



MAKİNA MONTAJINDA ZAMAN İSRAFININ KALDIRILMASI İÇİN REBA VE MURİ ÇALIŞMASI

Ali ORAL¹, Demet GÖNEN^{2*}, Aslan Deniz KARAOĞLAN²,
Can TUNCER³, Selin Sümeyye KUNDAKÇI³

¹Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye
²Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye
³Yemtar Makine Sanayi Tic. A.Ş., Bandırma-Balıkesir, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Kas İskelet Sistemi
Rahatsızlıkları, Çalışma
Duruş Analizi, Muri Yöntemi,
REBA Yöntemi

Öz

İşletmeler açısından israf (muda) kaçınılması gereken bir kavramdır. Muda, iş bitim sürelerini uzatan, bir malzemeyi ya da aleti almak için gereksiz hareketler yapmaya neden olan, stok fazlalığı yaratan ya da sonuçta her tür bekleme yol açan fire niteliğindeki hareketler olarak tanımlanmaktadır. Bir işletmede çalışan operatör, makine veya diğer birimlerin gereğinden fazla yüklenerek ideal zaman ve emek miktarının üzerinde zorlanmasına ise Japonca Muri adı verilir. İsrafi önleyebilmek ve üretim süreçlerindeki dengesizlikleri giderebilmek için önemli önceliklerden biri aşırı yükün olduğu birimlerin tespit edilmesini sağlayan Muri çalışmalarını yapmaktır. Çalışmada, yem tesisi üretim sürecinde yer alan işlemler incelenmiş, montaj sürecinde çalışanların çömelerek ve eğilerek işlem yaptıkları gözlenmiştir. Çalışanları zorlayan çalışma durumları Muri ve REBA ile analiz edilmiş ve aşırı yükten kaynaklanan zaman israfını ortadan kaldıracak çalışma şekilleri değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, çalışanları zorlayan bu çalışma duruşlarının ortadan kaldırılması amacıyla bir otomasyon sistemi tasarlanmıştır. Amaç, çalışan memnuniyetini ve konforunu artırmak suretiyle; çalışana bağlı hata yapma riskinin minimuma indirilmesi, kalite ve verimlilik iyileştirmelerinin gerçekleştirilmesi ve rekabet etme olanaklarının artırılmasıdır. Çalışmanın tasarımı tamamlanmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

REBA AND MURI STUDY TO REMOVE TIME WASTE AT THE MACHINE ASSEMBLY

Keywords

Musculoskeletal System
Disorders, Working Posture
Analysis, Muri Method, REBA
Method

Abstract

Waste (muda) in terms of businesses is a concept that must be avoided. Muda is defined as movements that prolong work end times, cause unnecessary movements to get a material or tool, create excess stock, or eventually lead to any kind of wait. Overloading the operator, machine or other operating units and by this way exceeding the ideal amount of time and effort, is called Muri in the Japanese. One of the important priorities in order to prevent waste and to alleviate the imbalances in the production process is to conduct Muri studies which enable the detection of units that are overloaded. In the study, the operations in the forage production process were examined, and it was observed that the workers were squatting and leaning in the assembly process. The working conditions that forced the employees were analyzed with Muri and REBA and the working positions were analyzed to eliminate the time wastage resulting from this overload. As a result of the analyses performed, an automation system designed to drill the band holes at desired intervals in order to improve the working postures that force the employees. The aim of this study is to reducing the mistakes related with the employees, improving the quality and productivity, and increasing competition power by increasing the satisfaction and comfort of the employees. The design and the manufacturing process of the proposed system have been completed.

Alıntı / Cite

Oral, A., Gönen, D., Karaoğlan, A.D., Tuncer C., Kundakçı S.S., (2017). Makina Montajında Zaman İsrafının Kaldırılması İçin REBA ve MURİ Çalışması, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(ÖS: Ergonomi2017), 102-111

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Ali Oral, 0000-0002-9144-3821
Demet Gönen, 0000-0003-1997-6719
Aslan Deniz Karaoğlan, 0000-0002-3292-5919
Can Tuncer, 0000-0003-0539-1381
Selin Sümeyye Kundakçı, 0000-0002-5191-5433

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	30.11.2017
Revizyon Tarihi / Revision Date	19.03.2018
Kabul Tarihi / Accepted Date	30.07.2018
Yayın Tarihi / Published Date	24.12.2018

1. Giriş

Günümüz rekabet koşullarında şirketlerin ayakta kalabilmeleri ve büyümeleri her geçen gün zorlaşmaktadır. Küresel rekabet, değişen müşteri talepleri, şirketleri daha ekonomik ve kaliteli üretim yapmaya zorlamaktadır. Ayrıca; işletmelerin ortak isteklerinden biri az zamanda çok iş yapabilmektir. Bunu yapabilmenin en önemli ve en ucuz yollarından biri gereksiz faaliyetlerin ortadan kaldırılmasıdır. Yapılan yanlış montaj işlemleri, bilinçsiz imalat, işletmelerde zaman israfına ve zaman maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. İsrafı minimize etmiş, uygun fiyat/kalite dengesini kuran, değişen müşteri isteklerine atik bir şekilde cevap veren şirketler ayakta kalabilme başarısı göstermektedir. Şirketlerin mevcut kaynaklarını etkili bir şekilde kullanmasıyla maliyetleri düşürüp israfı ortadan kaldıracak faaliyetler yapması gereklidir.

Yedi israf olarak bilinen aşırı üretim, envanter, taşıma, hatalar, atıl zaman, işleme ve operasyon israfını azaltmak işletmelere ve çalışanlara yararlar sağlamaktadır. İsrafın azaltılmasının işletmeler açısından yararları; gizli maliyetlerin ortadan kaldırılması, teslimatların zamanında gerçekleşmesi ve artan ürün kalitesi ile artan müşteri memnuniyetidir. Çalışanlar açısından yararları da artan iş memnuniyeti ve iyileştirmeye katkıda bulunmaktır. İsrafı belirleyip ortadan kaldırma, yalın üretim yolunda ilerlemeyi sağlar [Sivash, 2006].

Yalın düşüncenin temel amacı tüm israfı azaltarak, mümkünse yok ederek, verimlilikleri arttırırken, maliyetleri düşürerek müşteriye sadece katma değeri sunmaktır[URL-1; Joshi at all., 2012]. Burada değer müşteriye sunulan fayda olup; müşterinin istediği özellikleri içeren, talep edilen zamanda/miktarda ve müşterinin bedelini ödemeye razı olduğu ürün veya hizmettir. Başlangıçta Toyota firmasında otomobil üretimi için geliştirilen yalın düşünce/üretim, günümüzde endüstrinin hemen her alanında uygulanabilmektedir [URL-1].

Toyota yöneticileri ve çalışanları israf söz ederken muda sözcüğünü kullanırlar. Mudayı ortadan kaldırmak imalatçıların odak noktasıdır. Halbuki sistemler içinde Muda yanında, düzensiz iş yükü

olarak tanımlanan Mura ve çalışanların aşırı yüklenmesi olarak tanımlanan Muriler de söz konusudur (3M) [URL-2, URL-3].

Bu çalışmada bir yem üretim işletmesinin üretim sürecinde yer alan işlemlerdeki israfların kaldırılmasına odaklanılmıştır. Çalışmanın yapıldığı işletmede, hammadde ve yarı mamullerin tesis içerisinde belirli yüksekliklere çıkarılması amacıyla kullanılan kovalı elevatörler üzerinde çok sayıda taşıyıcı kova yer almakta ve bu kovaların elevatör üzerine montajı, taşıyıcı bant vasıtasıyla yapılmaktadır. Kovaların, taşıyıcı bant üzerine montajı cıvata ve somun kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bant üzerinde yer alan yüzlerce delik, mevcut teknikte, önce el ile işaretlenmekte ve sonrasında el matkabıyla delinmektedir. Kova taşıyıcı bandının delik konumlarının işaretlenmesi ve delinmesi işleminde çalışanların çömelerek ve eğilerek işlem yaptıkları görülmüştür. Anılan bu işlem gün boyunca devam edebilmekte ve çalışan gün boyu zorlanmaktadır. Çalışanlardan sıklıkla bel ağrısı şikayetlerinin gelmesi üzerine; gereksiz kas faaliyetlerinin ortadan kaldırılması ve imalat süresinin kısaltılması hedeflenmiştir. Bunun için, kovalı konveyörlerde kova taşıyıcı bandına açılması gereken delikler için çalışanların yüklenmeleri Muri yöntemi ile analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar REBA yöntemi ile desteklenmiştir. İmalat sistemlerinin değerlendirilmesiyle bu çalışma ile elde edilen sonuçların diğer faaliyetler için de yaygınlaştırılabileceği değerlendirilmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Muri İle İş Analizleri

Yalın üretimde, gereksiz faaliyetler yani israflar muda, muri ve mura olarak tanımlanır. **Muda**; israfları yani üretim sürecinde değer katmayan çalışmaları, **Mura**; üretim planlarının değişmesi ve müşteri taleplerindeki dalgalanmaları dengeleyebilmek amacıyla yapılan üretim sürecindeki dengesizlikleri gidermek üzere yapılan çalışmaları ve **Muri**; aşırı yükü yani çalışma alanında bulunan ekipman ve insanların normal kapasitelerinin üzerinde çalıştırılarak zorlanmalarını ifade eder [URL-4; Ayan, 2015].

Muri metodunu uygularken, çalışanları gözlemek ve çalışanlarla iletişim kurmak metodun verimi açısından önemlidir. Muri ile çalışanlar yaptıkları iş esnasında izlenerek, en çok zorlanmaların olduğu vücut bölgeleri tespit edilerek, o işin daha kolay ve çalışanı zorlamayacak şekilde nasıl yapılabileceği

amaçlanmaktadır. Muri uygulanırken dokuz kusurlu hareket için çalışma esnasında duruş ve hareket analizi ile puanlama yapılmıştır. Bu kusurlu hareketler için 3 farklı seviye bulunmaktadır(Şekil 1).

Belden eğilme			Belin dönmesi			Kolların çalışma yüksekliği		
Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
0° - 15°	15° - 30°	> 30°	0° - 15°	15° - 45°	> 45°	Bel Seviyesi	Omuz Hizası	Omuz Hiz. yüksek
Dizlerin bükülmesi/ gerilmesi			Dirsek/bilek döndürülmesi			Parça/malzeme alma		
Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
0° - 30°	30° - 60°	> 60°	0° - 90°	90° - 180°	> 180°	Kolayca alma	Kolların gerilerek alınabilmesi	Zorlanarak alma
Çalışma alanı vücut dönmesi			Yürüme			Taşıma		
Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
0° - 45°	45° - 90°	> 90°	0 - 4 adım arası	5 - 9 adım arası	10 adım yukarı	0 - 3 Kg arası	3 - 5 Kg arası	5 Kg yukarı

Şekil 1.Muri Duruş Analizi Tablosu [Ayan, 2015]

Gözlem yapılarak duruş ve hareket analizi yapıldıktan sonra ortaya çıkan puana göre risk seviyesi belirlenir (Tablo 1). Değerlendirilen her bir duruş için skor 15 puanın üzerinde ise "kırmızı bölge" bir başka deyişle çok riskli olarak değerlendirilir. 10 puanın üzerinde ise "sarı bölge" yani riskli seviye, 10

puanın altında ise "yeşil bölge" yani risksiz seviye olarak belirlenir. Değerlendirme sonucuna göre elde edilen risk seviyesi yüksek ise iyileştirme yapılarak risk yaratan çalışma duruşlarının azaltılması hatta ortadan kaldırılması istenir [Ayan, 2015].

Tablo 1. Manuel Proseslerde Çalışan Hareketleri Ergonomi Değerlendirme Matrisi [Ayan, 2015]

Operasyondaki hareketleri	belden eğilme			belin dönmesi			kolların çalışma yüksekliği			dizlerin bükülmesi/g erilmesi			dirseklerin döndürülmesi			parça malzeme alma			çalışma alanı (vücudun dönmesi)			yürüme			taşıma		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1
Kriter	0-15	15-30	>30	0-15	15-45	>45	bel seviyesinde	omuz seviyesinde	omuzların üstünde	0-30	30-60	>60	0-90	90-180	>180	kolayca alma (hareket etmeden)	kolların gerilerek alınabilmesi	zorlanarak alma (dikkat gerekir)	0-45	45-90	>90	0-4 adım	5-9 adım	>10 adım	0-3 kg	3-5 kg	>5 kg
Manuel işçilik prosesi																											
1																											
2																											

Seviye 1 ■ :3 puan; Seviye 2 ■ : 2 puan; Seviye 3 ■ : 1 puan

2.2. REBA (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme) Yöntemi

Duruş analiz teknikleri, genel ya da hassas olmak üzere iki nitelik taşırlar. Duruş analiz yöntemlerinden Ovako Çalışma Duruşu Analizi (OWAS) geniş bir kullanım alanına sahiptir ancak sonuçları geneldir. Buna karşın, NIOSH, duruşun spesifik parametreleri hakkında ayrıntılı bilgi içermektedir. Ancak kullanımı sınırlıdır. Bu durumlar göz önüne alındığında endüstride öngörülemeyen çalışma duruşlarına duyarlı olarak duruş analizleri ihtiyacı algılanmış ve Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi (REBA) Yönteminin geliştirilmesine neden olmuştur [Sue ve McAtamney, 2000].

REBA, metal sektörü için kullanılagelen OWAS metodunu temel alan, Üst Vücut Değerlendirme Yönteminin (RULA) üzerine inşa edilerek geliştirilmiştir. RULA yöntemi üst uzuvları (el, bilek, dirsek, alt kol, üst kol, omuz-boyun) değerlendirmek için kullanılırken REBA yöntemi statik ve dinamik olarak tüm vücut faaliyetleri esnasında çalışanın duruşunu analiz ederek KİSR (Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları)'e neden olabilecek çalışma şeklinin saptanmasına ve önlem alınmasına olanak sağlayan gözleme dayalı bir duruş analiz metodudur [Ayan, 2015; Eriş vd., 2009].

REBA ile analiz edilmek istenilen çalışma duruşu gövde, boyun, bacaklar, alt-üst kollar ve bileklerin duruşlarının kombinasyonu ile hesaplanır. Gövde duruşu değerlendirilirken; gövde dik duruşta ise 1, 0⁰-20⁰ arası öne eğilme veya arkaya esneme varsa 2 puan, 20⁰-60⁰ arası eğilme veya 20⁰'den fazla arkaya esneme varsa 3 puan ve 60⁰'den fazla öne eğilme varsa 4 puan verilir. Dönme veya yana eğilme hareketi varsa belirlenen puana 1 puan daha eklenir.

Boyun puanı belirlenirken; 0⁰-20⁰ arası öne eğilme varsa 1 puan, 20⁰'den fazla öne eğilme veya arkaya esneme varsa 2 puan verilir. Dönme veya yana eğilme hareketi varsa belirlenen puana 1 puan daha eklenir.

Yük iki bacak üzerine biniyorsa 1 puan, tek bacak üzerine biniyorsa 2 puan verilir. Dizler 30⁰-60⁰ arasında bükülüyorsa 1 puan, 60⁰'den fazla bükülüyorsa 2 puan belirlenen puana eklenir ve bacak puanı elde edilir.

Gövde, boyun ve bacak puanlarına göre Tablo A değeri belirlenir. Tablo A değerine Yük/Kuvvet değeri eklenir ve A değeri bulunur. Yük/Kuvvet değeri 5 kg'dan küçük ise 0 puan, 5-10 kg arasında ise 1 puan, 10 kg'dan büyük ise 2 puan verilir. Ani ve hızlı yük artışı varsa bu puanlara ilave 1 puan eklenir.

Üst kollarında 20⁰ öne doğru eğilme veya arkaya doğru esneme varsa 1 puan, 20⁰-45⁰ arasında eğilme ya da 20⁰'den fazla esneme varsa 2 puan, 45⁰-90⁰ arasında eğilme varsa 3 puan ve 90⁰'den fazla eğilme varsa 4 puan verilir. Bu puanlara ilave olarak, kollarında

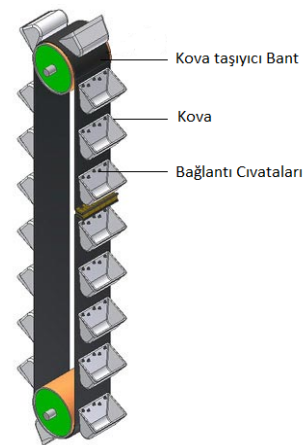
abdüksiyon ya da rotasyon varsa, omuz yükselmişse 1 puan eklenir, kol destekleniyorsa 1 puan çıkarılır.

Alt kollarında 60⁰-100⁰ arasında eğilme varsa 1 puan, 60⁰'den az ya da 100⁰'den fazla eğilme varsa 2 puan verilir.

Bileklerde 0⁰-15⁰ arasında eğilme ya da enseme varsa 1 puan, 15⁰'den fazla enseme varsa 2 puan verilir. Bileklerde yana esneme ya da dönme varsa ilave 1 puan eklenir ve elde edilen üst kol, alt kol ve bilek değerlerine göre Tablo B değeri belirlenir. Tablo B değerine Kavrama Değeri eklenir. Kavrama iyi ise 0, uygun ise 1, kötü ise 2 ve uygun değil ise 3 olarak puanlanır. Elde edilen A ve B değerlerine göre C skoru bulunur ve bu değere Aktivite Skoru eklenir. Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabitse, kısa aralıklarla tekrar edilen işlerse ve yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışılıyorsa ilave 1 puan eklenir ve REBA risk skoru değeri bulunur. Risk skoru 1 ise risk seviyesi ihmal edilebilir, 2 veya 3 ise risk seviyesi düşük, 4-7 arasında ise risk seviyesi orta, 8-10 arasında ise risk seviyesi yüksek ve 11-15 arasında ise risk seviyesi çok yüksektir [Sue ve McAtamney, 2000].

3. Uygulama

Uygulama çalışması, 1980 yılında Bandırma'da kurulmuş yem makineleri ve yem tesisi üretimi gerçekleştiren Yemtar firmasında gerçekleştirilmiştir. Firma ayrıca, 12 000 m² kapalı alan, 34000 m² toplam üretim alanında, değirmenler, pelet presi, karıştırıcı, melasiyer, elevatör, konveyör, premix ünitesi, kantarlar üretmektedir. Çalışmada, elevatör üretim sürecinde (Şekil 2) karşılaşılan çalışma duruşlarının ergonomik analizler yapılmıştır. Çalışanların duruşları REBA ve Muri yöntemleri ile değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Kovalı elevatör kova ve taşıyıcı bant [URL-5]

Toz, granül maddelerin fabrika içerisinde taşınmasını sağlayan elevatörler, sektörde çok tercih edilen ekipmanlardır. Bantlı kovalı elevatör tipi özellikle yem sanayiinde tercih edilmektedir. Elevatör içerisindeki bandın üzerinde ihtiyaca göre kovalar bulunur. Bu kovalar bantın üzerine civatalarla tespitlenmektedir. Bant, yapısındaki kord malzemesinden dolayı sert dayanıklı bir yapıya sahip kauçuk esaslı bir malzemedir. Kovanın bant üzerine civatalı birleştirme işlemi için bandın delinmesi gereklidir. Bandın delinmesi işleminde öncelikli olarak rulo şeklinde gelen bandın açılması, bant üzerindeki deliklerin bir şablon ile işaretlenmesi ve operatörün manuel olarak kova delik çapına göre matkapla bandı delmesi, delinen bandın tekrar rulo olarak sarılması şeklinde sıralanabilir (Şekil 3). Bu işlemler sırasında bant uzunluğuna göre 1 güne kadar uzayan sürelerle; çalışanlar delik işaretleme ve ardından matkap ile delme işlemi gerçekleştirmektedir. İşaretleme ve matkapla delme işleminde 1 metre bantı delme işlemi ortalama 10 dakika sürmektedir. İşaretleme ve delme ve işlemlerinde hatalı işlemler yapılarak malzeme israfı da sözkonusu olabilmektedir. Bu işlemler, malzeme ve zaman kaybına neden olurken çalışanlar üzerinde KİSR'e neden olmaktadır.





Şekil 3. Bant üzerindeki deliklerin işaretlenmesi ve delinmesi

3.1. Bant üzerinde deliklerin işaretlenmesi ve delinmesi işlemleri için REBA Analizi

Bant üzerinde deliklerin işaretlenmesi işlemi için REBA Analizi yapılmış, gövde, boyun, bacak, üst-alt kol, bilek puanları verilmiştir. Puan değerleri verilirken kullanılan açı görselleri için uMEDergonomy v1.3.3.0 yararlanılmış ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Delik işaretleme işleminde çalışan işgörenin çalışma duruşunun REBA analizi

A Grubu		Tablo A	Tablo B	B Grubu	
Gövde	4	8	2	1	Üst Kol
Boyun	2			2	Alt Kol
Bacaklar	4			2	Bilek
Yük/Kuvvet		0	1		Kavrama
A Skoru		8	3		B Skoru
	C Skoru	8			
	Aktivite Skoru	2			
	REBA Skoru	10			

Deliklerin işaretlenmesi işleminde çalışan işgören çömelerek çalıştığı için en fazla zorlanma belde ve bacaklarda oluşacaktır. Yapılan REBA analizinde de bu bölgelerin puanının yüksek olduğu görülmektedir. Analiz sonucunda elde edilen REBA skoru 10'dur ve risk seviyesi "Yüksek" tir. Gün içerisinde tekrarlanan ve anlık olarak yapılmayan bu işler çalışanı zorladığından, ileride KİSR'na neden olabilmektedir ve bu çalışma duruşu için "Kısa Zaman İçerisinde Önlem Gerekli" dir.



Tablo 3. Delik delme işleminde çalışan işgörenin çalışma duruşunun REBA analizi

A Grubu		Tablo A	Tablo B	B Grubu	
Gövde	5	6	4	3	Üst Kol
Boyun	2			1	Alt Kol
Bacaklar	1			2	Bilek
Yük/Kuvvet		0	2		Kavrama
A Skoru		6	6		B Skoru
	C Skoru	8			
	Aktivite Skoru	2			
	REBA Skoru	10			

Deliklerin işaretlenmesinin ardından deliklerin matkap ile delinmesi işlemi yapılmaktadır. Çalışan yerde bulunan bandın üzerine delikleri ayakta eğilerek matkap yardımıyla açmaktadır ve bu işlemi bant boyunca yapmaktadır. Gün içerisinde tekrarlanan bu işlem çalışanı zorlamaktadır. Eğilerek yapılan delme işlemi için kuvvet uyguladığından özellikle gövde ve üst kollarda zorlanmalar daha fazladır (Tablo 3). REBA analizinden elde edilen skor 10'dur. Bu çalışma duruşunun risk seviyesi "Yüksek" tir ve bu duruşun iyileştirilebilmesi için "Kısa Zaman İçerisinde Önlem Gerekli" dir.

3.2. Bant üzerinde deliklerin işaretlenmesi ve delinmesi işlemleri için MURİ Analizi

Tablo 4. İyileştirme Öncesi alışma Duruşlarının MURİ Analizi

Manuel Proseslerde alışan Hareketleri Ergonomi Değerlendirme Matrisi																													
Operasyondaki hareketleri		belden eğilme			belin dönmesi			kolların çalışma yüksekliği			dizlerin bükülmesi/ge rilmesi			dirseklerin döndürülmesi			parça malzeme alma			çalışma alanı (vücudun dönmesi)			yürüme			taşıma			
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
Kriter		0°-15°	15°-30°	>30°	0°-15°	15°-45°	>45°	bel seviyesinde	omuz seviyesinde	omuzların üstünde	0°-30°	30°-60°	>60°	0°-90°	90°-180°	>180°	kolayca alma (hareket etmeden)	kolların gerilerek alınabilmesi	zorlanarak alma (dikkat gerekir)	0°-45°	45°-90°	>90°	0-4 adım	5-9 adım	>10 adım	0-3 kg	3-5 kg	>5 kg	TOPLAM
Manuel işçilik prosesi																													
İşaretleme			2			2		1					3	1				2		1			1			1			14
Delme				3	1				2		1			1				2		1					3	2			16

Tablo 4'e bakıldığında; bant üzerinde deliklerin işaretlenmesi işleminde çalışan yere çömelerek çalıştığından belden eğilme 15° - 30° arasındadır ve risk seviyesi 2 olarak verilmiştir. İşaretleme işlemini yaparken çalışan yana doğru vücudunu döndürerek durmakta ve risk seviyesi 2 olarak değerlendirilmiştir. Kolların çalışma yüksekliği bel seviyesinde olduğu için risk seviyesi 1'dir. Çömelerek çalışıldığından dizlerin bükülmesi 60° 'den fazladır ve risk seviyesi 3 olarak belirlenmiştir. Deliklerin işaretlenmesi esnasında çalışan bileklerini 0° - 90° arası döndürmektedir. Risk değeri olarak 1 verilmiştir. Parça/malzeme alma çömelerek çalışma esnasında çalışana zorladığı için 2 puan, çalışma esnasında vücudun dönmesi 1 puan olarak değerlendirilmiştir. Yürüme ve taşınacak yük fazla değildir, puanı 1 olarak belirlenmiştir. Toplam risk değeri 14 olarak bulunmuştur. Bant üzerinde deliklerin delinmesi işlemi Muri yöntemi ile değerlendirildiğinde; işlem esnasında çalışan belden eğildiği için risk seviyesi 3, bu esnada belini 0° - 15° arasında döndürdüğü için puanı 1 olarak verilmiştir. Delme işleminde kollar omuz seviyesindedir ve risk değeri 2'dir. Ayakta, bacaklarını çok fazla bükmeden çalışmaktadır, puanı 1 olarak değerlendirilmiştir. Matkap ile delme işlemini gerçekleştirirken bilekler çok fazla döndürülmektedir ve puanı 1'dir. Bu çalışma pozisyonunda parça alma işleminde kollarını germektedir ve vücudu 0° - 45° döndürmektedir. Eğilerek yapılan delme işleminde sac boyunca delme işlemi yapıldığından 10 adımdan fazla adım atılmakta ve elde matkap taşınmaktadır. Toplam risk değeri 16 olarak bulunmuştur.

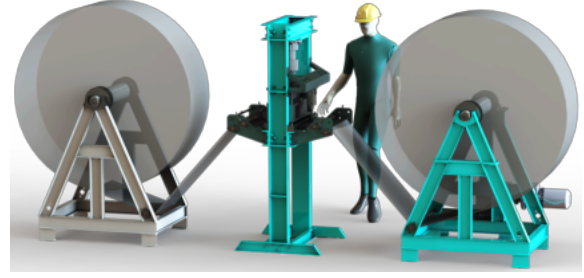
3.3. Bant üzerinde deliklerin işaretlenmesi ve delinmesi işlemleri için yapılan REBA ve MURİ Analizlerinin Karşılaştırılması

Bantlı kovalı elevatörlerde, kovalar bantın üzerine civatalarla birleştirilmektedir. Kovanın bant üzerine birleştirilmesi için, bant üzerine deliklerin bir şablon ile işaretlenmesi ve delinmesi işlemleri yapılmaktadır. Her iki işlem incelenmiş ve bu işlemler esnasındaki çalışanın çalışma duruşları gözlenmiştir. REBA ve Muri yöntemleri ile analizler karşılaştırıldığında elde edilen sonuçların uyumlu olduğu, deliklerin delinmesi işleminin yüksek risk içerdiği ve en kısa zamanda önlem alınarak iyileştirilmesi gerektiği, deliklerin işaretlenmesi işleminin de yüksek riskli olduğu ve en kısa zamanda önlem alınmasının gerektiği sonucuna varılmıştır. Her iki çalışma duruşu için yapılan Muri analizlerinde de bu iki çalışma duruşunun risk seviyesinin yüksek olduğu ve iyileştirilmesinin gerektiği görülmüştür.

3.4. Otomatik Bant Delme Makinesi

Muri çalışmaları sonucunda, israfı ortadan kaldıracak yeni çalışma şekilleri üzerinde değerlendirmeler sonrasında; ortaya yeni ve bu işlemleri otomatik olarak yapan bir makine yapılması fikri çıkmıştır. Bu

amaçla, Ar-Ge merkezi tasarım ekibi tarafından Şekil 4'de 3D perspektif görünüşü verilen otomatik bant delme makinesi tasarımı yapılmıştır.



Şekil 4. Otomatik bant delme makinesi 3D görünüşü

Bu tasarımın gerçekleştirilmesiyle (Şekil 5), iki çalışanın ergonomik olmayan çalışma durumları ortadan kaldırılmıştır. İki çalışan, otomatik bant delme makinesini kontrol eden bir çalışana düşürülmüştür. El ile yapılan delme işleminde 1 metre bant için 10 dakika zaman harcanırken, bu işlemin makine ile 30 saniye de gerçekleşmesi hedef değeri olarak belirlenmiştir. Geliştirilen makine üzerinde açılacak delikler için uygun kalıp ve zımbalar bulunmaktadır. Bant delik mesafelerine göre otomatik olarak sürülmektedir. Bant sürülme miktarı enkoder ile kontrol edilmektedir. Bant, delikler arası mesafe kadar ilerletildikten sonra zımbalar, hidrolik pistonlar vasıtasıyla bant üzerindeki delikleri delmektedir. Delik delme işleminden sonra bant sürülerek bir taraftan toplama rulosa sarılırken, diğer taraftan açma rulosa açılmaya devam eder ve delme işlemine devam edilir. Otomatik bant delme makinesinin üretiminin tamamlanıp, faaliyete geçmesi ile manuel olarak iki çalışanın yaptığı delik işaretleme ve delme işlemlerini makine gerçekleştirecektir. El ile delme işlemi 1 metre bantın delikleri 10 dakikada delinebilirken makine ile delme işleminde bir metre bant 30 saniyede delinmesi hedeflenmiş olup, prototip makinenin ilk denemelerinde bu sonuca ulaşılmıştır. Prototip makine sadece bir işçi tarafından kontrol edilmektedir. Bu sayede hem işgücü tasarrufu sağlanacak hem de çalışanalarda oluşabilecek KİSR önlenecektir. Makinenin kontrolünü yapan çalışanın Muri analizi yapıldığında risk seviyesinin düşük olduğu görülmüştür (Tablo 6.).



Şekil 5. İmalatı gerçekleştirilen otomatik bant delme makinesi

Tablo 6.İyileştirme Sonrası Çalışma Duruşlarının MURİ Analizi

Manuel Proseslerde Çalışan Hareketleri Ergonomi Değerlendirme Matrisi																													
Operasyondaki hareketleri	belden eğilme			belin dönmesi			kolların çalışma yüksekliliği			dizlerin bükülmesi/gerilmesi			dirseklerin döndürülmesi			parça malzeme alma			çalışma alanı (vücudun dönmesi)			yürüme			taşıma			TOPLAM	
	Seviye	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1				
Manuel işçilik prosesi	Kriter	0°-15°	15°-30°	>30°	0°-15°	15°-45°	>45°	bel seviyesinde	omuz seviyesinde	omuzların üstünde	0°-30°	30°-60°	>60°	0°-90°	90°-180°	>180°	kolayca alma (hareket etmeden)	kolların gerilerek alınabilmesi	zorlanarak alma (dikkat gerekir)	0°-45°	45°-90°	>90°	0-4 adım	5-9 adım	>10 adım	0-3 kg	3-5 kg	>5 kg	
	Makine kontrolü yapan çalışan	1			1			1			1			1			1			1			1			1			9

4. Sonuçlar

Çalışmada, elevatör üretim süreci incelenmiş, süreçte gözlenen çalışma duruşlarının ergonomik analizleri Muri ve REBA yöntemleri ile yapılmıştır. Bant üzerindeki deliklerin işaretlenmesi ve delinmesi işlemlerinde Muri olarak değerlendirilebilen aşırı yüklemeler meydana gelmektedir. Bu aşırı yüklemeler, zaman israfı ve KİSR sorunlarına neden olmaktadır. Çalışanlarda oluşabilecek zorlanmaların analizi için REBA yönteminden de yararlanılmış ve her iki yöntemden elde edilen analiz sonuçlarının birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Yapılan çalışma sonunda otomatik bant delme makinesinin prototip üretimi gerçekleştirilmiş, iki çalışanın maruz kaldığı aşırı yüklemeler tamamen ortadan kalkmış ve israf edilen zaman tasarruf edilebilmiştir. İki işçi ile 1 metresi 10 dakikada tamamlanabilen işlem, üretilen bant delme makinası ile 30 saniyede tamamlanmıştır.

İşletmelerde yapılan üretim ve montaj faaliyetlerinde; üretim zamanını olumsuz etkileyen gereksiz kas hareketlerini önleyebilecek üretim sistemleri geliştirildiği takdirde, hem çalışanların sağlıkları korunacak hem de üretim zamanları kısalmaktadır.

Teşekkür

AKRO Mühendislik Hizmetleri Araştırma ve Geliştirme Ticaret Limited Şti.'ye uMEDERgonomy yazılım desteği için teşekkür ederiz.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Ayan B. (2015). Montaj Hattında Ergonomik Risk Unsurlarının İncelenmesi: Otomotiv Sektörüne Yönelik Bir Uygulama, Uzmanlık Tezi, ANKARA.

Eriş, H., Can, G. F., & Fırlalı, N. (2009). Çalışma Duruşu ve Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Haber Bülteni, 8-14.

Sue, H., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). Applied Ergonomics, 201-205.

URL-1:
<https://lean.org.tr/israfin-yok-olmasi-icin-yalinlasin>
(Temmuz, 2017)

URL-2:
<http://yalinuygulamalar.blogspot.com.tr/2014/04/muda-muri-mura-nedir.html>
(Temmuz, 2017)

URL-3:
<http://www.bursa-smmmo.org.tr/yazarlar/makaleler/126FKO.pdf>

URL-4:
<http://www.bursa-smmmo.org.tr/yazarlar/makaleler/126FKO.pdf>
(12.03.2018)

URL-5:
<http://www.premierrubber.net/bucket-elevator-belts.htm> (Temmuz, 2017)

Joshi R., Patil R., Naik G. R., Kharade M. V. (2012). Through-Put Time Reduction by Lean Manufacturing, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), PP: 40-45.

Sivaslı E. (2006). İşletme Süreçlerinde Yalın Tekniklerin Kullanılması Üzerine Bir Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Toplam Kalite Yönetimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir.