

## ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİYLE TESPİT EDİLMİŞ FİZİKSEL İŞ YÜKÜ İLE ENERJİ TÜKETİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Emin KAHYA<sup>1\*</sup>, Ceyda ÖZGEN<sup>2</sup>, Nasiba JORAYEVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Meşelik Yerleşkesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-9763-2714>

<sup>2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Meşelik Yerleşkesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, ORCID No: <https://orcid.org/0009-0002-0240-3738>

<sup>3</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Meşelik Yerleşkesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, ORCID No: <https://orcid.org/0009-0007-0426-7254>

Anahtar Kelimeler	Öz
Çalışma duruşları Ergonomik risk değerlendirme yöntemleri Enerji tüketimi Akıllı saat	<i>İş yaşamında uygun olmayan çalışma duruşları, çalışanların sırt, kol, boyun, bilek gibi muhtelif vücut bölgelerinde kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Böyle rahatsızlıkların ortaya çıkmasını engellemek amacıyla, ergonomik risk değerlendirmeleri ile risk düzeylerinin tespiti ve rahatsızlıkları azaltıcı iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, metal parçaların üretimini gerçekleştiren bir işletmenin üretim bölümündeki işlemlerin ergonomik risk değerlendirme yöntemleri kullanılarak elde edilen ergonomik risk skorları ile enerji tüketim miktarı arasındaki korelasyonların analizi amaçlanmıştır. İşletmede, bizzat işçilerin yapmış oldukları 20 işlem için REBA, QEC, OWAS ve MURI yöntemleri ile risk skorları tespit edilmiştir. İşlemleri yapan işçinin işlem boyunca harcadığı enerji miktarının tespiti için HUAWEI Watch Fit model akıllı saat çalışana takılarak, 120 dk boyunca harcadığı toplam enerji miktarı ile ortalama kalp atış frekansı değerleri kaydedilmiştir. Risk skorları; REBA için 4-8, QEC için %65-%77, OWAS için 1-2 ve MURI için 10-15 arasında tespit edilmiştir. Toplam enerji miktarları 292 - 532 Kcal ve kalp atış frekansı ortalaması ise 78 - 103 aralığındadır. Risk skorları ile harcanan enerji miktarı arasındaki korelasyonlar; REBA için 0,46, QEC için 0,2, OWAS için -0,07 ve MURI için -0,12 elde edilmiştir.</i>

### EVALUATION OF ENERGY CONSUMPTION WITH PHYSICAL WORKLOAD DETECTED BY ERGONOMIC RISK ASSESSMENT METHODS

Keywords	Abstract
Working postures Ergonomic risk assessment methods Energy consumption Smart watch	<i>Inappropriate working postures in work life cause musculoskeletal disorders in various body parts of employees such as back, arm, neck and wrists. In order to prevent the occurrence of these discomforts, it is necessary to determine risk levels through ergonomic risk assessments and develop improvement suggestions. In this study, it was aimed to analyze the correlations between the ergonomic risk scores obtained using ergonomic risk assessment methods and the amount of energy consumption of the operations in the production department of an enterprise that produces metal parts. In the enterprise, risk scores were determined using REBA, QEC, OWAS and MURI methods for 20 operations by the workers themselves. In order to determine the amount of energy consumed by the worker during the operation, a HUAWEI Watch Fit model smart watch was attached to the worker, and the total amount of energy spent for 120 minutes, and average heart rate values were recorded. Risk scores were determined between 4-8 for REBA, %65-%77 for QEC, 1-2 for OWAS and 10-15 for MURI. Total energy amount is between 292-532 Kcal and the average heart rate is between 78-103. Correlations between risk scores and amount of energy spent were 0,46 for REBA, 0,20 for QEC, -0,07 for OWAS and -0,12 for MURI.</i>

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi : 31.01.2024

Kabul Tarihi : 10.06.2024

Research Article

Submission Date : 31.01.2024

Accepted Date : 10.06.2024

\* Sorumlu yazar: [ekahya@ogu.edu.tr](mailto:ekahya@ogu.edu.tr)

<https://doi.org/10.31796/ogummf.1429508>



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 iş yaşamında özellikle bedensel işler kolay hale getirilse de insan gücüne duyulan ihtiyaç hala pek çok sektörde devam etmektedir. İnsan gücünün yoğun olarak kullanıldığı sektörlerde uygun olmayan çalışma duruşları çalışanlarda kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına (KİSR) neden olmaktadır.

KİSR, kaslarda, sinirlerde, tendonlarda, kıkırdakta, bağlarda, birleşme noktalarında ve disklerde (omurga) meydana gelen rahatsızlıklardır (Akay, Dağdeviren ve Kurt, 2003). Böyle rahatsızlıklar, çalışanların işleri yapım esnasında, yana veya öne eğilme, parça tutma, kavrama, bükme, uzanma gibi vücut hareketlerinden meydana gelmektedir. KİSR, sadece ülkemizde değil, dünyada da yaygın bir sağlık sorunu olup; sinirleri, tendonları, kasları ve vücudun diğer destekleyici yapılarını kapsamaktadır (Esen ve Fırlalı, 2013). Sık tekrarlı ve sürekli hareketler, ara vermeksizin uzun süreli ve sık çalışma, sabit duruşla, gereğinden fazla hızlı çalışma, uygun olmayan sıcaklık, titreşim gibi çalışma koşulları gibi etkenler KİSR'nin artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle uygun olmayan çalışma duruşlarının en aza indirilmesini sağlayacak iyileştirilmelerin geliştirilmesi sadece zorlanan vücut bölgelerinde ağrıların azalmasını sağlamaz, aynı zamanda işgücü verimliliğinin de artmasını sağlar.

KİSR önlenmesi ve azaltılmasını sağlamanın en önemli yolu ergonomik açıdan tehlikelerin belirlenmesi için ergonomik risk değerlendirmesi yapılmasıdır (Coşkun, Sağiroğlu ve Erginel, 2015). Başka bir ifade ile, KİSR rahatsızlıklarını azaltabilmek için, ergonomik risk değerlendirme yöntemleri ile riskli ve zorlanan vücut bölgelerinin tespiti, sonrasında ise bu riski azaltacak iyileştirme geliştirmelerinin yapılmasıdır. Risk azaltıldığında KİSR da azalabilmektedir.

Literatürde ergonomik riskleri değerlendirmek amacıyla birbirinden farklı özellikler sahip pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler, çalışırken çalışanın duruşunu değerlendirmek ya da yaptığı işin unsurlarını ele almak üzere tasarlanmışlardır (Karabacak, 2016; Kılıç Delice, Ayık, Abidinoğlu, Çiftçi ve Sezer, 2018).

Basit gözleme dayalı ergonomik risk değerlendirme yöntemleri, iş dünyasında yaygın kullanılan yöntemlerdir. Yöntemlerin en önemli üstünlükleri; lisans anlaşması gerektirmemesi, uygulama maliyetinin düşüklüğü, öğrenmesi ve uygulanmasının kolay olmasıdır. Literatürde en yaygın kullanılanları; REBA, OWAS, QEC, OCRA, RULA sayılabilir. Gelişmiş gözleme dayalı yöntemler; Ergo-Man, 3DSSPP, Jack, RAMSIS Model, AnyBody Modelleme Sistemi olup bu yöntemler için lisans bedeli ödenmesi, analiz yapılacak işlem için yazılım ile uzun süreli modellenmeye ihtiyaç duyulması

en önemli sakıncalarıdır. Elektromiyografi (sEMG), LMM, CUELA gibi direkt ölçüm yöntemleri ise insan hareketlerinin ve duruşların analizi için cihaz kullanımını gerektirir. Bu cihazların satın alma fiyatları çok yüksek olduğu gibi, işlemlerin analizi için hazırlıkların da uzun sürmesi nedeniyle işletmelerde kullanımı pratik değildir. Bu yöntemler, esas itibarıyla, yoğun çalışan kaslardaki yorgunluğu ölçmektedir. Kuşkusuz kaslardaki yorulma arttıkça harcanan enerji miktarı da artmaktadır. Bu çalışmadaki esas düşünce bu özellik üzerine odaklanarak akıllı saat kullanılarak harcanan enerji miktarını belirleyip sonuçların ergonomik risk yöntemleri ile elde edilen risk düzeylerinin karşılaştırılmasıdır.

Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden literatürde yaygın kullanılan REBA, OWAS, QEC ve MURİ yöntemleri ile bir metal sanayi işletmesinde 20 işlem için risk skorları belirlenmiştir. İşlemleri yapan işçinin işlem boyunca harcadığı enerji miktarının tespiti için, HUAWEI Watch Fit model akıllı saat çalışana takılarak, sabah ve öğleden sonra ayrı ayrı olmak üzere 120 dk boyunca harcadığı toplam enerji miktarı ile ortalama kalp atış frekansı değerleri kaydedilmiştir. Risk skorları ile harcanan enerji miktarı arasındaki korelasyonlar analiz edilmiştir.

Bu çalışma, bilindiği kadarıyla, ergonomik risk değerlendirme yöntemleri belirlenmiş risk skorları ile işlemleri yapan işçilerin işlem boyunca harcadığı enerji arasındaki korelasyonları analiz eden, ilk pilot çalışmadır.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Bu çalışmada,

- Basit gözleme dayalı ergonomik risk değerlendirme yöntemleri
- Üretim sektörlerinde enerji tüketimi

alanlarında son yıllarda yapılmış önemli çalışmalar tanıtılacaktır.

### 2.1. Basit Gözleme Dayalı Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri

Bilimsel yazında, ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden biri veya birkaçı kullanılarak; metal (Arslan ve Ünver, 2023; Demirtaş ve diğ., 2023; Kahya ve Söylemez, 2019; Kansu, Parlak, ve Güneri, 2021; Özcan ve Yeğin, 2020; Sever ve Deste, 2021), otomotiv (Atıcı, Gönen ve Oral, 2015; Mert, İde ve Gündüz, 2022; Nelfiyanti, Mohamed ve Rashid, 2022; Yazdanirad ve diğ., 2018), tekstil (Çelebi ve Aras, 2023; Demirkol Akyol, 2022), mobilya (Çiçek, Kazanç ve Kahya, 2018; Hawari, Sulaiman, Kamarudin ve Me, 2022; Polat ve diğ., 2017), gıda (Aydın, 2021; Baş ve Yapıcı, 2020), tarım (Akalp, Saklangıç ve Çırakoğlu, 2021; Choi ve diğ., 2020; Sauk, Beyhan ve Kalın Uğurlutepe, 2023), inşaat

(Gajbhiye, Banerjee ve Nandi, 2020; Zengin ve Asal, 2020; Zorlutuna ve Kılıç, 2022) gibi sektörlerde bedensel işlerde çalışanların yaptıkları işlerde risk skorunu tespit etmek amacıyla yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Çalışmaların büyük bölümünde yüksek risk skoru tespit edilmiş işlemler için iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi ele alınmıştır.

Direkt ölçüm yöntemleri kullanılarak muhtelif sektörlerde yapılmış nadir çalışmalar da bulunmaktadır. Son yıllarda, Freitag ve diğ. (2014) CUELA; Weiner, Kalichman, Ribak ve Alperovitch-Najenson (2017), Lee, Heo ve Lee (2021) ve Allread ve Vossen (2022) LMM ve Mudiyanseleage, Nguyen, Rajabi ve Akhavian (2021) sEMG cihazlarını kullanarak çalışanların ağrı düzeylerini tespit etmişlerdir.

## 2.2. Üretim Sektörlerinde Enerji Tüketimi

Üretim sektörlerinde çalışanların harcadıkları enerji tüketimi üzerine son yıllarda yapılmış bazı önemli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

Garg, Chaffin ve Herrin (1978), elle taşıma işleri için metabolik enerji harcama miktarını tahmini amaçlayan bir çalışma sunmuşlardır. Çalışmada, 48 farklı iş için formüller elde etmişlerdir.

Eminoğlu ve Öztürk (2013), çapa makinası ile çalışanların; günde 6 saat çalışma ve toplam 2 saat dinlenmeli 4 farklı çalışma programı ile enerji tüketim ve kalp atış frekanslarını ölçmüşlerdir. Enerji tüketimi ölçümleri için Polar marka RS800 cihaz ve göğüs bantı kullanılmıştır. Kara, Atasagun, Gökçen, Hezer ve Demirel (2014), 30 görev ve 7 istasyonlu montaj hattı dengeleme probleminde, çalışanın harcadığı kalori miktarını kısıt olarak modele eklemişler ve çalışanların enerji harcamasının limitler içinde kalmasını sağlamışlardır. Battini, Delorme ve Dolgui (2016), montaj hatlarında, istasyonlara malzeme tedariki ve ergonomik risk kısıtlarını dikkate alan bir model önermişlerdir. Sauk ve Beyhan (2016), pnömatik fındık toplama makinası ile fındığın toplanması sırasında çalışanın kalp atış frekansını, enerji tüketim miktarını ve dinlenme sürelerini tespit etmiştir.

Aydın, Özalp ve Gündüz (2022), işletmelerde ergonomik risk değerlendirme yöntemlerini daha kolay uygulayabilmek ve analiz sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla ile metabolik hız hesabını da içeren bir yazılım tasarlamışlardır. Yıldız, Akın, Aydın, Gündüz ve Özalp (2022), kauçuk hortum üretimi yapan bir işletmenin lojistik bölümünde metabolik hız ve enerji yükü değerlendirilmesini, manuel malzeme taşıma işleri için Garg ve diğ. (1978) tarafından geliştirilen metabolik enerji tüketim formüllerini kullanılarak gerçekleştirmişlerdir.

Akıllı saat kullanılarak yapılan çalışmaların büyük bölümü spor amaçlı olarak muhtelif faaliyetler için enerji tüketim miktarının ölçümüne odaklanmıştır.

Bilindiği kadarıyla, üretim sistemlerinde çalışanların harcadıkları enerjinin akıllı saat kullanılarak tespitini ve bunun risk skoru ile ilişkisini araştıran bir çalışma ile karşılaşılmamıştır.

## 3. Yöntem

Bu çalışma, Organize Sanayi Bölgesinde, metal ve plastik parçalar üreten bir işletmede gerçekleştirilmiştir. İşletmede, yaklaşık olarak 250 mavi yakalı personel görev yapmaktadır. Uygulamanın yapıldığı metal üretim bölümünde ise 3 farklı atölyede yaklaşık 60 işçi çalışmaktadır.

Metal üretim bölümünde, saç plakadan kesilen saç parçalar, preslerde şekillendirme, puntolama, delik delme, diş çekme gibi işlemlerden geçtikten sonra gruplama atölyesinde montajları yapılmaktadır.

Bu çalışmada, metal üretim bölümündeki 20 işlem araştırma kapsamına alınmıştır. Çalışma öncesinde işletme yöneticisi ile temas kurularak çalışmanın amacı, yürütüm şekli hakkında detaylı bilgi verilmiş, araştırma ve makale için 7 Ağustos 2023 tarihli izin alınmıştır. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri İnsan Araştırmaları Etik Kurulu Başkanlığı'nın 21 Eylül 2023 tarih ve 2023-18.01 nolu kararı ile araştırmanın etik ve bilimsel açıdan uygunluğu onaylanmıştır.

Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Bu çalışmada, 4 ergonomik risk değerlendirme yöntemi ile akıllı saat kullanılmıştır.

### 3.1. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri

Çalışanların, ergonomik açıdan karşılaştıkları fiziksel iş yüklerini tespit etmek amacıyla kullanılan gözleme dayalı ergonomik risk değerlendirme yöntemleri içinde literatürde en yaygın kullanılanlar; REBA, OWAS ve QEC yöntemleridir. Bu çalışmada, ayrıca, işletmedeki işlemler için uygun olabileceği değerlendirilen MURI yönteminin de kullanılması tercih edilmiştir.

İşletmede mevcut olan yaklaşık 60 tezgahdaki işlemler incelenmiş, bizzat işçilerin yaptığı 20 işlem için ergonomik risk değerlendirme çalışması yapılabileceği tespit edilmiştir.

Bir araştırmacı, analiz yapacağı işlemi belirledikten sonra işçiden gözlem için onay almış ve kabul etmesi halinde gönüllü katılım formunu imzalatmıştır. Araştırmacı işlemin nasıl yapıldığını, işçinin işlemi yapış esnasında vücut bölgelerini ne düzeyde zorlandığını tespit etmiştir. Önce, REBA yöntemi için, formda belirtilen vücut bölgeleri için işçinin zorlanma düzeyi belirlenip forma işaretlemiştir. İşaretlenen düzeylere göre formdaki puanlar toplanarak REBA risk skoru hesaplanmıştır. Aynı süreç diğer yöntemler için de uygulanmış ve her işlem için 4 farklı yöntemle göre risk skorları elde edilmiştir.

### 3.2. Akıllı Saat

Akıllı saat, geleneksel saatler gibi kola takılan ve dijital ekrana sahip olan giyilebilir teknoloji ürünüdür. Bu saatin diğerlerinden farkı ise içerisinde bir bilgisayar bulunması ve elektronik mobil cihaz özelliği taşımasıdır.

Akıllı saat teknolojisi, son yıllarda dikkat çeken ve piyasadaki çeşitliliği artış gösteren bir giyilebilir teknoloji ürünüdür. Gelişen teknolojiyle birlikte, taşınabilir teknolojik ürünler ve nesnelere internetin de gelişmesiyle, akıllı saatler günlük hayatta yer edinmeye başlamıştır. Akıllı saatler hem akıllı telefonlar ile uyumlu hem de sağlıkla ilgili birçok özelliği bir arada bulundurmaktadır. Akıllı saatler, bileğe takılmak üzere tasarlanmış, akıllı telefon özelliklerini içeren taşınabilir cihazlardır. Aktivite takibi, kalp atış hızı ve diğer yaşamsal fonksiyonları da kayıt altında tutmaktadır (Turgut, Danışan ve Tamer, 2020).

Gözlemlenen işçinin işlem boyunca harcadığı enerji miktarının tespiti için piyasada mevcut olan akıllı

saatlerden biri kullanılabilir. Bu çalışmada, HUAWEI Watch Fit model akıllı saatin kullanımı tercih edilmiştir.

Akıllı saat çalışana takıldıktan sonra parametreler sıfırlanmış, işçinin kalp atış frekansının düzenli hale gelmesi için 5-10 dk beklendikten sonra ölçüm alınmaya başlanmıştır. 60 dk ölçüm sonunda harcanan enerji miktarı (Kcal) ve kalp atış frekansı (KAF) (ortalama) değerleri kaydedilmiştir. Her işlemi yapan işçi için sabah ve öğleden sonra olmak üzere toplam 120 dk ölçüm alınmıştır.

### 4. Bulgular

#### 4.1. İşlemlerin Risk Skorlarının Belirlenmesi

20 işlem için REBA, QEC, OWAS ve MURİ yöntemleri için risk değerlendirmeleri yapılmış ve skorlar Tablo 1'de verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere, işlemlerin risk skorları; REBA 4-8, QEC %65,438 – 77,16, OWAS 1-2 ve MURİ 10-15 arasında değişmektedir.

Tablo 1. İşlemlerin Risk Skorları

Atölye	İşlem Adı	REBA	QEC	OWAS	MURİ
Saç Kesim	Saç kesim	6	69,14	2	15
Manuel Preshane	Manuel Şekillendirme (H2501)	5	70,37	2	14
	Manuel Şekillendirme (631)	4	73,46	2	11
	Manuel Şekillendirme (632)	4	70,37	2	11
	Manuel Şekillendirme (1005)	5	66,67	2	10
	Manuel Şekillendirme (1007)	5	73,46	2	12
Otomatik Preshane	Otomatik Şekillendirme (4002)	7	72,22	2	14
Gruplama	Çapak alma	7	71,60	2	12
	Argon Kaynak	8	77,16	2	11
	Punto Kaynak	5	70,99	1	10
	Diş Çekme A	4	65,43	2	10
	Diş Çekme B	5	74,07	1	12
	Çoklu Diş Çekme	6	74,69	2	12
	Perçinleme	4	75,93	1	11
	Montaj A	6	70,37	1	11
	Montaj B	6	76,54	2	13
	Montaj C	6	76,54	2	13
	Tox Baskı	5	72,84	2	14
	Vida Sıkma	5	70,99	2	11
	Yapıştırma	6	70,37	2	12

Her yöntemde farklı vücut bölgelerinin risklerinin değerlendirilmesi ile ağırlık kaldırma gibi ek faktörler yer almaktadır. Başka bir ifade ile tüm vücut boyutları ve faktörleri kapsayan mükemmel bir yöntem yoktur. Dolayısıyla en yüksek skorlu işlemler yöntemden yöntemine değişebilmektedir. En yüksek skorlu işlemler;

- REBA yöntemine göre Argon kaynak (skor = 8)
- QEC yöntemine göre Argon kaynak (skor = %77,16)

- OWAS yönteminde 16 işlem (skor = 2)
- MURİ yöntemine göre Saç kesim (skor = 15)

elde edilmiştir.

Her yöntemde, risk skorunun maksimum değeri farklı olduğu gibi birimleri de birbirinden farklı özelliktedir. Örneğin, REBA yönteminde maksimum risk skoru 15 puan olmasına rağmen QEC yönteminde risk değeri % cinsindedir.

Bir işlemin 4 yöntem için risk skorlarını içeren bütünlük risk skoru, bunların ortalaması ile hesaplanamaz. Dolayısıyla, yöntemlerin risk skorlarının aynı birime dönüştürülmesi yani normalizasyon işlemi 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 olur (Tablo 2).

Tablo 2. Karşılaştırma Ölçeği

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

Tablo 3. Bütünlük Risk Skorları (%)

İşlem Adı	REBA	QEC	OWAS	MURİ	Bütünlük
Saç kesim	40,00	69,14	50,00	55,56	53,67
Manuel Şekillendirme (H2501)	33,33	70,37	50,00	51,85	51,39
Manuel Şekillendirme (631)	26,67	73,46	50,00	40,74	47,72
Manuel Şekillendirme (632)	26,67	70,37	50,00	40,74	46,94
Manuel Şekillendirme (1005)	33,33	66,67	50,00	37,04	46,76
Manuel Şekillendirme (1007)	33,33	73,46	50,00	44,44	50,31
Otomatik Şekillendirme (4002)	46,67	72,22	50,00	51,85	55,19
Çapak alma	46,67	71,60	50,00	44,44	53,18
Argon Kaynak	53,33	77,16	50,00	40,74	55,31
Punta Kaynak	33,33	70,99	25,00	37,04	41,59
Diş Çekme A	26,67	65,43	50,00	37,04	44,78
Diş Çekme B	33,33	74,07	25,00	44,44	44,21
Çoklu Diş Çekme	40,00	74,69	50,00	44,44	52,28
Perçinleme	26,67	75,93	25,00	40,74	42,08
Montaj A	40,00	70,37	25,00	40,74	44,03
Montaj B	40,00	76,54	50,00	48,15	53,67
Montaj C	40,00	76,54	50,00	48,15	53,67
Tox Baskı	33,33	72,84	50,00	51,85	52,01
Vida Sıkma	33,33	70,99	50,00	40,74	48,77
Yapıştırma	40,00	70,37	50,00	44,44	51,20

En yüksek bütünlük risk skoruna sahip işlemler,

- 1) Argon Kaynak (%55,31)
- 2) Otomatik Şekillendirme (4002) (%55,19)
- 3) Saç kesim (%53,67)
- 4) Montaj B (%53,67)
- 5) Montaj C (%53,67)

elde edilmiştir.

Tablodaki hesaplama yöntemi kullanılarak, Argon kaynak işlemi için risk skorları (%);

- REBA : %53,33
- QEC : %77,16
- OWAS : %50
- MURI : %40,74

elde edilir. Her bir ergonomik risk değerlendirme yöntemin bütünlük risk skorundaki payı eşit kabul edilerek bütünlük risk skorları hesaplanabilir.

Gözlem yapılan her işlem için, 4 yöntemin % risk skorlarından bütünlük risk skorları tespit edilmiş ve Tablo 3'te verilmiştir.

#### 4.2. Enerji Tüketim Miktarlarının Tespiti

Her işlemi yapan işçi için sabah ve öğleden sonra olmak üzere toplam 120 dk ölçüm alınmış ve harcanan enerji (Kcal) ile ortalama kalp atış frekansı (KAF) (atış/dk) sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Akıllı Saat Ölçüm Sonuçları

İşlem Adı	Sabah Ölçümü		Öğleden Sonra Ölçümü		Toplam Enerji Miktarı (120 dk)
	Harcanan Enerji (60 dk)	KAF	Harcanan Enerji (60 dk)	KAF	
Saç kesim	171	88	133	78	304
Manuel Şekillendirme (H2501)	201	90	125	88	326
Manuel Şekillendirme (631)	160	89	169	88	329
Manuel Şekillendirme (632)	194	93	158	90	352
Manuel Şekillendirme (1005)	276	93	187	97	463
Manuel Şekillendirme (1007)	217	82	179	92	396
Otomatik Şekillendirme (4002)	276	97	256	97	532
Çapak alma	239	91	219	95	458
Argon Kaynak	222	91	170	89	392
Punta Kaynak	275	103	263	99	538
Diş Çekme A	150	89	142	82	292
Diş Çekme B	160	83	173	89	333
Çoklu Diş Çekme	196	86	209	100	405
Perçinleme	211	98	150	91	361
Montaj A*					
Montaj B	239	98	223	99	462
Montaj C	203	92	267	90	470
Tox Baskı	196	88	115	92	311
Vida Sıkma*					
Yapıştırma	207	100	167	93	374

\* Enerji ölçümü için izin alınamamıştır

Toplam enerji miktarları 292 - 532 Kcal ve kalp atış frekansı ortalaması ise 78 - 103 aralığında değişmektedir.

İşlemlerin REBA skorlarına bağlı olarak işlemi yapan işçinin harcadığı hem sabah (mavi), hem öğleden sonra (kırmızı) hem de toplam enerji miktarlarının değişimi Şekil-1 de verilmiştir. Açıkça görülmektedir ki REBA risk skoru arttıkça, genel olarak, harcanan toplama enerji miktarı artmaktadır.

REBA risk skorlarına bağlı olarak harcanan toplam enerji miktarı arasındaki doğrusal regresyon analizinde,

$$\text{Enerji Miktarı} = 303,76 + 9,5335 (\text{REBA Skoru}) \quad (1)$$

elde edilmiştir.

$$\text{Enerji Miktarı} = 310,82 + 8,7905 (\text{OWAS Skoru}), R^2 = 0,3730 \quad (2)$$

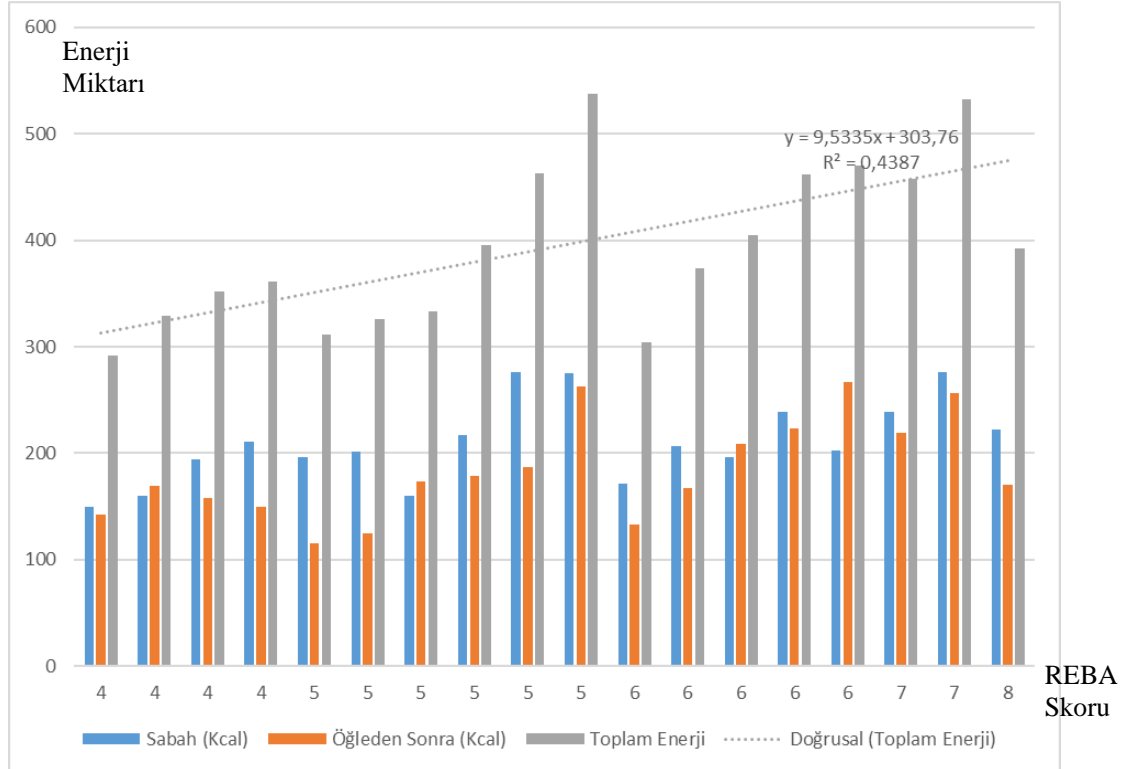
$$\text{Enerji Miktarı} = 363,78 + 3,2157 (\text{QEC Skoru}), R^2 = 0,0499 \quad (3)$$

$$\text{Enerji Miktarı} = 388,24 + 0,64197 (\text{MURI Skoru}), R^2 = 0,0002 \quad (4)$$

$R^2$ , bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki değişimin yüzde kaçını açıkladığını belirtir.  $R^2 = 0,4387$  belirlenmiş olup, REBA risk skorunun, harcanan enerji miktarının %43,87'sini açıkladığını ifade etmektedir (Şekil 1).

OWAS, QEC ve MURI risk skorlarına bağlı olarak enerji miktarı arasındaki doğrusal regresyon analizinde Denklem (2)-(4) ile elde edilmiştir.

Dört ergonomik risk değerlendirme yöntemleri için işlemlerin risk skorları ile harcanan toplam enerji miktarı arasındaki korelasyon SPSS 24 paket programı kullanılarak araştırılmış ve korelasyon katsayıları Tablo 5'te verilmiştir.



Şekil 1. REBA Skorlarına Bağlı Olarak Enerji Miktarının Değişimi

Tablo 5. Ergonomik Risk Değerleme Risk Skorları ile Harcanan Enerji Arasındaki Korelasyonlar (n=18)

	REBA	QEC	OWAS	MURI	ENERJİ
REBA	1				
QEC	0,349	1			
OWAS	0,311	-0,186	1		
MURI	0,357	0,187	0,321	1	
ENERJİ	0,458	0,204	-0,071	-0,116	1

Sonuçlar göstermektedir ki harcanan enerji miktarı ile OWAS ve MURI arasında çok zayıf, QEC arasında zayıf ve REBA arasında ise orta düzeyde korelasyon tespit edilmiştir.

## 5. Tartışma

Bu çalışma, literatürde en yaygın kullanılan 4 ergonomik risk değerlendirme yöntemleriyle belirlenmiş skorlar ile, işlemleri yapan işçilerin işlem boyunca harcadığı enerji miktarı arasındaki korelasyonları analiz eden, bilindiği kadarıyla, ilk pilot çalışmadır.

Tablo 6'da her bir yöntem için risk düzeylerindeki işlem sayıları verilmiştir. En yüksek riskli işlemler; REBA ve QEC yöntemlerine göre argon kaynak, MURI yöntemine göre ise saç kesim işlemleridir. Risk skoruna bağlı olarak, orta düzey riskler için iyileştirme yapılması gerekli, yüksek riskler için ise kısa zamanda iyileştirme yapılması önerilmektedir.

Tablodan açıkça görülmektedir ki, REBA yöntemine göre, işlemlerin büyük bölümü orta risk düzeyindedir. Başka bir deyişle sadece 1 işlem yüksek risklidir.

Tablo 6. Yöntemler Göre Risk Düzeylerindeki İşlem Sayıları

Risk Düzeyi	REBA	QEC	OWAS	MURI
Düşük	0	0	4	3
Orta	19	0	16	17
Yüksek	1	3	0	0
Çok Yüksek	0	17	0	0

En yüksek riskli 3 işlem;

- 1) Argon Kaynak (Skor =8)
- 2) Otomatik şekillendirme (Skor = 7)
- 3) Çapak alma (Skor =7)

işlemleridir. Bu işlemlerden ikisi, bütünleşik risk skoru açısından, en yüksek risk skorlu ilk 5 işlem arasında yer almaktadır.

Her bir ergonomik risk değerlendirme yönteminin kapsadığı vücut bölgeleri ile risk skoru tespit etme sürecine bazı farklılıklar olduğundan, tespit edilmiş yüksek riskli işlemler birbirinden farklı olabilmektedir.

REBA, OWAS ve MURI yöntemlerinde orta riskli işlem sayıları 16 - 19 arasında olmasına rağmen, QEC yönteminde tüm işlemler yüksek ve çok yüksek risk düzeyindedirler. Başka bir deyişle, QEC için başlangıç skorunun daha düşük skorla belirlendiği ifade edilebilir. QEC yönteminde risk düzeyleri, öncekine göre %10 sabit artışlarla belirlenmiştir. Bu artış, ilk bakışta makul görülmekle birlikte, hafif metal sanayi işlemleri için uygun olmadığı anlaşılmaktadır.

Dört yöntemle göre, en yüksek risk skoruna sahip işlemler incelendiğinde, en yüksek risk skorlarının **sırt** bölgesinde, daha az sayıda ve şiddette olmak üzere **kol** (üst) ve **boyun** vücut bölgelerinde riskler bulunduğu tespit edilmiştir.

REBA skorları esas alındığında, çalışanların; 5 işlemde ~60° **öne eğildikleri** tespit edilmiştir.

**Sırt eğilmelerinin** 2 ana nedenden kaynaklandığı düşünülmektedir.

- a) Kasadan parça alma / bırakma ile tezgaha (kalıba) parça yerleştirilmesi
- b) Çalışma yeri (veya tezgah) yüksekliğinin düşük olması
- a) Kasadan parça alma vb. nedenle sırt eğilmesi dolayısıyla sırt ağrılarını azaltmak için;
  - i) Taşıma pratikliği nedeniyle çoğu işletme işlenecek parçaları 80\*150\*80 cm ebadında büyük kasalarda tutmaktadırlar. Parçaların bu kasaya yerleştirilmesi veya kasadan parçanın alınması esnasında işçiler 60°'ye kadar sırtını eğmektedirler. Yük kaldırma prensiplerinde, kasaların zeminden en az 40 cm yükseğe yerleştirilmesi önerilmektedir. Büyük kasaların altına 40 cm yüksekliğinde bir platform konulması halinde işçilerin eğilmeleri büyük ölçüde önlenir.
  - ii) Küçük kasalardan (40\*60\*15 cm ebatlı gibi) malzemeleri alma yüksekliği yaklaşık olarak dirsek yüksekliğinde olmalıdır. Kutu yüksekliğinin yaklaşık 15 - 20 cm olabileceği dikkate alındığında, kasa altı yüksekliğinin çalışanın bel yüksekliğinde olması önerilebilir. Çalışanların boy yüksekliğinde farklılık olabileceği dikkate alınarak, standart (normal) ~110 cm ve ayarlama mesafesi ~25 cm olan ayarlanabilir kaldırma tablası kullanılmalıdır.

b) Farklı boylarda kadın ve erkeklerin birlikte çalıştığı tezgahlarda aynı tezgah yüksekliği önerilmemektedir. Uzun boylu erkekler için ayarlanmış bir tezgahta kısa boylu çalışanlar **kollarını kaldırarak** çalışacaklarından, **kol ağrıları** oluşmaktadır. Kısa boylu çalışanlara göre ayarlanmış bir tezgahta ise uzun boylu çalışanlar eğilmek zorunda kalmaktadırlar.

Türkiye'de son yıllarda kapsamlı (4205 denek) antropometrik ölçülerin alındığı bir çalışma olan İşeri ve Arslan (2009)'da verilmiş ölçüler dikkate alınarak;

- i) Yüksekliği 96,3 - 122,5 cm olan, ayarlanabilir çalışma yeri (montaj masası vb.) kullanılmalıdır.
- ii) Makas, Pres gibi tezgahların yüksekliğinin ayarlanabilmesi mümkün değildir. Sabit yükseklikli çalışma yerleri için, boy yüksekliği yakın işçiler çalıştırılmalıdır. Örneğin tezgahın çalışma yeri yüksekliği 115 cm ise ayakta çalışacak işçilerin boyu ~175 cm olan işçiler görevlendirilmelidir.

**Kol kaldırma**, pres, kaynak gibi işlemlerde sıklıkla karşılaşılmaktadır. İlke olarak kolun en fazla omuz hizasına kadar kaldırılması önerilmektedir. Daha fazla kol kaldırmaları üst kol ve omuz ağrılarını neden olmaktadır.

**Boyun eğmesi**, çalışanın işin gerektirdiği yükseklikten daha uzun ve parçanın görsel detay gerektirmesi halinde gerçekleşir. Özellikle çapak alma gibi işlemlerde görsellik daha fazla gerektiğinden, çalışanlar boyun eğmesi yapabilmektedir. Nitekim, öne ve yana boyun eğmesi çapak alma, argon ve punto kaynak, montaj A, B ve C işlemlerinde daha yüksektir (skor = 3). Montaj vb. işlemlerde oturarak çalışmak daha uygundur. Çalışma masası sabit olduğunda, 160 - 180 cm boylardaki işçilerin çalışabilmeleri için yüksekliği 30 cm'e kadar ayarlanabilir, tercihen tekerlekli ve bar tipi sandalye önerilmektedir.

Önerilen iyileştirmelerin uygulanması halinde; REBA yöntemine göre, 3 **vücut bölgesi** için risk skorlarının;

- Gövde skorunun 3'ten veya 4'ten 2'ye
- Boyun skorunun 3'ten 2'ye
- Üst kol skorunun 3'ten veya 4'ten 2'ye

düşmesi mümkün görünmektedir. REBA skorları, ortalama olarak 3 skor azalması halinde; çalışanların günlük enerji tüketiminin, Denklem (1) kullanılarak, 115 KCal azalacağı beklenmektedir.

## 6. Sonuçlar

Bu çalışmada, 4 ergonomik risk değerlendirme yöntemi ile belirlenmiş risk skorları ile işlemleri yapan işçilerin işlem boyunca harcadığı enerji miktarı arasındaki korelasyonlar analiz edilmiştir.



Zorlanma düzeyi ve süresi arttıkça enerji harcama miktarının da artması beklenmektedir. Korelasyon katsayıları dikkate alındığında, genel olarak zorlanma düzeyi arttıkça çalışanın enerji harcama miktarının da arttığı görülmektedir. Bu ilişki REBA yönteminde daha yüksek (0,46) tespit edilmiştir. Diğer yöntemler için ilişki zayıftır, dolayısıyla bu yöntemler için verilen denklemlerin kullanılması önerilmemektedir.

Bazı önemli öneriler;

1. REBA yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde, enerji tüketim miktarı ölçülerek de analizler yapılabilir. Başka bir deyişle, en yüksek enerji tüketimi belirlenmiş işlemler için iyileştirme önerileri geliştirilmelidir.
2. Enerji miktarının ölçümü için HUAWEI Watch Fit model akıllı saat kullanılmıştır. Daha hassas sensörlü cihazlar ve 2 saat yerine 8 saat boyunca gözlemler yapılması halinde daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi beklenmektedir.
3. Bu çalışma, hafif metal parçaların üretildiği bir işletmede gerçekleştirilmiştir. Daha ağır parçaların işlemlerinde enerji tüketim miktarları artacağından risk skoru - enerji arasındaki korelasyonlar değişebilir.
4. Gelecekte yapılabilir en önemli çalışma olarak, ergonomik montaj hattı dengeleme problemlerinde, zorlanma ölçüsü olarak; bir ergonomik risk değerlendirme yöntemi ile edilmiş risk skoru yerine enerji tüketim miktarı kullanılarak modelleme yapılabilir.

#### Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Emin KAHYA, çalışmanın tasarımı, bilimsel yayın taraması, formların tasarımı, istatistiki analizi, iyileştirme önerileri, makalenin hazırlanması, iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi; Ceyda ÖZGEN ve Nasiba JORAYEVA ergonomik risk değerlendirmelerin yapılması, akıllı saat kullanılarak enerji ve kalp atış frekansı değerlerinin ölçülmesi konularında katkılarda bulunmuşlardır.

#### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

#### Kaynaklar

- 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/download/article-file/76208>
- Allread, W. G., & Vossen, P. (2022). Comparisons of trunk motions and low back injury risk between alternative hotel room cleaning methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14907. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph192214907>
- Arslan, A. ve Ünver, M. (2023). Bir demir-çelik işletmesinde sıcak haddeleme sürecindeki işlemlerin REBA yöntemi ile analizi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 13(1), 01-20. doi: <https://doi.org/10.55024/buyasambid.1255338>
- Atıcı, H., Gönen, D. ve Oral, A. (2015). Çalışanlarda zorlanmaya neden olan duruşların REBA yöntemi ile ergonomik analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 239-244. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jesd/issue/20874/224031>
- 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>
- Aydın, F., Özalp, B. T. ve Gündüz, T. (2022). Ergonomik risk analizi yöntemleri ve metabolik hız hesabı yazılım uygulaması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 27(1), 341-360. doi: <https://doi.org/10.17482/uumfd.973215>
- 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>
- Battini, D., Delorme, X., & Dolgui, A. (2016). Ergonomics in assembly line balancing based on energy expenditure: A multi-objective model. *International Journal of Production Research*, 54(3), 824-45. doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1074299>

- Choi, K. H., Kim, D. M., Cho, M. U., Park, C. W., Kim, S. Y., Kim, M. J., & Kong, Y. K. (2020). Application of AULA risk assessment tool by comparison with other ergonomic risk assessment tools. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 6479. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17186479>
- 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>
- Çelebi, S. E. ve Aras, Ö. (2023). Tekstil sektöründe çalışan işçilerin ergonomik riskleri ile kas iskelet sistemi rahatsızlıkları arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, 10(2), 138-146. doi: <https://doi.org/10.15437/jetr.1209187>
- Çiçek, E., Kazanç, N. ve Kahya, E. (2018) Bir mobilya işletmesinin montaj hattında ergonomik risk analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, Special Issue: ERGONOMICS 2017, 67-82. doi: <https://doi.org/10.21923/jesd.359455>
- 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>
- Eminoğlu, M. B. ve Öztürk, R. (2013). Farklı çalışma programlarının çapa makinası operatörlerinin fiziksel zorlanmasına etkisinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(1), 1-8. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/118794>
- 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>
- Freitag, S., Seddouki, R., Dulon, M., Kersten, J., Larsson, T., & Nienhaus, A. (2014). The effect of working position on trunk posture and exertion for routine nursing tasks: An experimental study. *The Annals of Occupational Hygiene*, 58(3), 317-325. doi: <https://doi.org/10.1093/annhyg/met071>
- 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](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-3639-7_30)
- Garg, A., Chaffin, D. B., & Herrin, D. G. (1978). Prediction of metabolic rates for manual materials handling jobs. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 39(8), 661-674. doi: <https://doi.org/10.1080/0002889778507831>
- 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>
- İşeri, A., & 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>
- Kansu, S., Parlak, T. ve Güneri, A. F. (2021). Kaynak işlemlerinde çalışan personel için REBA metodu ile ergonomik risk değerlendirmesi: Kriyojenik Tank imalatı sektöründe bir uygulama. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(3), 952-968. doi: <https://doi.org/10.21923/jesd.872665>
- Kara, Y., Atasagun, Y., Gökçen, H. Hezer, S., & Demirel N. (2014). An integrated model to incorporate ergonomics and resource restrictions into assembly line balancing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 27(11), 997-1007. doi: <https://doi.org/10.1080/0951192X.2013.874575>
- Karabacak, N. (2016). *Diş hekimlerinin çalışma duruşlarının ergonomik analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- 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*, Special Issue: ERGONOMICS 2017, 112-124. doi: <https://doi.org/10.21923/jesd.364394>

- Lee, S., Heo, S., & Lee, J.Y. (2021). A pilot study to assess a risk of a high-risk group of low back pain membership in workers who perform the manual material handling tasks. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 17, 33, e34.
- 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>
- Mudiyanselage, S. E., Nguyen, P. H. D., Rajabi, M. S., & Akhavian, R. (2021). Automated workers' ergonomic risk assessment in manual material handling using sEMG wearable sensors and machine learning. *Electronics*, 10(20), 2558. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics10202558>
- Nelfiyanti, H. N. M. Z., Mohamed, N., & Rashid, M. F. F. A. (2022). Analysis of measurement and calculation of MSD complaint of chassis assembly workers using OWAS, RULA and REBA method. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 19(2), 9681-9692. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.19.2.2022.05.0747>
- 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>
- 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 ÖS: Ergonomi2017, 263-268. doi: <https://doi.org/10.21923/jesd.41742>
- Sauk, H. ve Beyhan, M. A. (2016). Pnömatik fındık toplama makinası ile fındık hasadının operatör yorgunluğu üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3), 370-374. doi: <https://doi.org/10.7161/omuanajas.269990>
- 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>
- Sever, S. ve Deste, M. (2021). Üretim süreçlerinde ergonomik riskler ve risk değerlendirme yöntemleri: Civata fabrikasında bir uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25, 417-441. doi: <https://doi.org/10.31590/ejosat.892538>
- Turgut, Z. N., Danişan, T., ve Tamer, E. (2020). Spor yapanlar için en uygun akıllı saatin AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile seçimi. *Uluslararası Beden Eğitimi Spor ve Teknolojileri Dergisi*, 1(2), 1-11. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1229389>
- 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/>
- Yıldız, B., Akın, N. M., Aydın, F., Gündüz, T. ve Özalp, B. T. (2022). Tekrarlı manuel işlerde fizyolojik yükün metabolik hız modellemesi ile analizi. *Endüstri Mühendisliği*, 33(2), 309-321. doi: <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.1054341>
- Weiner, C., Kalichman, L., Ribak, J., & Alperovitch-Najenson, D. (2017). Repositioning a passive patient in bed: Choosing an ergonomically advantageous assistive device. *Applied Ergonomics*, 60, 22-29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.10.007>
- Zengin, M. A. ve Asal, Ö. (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>
- Zorlutuna, A. ve Kılıç, H. S. (2022). İnşaat sektöründeki ergonomik risklerin değerlendirilmesi ve bir uygulama. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 34(1), 14-26. doi: <https://doi.org/10.7240/jeps.876378>