik Risk Analizi, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(ÖS: Ergonomi2017), 159 – 175

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)
Barkın Özoğul, 0000-0002-5885-2893
Bedriye Çimen, 0000-0002-1103-480X
Emin Kahya, 0000–0001–9763–2714

Makale Süreci / Article Process	
Başvuru Tarihi /Submission Date	29.11.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	22.02.2018
Kabul Tarihi / Accepted Date	21.09.2018
Yayım Tarihi / Published Date	24.12.2018

1. Giriş

Ürünlerin sürekli çeşitlenmesi, nüfus artışı sonu talep miktarındaki değişimler ile birlikte çalışma yöntemlerindeki değişikliklere bağlı olarak

[*] İlgili yazar / Corresponding author : ekahya@ogu.edu.tr, +90-222-239-3750-3300

makineleşme ve otomatikleşme hızla artmaktadır. Bu yoğun gelişme içinde, insan faktörünü yıpratmak, onun gittikçe duyarlaşan makineler ve gelişen yöntemler karşısında yetersiz kalmasını önlemek, becerilerinden en verimli bir biçimde yararlanmak amacıyla, insan yetenekleri ve özellikleri konusunda pek çok araştırma yapılmış ve ergonomi bilimi endüstrileşme sürecine bağlı olarak hızla gelişmiştir (Şimşek, 1994).

Sanayileşmeye bağlı olarak çalışanların maruz kaldıkları iş kazası ve meslek hastalıklarında artışlar olmasıyla birlikte yeni tehlike ve risk grupları ortaya çıkmaktadır. Çok fazla önem verilmeyen bu sorunlar işletmenin güvenli bir şekilde çalışmasını önlemektedir. Hem şirket açısından hem de çalışan açısından değerlendirildiğinde, maddi ve manevi kayıplar oluşmaktadır. Her yıl farklı sektörlerde çalışan milyonlarca kişi işe bağlı kas iskelet hastalıklarından mağdur olmaktadır (David vd., 2008).

Metal, mobilya, tekstil ve seramik sektörleri emek yoğun sektörler arasında yer almaktadır. Bu sektörlerde işçiler sürekli olarak normal vücut duruşları dışındaki pozisyonlarda uzun süre statik ve dinamik kuvvetlere maruz kalmaktadır. Bu durum zaman içinde işçilerde yüksek kas gücüyle ağır parçaları kaldırma, çekme, itme gibi zorluklar, Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına (KİSR) yol açmaktadır. KİSR, meslek hastalıkları içinde ilk sıralarda yer almakta olup, insanların yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen ve oldukça yüksek tedavi masraflarına neden olan bir sorundur. Bu nedenle işçilerin KİSR riskini azaltacak şekilde iş ortamları tasarlanmalı ve gerekli ergonomik iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

KİSR oluşmasında birçok etmen yer almaktadır. Bunlar, çalışma duruşunun bozukluğu, çevre koşulları, işin sık tekrarı ve taşıma miktarı şeklinde genel olarak gösterilebilir.

İş ortamında elle yapılan kaldırma, taşıma, itme ve çekme hareketlerinin özellikle bel bölgesindeki iskelet ve kas yapısıyla ilgili rahatsızlıkların artışıyla ilgisi olduğu bilinen bir gerçektir. 1979 yılında Amerikan Ulusal Güvenlik Konseyince tüm endüstriyel rahatsızlıkların %27'sinin el ile yapılan taşıma ve kaldırma işlerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Slavendy, 1987).

Bu rahatsızlıkların önüne geçilebilmesi için uyulması gereken çalışma duruşu kuralları önerilmiştir (OSHA, 2010). Önemlileri;

- Bilekler, sert veya keskin kenarlı düzlemler üzerinde baskıya maruz kalmamalıdır.
- Vücut herhangi bir yöne bükülmeden ya da döndürülmeden, düz bir duruşa sahip olmalıdır.
- Oturarak çalışanların ve çalışanların sandalyeleri sırt destekli olmalıdır.

Böyle çalışma duruşları ile ilgili genel kurallara uyulmadığı takdirde, çalışan ile ilgili yüklenme ve zorlanmaların etkisi artmaktadır.

Bu çalışmada, bir metal sanayi işletmesinde işlemlerin zorluk düzeylerinin çalışan üzerindeki etkileri ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden REBA ve OWAS ile tespit edilmesi ve gerekli iyileştirme önerileri ele alınmıştır.

Çalışmanın izleyen kesimleri şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde, bilimsel yazın taramasında, konuyla ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, KİSR ve risk değerlendirme yöntemlerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde yöntemlerin uygulanması, gerekli iyileştirme önerileri, mevcut ve önerilen durumlar arasındaki risk düzeylerinin karşılaştırılması açıklanmıştır. Son bölümde ise çalışmaya ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Hignett ve McAtamney (2000), çalışmalarında sağlık ve diğer hizmet sektörlerinde çalışanların çalışma duruşlarını incelemek istemişlerdir. Bu amaçla ergonomist, psikoterapist, işyeri terapistinden oluşan bir takım ile 600 iş duruşunu kaydetmişlerdir. Bu çalışmada geliştirilen REBA (RapidEntire Body Assessment) duruş analiz yöntemi ayrıntılı olarak tanıtılmıştır.

Kocabaş M. (2009), ağır ve tehlikeli işler olarak adlandırılan metal eşya imalatı, metalürji sanayi, yapı işleri ve taş işlerinde çalışanların çalışma anındaki duruşlarını OWAS ve REBA yöntemleriyle incelemiştir.

Koç ve Testik (2016), işle ilgili kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını çok yönlü olarak ele almıştır. Literatürde yer alan ergonomik risk değerlendirme yöntemlerine yer verilmiş, mobilya imalatındaki işe bağlı kas iskelet sistemi sorunlarına değinilmiştir. Çalışmanın uygulama aşamasında, tehlikeli sınıfta yer alan ve sektörde öncü olan bir mobilya fabrikası tercih edilmiştir. Araştırmada OWAS, REBA, QEC ve ManTRA yöntemleri seçilmiş, bu dört yöntem ile mobilya fabrikasında ergonomik risk değerlendirmesi yapılmış, tespit edilen ergonomik risklere ilişkin çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Santos vd. (2007), çalışmalarında ağır ve hafif olarak sınıflandırılan ahşap iskelelerle çalışan işçilerin iş yükleri incelemişlerdir. Üç boyutlu simülasyon yardımıyla çalışanların hareketlerinin analizini sağlayan bir yazılım geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yazılımın temelinde ilk olarak OWAS yöntemini kullanmışlardır.

Akay vd. (2003), OWAS (Ovako Working Postures Analysing System) yöntemi ile bir oto servis

istasyonunda bir uygulamaya yer vermiş ve çalışma duruşlarının oto-servis istasyonunda nasıl iyileştirebileceğine yönelik alternatif yöntemler sunmuşlardır. Temel çalışma duruşları parametre olarak alındığında, kaldıracın kullanımı tehlike seviyesi yüksek olan C3 ve C4 kategorilerindeki duruşların görülme sıklığını %20'den %9.5'e kadar düşürmüşlerdir.

Atıcı vd. (2015), otomotiv sektöründe kablo üretimi yapan bir işletmede uygun olmayan çalışma pozisyonlarının iyileştirilmesi amacıyla REBA analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz ile çalışanda meydana gelen zorlanmalar belirlenmiş ve bu zorlanmaları azaltacak iyileştirmeler sunulmuştur.

Ulutaş ve Gündüz (2017), kablo imalatı yapılan bir fabrikada KİSR ile ilişkili problemler tespit etmişlerdir. Belirlenen iki özel iş istasyonunda, Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) ve REBA yöntemleri uygulanmıştır. Bu analizlerin sonrasında, fiziksel risk etmenlerinin iyileştirilmesi için yeni uygulamalar geliştirilmiştir. Yapılan düzenlemeler sonrası tekrar analizler yapılarak elde edilen sonuçların etkinliği değerlendirilmiştir.

Engström ve Medbo (1997), bir otomobil fabrikasında montaj hattında çalışan bir işçiyi kamera yardımı ile kayda almış, OWAS yöntemi ile analizini yapmışlardır. İşçinin %60 iş gücü kaybıyla çalıştığını belirlemişlerdir.

Gönen vd. (2017), bir transformatör imalatçısının montaj hattı çalışanlarının kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları; Cornell Üniversitesi Kas İskelet Sistemi Rahatsızlık Anketinden (CMDQ) esinlenilerek oluşturulan bir anket çalışması, Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme (REBA) Yöntemi ve Ovako Çalışma Duruşu Analiz Sistemi (OWAS) ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, sırt, bel, ayaklar, boyun, sağ pazu ve omuzlar en riskli vücut bölümleri olarak belirlenmiş ve bu riskleri azaltmak üzere ayarlanabilir bir montaj sehpası tasarımı önerilmiştir.

Özel ve Çetik (2010), çalışmalarında, işe ilişkin kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının önüne geçilmesi bakımından, en çok kullanılan ergonomik risk değerlendirme araçları gruplandırmış, üstün ve zayıf yönleriyle bir karşılaştırması yapmıştır. Bu risk değerlendirme araçlarından, kullanımının ve analizinin kolay olduğu direkt bir gözlem tekniği olan OWAS yöntemi ele alınmıştır. Bir kiremit fabrikasının emek yoğun olarak çalışılan yükleme bölümündeki çalışanları üzerinde bu yöntem kullanılarak örnek bir analiz yapılmış, sonuçları değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

3. Ergonomik Risk Değerlendirme

3.1. Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları

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. Bu hareketler günlük yaşamda zararlı hareketler değildirler. Bu hareketleri zararlı yapan, iş yaşamındaki sürekli tekrarlar, güç gerektiren davranışlar ve hızlı hareketlerdir. İskelet ve kas sistemi sendromları anında gelişen bir rahatsızlık değil derece derece, yavaş yavaş gelişen travmalardır. Endüstride en sık görülen KİSR`ları bel ve sırt ağrıları (Miyofasyal ağrı sendromu, kas kuvveti dengesizlikleri, ligamentteki stres gibi özellikle lumbar bölgede karşılaşılan sorunlar), tendinitis, tenosinovitis, karpal tünel sendromu, gergin boyun sendromudur (Akay vd., 2003).

İskelet ve kas sistemi sendromlarına:

- Sabit duruşlar,
- Sürekli ve tekrarlı hareketler
- İşin süresi ve sıklığı,
- Vücudun belli bölgelerindeki uygun olmayan duruşlardan dolayı meydana gelen zorlanmalar,
- Uygun harekete izin vermeyen işler ve titreşim

neden olmaktadır (Akay vd., 2003).

KİSR'na sebep olan risk faktörleri; işe bağlı faktörler, bireysel faktörler ve psikososyal faktörler olarak sınıflandırılmaktadır. İşe bağlı risk faktörleri; çalışma esnasındaki tekrarlayıcı hareketler, uygun olmayan duruşlar, ağır yük kaldırma ve işle ilgili eğitimin yetersizliği gibi faktörlerdir.

Çalışırken sıklıkla tekrar edilen işler, genelde sabit bir duruş ve yüksek kuvvet uygulama gibi risk faktörlerini de içermektedir. Bu risk faktörleri vücudun çeşitli bölgelerinde ağrı oluşumuna neden olduğundan özellikle omuz seviyesinin üzerine uzanma, gövde ekseninin dışına doğru uzanma, eğilme ve dönme hareketleri boyun ve omuzlarda rahatsızlığa sebep olmaktadır. Çalışma ortamlarının düzensiz yerleşimi ve uygun olmayan araç ve ekipman seçimi de risk yaratabilecek bu tip hareketlerin oluşumunda etkili olmaktadır. KİSR, bahsedilen risk faktörlerinin bir birleşimi veya etkileşimi ile meydana gelmektedir. Risk faktörlerine maruz kalma oranı arttıkça, çalışanın vücudundaki yorulmalar artmaktadır (Atıcı, 2016).

Metal sanayi işletmelerinde yapılan montaj işlemlerinde insan gücüne çok fazla gereksinim duyulmaktadır. İnsan gücü ile yapılan işlemler çalışanda bedensel zorlanmalara sebep olmakta ve KİSR'nı tetikleyerek çalışanda daha fazla yorulmalara sebep olmaktadır. Bu tür rahatsızlıkların yaşanmaması için işletmelerde ergonomik risk analizleri yapılarak çalışanı zorlamayacak uygun ergonomik çözümler getirilmelidir.

3.2. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri

Çalışma esnasında uygun olmayan duruşlar ve tekrarlayan hareketler zorlanmalara ve hatta kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Uygun olmayan çalışma duruşlarının iyileştirilmesi, zorlanmaların azaltılması çalışanın sağlığı ve aynı zamanda iş performansı açısından oldukça önemlidir (Atıcı, 2016).

KİSR riskini değerlendirmek için kullanılan yöntemler: Kişisel anket yöntemleri, sistematik gözlemlere dayalı yöntemler ve direkt ölçüm yöntemleri olarak sınıflandırılabilir (Özel vd, 2010; Chiasson vd. 2012; Mert, 2014).

Kişisel Anket Yöntemleri: KİSR riskinin değerlendirilmesi için kullanılan öznel anketler ve kontrol listelerinden en önemlisi Cornell Kas İskelet Rahatsızlık Anketi(Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire)'dir. Bu yöntemlerin en büyük avantajı, maliyetinin düşük olması, etkili yöntemler olması ve büyük çaplı örneklere uygulanabilmesidir (Koç ve Testik, 2016). Ancak bu yöntemler maruziyet seviyesi ve değişimi ile ilgili olarak düşük geçerliliğe sahiptir.

Sistematik Gözlemlere Dayalı Yöntemler: KİSR riskinin nicel olarak değerlendirilebilmesi amacıyla kullanılan yöntemler de basit gözleme dayalı yöntemler ve gelişmiş gözleme dayalı yöntemler olarak ikiye ayrılabilir:

Basit Gözleme Dayalı Yöntemler:

- Amerika Ulusal İş Güvenliği ve SağlığıEntitüsü Yük Kaldırma Endeksi (NIOSH Lifting Equation),
- Hızlı Üst Uzuv Değerlendirmesi (Rapid Upper Limb Assessment - RULA),
- Mesleki Tekrarlamalı Hareketler İndeksi (Occupational Repetitive ActionsIndex-OCRA),
- Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi (Quick Exposure Check - QEC),
- Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (REBA),
- Ovako Çalışma Duruşları Analiz Sistemi (Ovako Working Posture Analyzing System - OWAS).
- Gelişmiş Gözleme Dayalı Yöntemler: Ergo-Man, SammieCad, Safework, CreoManikin, AnyBody Modelleme Sistemi, HumanCAD, LifeMod 'tur.

sayılabilir.

Gözlemsel yöntemler, uygulayıcılar tarafından hala en çok kullanılan yöntemdir. İş yerindeki iş sağlığı ve güvenliği yönetimi kapsamında, sıklıkla uygulayıcılar için geliştirilir ve KOBİ'nin gereksinimlerine göre uyarlanır. Alanda veri toplamak söz konusu olduğunda kullanımı daha kolay, maliyeti daha düşük ve daha esnekyöntemlerdir(David, 2005; Koç ve Testik, 2016).

Direkt ölçüm yöntemleri: İnsan hareketlerini ve duruşlarının analizi için direkt ölçümlerde elektromiyografi (EMG), açıölçer, biyomekanik analiz araçları ve optik araçlar kullanılmaktadır.

Direkt ölçüm yöntemleri, en doğru maruziyet seviyesini göstermektedir. Ancak diğer yöntemlerle kıyaslandığında maliyeti yüksektir. Büyük çaplı epidemiyolojik çalışmalarda çok geniş popülasyonda önemli kaynaklar ve uzman gerektirdiğinden, bireysel maruziyet değerlendirmesi için uygun değildir (Özel ve Çetik, 2010).

Bu yöntemlerin farklı sektörlerde ve farklı iş türlerinde avantajları ve dezavantajları söz konusudur. Bu yöntemleri karşılaştıran güncel bir çalışma Roman-Liu (2014) tarafından yayınlanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan REBA ve OWAS yöntemleri izleyen alt başlıklarda ayrıntılı açıklanmıştır.

3.2.1. Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme (REBA) Yöntemi

Hignett ve McAtamney (2000) tarafından tüm vücudun duruşsal riskini değerlendirmek üzere geliştirilen REBA *(RapidEntire Body Assessment)* yöntemi; elle yapılan taşıma, kaldırma işlemlerindeki riskleri hesaplamak için kullanışlı bir araçtır. REBA yöntemiyle dinamik hareketler analiz edilebildiği gibi sabit duruşlar da analiz edilebilmektedir. Tüm vücut faaliyetleri esnasında çalışanın duruşunu analiz ederek mesleki kas ve iskelet rahatsızlıklarına neden olabilecek çalışma şeklinin saptanmasına ve önlem alınmasına olanak sağlayan gözleme dayalı bir duruş analiz metodudur.

REBA yöntemi, dinamik ve statik duruşlarda söz konusu olan yüklemeyi, insan yük etkileşimini göz önüne alarak çalışanın tüm vücudunun duruşsal riskini değerlendirdiği gibi aynı zamanda bir iyileştirme yapıldığı zaman, iyileştirmenin öncesinde ve sonrasında risklerin azalıp azalmadığını değerlendirmek için de kullanılır.

REBA yönteminin uygulanmasında ilk olarak gövde, boyun ve bacakların duruşu açısal olarak gözlemlenir ve puanlanır. Yönteme ait A tablosundan gövde, boyun ve bacakların duruş puanları ile bir skor elde edilir. Bu skora duruş sırasında uygulanan kuvvet veya taşınan yüke ilişkin puan eklenir. Böylece A skoru elde edilmiş olmaktadır (EK-1).

Diğer yandan üst kol, alt kol ve bileklerin duruşu analiz edilir ve puanlanır. A skoru ile benzer şekilde B tablosundan üst kol, alt kol ve bileklerin duruş puanları ile bir puan elde edilir ve bu puana

kavramaya ilişkin puan eklenir, böylece B skoru hesaplanmaktadır.

A ve B skorları kullanılarak C tablosundan elde edilen değere, son olarak aktivite skoru eklenerek duruşun REBA skoru elde edilmektedir.

Hesaplanan REBA skoru ile; ele alınan çalışma duruşunun risk seviyesi ihmal edilebilir, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek riskli olmak üzere derecelendirilmektedir. Risk seviyeleri ve her seviyeye göre alınması gereken önlem dereceleri Tablo 1 'de görülmektedir.

Tablo1.REBA Risk Dereceleri (Hignett ve McAtamney, 2000)

Derece	REBA 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

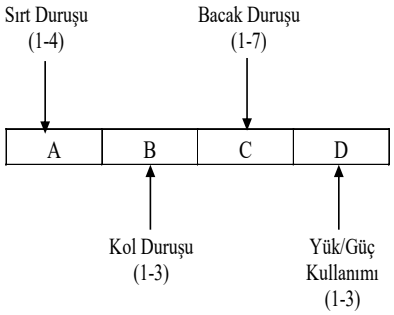
3.2.2. Ovako Çalışma Duruşları Analiz Sistemi (OWAS)

OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) postür kaydedici yöntemdir ve Ovako çelik şirketi tarafından Finlandiya'da geliştirilmiştir.

OWAS, çalışanın kas-iskelet sistemindeki yüklenmeyi ve sistemin neden olduğu kötü duruşları belirlemeye yarayan gözleme dayalı bir çalışma duruşu analiz yöntemidir. OWAS yöntemi, iş etütçülerine hizmet etmeye yarayan bir analiz aracı olarak tasarlanmış olup her duruşta oluşan zamanlara dayalı bir iş örneklemesi aracıdır. Bu analiz metodunda ağır sanayide çalışanların çalışma esnasındaki fotoğrafları çekilmiş ve şematik olarak ifade edilmiştir. Bu çalışma duruşları standartlaştırılmış ve "OWAS Çalışma Duruşları" olarak endüstriye tatbik edilmiştir. OWAS yöntemi kötü duruşların ve faaliyetlerin tespit edilmesi, işgücünün harcadığı güce göre farklı sistemlerin karşılaştırılması ve optimal iş yöntemlerinin tahmin edilmesine imkan verir. Ayrıca, iş yerinin verimlilik, konfor ve mesleki sağlık açısından değerlendirilmesine ve insan makine ara kesitinin sistematik bir biçimde incelenmesini sağlar. Bu metoda göre duruşlar sınıflandırılır ve çalışanı rahatsız edici unsurları ortadan kaldırmak amacı ile tasarıma yönelik sistematik çalışmalar yapılır (Karhu vd., 1977; Akay vd., 2003).

Sistem vücut bölgelerinden bel, omuz ve alt ekstremiteyi, öne eğilme, rotasyon, elevasyon pozisyonlarında değerlendirir. Her bir duruş için harcanan zaman ve o duruşun görülme sıklığı değerlendirilir. Değerlendirme de duruşların kaydedilmesi aşamasında video-kamera da kullanılabilir ve görüntüler incelenen işe göre farklı zaman aralıkları ile incelenir (Özcan vd., 2007).

OWAS; dört sırt duruşu, yedi bacak duruşu, üç kol duruşu ile kaldırılan yükün ağırlığını değerlendiren üç yük durumu kombinasyonundan oluşan toplamda 252 (4x3x7x3) duruş ve yük kombinasyonuna sahiptir (EK-2). Bu yönteme göre, ergonomik risk değerlendirmesini yapan kişi, çalışanı gerçekleştirmekte olduğu görev esnasında gözlemleyerek sırt, bacak ve kol duruşlarını içeren vücut duruşlarını ve çalışanın görev süresince uyguladığı yükü 4 dijital kod (Şekil-1) yardımıyla kayıt altına alır (Akay vd., 2003; Özel ve Çetik, 2010; Koç ve Testik, 2016).



Şekil 1. OWAS Kodlama Yapısı

İkinci aşamada ise çalışanın her bir vücut duruşu için harcamış olduğu süre ve o duruşun gerçekleşme sıklığı analiz edilir (Koç ve Testik, 2016). Değerlendirmede duruşların kaydedilmesi aşamasında video-kamera da kullanılabilir ve görüntüler incelenen işe göre farklı zaman aralıkları ile incelenir. Analiz aşamasında uzun süreli faaliyetlerde 15 saniye, daha küçük zaman diliminden oluşan faaliyetlerde ise 5 saniye ara ile çalışma duruşunun kaydedilip değerlendirilmesi önerilmektedir (Mattila vd., 1993; Akay vd., 2003; Özcan vd., 2007).

Daha sonra, sırt, kollar ve bacaklar ile kuvvet kullanımı parametrelerini içeren ve OWAS yönteminde tanımlanmış her bir duruş birleşimi için eylem sınıfları matrisini kullanarak OWAS eylem seviyesi elde edilir. OWAS yönteminde eylem seviyeleri (Tablo 2), çalışma vücut duruşları ve bu duruşların kombinasyonlarının kas iskelet sistemi üzerinde oluşturduğu yük ile ilgili araştırmacıların yaptıkları bilimsel çalışmalar temel alınarak oluşturulmuştur. Eylem seviyesi, eylem ihtiyacının olmadığı 1 ile acilen düzeltici önlemin alınmasını gerektiren 4 aralığında değişmektedir.

Tablo 2. OWAS Yöntemi Eylem Seviyeleri (Ülker ve Burdurlu, 2012)

Kod	Kategori	Eylem Sınıfı	Açıklama
1	C1	Normal Duruş	Ergonomik düzenleme gerekli değil
2	C2	Zorlanma Fazla Değil	Ergonomik düzenleme yakın bir zamanda yapılmalıdır.
3	C3	Yüklenme ve Zorlanma Fazla	Ergonomik düzenleme mümkün oldukça erken yapılmalıdır.
4	C4	Yüklenme ve Zorlanma Fazla	Ergonomik düzenleme derhal yapılmalıdır.

4. Uygulama

4.1 Üretim Süreci

Bu çalışma, metal ve metalden mamul eşya sanayi ile ilgili işlerde faaliyet gösteren emek yoğun çalışılan sektörlerden biri olan ve endüstriyel ürünler üreten bir işletmede yapılmıştır. İşletmede ağır metal sanayi alanında üretilen ürün, kombilerde kullanılan genleşme tanklarıdır. Genleşme tankı 5 ana parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar; alt kapak, üst kapak, membran, ventil ve dişli borudur.

Çalışmada ele alınan ürünün üretim süreci gözlemlenmiş, ergonomik açıdan uygun olmayan çalışma duruşları belirlenerek bu duruşların çalışanın performansına etkilerini değerlendirmek ve çalışanlar için ergonomik bir çalışma ortamı yaratmak amaçlanmıştır.

Genleşme tankının üretim süreci boyunca tezgahlarda gerçekleştirilen işlemler ve bu işlemler için belirlenen iş elemanları Tablo 3'te verilmiştir.

REBA yöntemi gözleme dayalı olduğundan bütün işlemlerin iş elemanlarında duruşlar incelenmiş ve puanlanmıştır. Gövde, boyun ve bacak duruşlarında tablo A ve yük/kuvvet skoru kullanılarak A skoru; üst kol, alt kol ve bilek duruşlarında B skoru tablo B ve kavrama skoru kullanılarak B skoru elde edilmiştir. Ardından A ve B skorlarına göre tablo C kullanılarak elde edilmiştir. Son olarak C skoruna aktivite skoru eklenerek REBA risk skoru elde edilmiştir.

Tablo 3. Genleşme Tankında Yapılan İşlemler ve İş Elemanları

İşlem No	İşlem Adı	İş Elemanı Adı
1	Metal pul parçanın sıvanması	Yapışan metal pulların ayrıştırılması
		Metal pulun alınıp poşetlenmesi
		Prese parça doldur/boşalt işlemlerinin yapılması
2	Alt-üst kapak çevre kesme	Alt ve üst kapağın makineye yerleştirilip başlatma butonuna basılması
		Çevresi kesilmiş alt-üst kapak hurdalarının kutuya atılması
3	Üst kapak delik açma, patlatma ve alt kapak diş açma	Alt ve üst kapağa delik açılması (patlatma)
		Üst kapağa diş açılması
4	Alt kapaklara dişli boru kaynatılması	Alt kapağın kaynak robotuna yerleştirilmesi
		Kaynağı yapılmış parçanın alınıp bitmiş ürün kutusuna yerleştirilmesi
5	Alt ve üst kapak içine membran yerleştirilmesi ve bu kapakların montajının yapılması	Alt kapağın içerisine membran yerleştirilmesi
		Üst kapağın alt kapağa manuel olarak kenetlendirilmesi
		Parçanın mekanik olarak kenetlenmesi için makinede doldur/boşalt işlemlerinin yapılması
6	Ventil montajı ve azot dolumu	Ventil somunun alınıp genleşme tankına takılması
		Takılı ventilin matkap ile montajının yapılması
		Ventil deliğine boru takılarak azot dolum işleminin yapılması
7	Dişli borulara plastik uç takma	Plastik uç üzerindeki boya kalıntılarının temizlenmesi
		Plastik ucun dişli boruya takılması

Bu analizler sonucunda bütün işlemlerin iş elemanlarının REBA skorları elde edilmiş (Tablo 4), 17 iş elemanından 15 'i orta düzeyde riskli ve 2 'si yüksek düzeyde riskli çıkmıştır.

Tablo 4. İş Elemanları İçin REBA Skorları

	1. İŞLEM			**2. İŞLEM**		**3. İŞLEM**		**4. İŞLEM**		**5. İŞLEM**			**6. İŞLEM**			**7. İŞLEM**	
İŞ ELEMANLARI	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**
BOYUN	2	3	2	1	1	2	2	2	2	3	3	2	1	2	2	2	3
GÖVDE	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3	4	2
BACAK	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
TABLO A	4	6	2	3	3	3	3	4	5	4	4	3	2	4	4	5	4
YÜK/KUVVET													1				
A SKORU	4	6	2	3	3	3	3	4	5	4	4	4	3	4	4	4	4
ÜST KOL	2	2	3	3	4	3	2	3	3	3	3	2	3	2	4	2	3
ALT KOL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2
BİLEK	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3
TABLO B	3	3	5	5	7	5	3	6	5	5	5	3	5	3	7	3	5
KAVRAMA	2	2														1	2
B SKORU	5	5	5	5	7	5	3	6	5	5	5	3	5	3	7	4	7
C SKORU	5	8	4	4	6	4	3	6	6	5	5	4	4	4	7	5	7
AKTİVİTE SKORU						1	1	1	1							1	1
REBA SKORU	5	**8**	4	4	6	5	4	**7**	**7**	5	5	4	4	4	**7**	6	**8**

OWAS yöntemi her duruşta oluşan zamana dayalı bir araç olduğundan her işlemde temel duruşlar belirlenip sistem vücut bölgelerinden bel, omuz ve alt ekstremite, öne eğilme, rotasyon ve elevasyon pozisyonları değerlendirilerek her duruş için harcanan zaman ve duruşun işlem boyunca görülme yüzdesi belirlenerek analiz edilmiştir. Bu analizler ErgoFellow 3.0 paket programı ile yapılmış ve analiz sonuçları Tablo 5'de belirtilmiştir.

Tablo 5. İş Elemanları İçin OWAS Değerleri

	1.İŞLEM			**2.İŞLEM**		**3.İŞLEM**		**4.İŞLEM**		**5.İŞLEM**			**6.İŞLEM**			**7. İŞLEM**	
İŞ ELEMANLARI	1	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2
SIRT	4	4	2	1	1	2	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	2
KOL	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	3	1	3
BACAK	2	3	2	2	5	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1
OWAS SKORU	2	3	2	1	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3

Not: Yük/Güç Kullanımı bütün işlemlerde 1'dir.

OWAS analizleri sonucunda Tablo 2'de belirtilen OWAS eylem seviyelerine göre 17 iş elemanından 4 'ünde yüklenme ve zorlanmanın fazla, 12'sinde ise fazla olmadığı tespit edilmiştir. Bu analizlerden hareketle ergonomik düzenlemelerin 4 iş elemanında mümkün olduğunca erken, 12 iş elemanında yakın zaman içerisinde yapılması ve bir iş elemanında ise iyileştirme yapılmasına gerek duyulmadığı sonuçlarına varılmıştır.

4.2 İyileştirme Önerileri

REBA yöntemi ile analiz edilen her bir iş elemanının duruşları ve OWAS yöntemi ile incelenen bu duruşların analizleri sonucunda ergonomik açıdan riskli olarak tespit edilen işlemler ve iş elemanları üzerinde incelemeler yapılmıştır. Ergonomik olarak tasarlanmamış işlemler KİSR sebep olmakta ve çalışanda çeşitli rahatsızlıkların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Ayrıca yorgunluğa bağlı verimsiz üretimler iş yerlerini zarara uğratmakta, yorgunluğa bağlı oluşabilecek iş kazaları ise hem çalışanı hem de iş yerlerini zor durumlarda bırakmaktadır. Bu tür istenmeyen durumların yaşanmaması ve azaltılması için işlemler için çeşitli iyileştirme önerileri izleyen alt başlıklarda sunulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda ergonomik yönden riskli (REBA>7), yüklenme ve zorlanmanın fazla olduğu ve iyileştirilme imkanı olan iş elemanları;

- Metal pulun alınıp poşetlenmesi,
- Alt kapağın kaynak robotuna yerleştirilmesi,
- Ventil deliğine boru takılarak azot dolum,
- Plastik ucun dişli boruya takılması

için iyileştirme çalışmaları yapılması uygun görülmüştür.

4.2.1. Metal Pulun Alınıp Poşetlenmesi

Pres tezgahında metal pul parçanın sıvanması işleminde, çalışan metal pul parçaları alıp şekillendirme işlemi esnasında parçanın deforme olmaması için poşetleyerek tezgahına yerleştirmektedir (Şekil-2). Poşetleme işleminin zorluğundan ve yarı mamul tezgahının yüksekliğinin uygun olmamasından kaynaklı çalışanın bel, sırt ve kollarında zorlanmalar yaşadığı tespit edilmiştir.

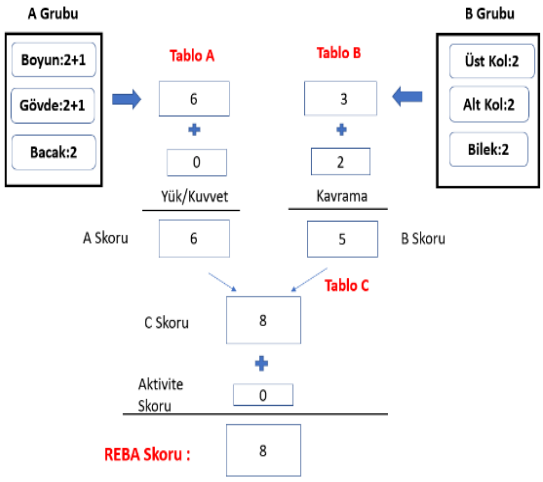


Şekil 2. Metal Pul Parça Poşetleme

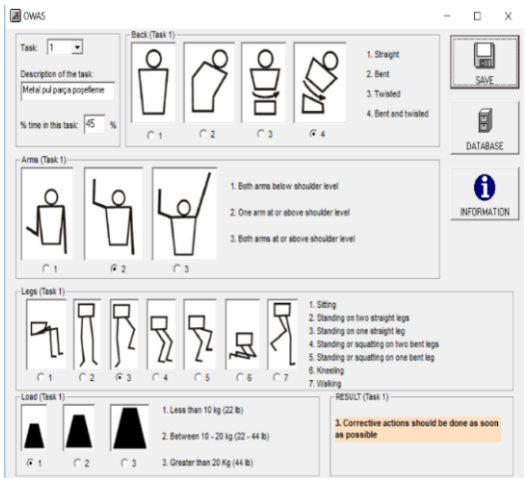
Mevcut durumda REBA skoru 8 (yüksek), OWAS değeri de 3 (yükleme ve zorlanma fazla) hesaplanmıştır (Şekil-3).

Bu risk analizi sonuçlarına göre risk düzeyleri yüksek çıkmış ve çalışanda KİSR'nın azaltılması için iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

Çalışanın antropometrik ölçüleri doğrultusunda 90 cm yükseklikte ve 40x75 cm genişliklerinde yarı mamul tezgahının tasarımı yapılıp konum olarak da pres tezgahı ile arasındaki dik açı arttırılarak çalışma alanı içerisine yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Ayrıca yapışan pullar işlem öncesi elle tutulabilir uygun bir pozisyona getirtilip daha kolay bir şekilde poşetlenmesi için elle poşet açma ve parçayı poşet içerisine yerleştirme işlemi yerine bir poşetleme cihazı kullanılarak pullar çok daha kısa bir süre içerinde poşetlenebilir.



a. REBA Analizi



b. OWAS Analizi

Şekil 3. Metal Pul Parça Poşetleme İşleminde REBA ve Ergofellow Programıyla OWAS Analizleri

Böylelikle çalışanın iş yükü azaltılıp daha az efor sarf etmesi sağlanacak hem de ürünün çevrim süresi azalacağından birim üretim maliyeti azaltılmış olacaktır. Çalışan parçayı alırken eğilme, doğrulma gibi duruş bozuklukları da yaşamayacaktır ve böylece işlemde öngörülen REBA skoru (4) ve OWAS değeri (1) de azalacaktır.

4.2.2. Alt Kapağın Kaynak Robotuna Yerleştirilmesi

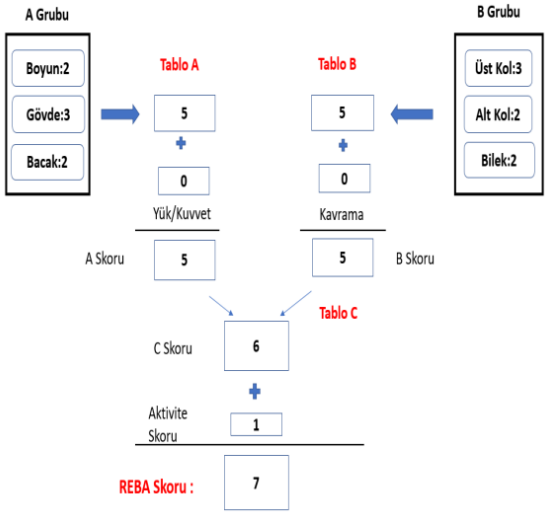
Kaynak tezgahında alt kapağa dişli boru montajı ark kaynağıyla yapılmaktadır. Çalışan burada alt kapakları robota uygun konumda yerleştirerek dişli boruyla kaynatılmasını sağlamaktadır.

Kaynak işleminde çalışan ayakta durur pozisyonda alt kapağı alıp kaynak tezgahına yerleştirirken tezgahın yüksekliğinin alçak oluşundan eğilmekte ve parçayı uygun konuma yerleştirirken kol duruşunun uygun olmayışından dolayı da zorlanmaktadır (Şekil-4).

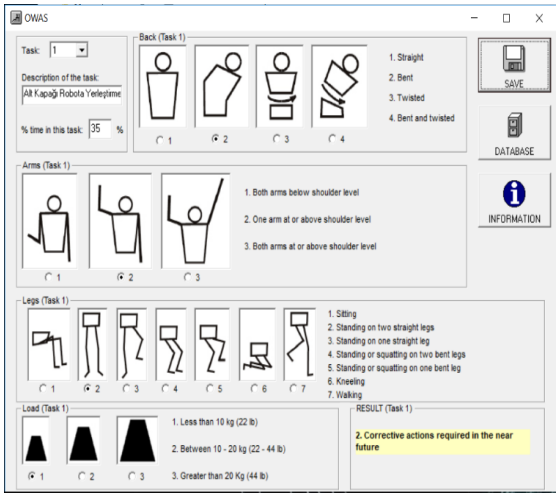


Şekil 4. Alt Kapağın Kaynak Robotuna Yerleştirilmesi

Yapılan analizler sonucunda REBA skoru 7 (riskli) ve OWAS değeri de 2 (yüklenme fazla değil) olarak hesaplanmıştır (Şekil-5).



a.REBA Analizi



b.OWAS Analizi

Şekil 5. Alt Kapağın Kaynak Robotuna Yerleştirilmesi İşleminde REBA ve ErgoFellow Programıyla OWAS Analizleri

REBA yöntemine göre iş elemanı ergonomik yönden riskli OWAS yöntemine göre ise yüklenme var fakat fazla değil sonucu çıkmıştır. Dolayısıyla çalışanın KİSR yaşamaması için bu riski ve yüklenmeyi azaltıcı iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

Çalışan işlemleri ayakta yaptığı için zorlanmakta ve sürekli tek ayağı üzerine yüklenmektedir. Burada; çalışan için yüksekliği ayarlanabilir bir sandalye tasarımı yapılıp oturabilmesi sağlanırsa sürekli ayakta durmaktan kaynaklı yorulmalar yaşanmayacaktır.

Yarı mamul paleti ile kaynak işlemi bitmiş ürün paletleri parçaya uzanmayı gerektirmeyecek şekilde bir açı verilerek iş görene yakın ve hareket ettirilebilir bir konumda bulundurulursa eğer çalışan parça alma ve bırakma işlemlerinde zorlanmalar yaşamayacaktır (Şekil-6).



Şekil 6. Yarı Mamul Paletlerinin Çalışana Göre Konumu

Ayrıca sağ üstte yer alan kaynak işlemini başlatma butonu çalışanın kolay erişebileceği şekilde oturur pozisyondayken omuz hizasında ve daha yakın bir mesafeye yerleştirilirse eğer çalışan her seferinde butona ulaşmak için fazla efor sarf etmeyecektir. Böylelikle işlemde öngörülen REBA (3) ve OWAS (1) değerleri de azalacaktır.

4.2.3 Ventil Deliğine Boru Takılarak Azot Dolum

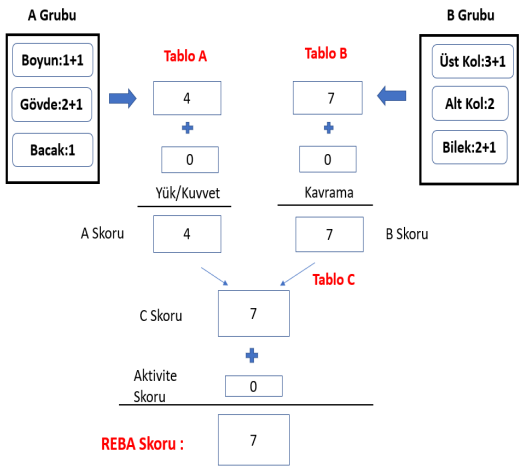
Çalışan, ventilleri matkap yardımıyla genleşme tankına monte etmektedir. Montajı biten parça azot dolumu yapılarak azot dolum ekranından basınç değerinin kontrolü yapılmaktadır.

Ventil montajında çalışanda özellikle bilek, sırt ve boyunda zorlanmalar görülmektedir. Genleşme tankı montaj masasının yüksekliğinden ve tankın yatay konumda durmasından dolayı ventil deliği çalışanın görüş alanı içerisinde değildir. Matkap her seferinde masadan alınıp ventile göre uygun pozisyona getirilip işlem yapıldığı için çalışan fazla efor harcamaktadır. Son olarak çalışan azot dolum işlemi sırasında basınç değerini kontrol etmek için görüş alanı içerisinde olmayan göstergeden, arkasını dönüp kontrol etmekte ve bu işlem sırasında sırt ve boyunda zorlanmalar yaşanmaktadır (Şekil-7).



Şekil 7. Ventil Deliğine Boru Takılarak Azot Dolumu

Mevcut durumda yapılan analizler sonucunda REBA skoru 7 (riskli), OWAS değeri de 2 (yüklenme fazla değil) olarak hesaplanmıştır (Şekil-8).



a. REBA Analizi



b. OWAS Analizi

Şekil 8. Ventil Deliğine Boru Takılarak Azot Dolum
REBA ve Ergofellow Programıyla OWAS Analizleri

REBA yöntemine göre iş elemanı ergonomik yönden riskli OWAS yöntemine göre de yüklenme var fakat fazla değil sonucu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla çalışandaki bu risk ve yüklemeyi azaltıp KİSR yaşamaması için iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

Azot basınç değerinin kontrol edildiği cihaz çalışanın bakış alanı içerisine yerleştirilirse ve ventil montajının yapımını sağlayan matkap yukarıdan asılı bir şekilde konumlandırılırsa çalışan hem sürekli arkasına dönme dönmeyecek, hem de matkabın bulunduğu yer sabit olacağı için matkabı kaldırma, arama gibi problemler yaşanmayacaktır.

Montaj masasının yüksekliği de uygun konuma getirtilirse çalışan boyun eğmesinden kaynaklı bir boyun ağrısı problemi yaşamayacaktır.

Böylelikle işlemde öngörülen REBA skoru (3) ve OWAS değeri (2) de azalacaktır.

4.2.4 Plastik Ucun Dişli Boruya Takılması

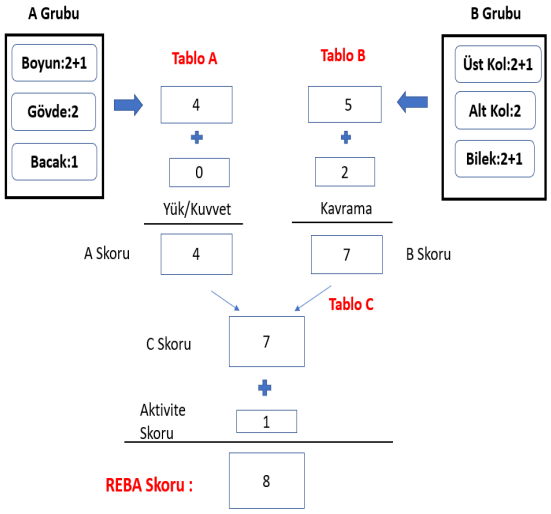
Üretimi tamamlanan genleşme tankları boya işlemleri için boyahaneye gönderilmektedir ancak bundan önce kombi montajının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için dişli borunun boyanmaması gerekmektedir. Bunun için çalışan boya işlemi öncesi dişli borulara plastik uçlar takmaktadır (Şekil-9).



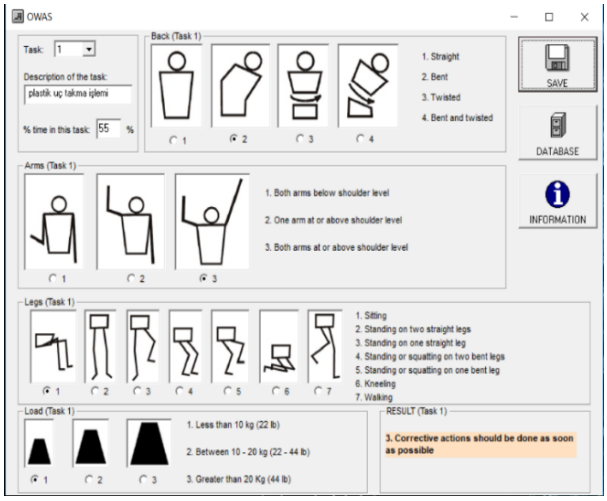
Şekil 9. Plastik Ucun Dişli Boruya Takılması

Burada mevcut bir montaj masası olmadığından çalışan parçaları yerde konumlandırılan kutudan eğilerek almakta ve plastik uçlardaki boya kalıntılarını temizlemektedir. Boyahaneden çıkan ürünler çeşitlilik gösterdiğinden iş gören bazı ürünlerin montajında çok eğilirken bazılarında normal duruşta durabilmektedir. Çalışan boya kalıntılarını sökme işleminde işin sık tekrar etmesinden bileklerini ve kollarını dayayacak bir destek bulamadığından zorlanmaktadır.

Mevcut durum analizinde REBA skoru 8(yüksek riskli), OWAS değeri de 3 (yükleme ve zorlanma fazla) olarak hesaplanmıştır (Şekil-10).



a. REBA Analizi

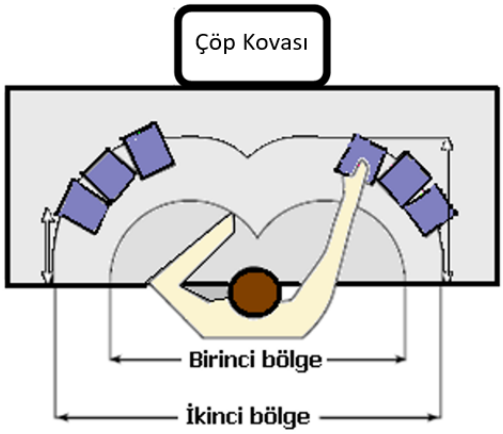


b. OWAS Analizi

Şekil 10. Plastik Ucun Dişli Boruya Takılması
REBA ve Ergofellow Programıyla OWAS Analizleri

Bu iş elemanı için her iki yöntem ile de ergonomik risk analizleri yapılmış ve her iki yönteme göre de risk ve zorlanma fazla çıkmıştır. Çalışanın bu koşullar çalışması sonrasında KİSR kaçınılmaz olacaktır.

Çalışanın antropometrik ölçüleri doğrultusunda yükseklikleri ayarlanabilir uygun bir montaj masası ve sandalye tasarımının yapılması gerekmektedir. Böylelikle çalışan plastik uçları genleşme tanklarına takabilmek için kollarını sürekli yukarı yönde kaldırmayacaktır. Ayrıca ölçüleri 60x90 cm olarak tasarlanan montaj masasının üzerine plastik uçlar, uygun kutu/kutular içerisine yerleştirilerek, belirtilen çalışma bölgeleri içerisinde olursa, çalışanın malzemeye ulaşımı daha kolay bir şekilde sağlanabilir(Şekil-11).



Şekil 11. Plastik Uç Kutularının Çalışana Göre Konumları

Böylece çalışan yeni durumda zorlanmayacaktır ve işlemde öngörülen REBA skoru (3) ve OWAS değer (1) azalacaktır.

5. Sonuç ve Tartışma

Ergonomik açıdan uygun olmayan çalışma koşulları, beraberinde işgücünde verimlilik azalmaları, fire/hurda oranlarında artış gibi dolaylı maliyetleri getirmekte ve işletmeleri günümüz modern rekabet koşullarında zayıflatmaktadır. Bu nedenle, işleri iş elemanlarına atarken, ergonomik risk faktörlerinin belirli bir seviyenin üstüne çıkmasını engellemek amaçlanmıştır.

Bu çalışmada saha analizi yapılıp çalışanların mevcut durumları üzerinde analizler yapılmış ve ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden olan REBA ve OWAS yöntemleri kullanılarak risk düzeyleri belirtilerek uygun olmayan çalışma yöntemleri tespit edilmiştir. Risk düzeyleri birçok iş elemanında orta veya yüksek çıkmıştır. Gözlemler sonucunda yüksek riskli 4 iş elemanı üzerinde iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Önerilen iyileştirme önerileri sonucunda her bir iş elemanlarının REBA ve OWAS skorları azalacağı (ihmal edilebilir düzeylere çekileceği) öngörülmektedir. Bu iyileştirmeler sonucunda 4 iş elemanı orta düzeyde riske düşeceği öngörülmektedir. Böylelikle uygunsuz olan yöntemleri ortadan kaldırmaya yönelik ergonomik iyileştirme çalışmaları düşünülerek işlemlere ve çalışanlara özgü önerilen tasarım uygulamaları gerçekleştirildiği taktirde ortaya çıkan risk düzeylerinin önemli düzeyde azalacağı değerlendirilmektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Akay, D., Dağdeviren, M., Kurt, M., 2003. Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. Gazi Üni. Müh.-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(3), 73-84.

Atıcı,H., Gönen, D., Oral, A., 2015. Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların REBA Yöntemi ile Ergonomik Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3), 239-244.

Atıcı, H., 2016. Kablo Demetleme Konveyör Hattında Bilgisayar Destekli Ergonomik Analizler. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Chiasson, M. E., Imbeau, D., Major, J., Aubry, K., Delisle, A. 2012. Comparing the Results of Eight Methods Used to Evaluate Risk Factors Associated with Musculoskeletal Disorders. International Journal of Industrial Ergonomics, 42, 478-488.

David, G., C., 2005. Ergonomic Methods for Assessing Exposure to Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders. Occupational Medicine, 55, 190-199.

David, G., Woods, V., Li, G., Buckle, P., 2008. The Development Of The Quick Exposure Check (QEC) for Assessing Exposure to Risk Factors for Works Related Musculoskeletal Disorders.Aplied Ergonomics, 39,57-69.

Engström, T., Medbo, P., 1997. Data Collection and Analysis of Manual Work Using Video Recording and Personal Computer Techniques. International Journal of Industrial Ergonomics, 19, 291-298.

Esen, H., Fığlalı, N., 2013. Çalışma Duruşu Analiz Yöntemleri ve Çalışma Duruşunun Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıklarına Etkileri.Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1), 41-51.

Gönen, D., Karaoğlan, A., Oral, A., Ocaktan, M., Cicibaş, 2017. Bir Transformatör İşletmesinde Montaj Ünitesinin Ergonomik Analizi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(5), 1067-1080.

Hignett, S., McAtamney, L., 2000. RapidEntire Body Assessment (REBA). Applied Ergonomics, 31 (2), 201-205.

Karhu, O., Kansi, P., Kuorinka, I. (1977). Correcting Working Postures in Industry: A Practical Method for Analysis"AppliedErgonomics", 8(4), 199-201.

Kocabaş M., 2009. Ağır ve Tehlikeli İşlerde Çalışan İş Görenlerde Zorlanmaya Neden Olan Çalışma Duruşlarının Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi.

Koç, S., Testik, Ö.M., 2016. Mobilya Sektöründe Yaşanan Kas-İskelet Sistemi Risklerinin Farklı Değerlendirme Metotları İle İncelenmesi Ve Minimizasyonu. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 27(2), 2-27.

Mattila, M., Karwowski, W., Wilkki, M. (1993). Analysis of working psotures in hammering tasks on building construction sitesusing the computerized OWAS method. *AppliedErgonomics*, 24(6), 405-412.

Mert., E.A., 2014. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Çanta İmalat Atölyesinde Uygulanması. Yayınlanmamış İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. T.C Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.

OSHA(Occupational Safety and Health Administration), 2010.

Özcan, E., Kesiktaş Sakar, N., Alptekin, H.K., Özcan, E.E. 2007. Mesleki Kas İskelet Risklerinin Değerlendirilmesinde QEC Ölçeğinin (Quick Exposure Check-Hızlı Maruziyet Değerlendirme) Türkçe Uyarlamasının Güvenilirliği. İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi, 70(40), 98-102.

Özel, E., Çetik, O., 2010. Mesleki Görevlerin Ergonomik Analizinde Kullanılan Araçlar ve Bir Uygulama Örneği. Dumlupınar Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22, 41-56.

Roman-Liu, D., 2014. Comprasion of Concepts in easy-to-use Methods for MSD Risk Assessment, Aplie Ergonomics, 45 (3), 420-427.

Slavendy, G., 1987. Handbook Of Human Factors, Newyork.

Santos, J., Sarriegi, J., M., Serrano, N., Torres, J. M., 2007. Using Ergonomic Software in Non-repetitive Manufacturing Processes: A Case Study. International Journal of Industria lErgonomics, 37, 267-275.

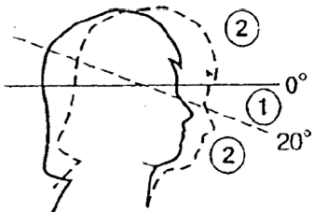
Şimşek, M. (1994). Mühendislikte Ergonomik Faktörler, Marmara Üniv. Teknik Eğitim Fakültesi Yayın No: 9, İstanbul.

Ulutaş. İ., Gündüz T., 2017. Otomotiv Kablo İmalatında Ergonomik Risk Analizi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 22(2).

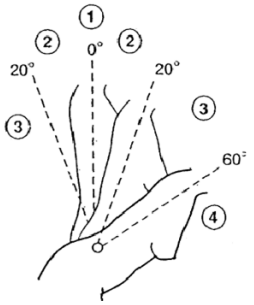
Ülker, O., Burdurlu E.,2012. Panel Mobilya İmalatında Kullanılan Bazı Makinelerde OWAS Yöntemi ile Eylemsel Duruş Analizi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 12(2) 291-300

Ek 1.REBA Formu

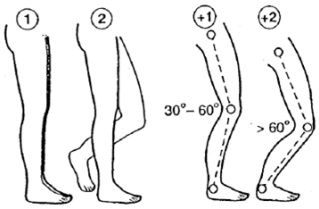
Boyun Duruş Puanlaması

Hareket	Skor	Skor Değişimi	
0° - 20° Fleksiyon	**1**	Yana esneme veya dönme varsa **+1**	
>20° Fleksiyon veyaEkstansiyon	**2**		

Gövde Duruş Puanlaması

Hareket	Skor	Skor Değişimi	
Dik	**1**	Yana esneme veya dönme varsa **+1**	
0° - 20° Fleksiyon 0° - 20° Ekstansiyon	**2**		
20° - 60° Fleksiyon >20° Ekstansiyon	**3**		
>60° Fleksiyon	**4**		

Bacak Duruş Puanlaması

Hareket	Skor	Skor Değişimi	
Bilateral (iki taraflı) ağırlık taşıma, yürüme veya oturma	**1**	Diz(ler)de 30° - 60° arası fleksiyon**+1** Diz(ler)de >60° fleksiyon (oturma hariç) **+2**	
Unilateral (tek taraflı) ağırlık taşıma veya sabit olmayan duruş	**2**		

A Tablosu

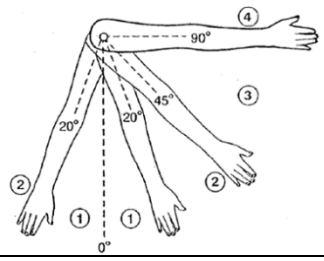
		Boyun											
		1				2				3			
		Bacaklar				Bacaklar				Bacaklar			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Gövde	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Yük / Kuvvet değerleri

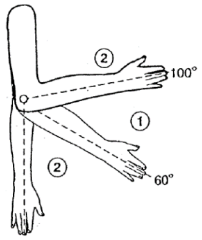
Yük / Kuvvet	Skor
< 5 kg	**0**
5 – 10 kg	**1**
> 10 kg	**2**
Ani veya hızlı kuvvet artışı	**+1**

Üst Kol Duruş Puanlaması

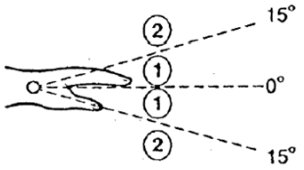
Hareket	Skor	Skor Değişimi	

20° Fleksiyon - 20° Ekstansiyon	**1**	Kolda abdüksiyon veya rotasyon varsa **+1** Omuz yükselmişse **+1** Kolun duruşunda yerçekimi desteği varsa **-1**	
20° - 45° Fleksiyon >20° Ekstansiyon	**2**		
45° - 90° Fleksiyon	**3**		
>90° Fleksiyon	**4**		

Alt Kol Duruş Puanlaması

Hareket	Skor	
60° - 100° Fleksiyon	**1**	
<60° Fleksiyon veya >100° Ekstansiyon	**2**	

Bilek Duruş Puanlaması

Hareket	Skor	Skor Değişimi	
0° - 15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	**1**	Yana dönme veya esneme varsa **+1**	
>15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	**2**		

B Tablosu

		Alt Kol					
		1			2		
		Bilek			**Bilek**		
		1	2	3	1	2	3
Üst Kol	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Kavrama Değerleri

Derece	Açıklama	Skor
İyi	İyi bir tutma kolu ve orta şiddette kavrama gücü	**0**
Uygun	El tutuşu uygun fakat ideal değil veya vücudun başka bir bölgesi ile kavrama uygun	**1**
Kötü	El tutuşu uygun olmamasına rağmen mümkün	**2**
Uygun değil	Zor ve güvenli olmayan tutuş, tutma kolu yok Vücudun başka bir bölgesi ile tutuş uygun değil	**3**

C Tablosu

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

Aktivite Değeri

Aktivite	**Skor**
Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabit (1 dakikadan uzun süre tutma)	**+1**
Kısa aralıklarla tekrar eden işler (1 dakikada 4 kereden fazla tekrar eden iş – yürüme hariç)	**+1**
Yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışılıyorsa	**+1**

REBA Risk Derecelendirmesi

Derece	**REBA 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

Ek-2.OWAS Formu

Bu çalışma, işçinin işin yapımı esnasında maruz kaldığı fiziksel zorlanma düzeyinin tesbiti amacıyla yapılmaktadır.

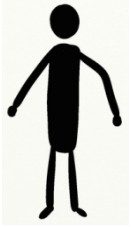
Bu formdaki bilgiler sadece araştırma amaçlı kullanılacak olup, bu formda yer alan bilgiler hiçbir kişi veya başka firmalar ile paylaşılmayacaktır.

Atölye	:	Tarih	:
Çalışanın Adı ve Soyadı	:	Saat	:
Analizcinin Adı ve Soyadı	:		
İşlem Adı	:	No	:

SIRT DURUŞU

			
1.Düz	2.Eğik	3.Çevrilmiş	4.Bükülmüş ve eğilmiş

KOL DURUŞU

		
1.Her iki kol omuz hizasının altında	2.Bir kol omuz hizasının üstünde	3.Her iki kol omuz hizasının üstünde

BACAK DURUŞU

			
1.Oturma	2.Dik olarak iki bacak üzerinde ayakta durma	3.Dik olarak tek bacak üzerinde ayakta durma	4.Dik durumda, her iki bacak bükülmüş

		
5.Dik durumda, bir bacak bükülmüş	6.Diz çökerek durma	7.Yürüme

YÜK/GÜÇ KULLANIMI
1. 10 kg altında
2. 10-20 kg arasında
3. 20 kg üstü

Eylem Sınıfları

Sırt	Kollar	1			2			3			4			5			6			7			Bacaklar
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Kuvvet Kullanımı
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

OWAS Risk Skoru :