



DÖKÜM MAKİNELERİNDE EKED PROSEDÜRÜ UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

Kerem TOPAL^{1*}, Müge ENSARİ ÖZAY¹, Onur ŞAHİN¹

¹ Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Kilitleme ve Etiketleme,
Makine Emniyeti,
Enerji İzolasyonu,
İş Güvenliği,
Metal Döküm.

Öz

Makinelere gerçekleştirilen bakım, ayarlama vb. operasyonlar sırasında makinelere tehlikeli enerjinin kontrolünün sağlanamaması sebebiyle istemsiz, beklenmeyen başlatmalar sonucu ciddi yaralanmalı iş kazalarının yaşandığını görmekteyiz. Bu riskin önüne geçilmesi amacıyla etiketleme ve kilitleme uygulamaları, makinelere gerçekleştirilecek operasyonlarda kullanılmalıdır. Bu çalışmanın amacı döküm sektöründe kullanılan makinelere gerçekleştirilen çalışmalarda istemsiz, beklenmeyen başlatma riskine karşı çalışmaların çeşidine, operasyonun sıklığına, makine içerisinde çalışma süresine, operasyondaki çalışan sayısına, tehlikeli enerji türlerine göre operasyonların incelenmesi ve operasyonlardaki enerji izolasyon noktalarının belirlenerek çalışmaların emniyetli bir şekilde yapılmasının sağlanmasıdır. Bu çalışma ile gerçekleştirilen operasyonların değerlendirileceği bir EKED (Etiketle, Kilitle, Emniyete al, Dene) risk değerlendirmesi sistemi geliştirilmiştir. Araştırma sonucu tespit edilen bulgulara istinaden makinelere operasyonlarda vardiya süresince rutin, tekrarlanan, kısa süreli ve/veya enerji ihtiyacı olan çalışmalarda etiketleme ve kilitleme uygulamalarının farklılık gösterdiği görülmüştür. Sonuç olarak makinelere operasyonlarda etiketleme ve kilitleme uygulamalarının kullanılmaması riskinin önüne geçilebilmesi için operasyonlarda tam veya kısmi etiketleme ve kilitleme uygulamalarının kullanılmasının sağlanması ve bir EKED risk değerlendirmesi sisteminin oluşturulması önerilmiştir.

EXAMINATION OF LOTOTO PROCEDURE APPLICATIONS IN CASTING MACHINES

Keywords

Lockout and Tagout,
Machinery Safety,
Energy Isolation,
Occupational Safety,
Metal Casting.

Abstract

We see that serious work accidents with injuries occur as a result of unintentional, unexpected starts due to failure to control the hazardous energy in the machines during operations such as maintenance, adjustment, etc. performed on the machines. In order to prevent this risk, tagging and locking applications should be used in operations to be performed on the machines. The aim of this study is to examine the operations according to the type of work, the frequency of the operation, the working time in the machine, the number of employees in the operation, the dangerous energy types against the risk of involuntary start-up in the works in the casting machines and to determine the energy isolation points in the operations and to ensure that the works are carried out safely. A LOTOTO (Lock out, Tag out, Try out) risk assessment system has been developed to evaluate the operations performed with this study. As a result of the research, it has been seen that tagging and locking applications differ in routine, repetitive, short-term and/or energy demanding operations during shifts in machine operations. In order to prevent the risk of not using lockout and tagout practices in operations on machines, it is recommended to ensure that full or partial lockout and tagout practices are used in operations and to establish a LOTOTO risk assessment system.

Alıntı / Cite

TOPAL, K., ENSARİ ÖZAY, M., ŞAHİN O., (2025). Döküm Makinelerinde EKED Prosedürü Uygulamalarının İncelenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 13(1), 353-368.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

K. Topal / 0000-0002-1015-7277
M. Ensari Özay / 0000-0002-4785-5503
O. Şahin / 0000-0003-0712-2978

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	12.09.2024
Revizyon Tarihi / Revision Date	27.01.2025
Kabul Tarihi / Accepted Date	02.02.2025
Yayın Tarihi / Published Date	20.03.2025

* İlgili yazar / Corresponding author: kerem.topal98@gmail.com

EXAMINATION OF LOTOTO PROCEDURE APPLICATIONS IN CASTING MACHINES

Kerem TOPAL^{1†}, Muge ENSARI OZAY¹, Onur SAHIN¹

¹ Uskudar University, Institute of Health Sciences, Department of Occupational Health and Safety, Istanbul, Türkiye

Highlights

- Work accidents occur as a result of the involuntary initiation of dangerous energy in machines.
- The aim is to examine the works against the risk of involuntary start-up in the works on the machines and to work safely.
- A LOTOTO risk assessment system has been developed to evaluate the operations performed with this study.
- In order to prevent the risk of involuntary startup in machines, LOTOTO applications should be used.

Purpose and Scope

As a result of involuntary and unexpected starts in the machines, occupational accidents occur due to the failure to control the dangerous energy. Locking and tagging applications should be applied according to the operations in the machines in order to avoid occupational accidents.

Design/methodology/approach

Various operations performed on casting machines were examined within the scope of LOTOTO procedure according to TS EN ISO 14118 Machinery Safety – Unexpected Start-Up Prevention Standard and OSHA 1910.147 The Control of Hazardous Energy (Locking/Tagging) Directive. Following the examination of the operations performed on the casting machines, a risk assessment was carried out on the LOTOTO procedure that the employees should apply before starting the operation. The purpose of the risk assessment is how the LOTOTO procedure should be applied, taking into account the frequency of some operations performed on the machines, the duration of their stay in the machine, the number of employees in the operation, the avoidance of the personnel inside the machine as a result of a possible involuntary, unexpected start-up, and the severity of injury as a result of a possible work accident. Since a risk score is determined using numerical values in the LOTOTO risk assessment study, the LOTOTO risk assessment method can be classified among the quantitative risk assessment methods.

Findings

Based on the findings obtained as a result of the research, it has been observed that lockout and tagout applications differ in routine, iv repetitive, short-term and/or energy demanding operations during the shift in machine operations. As a result, in order to prevent the risk of not using lockout and tagout applications in operations on machines, it is recommended to ensure that full or partial lockout and tagout applications are used in operations and to establish a LOTOTO (Lock out, Tag out, Try out) risk assessment system. Operations performed on casting machines were examined in line with the danger of involuntary, unexpected start-up of the dangerous energy in the machine, and LOTOTO scores were created for each operation by evaluating the operations with the LOTOTO risk assessment created. In line with the scores, it has been stated that full LOTOTO can be applied for operations with a LOTOTO score of 10 and above, and partial LOTOTO can be applied for operations with a LOTOTO score of less than 10. After the LOTOTO risk assessment score was given to 44 different operations, the risk level was ranked from highest to lowest.

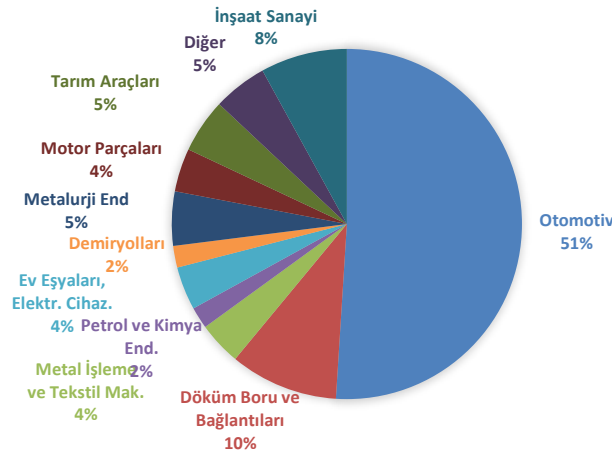
Originality

Various operations performed on casting machines have been examined within the scope of LOTOTO procedure and it has been stated that full and partial LOTOTO applications can be made in order to carry out safe works.

[†] Corresponding author: kerem.topal98@gmail.com

1. Giriş (Introduction)

Metallere şekil vermenin birçok yöntemi vardır. Makinelerle işleme, dövme, presleme, kaynak vb. şekillendirme yöntemlerinin haricinde bir başka yöntem de döküm yapmaktır. Eritilmiş malzemenin bir kalıba dökülerek katılaştırıldığı operasyona döküm denir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023). Döküm, sıvı halde olan erimiş metalin silis kumundan yapılan bir kalıbın içerisine döküldüğü ve kalıp boşluğuna dolan erimiş metalin katılaşmaya bırakıldığı bir üretim prosesidir (Şahin, 2022). Dökümcülük bir 4D sanayisidir. “Dirty” yani kirli, “Dusty” yani tozlu, “Difficult” yani zorlu, “Dangerous” yani tehlikeli tanımları döküm sektörüne anımsatan ifadelerdir (Günay, 2012). Döküm endüstrisi, tarım, madencilik ve imalat endüstrilerinin yanı sıra diğer endüstrilerde de yaygın olarak kullanılan ürünler sağlar. Son zamanlarda, yıllık üretimi milyon tonu aşan birçok döküm şirketi bulunmaktadır. Bu endüstrinin dünyaya katkısı birçok ekonomi için hayati ve kritik öneme sahiptir (Fore, 2010). Metal döküm sektörü ürünü kullanarak üretim yapan sanayiler; otomotiv, savunma, otomasyon (robot), tarım, çelik, havacılık, raylı taşımacılık vb. sektörler örnek olarak verilebilir (Tüdöksad, 2022). Şekil 1’de Türk Döküm Sektörü demir bazlı ürünlerin pazar dağılımı belirtilmiştir. Dünya döküm üretimi sıralamasında Türkiye 9. sırada (AFS, 2021), Avrupa’da ise 2. sırada yer almaktadır (CAEF, 2019).



Şekil 1. Türk Döküm Sektörü Demir Bazlı Ürünlerin Pazar Dağılımı (Günay, 2016)
(Market Distribution of Iron Based Products in Turkish Casting Industry)

Döküm işlemi altı temel unsurdan oluşmaktadır diyebiliriz. Bunlar sırasıyla kalıp boşluğunun oluşturulması, metalin ergitilmesi, sıvı metalin kalıba dökülmesi, sıvı metalin katılaşması, parça çapaklarının temizlenmesi ve son kontrol işlemleri olarak belirtebiliriz. Model yapımı gerçekleştirilerek modele göre kalıplar oluşturulur, döküm boşluğunun oluşturulabilmesi için maça yapılır ve oluşturulan kalıpların içerisine maça yerleştirilir, ergitimi sonucu elde edilen sıvı metal kalıbın içerisine dökülür ve döküm operasyonu gerçekleşir. Sıvı metalin katılaşmasının ardından döküm parça kalıptan çıkarılır, eleme, mıknaatısla ayırma vb. temizleme operasyonlarının ardından ürün elde edilir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023). Döküm, üretiminin çeşitleri, boyutları, kalitesi, kullanım alanları ve ürün verdiği sektör çeşitliliği bakımından imalat sanayiinin temel endüstrilerinden biri konumundadır. Bu sebeple döküm, metallere en yüksek katma değer sağlayan üretim metodu olarak ön plana çıkmaktadır. Döküm sektörünün önemi ve vazgeçilmezliğinin yanında içerisinde barındırdığı iş sağlığı ve güvenliği problemleri de bir o kadar önemli, göz ardı edilmemesi ve etkili önlemler ile çalışanların sağlığının korunması gereken bir sektördür (Şahin, 2020).

1 Ekim 2020 – 30 Eylül 2021 tarihleri arasında tüm endüstrilerde yapılan teftişlerin sonucunda en sık alıntılanan 10 standart listesi Amerika Birleşik Devletleri İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi tarafından yayınlanmıştır (OSHA, 2021). Yayınlanan listeye göre 2021 mali yılı için genel endüstride en çok ihlal edilen 7. konunun OSHA 1910.147 Tehlikeli Enerji Kontrolü (Kilitleme/Etiketleme) Direktifi olduğu belirtilmiştir (OSHA, 2021). 2021 mali yılında OSHA tarafından dökümhanelerde gerçekleştirilen 46 denetim sonucunda toplam 32 standart referans gösterilerek 168 alıntı ile ihlaller belirtilmiştir (OSHA, 2021). Belirtilen ihlaller içerisinde toplamda 21 alıntı yapılan ve en çok alıntı olan “tehlikeli enerjinin kontrolü (kilitleme/etiketleme)” konusudur (OSHA, 2021). 21 alıntı, toplam 14 denetim sonucunda oluşmuştur (OSHA, 2021). Yapılan denetimler sonucu dökümhanelere kesilen 1 164 690 \$ cezanın en büyük payını 327 743 \$ ile “tehlikeli enerjinin kontrolü (kilitleme/etiketleme)” ihlalleri %28 oranla oluşturmaktadır (OSHA, 2021).

Bakım veya servis operasyonları esnasında kilitleme – etiketleme faaliyetleri ürün ya da ekipmanın çalıştırılması ve enerji verilmesi durumunda meydana gelebilecek tehlikeli olay ve uygulamalardan çalışanların korunması için bir ön koşuldur ve bu kapsamda iş yerlerinde bir kilitleme – etiketleme talimatının oluşturulması gerekmektedir

(Kalyoncu, 2021).

EUROSTAT (European Community Statistical Office - Avrupa Birliği İstatistik Kurumu) istatistiklerine göre iş kazalarının % 15-20'si, ölümcül 50 kazalarının da %10-15'i bakım/onarım çalışmalarında yaşanmaktadır. OSHA her yıl en sık karşılaşılan ilk 10 ihlalin listesini yayınlamaktadır. Kilitleme ve etiketleme uygulamasının ihlali son 15 yıldır sürekli bu listede yer almaktadır. Buradan anlaşılacağı üzere iş yerlerinde EKED prosedürünün uygulanması konusunda zorluklar yaşanmaktadır (Güvenli EKED, 2023).



Şekil 2. EKED Prosedüründe Kullanılan Asma Kilit ve Bilgilendirme Etiketi (Güvenli EKED, 2023)
(Padlock and Information Label Used in LOTOTO Procedure)

Bu çalışmada, çok tehlikeli sınıfta yer alan bir demir dökümhanesi ve işleme merkezinde bulunan çeşitli makinelerin kullanımı sırasındaki etiketleme ve kilitleme prosedürleri incelenmiştir. Makine enerji izolasyonunda yalnızca enerjiyi kesmek yeterli değildir, makine içerisinde yer alan artık enerji de boşaltılarak, tam anlamıyla bir izolasyon yapılmalıdır. Şekil 2’de belirtilen asma kilit ve bilgilendirme etiketleri bireysel olarak enerji izolasyon noktalarına asılmalıdır. Bu çalışmada, makinelerde gerçekleştirilen üretim, bakım, onarım, ayarlama, temizlik çalışmaları gibi operasyon çeşitleri incelenmiştir. İnceleme, OSHA 1910.147 Direktifi ve TS EN ISO 14118 Standardı referans alınarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan incelemelerin ardından elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen operasyonlara göre kilitleme ve etiketleme uygulamalarının gerçekleştirilebilmesi ve çalışmaların daha emniyetli yapılabilmesi için bir EKED risk değerlendirmesi sistemi oluşturulmuştur. Bu çalışma, döküm sektöründeki makinelere yoğunlaşmış olsa da, sanayide kullanılan çoğu makinede, etiketleme ve kilitleme prosedürlerinin uygulanabilmesi, emniyetli çalışmaların gerçekleştirilebilmesi ve iş kazalarının önüne geçilebilmesi için yol gösterici bir rehber olabileceği öngörülmektedir, elde edilen sonuçlara göre öneriler de bulunulmuştur.

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Etiketleme ve kilitleme uygulamalarında izole edilecek enerji türüne ve güç noktasındaki enerji açma – kapatma ekipmanına göre kullanılacak EKED ekipmanları değişiklikler gösterebilir. Ancak her EKED operasyonu için değişmez iki ekipman asma kilit ve bilgilendirme etiketidir (Taşçı ve Yağız, 2023). Makinenin bir bölgesinin enerji izolasyonu, makinenin diğer bölümlerinin çalışmasından dolayı bir tehlike oluşturmamalıdır. Makine enerji izolasyonu cihazının konumu, müdahalenin yapıldığı yerde veya erişim yolu üzerinde olmalıdır. Makine enerji izolasyonu sırasında, örneğin makinenin bir aksamının tuttuğu bir parça varsa, makine yazılım bilgilerini korumak veya aydınlatma sağlamak için belirli devrelerin güç kaynaklarına bağlı kalınması gerektiğinde, operatörlerin emniyetinin sağlanması için ek araçlar (örneğin kalıcı uyarı etiketleri) sağlanmalıdır (TS EN ISO 14118, 2018). Makine enerji izolasyonu sırasında makinedeki depolanan enerjiyi dağıtma araçları, hareketli parçaların kinetik enerjisini durdurması için frenleri, elektrik kondansatörlerini boşaltmak için ilgili devreleri, akışkan akümülatörlerin basıncını azaltmak için valfleri veya benzer cihazları içerebilir. Makineye müdahale edilmesi sırasında makinenin ilgili aksamında enerji olmadığını doğrulamak için sabit cihazlar (basınç ölçerler) veya test noktaları sağlanmış olmalıdır (TS EN ISO 14118, 2018).

OSHA her yıl en sık karşılaşılan ilk 10 ihlalin listesini yayınlamaktadır. Kilitleme ve etiketleme uygulamasının ihlali son 15 yıldır sürekli bu listede yer almaktadır. Buradan anlaşılacağı üzere iş yerlerinde EKED prosedürünün uygulanması konusunda zorluklar yaşanmaktadır (Güvenli EKED, 2023). Çalışanlar kilitleme ve etiketleme operasyonunu acele ederek yapması, operasyonu hatalı yapma oranını 9 kat daha fazla artırmaktadır. Gerçekleştirilen 1000 kilitleme ve etiketleme operasyonunda acele edilerek yapılması durumunda ortalama 81 yanlış kilitleme ve etiketleme yapılmışken, acele edilmediğinde ortalama 9 yanlış kilitleme ve etiketleme operasyonu yapılmıştır. Eğer yapılması gereken operasyon aciliyet içeriyorsa ve kilitleme/etiketleme operasyonu acele yapıldıysa başka biri tarafından operasyonun gözden geçirilmesinde fayda olacaktır. Çünkü EKED operasyonunun ikinci bir kişi tarafından kontrol edilmesi sonucunda hatalı kilitleme/etiketleme sayısının ortalama binde 3 olduğu görülmüştür (Tj, 2020).

Makinelerde gerçekleştirilen bazı operasyonlarda, operatörlerin her zaman yaptığımız iş diyerek güvensiz davranışlarda bulunması, EKED prosedürünü uygulamaması sebebiyle iş kazaları yaşanmaktadır. Yaşanan iş kazalarını incelediğimizde genellikle temizlik, bakım, onarım vb. operasyonlar için makinenin tehlikeli bölgesinde çalışanların olduğundan habersiz, yapılan çalışmanın bitirilip tehlikeli alanda kimsenin olmadığı düşünülüp veya aralarında anlaşmalarını sanarak makineye kumanda panosundan hareket verilmesi sonucu tehlike bölgesinde bulunan çalışanların hareketli aksamlara dolanarak, sıkışarak, ezilerek, kapılarak vb. ciddi yaralanmalarla, ölümlerle sonuçlanan iş kazaları olduğunu görmekteyiz. Oysa ki çalışanlar, EKED prosedürünü uygulayarak, makinelerdeki tehlikeli enerjilerin kontrolünü sağlayıp emniyetli bir şekilde çalışabilirler (Tezcan, 2023).

Makinelerin bakım veya muayene sırasında güvenli bir şekilde enerjisinin kesilmesini sağlamak, böylece kazara çalıştırma riskini en aza indirmek ve genel iş yeri güvenliğini artırmak için kilitleme-etiketleme prosedürleri de dahil olmak üzere güvenlik protokollerine sıkı sıkıya bağlı kalmak hayati önem taşır (Yalçın, 2024). Etiketleme ve Kilitleme prosedürü basit ama önemli bir güvenlik sistemidir. Pahalı sensör ve alarm sistemlerinden daha az maliyette olması ek avantaj sağlamakla birlikte prosedürün doğru uygulandığında ortam emniyetinden emin olduğu bilinmektedir. Robotların çalışma alanına yapılan kısa süreli giriş ve çıkışlarda, emniyet kapısının çalışanın üstüne kapanmasını önlemek için gerekli tedbirler alınmalıdır. Örneğin kapı emniyet siviğine EKED asma kilidinin asılması ve etiketleme, kilitleme uygulanması ile birlikte kapının çalışanın üstüne kapanması önlenir (Küçüksavcı, 2021). EKED standardının yürürlüğe girmeden önce ki on yılda, 100.000 çalışan başına makineyle ilgili yaralanma sayısının her yıl %0,1 azaldığını, makineyle ilgili olmayan yaralanmaların ise %2,8 azaldığını göstermiştir. Ancak EKED standardının uygulanmasından sonra ki dokuz yılda makineyle ilgili yaralanma oranları daha da önemli ölçüde azalmış, yılda ortalama %3,5 azalırken, makineyle ilgili olmayan yaralanmalar sadece %1,9 azalmıştır. Karşılaştırma daha sonra EKED standardının uygulanmasının makineyle ilgili yaralanmaları azaltmada bir etkisi olduğunu göstermektedir (Rocha, 2023).

Basmalı butonlar, emniyet siviçleri vb. diğer kontrol devresi tipi ekipmanları enerji izolasyon noktaları değildir. Bazı emniyet ekipmanlarının makinelerde yapılacak bakım, servis çalışması gibi operasyonlar için çalışanları tehlikeli enerjiden yeterince korumadığına dikkat edilmelidir. Örneğin makinelerde bulunan ışık perdeleri yalnızca normal üretim modu sırasında operatörlerin vücut veya uzuvlarının makinenin herhangi bir tehlikeli bölgesine girmeden önce makineyi durdurma görevi vardır. Bakım, servis faaliyeti, temizlik vb. çalışmalarda ışık perdelerine güvenilmesi uygun değildir. Makinenin resetlenip istemsiz, beklenmeyen başlatımı sonucunda tehlikeli enerjinin açığa çıkmasıyla birlikte iş kazaları yaşanabilir. Ancak normal üretim operasyonlarında gerçekleştirilen rutin, tekrarlanan ve üretimin doğasında olan, üretim için gereken bazı küçük operasyonlarda çalışanları tehlikeli enerjiye, beklenmeyen başlatmaya karşı korumak için alınan emniyet tedbirleri (emniyet siviçli muhafazalar, fensler, varlık algılama ekipmanları, operatörün özel kontrolü altındaki çeşitli ekipmanlar) doğrultusunda, bu kısa ve küçük operasyonlar EKED prosedürü kapsamına dahil edilmeyebilir (OSHA, 2011).

Makinelerde yapılan servis veya bakım çalışmalarında test etmek veya yeniden konumlandırmak gibi enerji verme ihtiyacı doğan operasyonların yapılması gerektiğinde şu adımlar izlenmelidir;

1. Makine içerisinde servis veya bakım için kullanılan alet ve ekipmanlar kaldırılarak makine içi toparlanmalıdır,
2. Makine içerisinde tehlikeli alanda kimse bulunmamalıdır, makine çalışma alanından personeller uzaklaşmalıdır,
3. Makine enerji izolasyon bölgesindeki kilitleme ve etiketleme ekipmanları kaldırılmalıdır,
4. Makine test edilirken veya konumlandırılırken makineye enerji verilmesi sırasında makine çevresinde çalışan etkilenen personellerin korunması ve emniyeti sağlanmalıdır,
5. Operasyonların ardından makinede ilave servis veya bakım ihtiyacı var ise makinenin enerjisi kesilerek, enerji izolasyon bölgesinden tekrar kilitleme ve etiketleme ekipmanları takılıp EKED prosedürü uygulanarak makine içerisinde çalışmaya devam edilmelidir (OSHA, 2011).

Makinelerde yapılan her türlü operasyonda makinenin beklenmedik şekilde çalışmasından kaynaklı iş kazalarını önlemek için sesli ve/veya görsel bir uyarı sinyali ve makinenin gecikmeli başlatımı sağlanmalıdır. Uyarı sinyali, makine içerisinde tehlikeli bölgede çalışan operatörlerin makinenin çalışmaya başlamadan önce tehlikeli alanı terk etmelerine veya örneğin bir acil durdurma teçhizatına erişerek makinenin çalışmasını engellemeye yetecek kadar uzun olmalıdır (TS EN ISO 14118, 2018).

Kilitleme ve etiketleme uygulamasının bir ana enerji kesici, güç devresinden yapılması, bir buton (acil durdurma butonu vb.) üzerinden, kontrol devresi üzerinden yapılmasına göre daha emniyetlidir. Çünkü kontrol devresi üzerinden yapılan kilitleme ve etiketlemelerde aşağıdaki beklenmeyen durumlar yaşanabilir. Yine aşağıdaki benzer durumlar makine muhafazaları, tehlikeli alanlara giriş kapıları gibi bölgelerde bulunan limit emniyet siviçlerinde de yaşanabilir.

1. Başka bir çalışan, makine motor kontrolörünün içerisine girebilir ve manuel olarak röleyi kapatabilir,
2. Buton arızası yaşanabilir,
3. Röle veya motor kontrolöründe arıza olabilir (yay arızası, kontak yapışması gibi),
4. Gevşek bir kablo, kanala temas edebilir,
5. Hasarlı bir kanal içerisindeki iki kablo kısa devre yapabilir (örneğin titreşim sebebiyle kabloların sürtünmesi ve kablo yalıtkanının aşınması sonucu kısa devre oluşarak, kontrol devresinde köprü oluşabilir),
6. Su, kir, metal parçacıklar veya diğer iletken yabancı maddeler, kontrol devresi içerisine girerek akım akışına izin verebilir (OSHA, 2011).

İş yerlerinde tehlikeli enerjinin kontrolünü sağlamak amacıyla oluşturulması gereken EKED prosedürleri şu 8 maddeyi içermelidir;

1. Tehlikeli enerjinin bulunduğu ortamda çalışan personellerin, etkilenen personellerin belirlenmesi ve isimleri,
2. İşletmede bulunan enerji türleri ve enerjilerin büyüklükleri,
3. Tehlikeli enerjinin yol açacağı tehlikeler,
4. Tehlikeli enerjiyi kontrol etme yöntemleri,
5. Makine ve ekipmanlardaki enerji kaynaklarının kontrollerinin türleri ve lokasyonları,
6. Kilitleme ve etiketleme uygulamasında kullanılacak enerji izolasyon ekipmanlarının çeşitleri ve yerleri,
7. Depolanan enerji türleri, artık enerji durumu, artık enerjinin izolasyonu ve sıfır enerjinin sağlanması için yöntemler,
8. Makine ve ekipmanlardaki enerji izolasyonlarının doğrulama yöntemleri (OSHA, 2011).

Literatürde genellikle etiketleme ve kilitleme prosedürlerinin genel uygulamalarına değinilmiştir. Bu çalışma ile etiketleme ve kilitleme uygulamasının vardiya süresince kısa süreli, rutin, tekrarlanabilen ve/veya enerji ile çalışma ihtiyacının olduğu bakım, arıza tespiti, ayarlama gibi makinelerde gerçekleştirilen çeşitli operasyonlarda nasıl emniyete alma işleminin gerçekleştirilebileceği, kısmi veya tam EKED uygulaması sağlanarak emniyetli çalışmaların yapılabilmesi ele alınmış ve bu yönde literatüre katkı yapılması amaçlanmıştır.

İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği'ne göre "işveren; çalışma ortamının ve çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlama, sürdürme ve geliştirme amacı ile iş sağlığı ve güvenliği yönünden risk değerlendirmesi yapar veya yaptırır. Madde 5 (1)". İşyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönünden yapılan risk değerlendirmelerinin birçoğu L Tipi Matris risk değerlendirmesi metodolojisi kullanılarak yapılmaktadır. Bu risk değerlendirmesi yöntemi; kullanımı basit, az parametrelili ve çoğu iş koluna uyumlu olan yöntemdir. Ancak ulusal ve uluslararası mevzuatlarda da belirtildiği üzere bazı risk grupları özelinde spesifik risk değerlendirmesi yöntemlerine de ihtiyaç olduğu bir gerçektir. Risk gruplarının özelinde mevcut var olan spesifik risk değerlendirmesi yöntemleri, ilgili risklerin tespit edilmesi ve risklere karşı aksiyonların belirlenerek önlemlerin alınmasında daha etkilidir, bazı risklerin gözden kaçmamasını sağlamaktadır.

Makinelerde risk değerlendirmesi çalışmaları için TS EN ISO 12100:2011 standardı bulunmaktadır. Kimyasalların kontrollü kullanılabilmesi için kimyasal maruziyet risk değerlendirmesi yöntemi kullanılmaktadır (International Chemical Control Toolkit) (ILO, 2006). Engelli çalışanlar ile ilgili iş yerlerinde risk değerlendirmesi yapılabilmesi için ayrıca risk değerlendirmesi yöntemi kullanılmaktadır (Garipoğlu, 2021).

Kalyoncu, 2021 yılında yapmış olduğu çalışmada oluklu mukavva üretim makinelerinde tehlikeli enerjinin yönetimi konusunda bakım çalışmalarında tehlikeli enerji kaynaklarının belirlenmesi ve izole edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu çalışmada tehlikeli enerji kaynaklarının izole edilmesi sırasında tam ve kısmi EKED uygulama çalışmalarının kullanılarak EKED prosedürü çalışmaları sürdürülebilir. Literatürde tehlikeli enerji kaynaklarının belirlenmesi ve EKED prosedürünün nasıl uygulanması gerektiği hakkında çalışmaların olduğunu yukarıda bahsedilen örneklerle görmekteyiz ancak EKED prosedürünün bir metodolojiye dayanarak değerlendirme yapıldıktan sonra uygulandığı görülmemiştir. Bu çalışma ile EKED risk değerlendirmesi oluşturularak EKED prosedürü uygulamalarında daha sistematik bir yol izlenmesi, makinelerdeki tehlikeli enerji hızlarının kısıtlanarak, enerji altında emniyetli çalışılması, vardiya süresince rutin ve tekrarlanan işlerde EKED prosedürünün nasıl uygulanabileceği ve makinenin nasıl emniyetli duruma getirilip çalışmanın sürdürülebileceği amaçlanmıştır. Bu husus doğrultusunda TS EN ISO 12100 ve TS EN ISO 14118 standartları referans alınarak Tablo 1 oluşturulmuştur. Makinelerdeki operasyonların içeriğine göre değerlendirme yapılarak Tablo 1'de belirtilen parametrelere göre operasyonel bazlı risk puanları belirlenmektedir.

Bu çalışmada; endüksiyon ocağında refrakter bozma/yapma çalışması ortalama haftada bir gerçekleştirildiğinden makine ve operasyon EKED prosedürü kapsamında incelenmiştir. Otomatik yatay kalıplama hattının soğutma tüneline derece devrilmesine müdahale çalışması yılda birkaç defa olabilen bir arıza bakımudur, bu arızanın

bildirimi ile operasyon EKED prosedürü kapsamında incelenmiştir. Maça pres makinesinde maça sandığı nozul temizleme operasyonu yaklaşık 1 saat içerisinde bir veya iki defa yapılan bir operasyon olduğundan örnek bir maça makinesi seçilerek operasyon EKED prosedürü kapsamında incelenmiştir. Askılı temizleme/kumlama makinesinde helezon değişimi çalışması birkaç yılda bir yapılan operasyon olduğundan bakım planı doğrultusunda operasyon inceleme planlaması yapılmış ve EKED prosedürü kapsamında çalışma incelenmiştir. İşleme CNC freze tezgahında üretim metodu ayarlama çalışması haftada bir veya birkaç defa yapılan bir çalışma olduğundan metot ekibiyle yapılan planlama doğrultusunda operasyon EKED prosedürü kapsamında incelenmiştir. Kızgın su kazanında yıllık periyodik bakım çalışması yılda bir gerçekleştirilen bir operasyon olduğundan yıllık bakım çalışmaları sırasında operasyon EKED prosedürü kapsamında incelenmiştir.

Fiziksel, kimyasal, biyolojik, psikososyal, ergonomik, makine, patlama, alt işveren, engelli personeller vb. özelinde oluşturulan spesifik risk değerlendirmelerine ek olarak bu çalışmada makinelerde tehlikeli enerjinin kontrolü, beklenmedik, istemsiz başlatma konusu özelinde bir EKED risk değerlendirmesi oluşturulmuştur. Bu risk değerlendirmesi makinelerde yapılan operasyonlarda tehlikeli enerji sebebiyle istemsiz, beklenmeyen başlatma sebepli iş kazalarının yaşanmaması ve bu sebeple olası yaşanabilecek kazalar oluşmadan önlem alınabilmesi yönünde olumlu fayda sağlayacaktır. EKED risk değerlendirmesi çalışmasında sayısal değerler kullanılarak bir risk puanı belirlendiği için EKED risk değerlendirmesi yöntemi, kantitatif (nicel) risk değerlendirmesi yöntemleri arasında sınıflandırılabilir.

Ulusal ve uluslararası mevzuatlarda da değinilen risk değerlendirmesi çalışmalarının yapılması, özel risk gruplarına özgü spesifik risk değerlendirmesi yöntemlerinin kullanılması ve makinelerde gerçekleştirilen operasyonlarda tehlikeli enerjilerin istemsiz, beklenmeyen başlatımı sebebiyle iş kazalarının yaşanmaması için önlemlerin alınması gerektiği belirtilmektedir. Bu durum doğrultusunda EKED prosedürü çalışmalarının yürütülmesi, tehlikeli enerjilerin izolasyonlarının sağlanması, enerji ihtiyacının olduğu operasyonlarda ise gerekli emniyet tedbirlerinin alınarak çalışmaların yürütülmesi amacıyla bir EKED risk değerlendirmesi yönteminin kullanılması ve gerçekleştirilen operasyonlarda tam veya kısmi EKED uygulamasının yapılması için değerlendirme yapılabilmesinin önem arz ettiği görülmektedir.

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

3.1. Önerilen Yöntem (Proposed Method)

Döküm sektöründe kullanılan makinelerde yapılan operasyonlarda (üretim, bakım, temizlik, servis çalışması vb.) uygulanan kilitleme ve etiketleme uygulamaları birçok farklı makinede ve farklı enerji türlerinde (elektrik, hidrolik, pnömatik, doğalgaz, kızgın su) gözlemlenmiştir. Döküm makinelerinde yapılan operasyonların incelenmesinin ardından çalışanların operasyona başlamadan önce uygulamaları gereken EKED prosedürü hakkında bir risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Risk değerlendirmesinin amacı makinelerde gerçekleştirilen bazı operasyonların gerçekleştirilme sıklıkları, makine içerisinde kalma süreleri, operasyondaki çalışan sayıları, olası bir istemsiz, beklenmeyen başlatma sonucu makine içerisindeki personelin tehlikeli bölgeden kaçınabilmesi ve olası bir iş kazası sonucu yaralanma şiddetleri dikkate alınarak EKED prosedürünün nasıl uygulanması gerektiğidir.

OSHA 1910.147 ve TS EN ISO 14118:2018 standartlarında da belirtildiği üzere rutin, kısa süreli ve vardiya süresince sık tekrarlanan operasyonlar ile enerjiyle çalışma ihtiyacının olduğu operasyonlar EKED prosedürü kapsamında istisnai kabul edilebilmektedir. Bu istisnai durumların emniyetli bir şekilde yapılabilmesi için operasyonun gerçekleştirileceği alanda ışık bariyeri, makine içi algılama emniyet sensörleri, kilitlemeli mod şalterleri ve çift el kumanda tertibatı vb. mevcut emniyet önlemleri olması gerekmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği demir dökümhanesinde bulunan farklı makinelerde ve makinelerin istasyonlarında farklı operasyonlar incelenmiştir ve geliştirilen EKED risk değerlendirmesi kapsamında değerlendirmeleri yapılmıştır. EKED risk değerlendirmesi metodolojisinin 6 adet parametresi bulunmaktadır. Tablo 1’de belirtildiği gibi bu parametreler; sıklık, makine içerisinde kalma süresi, operasyondaki çalışan sayısı, kaçınma, şiddet ve vardiya süresince rutin ve tekrarlanan iş mi parametreleridir. Her bir parametre ayrı ayrı derecelendirilerek, puanları oluşturulmuştur. Makinelerde gerçekleştirilen operasyonlar ayrı ayrı incelenmiş ve her operasyona özgü EKED risk değerlendirmesi parametrelerine göre puanlamalar yapılmış ve belirlenen puanların toplamı neticesinde risk değerlendirmesi sonucu olarak makinede gerçekleştirilen operasyonda “kısmi EKED uygulaması” ya da “tam EKED uygulaması” yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Tablo 1. Döküm Makinelerindeki Operasyonlarda EKED (Etiketle- Kilitle - Emniyete Al -Dene) Risk Değerlendirmesi (LOTOTO (Lockout, Tagout, Tryout) Risk Assessment in Operations on Casting Machines)

Döküm Makinelerindeki Operasyonlarda EKED (Etiketle - Kilitle - Emniyete Al - Dene) Risk Değerlendirmesi											
EKED Puanı= "Sıklık + Makine İçerisinde Kalma Süresi + Operasyonlardaki Çalışan Sayısı + Kaçınma + Şiddet + Vardiya Süresince Rutin ve Tekrarlanan İş mi?" parametrelerinin toplamıdır.											
Puan	Sıklık	Puan	Makine İçerisinde Kalma Süresi	Puan	Operasyondaki Çalışan Sayısı	Puan	Kaçınma	Puan	Şiddet	Puan	Vardiya Süresince Rutin ve Tekrarlanan İş mi?
6	Birkaç saatte birkaç defa	6	8 saatten fazla	4	5 ve daha fazla kişi	3	İmkansız	4	Ölüm	-14	Evet
5	Günde bir veya birkaç defa	5	8 saat	3	3-4 kişi	2	Olası	3	Uzuv kaybı veya kalıcı hastalık	0	Hayır
4	Haftada bir veya birkaç defa	4	Birkaç saat	2	2 kişi	1	Yüksek ihtimal	2	Tıbbi tedavi gerektiren yaralanma		
3	Ayda bir veya birkaç defa	3	30 - 60 dakika arası	1	1 kişi			1	İlk yardım müdahaleli yaralanma		
2	Yılda bir veya birkaç defa	2	10 - 30 dakika arası								
1	Birkaç yılda bir	1	0 - 10 dakika arası								

Makinelerde gerçekleştirilen operasyonlara özgü EKED risk değerlendirmesi parametrelerine göre puanlamalar yapılmış ve belirlenen puanların toplamının ardından sonuç Tablo 2'de belirtildiği gibi 10 puan altı ise "kısmi EKED uygulaması" yapılır, sonuç 10 ve üzeri puan ise "tam EKED uygulaması" yapılması sonucuna varılır. "Vardiya süresince rutin ve tekrarlanan iş mi" parametresi yapılan operasyonun vardiya süresince kısa süreli, rutin, tekrarlanan ve proses gereği yapılması gereken bir operasyon olması ve/veya operasyon sırasında enerji ile çalışma ihtiyacının olması sebebiyle bu parametre oluşturulmuştur. Bu parametre neticesinde operasyon vardiya süresince rutin, tekrarlanan ve/veya operasyon sırasında enerji ihtiyacı olan bir iş ise risk değerlendirmesinde ilgili satıra 1 yazılır ve -14 puan sayılır, değil ise ilgili satıra 0 yazılır ve puan verilmez olarak belirleme yapılmıştır.

Makinelerde gerçekleştirilen operasyonlarda uygulanabilecek EKED uygulamasında eğer operasyon kısa süreli, rutin, tekrarlanan bir iş ya da enerji ile çalışma ihtiyacının olduğu bir iş ise kısmi EKED uygulaması, değil ise tam EKED uygulaması yapılmalıdır. EKED uygulaması ya tam olarak; sıfır enerji durumu sağlanarak enerji izolasyonunun sağlanması ya da kısmi olarak; enerji izolasyonu tam sağlanamamış ama operasyonun gerçekleştirileceği bölgede makine içi algılama emniyet sensörleri, kilitlemeli mod şalter, ışık bariyeri, kapı emniyet siviçleri gibi mühendislik önlemleri alınarak yapılabileceğinden iki adet sonuca varılmaktadır.

Tablo 2. Risk Değerlendirmesi Sonuç Tablosu (Risk Assessment Result Table)

Risk Değerlendirmesi Sonucu	
Kısmi EKED Uygulaması	10 puan altı
Tam EKED Uygulaması	10 ve üzeri puan

4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

Demir dökümhanesinde farklı bölümlerde farklı makinelerde gerçekleştirilen çeşitli operasyonların tehlikeli enerjinin istemsiz/beklenmeyen başlatma tehlikesi kapsamında incelenmesinin ardından aşağıdaki bulgulara rastlanmıştır;

4.1. Ergitme Bölümü Endüksiyon Ocağında Refrakter Bozma/Yapma Çalışması (Refractory Decomposition/Making Study in the Induction Furnace of the Melting Department)

Endüksiyon ocağında refrakter bozma/yapma operasyonunun gerçekleştirilme sebebi; ocak içerisinde ergitme işleminin gerçekleştirilmesi ve sıvı metalin bekletilmesi sebebiyle zamanla ocak iç astarının incelenmesi sonucu ocağın delinmesi vb. nedenlerle ocağa ve çevredeki diğer ekipmanlara zarar vermemesi, iş kazalarına sebep olmaması, çevre sorunlarına yol açmaması gibi olumsuz durumların yaşanmaması için periyodik aralıklarla endüksiyon ocaklarında gerçekleştirilen çalışmalardır.

Tablo 3. Endüksiyon Ocağında Refrakter Bozma/Yapma Çalışması – EKED Risk Değerlendirmesi
(Refractory Decay/Making Study in Induction Furnace – LOTOTO Risk Assessment)

Döküm Makinelerindeki Operasyonlarda EKED Risk Değerlendirmesi				
Makine	Yapılan operasyon	Mod	Tehlikeli enerji türleri	Mevcut önlemler
Endüksiyon ocağı	Refrakter bozma/yapma	Üretim	Elektrik, Hidrolik, Yer çekimi	Topraklama, Acil durdurma butonu

Sıklık	Makine İçerisinde Kalma Süresi	Operasyondaki Çalışan Sayısı	Kaçınma	Şiddet	Vardiya Süresince Rutin ve Tekrarlanan İş mi?
4	5	2	3	4	0

EKED Puanı	EKED Uygulaması
18	Tam EKED Uygulaması

Endüksiyon ocağında refrakter bozma/yapma çalışması için gerçekleştirilen EKED risk değerlendirmesinde Tablo 3’de belirtildiği gibi makinede belirtilen operasyon haftada bir veya birkaç defa yapıldığından sıklık puanı 4 olarak belirtilmiş ve operasyon süresince makine içerisinde 8 saat kaldığından 5 puan olarak belirtme yapılmıştır. Operasyonu 2 çalışan gerçekleştirmekte ve olası bir tehlikeli enerjinin istemsiz/beklenmeyen başlatımı sonucunda makine içerisindeki operatörün kaçınabilmesi neredeyse imkansızdır ve yaralanma şiddeti ölüm olabilir. Operasyon vardiya süresince rutin, kısa süreli, tekrarlanan bir iş olmadığından ve enerji ile çalışma ihtiyacı bulunmadığından bu çalışmada tam EKED uygulamasının yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 3. Endüksiyon Ocağında Refrakter Bozma/Yapma Çalışması Sırasında EKED Uygulaması
(LOTOTO Application During Refractory Degrading/Making Study in Induction Furnace)

Refrakterciler, endüksiyon ocağının içerisine girip çalışmaya başlamadan önce elektrik bakım personeline bilgi vermişler ve elektrik bakım personeli ocak ana enerji şalterinden EKED uygulamasını gerçekleştirmiş ve deneme çalışmasını yapmıştır. Ardından ocak içerisindeki artık enerjiyi izole etmek ve makineyi sıfır enerji konumuna getirmek için topraklama şalterinden de kilitleme ve etiketleme uygulamasını elektrik bakım personeli gerçekleştirmiş ve grup kilitleme - etiketleme kutusuna anahtarlarını atmış ve kutuyu kapatarak kutu üzerine de kilitleme - etiketleme işlemini gerçekleştirmiştir. Refrakterciler de grup kilitleme - etiketleme kutusu üzerine EKED işlemini gerçekleştirmişler ve makinede çalışmışlardır. Endüksiyon ocağında refrakter bozma/yapma çalışması sırasında yukarıdaki Şekil 3’de görüldüğü gibi EKED uygulaması gerçekleştirilmiştir. Operasyonun tamamlanmasının ardından her operatör bireysel kilitleme - etiketleme ekipmanlarını grup EKED kutusu üzerinden kaldırmış ve elektrik bakım personeli etkilenebilecek çalışanlara haber verdikten sonra endüksiyon ocağını çalıştırmış ve üretim operatörüne teslim etmiştir.

4.2. Kalıplama Bölümü Otomatik Yatay Kalıplama Hattının Soğutma Tünelinde Derece Devrilmesine Müdahale Çalışması (Response Study for the Automatic Horizontal Molding Line in the Cooling Tunnel for Mold Tip-over of the Molding Department)

Döküm işleminin gerçekleştirilmesinin ardından kalıplar soğutma tünelinin içerisine vagonlar aracılığıyla girerek soğutulmaktadır. Vagonların yürüdüğü raylarda zaman zaman oluşabilen çapak vb. engeller sebebiyle vagonlar takılmakta ve dereceler devrilebilmekte, raydan çıkabilmektedir. Kalıplama hattının ilerleyebilmesi için devrilen dereceye müdahale edilmekte ve kalıplama hattı tekrardan otomatik moda çalıştırılmaktadır.

Tablo 4. Otomatik Yatay Kalıplama Hattının Soğutma Tünelinde Derece Devrilmesine Müdahale Çalışması – EKED Risk Değerlendirmesi (Response Study for the Automatic Horizontal Molding Line in the Cooling Tunnel for Mold Tip-over – LOTOTO Risk Assessment)

Döküm Makinelerindeki Operasyonlarda EKED Risk Değerlendirmesi				
Makine	Yapılan operasyon	Mod	Tehlikeli enerji türleri	Mevcut önlemler
Otomatik yatay kalıplama hattı	Soğutma tünelinde derece devrilmesine müdahale	Bakım	Mekanik, Elektrik, Hidrolik, Yer çekimi	Kapı emniyet sivici, Acil durdurma butonu, Emniyet fensi

Sıklık	Makine İçerisinde Kalma Süresi	Operasyondaki Çalışan Sayısı	Kaçınma	Şiddet	Vardiya Süresince Rutin ve Tekrarlanan İş mi?
2	4	2	3	4	0

EKED Puanı	EKED Uygulaması
15	Tam EKED Uygulaması

Otomatik yatay kalıplama hattının soğutma tünelinde derece devrilmesine müdahale çalışması için gerçekleştirilen EKED risk değerlendirmesinde Tablo 4’de belirtildiği gibi makinede belirtilen operasyon sıklığı yılda bir veya birkaç defa olduğundan 2 puan olarak belirtme yapılmıştır. Makine içerisinde kalma süresi birkaç saat sürdüğünden 4 puan, operasyondaki çalışan sayısı 2 olduğundan 2 puan olarak belirtme yapılmıştır. Çalışma süresince makinenin istemsiz/beklenmeyen başlatımı sonucunda operatörlerin kaçınabilmesi imkansızdır, yaralanma şiddeti ölüm olabilir. Operasyon vardiya süresince rutin, kısa süreli, tekrarlanan bir iş olmadığından ve enerji ile çalışma ihtiyacı bulunmadığından bu çalışmada tam EKED uygulamasının yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4. Otomatik Yatay Kalıplama Hattının Soğutma Tünelinde Derece Devrilmesine Müdahale Çalışması Sırasında EKED Uygulaması (LOTOTO Implementation During the Response Study for Mold Tilt in the Cooling Tunnel of the Automatic Horizontal Molding Line)

Soğutma tünelinde derece devrilmesine müdahale çalışmasına başlamadan önce Şekil 4’de görüldüğü gibi operatörler makine ana enerji kontrol ünitesinden kilitleme – etiketleme işlemini gerçekleştirmiş ve deneme çalışmasını yapmışlardır. Devrilen dereceyi soğutma tünelinden mobil vinç yardımıyla çıkardıktan sonra çalışma alanını kontrol etmişler ve etkilenebilecek çalışanlara haber verdikten sonra makine ana enerji şalteri üzerinden her personel bireysel kilitleme – etiketleme ekipmanını sökmüş ve kalıplama hattını tekrardan devreye almışlardır.

4.3. Maça Bölümü Maça Pres Makinesinde Maça Sandığı Nozul Temizleme Operasyonu (Core Box Nozzle Cleaning Operation in Core Press Machine of the Core Department)

Maça pres makinelerinde üretilecek olan maçanın geometrisini içerisindeki kalıpta bulunduran maça sandığı, alt ve üst sandık olarak iki ayrı parçadan oluşmaktadır. Üst maça sandığı üzerinde nozullar bulunmakta ve maça üretimi sırasında zaman zaman bu nozullarda kum birikmesi sebebiyle tıkanmalar yaşanmaktadır. Maça pres makinesi operatörü tarafından makine içerisine girilerek tıkanan nozullar şiş aracılığıyla açılmaktadır.

Tablo 5. Maça Pres Makinesinde Maça Sandığı Nozul Temizleme Operasyonu – EKED Risk Değerlendirmesi
(Core Chest Nozzle Cleaning Operation in Core Press Machine – LOTOTO Risk Assessment)

Döküm Makinelerindeki Operasyonlarda EKED Risk Değerlendirmesi				
Makine	Yapılan operasyon	Mod	Tehlikeli enerji türleri	Mevcut önlemler
Maça pres makinesi	Maça sandığı nozul temizliği	Üretim	Mekanik, Elektrik, Hidrolik, Pnömatik, Yer çekimi	Kapı emniyet sivici, Acil durdurma butonu, Makine içi algılama emniyet sensörleri, Işık bariyeri, Acil durdurma ipi

Sıklık	Makine İçerisinde Kalma Süresi	Operasyondaki Çalışan Sayısı	Kaçınma	Şiddet	Vardiya Süresince Rutin ve Tekrarlanan İş mi?
6	1	1	3	4	1

EKED Puanı	EKED Uygulaması
1	Kısmi EKED Uygulaması

Maça pres makinesinde maça sandığı nozul temizleme operasyonu için gerçekleştirilen EKED risk değerlendirmesinde Tablo 5’de belirtildiği gibi makinede operasyonun gerçekleştirilme sıklığı birkaç saatte birkaç defa olduğundan 6 puan olarak belirtme yapılmıştır. Operasyon süresince makine içerisinde kalma süresi ortalama 2 dakika olduğundan 1 puan olarak belirtme yapılmıştır. Operasyonu 1 operatör tek başına gerçekleştirebilmektedir Makinenin operasyon sırasında istemsiz/beklenmeyen başlatımı sonucunda operatörün kaçınabilmesi imkansızdır ve yaralanma şiddeti ölüm olabilir. Operasyon vardiya süresince rutin, kısa süreli, tekrarlanan bir iş olduğundan dolayı bu çalışmada makine içerisinin emniyete alınmasının ardından kısmi EKED uygulamasının yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5. Maça Pres Makinesinde Maça Sandığı Nozul Temizleme Operasyonu Sırasında EKED Uygulaması
(LOTOTO Application During the Core Chest Nozzle Cleaning Operation in the Core Press Machine)

Maça pres makinesi içerisinde üst maça sandığının nozullarını temizlemek için operasyona başlamadan önce Şekil 5’de görüldüğü gibi makine içerisine giriş kapısında bulunan emniyet sivicinin üzerine makine operatörü kilitleme ve etiketleme uygulamasını yapmış ve deneme işlemini gerçekleştirmiştir. Ardından makine içerisine girerek üst maça sandığı nozullarını temizlemiş ve makine içerisinden çıkmıştır, kapı emniyet sivici üzerinde bulunan EKED ekipmanlarını sökerek kapıyı kapatmış ve makineyi çalıştırarak operasyonu tamamlamıştır.

4.4. Tamamlama Bölümü Askılı Temizleme/Kumlama Makinesinde Helezon Değişimi Çalışması (Screw Change Study in the Suspended Cleaning/Sandblasting Machine of the Fetting Department)

Döküm parçaların temizlendiği askılı kumlama makinesinde döküm parçaların üzerine çelik bilyalar püskürtülerek temizleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Makede kullanılan çelik bilyaların püskürtme sistemine tekrardan kazandırılabilmesi için elevatör ve helezonlardan yararlanılmaktadır. Kullanılan helezonlar bir süre sonra aşınmakta ve helezon değişim ihtiyacı olmaktadır.

Tablo 6. Askılı Temizleme/Kumlama Makinesinde Helezon Değişimi Çalışması – EKED Risk Değerlendirmesi (Screw Change Study in Suspended Cleaning/Sandblasting Machine – LOTOTO Risk Assessment)

Döküm Makinelerindeki Operasyonlarda EKED Risk Değerlendirmesi				
Makine	Yapılan operasyon	Mod	Tehlikeli enerji türleri	Mevcut önlemler
Askılı temizleme/kumlama makinesi	Helezon değişimi	Bakım	Mekanik, Elektrik, Yer çekimi	Kapı emniyet sivici, Acil durdurma butonu

Sıklık	Makine İçerisinde Kalma Süresi	Operasyondaki Çalışan Sayısı	Kaçınma	Şiddet	Vardiya Süresince Rutin ve Tekrarlanan İş mi?
1	5	3	3	4	0

EKED Puanı	EKED Uygulaması
16	Tam EKED Uygulaması

Askılı temizleme/kumlama makinesinde helezon değişimi çalışması için gerçekleştirilen EKED risk değerlendirmesinde Tablo 6'da belirtildiği gibi makede operasyonun gerçekleştirilme sıklığı birkaç yılda bir olduğundan 1 puan olarak belirtilmiştir. Operasyon süresince makine içerisinde kalma süresi 8 saat olduğundan 5 puan verilmiştir. Operasyonda 3 bakımcı çalışmaktadır, makinenin istemsiz/beklenmeyen başlatılması sonucunda kaçınabilme imkansızdır ve yaralanma şiddeti ölüm olabilir. Operasyon vardiya süresince rutin, kısa süreli, tekrarlanan bir iş olmadığından ve enerji ile çalışma ihtiyacı bulunmadığından bu çalışmada tam EKED uygulamasının yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 6. Askılı Temizleme/Kumlama Makinesinde Helezon Değişimi Çalışması Sırasında EKED Uygulaması (LOTOTO Application During the Screw Change Study in the Suspended Cleaning/Sandblasting Machine)

Makede çalışmaya başlamadan önce Şekil 6'da görüldüğü gibi bakım operatörleri makine ana enerji panosu üzerindeki şalterden kilitleme – etiketleme işlemini gerçekleştirmiş ve deneme çalışmasını yapmışlardır. Daha sonra makinenin hasarlı helezonunun sökümünü gerçekleştirmiş ve yerine yeni helezonun montajını yapmışlar ve helezonun sabit muhafazasını takmışlardır. Çalışma alanını kontrol ettikten ve etkilenebilecek çalışanlara haber verdikten sonra ana enerji şalteri üzerindeki EKED ekipmanlarını bireysel olarak bakımcılar sökmüşler ve makineyi çalıştırarak operasyonu tamamlamışlardır.

4.5. İşleme Bölümü CNC Freze Tezgahında Üretim Metodu Ayarlama (Set-up) Çalışması (Production Method Adjustment (Set-up) Study on CNC Milling Machine of Machining Department)

CNC freze tezgahında işlenecek döküm parçanın hangi koordinatlarının işleneceği, ne kadar kesme yapılacağı vb. ayarlamaların yapılarak makineye metodun öğretildiği çalışmalar sırasında operatör, operasyonu yakından izleyebilmek için tezgah içerisine çok kısa sürelerle girebilmektedir.

Tablo 7. CNC Freze Tezgahında Üretim Metodu Ayarlama (Set-up) Çalışması – EKED Risk Değerlendirmesi
(Production Method Adjustment (Set-up) Study on CNC Milling Machine – LOTOTO Risk Assessment)

Döküm Makinelerindeki Operasyonlarda EKED Risk Değerlendirmesi				
Makine	Yapılan operasyon	Mod	Tehlikeli enerji türleri	Mevcut önlemler
CNC freze tezgâhı	Üretim metodu ayarlama (set-up)	Üretim	Mekanik, Elektrik, Hidrolik, Pnömatik, Yer çekimi	Kapı emniyet sivici, Acil durdurma butonu, Kilitlemeli mod şalteri

Sıklık	Makine İçerisinde Kalma Süresi	Operasyondaki Çalışan Sayısı	Kaçınma	Şiddet	Vardiya Süresince Rutin ve Tekrarlanan İş mi?
4	4	1	2	4	1

EKED Puanı	EKED Uygulaması
1	Kısmi EKED Uygulaması

CNC freze tezgahında üretim metodu ayarlama (set-up) çalışması için gerçekleştirilen EKED risk değerlendirmesinde Tablo 7’de belirtildiği gibi makinede operasyonun gerçekleştirilme sıklığı haftada bir veya birkaç defa olduğundan 4 puan olarak belirtilmiştir, operasyon süresince makine içerisinde kalma süresi birkaç saat olabildiğinden 4 puan olarak belirtilmiştir. Operasyondaki çalışan sayısı 1’dir. Makinenin istemsiz/beklenmeyen başlatılması sonucunda kaçınılma olasıdır ancak yaralanma şiddeti ölüm olabilir. Operasyon süresince enerji ile çalışma ihtiyacı bulunduğu için dolayı bu çalışmada kısmi EKED uygulamasının yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 7. CNC Freze Tezgahında Üretim Metodu Ayarlama (Set-up) Çalışması Sırasında EKED Uygulaması
(LOTOTO Application During the Production Method Set-up Study on the CNC Milling Machine)

Makinede çalışmaya başlamadan önce Şekil 7’de görüldüğü gibi makine operatörü makine kilitlemeli mod şalteri üzerine kendine ait anahtarı takmış ve CNC tezgâhı eksen hızlarını yavaşlatan ayarlama modunu seçmiştir. Mod şalteri üzerinden ayarlama yaptıktan sonra deneme çalışmasını gerçekleştirmiş ve tezgâh eksen hızlarının azaldığından emin olmuştur. Daha sonra üretim metodu ayarlama (set-up) çalışmasını tezgâh el çarkı üzerinden gerçekleştirmiş ve operasyonu tamamladıktan sonra kilitlemeli mod şalteri üzerinden anahtarını çıkarmış ve çalışmasını tamamlamıştır.

4.6. Tesisler Bölümü Kızgın Su Kazanında Yıllık Periyodik Bakım Çalışması (Annual Periodic Maintenance Study in the Hot Water Boiler of the Facilities Department)

Tesiste sıcak suyun kullanılmasını sağlayan kızgın su kazanında yıllık olarak periyodik bakım çalışması gerçekleştirilmektedir. Bu bakım çalışması sırasında kızgın su kazanında hidrostatik testler, basınç testleri vb. çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Tablo 8. Kızgın Su Kazanında Yıllık Periyodik Bakım Çalışması – EKED Risk Değerlendirmesi
(Annual Periodic Maintenance Study in Hot Water Boiler – LOTOTO Risk Assessment)

Döküm Makinelerindeki Operasyonlarda EKED Risk Değerlendirmesi				
Makine	Yapılan operasyon	Mod	Tehlikeli enerji türleri	Mevcut önlemler
Kızgın su kazanı	Yıllık periyodik bakım	Bakım	Kızgın su, Elektrik, Doğal gaz	Acil durdurma butonu, Emniyet valfi

Sıklık	Makine İçerisinde Kalma Süresi	Operasyondaki Çalışan Sayısı	Kaçınma	Şiddet	Vardiya Süresince Rutin ve Tekrarlanan İş mi?
2	5	2	2	4	0

EKED Puanı	EKED Uygulaması
16	Tam EKED Uygulaması

Kızgın su kazanında yıllık periyodik bakım çalışması için gerçekleştirilen EKED risk değerlendirmesinde Tablo 8'de belirtildiği gibi makinede operasyonun gerçekleştirilme sıklığı yılda bir defa olduğundan 2 puan olarak sıklık bölümünde belirtme yapılmıştır. Operasyon süresince makine içerisinde kalma süresi 8 saat olduğundan 5 puan olarak belirleme yapılmış, çalışmayı 2 bakım çalışanı gerçekleştirdiğinden 2 puan olarak belirleme yapılmıştır. Makinenin istemsiz/beklenmeyen başlatılması sonucunda kaçınılabilir olasıdır ancak yaralanma şiddeti ölüm olabilir. Operasyon vardiya süresince rutin, kısa süreli, tekrarlanan bir iş olmadığından ve enerji ile çalışma ihtiyacı bulunmadığından bu çalışmada tam EKED uygulamasının yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 8. Kızgın Su Kazanında Yıllık Periyodik Bakım Çalışması Sırasında EKED Uygulaması (LOTOTO Application during the Annual Periodic Maintenance Study in the Hot Water Boiler)

Kızgın su kazanında çalışmaya başlamadan önce Şekil 8'de görüldüğü gibi bakım operatörleri ana güç panosundaki pako şalter üzerinden elektrik enerjisini kesmiş ve çoklayıcı yardımıyla kilitleme - etiketleme işlemini gerçekleştirmişlerdir. Ardından kazan küresel vanasını kapatarak vana üzerine de aparat yardımıyla kilitleme - etiketleme işlemini gerçekleştirmişler ve artık enerji ortadan kaldırılarak sıfır enerji konumu sağlanmıştır. Periyodik bakım çalışması tamamlandıktan sonra küresel vana ve pako şalter üzerinden kilitleme - etiketleme ekipmanlarını kaldırarak kazanı çalıştırmışlar ve operasyonu tamamlamışlardır.

Tablo 9. Döküm Sektöründeki Makinelerde Gerçekleştirilen Birkaç Çalışmada EKED Risk Değerlendirmesi (LOTOTO Risk Assessment in Several Studies Conducted on Machines in the Casting Industry)

Kısım/İş	EKED Puanı	EKED Uygulaması
Endüksiyon ocağında refrakter bozma/yapma çalışması sırasında EKED uygulaması	18	TAM EKED UYGULAMASI
Otomatik yatay kalıplama hattının soğutma tüneline derece devrilmesine müdahale çalışması sırasında EKED uygulaması	15	TAM EKED UYGULAMASI
Maça pres makinesinde maça sandığı nozul temizleme operasyonu sırasında EKED uygulaması	1	KISMİ EKED UYGULAMASI
Askılı temizleme/kumlama makinesinde helezon değişimi çalışması sırasında EKED uygulaması	16	TAM EKED UYGULAMASI
CNC freze tezgahında Üretim metodu ayarlama (set-up) çalışması sırasında EKED uygulaması	1	KISMİ EKED UYGULAMASI
Kızgın su kazanında yıllık periyodik bakım çalışması sırasında EKED uygulaması	16	TAM EKED UYGULAMASI

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Dökümhaneler, İşyeri Tehlike Sınıfları Listesi EK-1'de belirtildiği gibi çok tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinden biridir. Bu sınıfta bulunmasının sebeplerinden birisi de döküm parça üretimi sürecinde çeşitli, büyük boyutlu ve tehlikeli enerjinin istemsiz, beklenmeyen başlatılması sebebiyle çalışanların ciddi iş kazaları yaşama potansiyeli barındıran makineler ile çalışmasıdır.

Literatürde EKED konusu araştırıldığında; oluklu mukavva üretim makinelerinde gerekli bakımların yapılması sırasında tehlikeli enerji kaynaklarının belirlenmesi ve bu enerji kaynaklarının nasıl emniyetli bir şekilde kullanılabilirliğinin tanımlanması ve çalışanlar tarafından EKED uygulamasının daha bilinçli yapılmasının sağlanması ile ilgili çalışmaların olduğu görülmüştür (Kalyoncu, 2021). Kömür madeni endüstrisinde üretim ve bakım sırasında beklenmedik enerji salınımından kaynaklanan risklere karşı kilitleme ve etiketleme sisteminin önemini belirten, EKED prosedürü süreçlerini açıklayan ve EKED sisteminin madende emniyet yönetiminin güçlendirilmesini sağladığını belirten çalışmaların literatürde olduğu tespit edilmiştir (Zhang, Liu, 2011). Bu çalışmanın literatürde ki benzer çalışmalardan farkı; EKED risk değerlendirmesi oluşturularak EKED prosedürü uygulamalarında daha prosedürel ve emniyetli bir yol izlenmesi, makinelerdeki tehlikeli enerji kaynaklarının

hızlarının sınırlandırılarak, enerji altında makinede emniyetli çalışılması, vardiya süresince rutin ve tekrarlanan işlerde EKED prosedürünün nasıl uygulanabileceği ve makine çalışma ortamının nasıl emniyetli hale getirilip çalışmanın sürdürülebileceği amaçlanmıştır.

EKED prosedürü uygulamalarının özellikle vardiya içerisinde sık sık yapılan, rutin ve tekrar gerektiren kısa süreli işlemlerde, enerji altında çalışma gerektiren operasyonlarda göz ardı edilebildiğini hemen hemen tüm sektörlerde görmekteyiz. Prosedürde yaşanan bu eksikliğin doğurduğu risk sebebiyle yaşanabilecek iş kazası durumunda işletmelerin ve her seviyedeki yöneticinin hukuki, maddi ve manevi zorluklarla karşılaşabilmesi muhtemeldir. Bu sebeple vardiya içerisinde sık sık yapılan, rutin, tekrarlanan ve/veya enerji altında çalışma ihtiyacı olan operasyonlarda EKED prosedürünün nasıl uygulanması gerektiğini EKED risk değerlendirmesi ile analiz edip tam veya kısmi EKED uygulamasının yapılması sağlanabilir. Tehlikeli enerjiye karşı radar emniyet sensörleri, ışık bariyerleri, kapı emniyet siviçleri, hız sınırlandırıcı emniyet mod şalterleri vb. iş güvenliği ekipmanlarıyla riskler kontrol altına alınabilir.

Bu çalışmanın giriş kısmında da bahsedildiği gibi makineler için risk etmenleri özelinde oluşturulan risk değerlendirmesi yöntemleri mevcuttur. Kimyasalların kontrollü kullanılabilmesi amacıyla bir kimyasal maruziyet risk değerlendirmesi yöntemi ILO tarafından işyerlerine önerilmiştir. Engelli çalışanların, sağlık kurulu raporlarındaki engel oranı değerleri kullanılarak da bir risk değerlendirmesi yöntemi geliştirilmiş ve engelli çalışanlar özelinde bir risk değerlendirmesi yöntemi oluşturulmuştur. Fiziksel, kimyasal, biyolojik, psikososyal, ergonomik, makine, patlama, engelli personeller vb. özelinde oluşturulan spesifik risk değerlendirmelerine ek olarak bu çalışmada da makinelerde tehlikeli enerjinin kontrolü, beklenmedik, istemsiz başlatma konusu özelinde bir EKED risk değerlendirmesi belirtilmiştir. Bu risk değerlendirmesi makinelerde yapılan operasyonlarda tehlikeli enerji sebebiyle istemsiz, beklenmeyen başlatma sebepli iş kazalarının yaşanmaması ve bu sebeple olası yaşanabilecek kazalar oluşmadan önlem alınabilmesi yönünde olumlu fayda sağlayacaktır. EKED risk değerlendirmesi çalışmasında sayısal değerler kullanılarak bir risk puanı belirlendiği için EKED risk değerlendirmesi yöntemi, kantitatif (nicel) risk değerlendirmesi yöntemleri arasında sınıflandırılabilir.

EKED risk değerlendirmesi yöntemi ile makinelerde gerçekleştirilen operasyonlarda tehlikeli enerjilerin izolasyonunun yapılması, makinelerin sıfır enerji konumuna getirilmesi, enerji ihtiyacının olduğu operasyonlarda çalışmaların gerçekleştirilebilmesi için gerekli emniyet tedbirlerinin alınarak çalışmaların yürütülebilmesi amacıyla EKED risk değerlendirmesi yöntemi oluşturularak bu çalışmada incelenen operasyonlarda kullanılmıştır. Bu risk değerlendirmesi yöntemine bağlı olarak makinelerde gerçekleştirilen operasyonların EKED puanları ve derecelendirmeleri yapılmıştır. EKED risk değerlendirmesi sonucunda oluşan risk puanı neticesinde tam veya kısmi EKED uygulaması yapılarak makinelerde gerçekleştirilen her türlü operasyonun emniyetli bir şekilde yapılabilmesi için risk öngörülerinin oluşturularak önlemlerin alınabilmesi amaçlanmıştır.

Yalnızca belli bir sektör ve makine özelinde değil, hemen hemen her sektördeki makinelerde gerçekleştirilen operasyonlarda bulunan tehlikeli enerjinin izolasyonu ve makinelerin beklenmeyen, istemsiz başlatılması durumlarına karşı önlemlerin alınması ile tam ve kısmi EKED uygulama yapılabileceği hususunda bir risk değerlendirmesi yapılabilmesi sağlanacaktır.

Makinelerde gerçekleştirilen operasyonlarda tehlikeli enerji kaynağı olarak sadece elektrik enerjisi düşünülmemelidir, makinelerdeki tüm enerji türleri; mekanik, hidrolik, pnömatik, kızgın su, doğal gaz, yer çekimi kuvveti vb. tüm enerji türleri değerlendirilerek kilitleme – etiketleme uygulamaları gerçekleştirilmelidir.

Makinelerde gerçekleştirilen EKED prosedürü uygulamalarında çalışanların kendi insiyatiflerine göre kilitleme – etiketleme çalışmasını yapmaları veya yapmamaları gibi uygunsuz, güvensiz durumlarla karşılaşılması ihtimaline karşı kilitleme ve etiketleme uygulamaları iş yerlerinde dijital programlar üzerinden takip edilebilir. Bu dijital EKED takip uygulamaları sayesinde hem EKED prosedürleri daha emniyetli bir şekilde gerçekleştirilebilir hem de iş yeri için EKED prosedürü çalışmaları için bir veri tabanı oluşturulabilir. Takip sistemi sayesinde hatalı kilitleme – etiketleme uygulamaları düzeltilebilir ve operatörler tecrübelenerek hatalı kilitleme- etiketleme uygulamaları azaltılabilir. Gelecek çalışmalar için EKED risk değerlendirmesi metodolojisinin yapay zekâ ve dijital uygulamalar ile entegrasyonunun sağlanması için ilgili operasyonlar ile ilgili veriler veri tabanına işlenebilir ve bu veriler şart koşularak makinelerdeki operasyonlar dijital uygulamalardan anında seçilip tam veya kısmi EKED uygulamasının nasıl yapılması gerektiği açıklanabilir. Yapay zekâ destekli kameralar ile çalışmalar canlı izlenerek EKED prosedürü ihlali durumunda ayrıca yöneticilere bildirim de yapılması sağlanabilir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışmanın oluşunda kıymetli katkılarını sunan iş yerime ve çalışma arkadaşlarıma en derin teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca hayatımın her döneminde yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili anneme, babama ve kardeşlerime en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- AFS, American Foundry Society / Census of World Casting Production, Modern Casting Magazine, (2021).
- CAEF, The European Foundry Association, The European Foundry Industry, (2019) Erişim adresi: <https://www.caef.eu/statistics/> Erişim tarihi: 11.03.2023.
- Garipoğlu O., 2021. Engelli Çalışanların, Sağlık Kurulu Raporlarındaki Engel Oranı Değerleri Kullanılarak Bir Risk Değerlendirme Yöntemi Geliştirilmesi: Döküm Sektöründe Bir Uygulama, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Günay, Y., 2012. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi, Döküm Sektörü Rehber Doküman.
- Günay Y., 2016. TÜDÖKSAD Akademi, Döküm ve Değişen Pazar, Döküm Sanayinin Yeni Teknolojiler ve Değişen Pazar Yapısı ile İmtihani, s.: 15.
- Güvenli EKED, 2023. EKED Nedir, Eked Ürünleri, Erişim adresi: <https://guvenlieked.com/eked-nedir> Erişim tarihi: 09.05.2023.
- ILO, International Labour Organization (2006). International Chemical Control Toolkit. Erişim adresi: https://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/ Erişim tarihi: 15.05.2023.
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, Madde 4, f), Madde 5, 29.12.2012 Tarihli 28512 Sayılı Resmi Gazete.
- Kalyoncu S., 2021. Oluklu Mukavva Üretim Makinelerinde Tehlikeli Enerjinin Yönetimi, Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli.
- Küçüksavcı G., 2021. Makine Risk Değerlendirmesinin Çalışma Hayatına Entegrasyonu, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, II. Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Öğrenci Kongresi Bildiri Kitabı, İstanbul.
- OSHA, Occupational Safety and Health Administration, The Industry Profile For Violations Of Any Specific OSHA Standard, 2021.
- OSHA, 2011. Occupational Safety and Health Administration, Standard Numarası: 1910.147, Tehlikeli Enerjinin Kontrolü, (Kilitleme / Etiketleme).
- Rocha F., 2023. Implementation Of Lockout/Tagout (LOTO) Methodologies On Production Lines, Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, Polytechnic of Porto.
- S.Fore, 2010. Cleaner Production For Environmental Conscious Manufacturing In The Foundry Industry, Department of Management/Project Management, Cape Peninsula University of Technology, Cape Town, South Africa. Journal of Engineering, Design and Technology, Vol. 8 No. 3, pp. 314-333.
- Şahin O., 2020. Dökümhane Maça Üretiminde Ortaya Çıkan Kimyasal Maddeler ve Bu Maddelerin Kontrolü, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Şahin O., Özay E., Uçan R., 2022. Döküm Parça Taşlama İşlerinde El-Kol Titreşiminin Ölçülmesi ve Maruziyetinin Değerlendirilmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(3), 856-868.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Demir Döküm Sanayi Kılavuzu Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editedosya/Demir_Dokum_Sanayi_Kilavuzu.pdf Erişim tarihi: 20.01.2023.
- Taşçı H., Yağız E. 2023. Elektrik Tesislerine Güvenli Müdahaleye Standartlarla Bakış EKED / LOTO. Elektrik Mühendisleri Odası, 47. Dönem İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Komisyonu. Erişim adresi: https://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=135390&tipi=2&sube=0 Erişim tarihi: 09.05.2023.
- Tezcan E., 2023. Etiketle, Kilitle, Emniyete Al, Dene. Makina Mühendisleri Odası, Mühendis ve Makina Dergisi, 48 (567).
- Tj L., 2020. Safety Minute: Rushing Causes Errors, Larkin Communication, AIChE – American Institute of Chemical Engineers, CEP August 2020, s.: 43-44.
- Erişim adresi: <https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2020/august/safety-minute-rushing-causes-errors> Erişim tarihi: 09.05.2023.
- TS EN ISO 12100, 2011. Makinalarda Güvenlik, Tasarım İçin Genel Prensipler, Riskin Değerlendirilmesi ve Azaltılması.
- TS EN ISO 14118, 2018. Makinelerde Güvenlik, Beklenmeyen Start-up Önlenmesi, 4.4 Sinyal Verme ve Uyarı (Gecikmeli Başlatma), 5.3.2 Güç Kaynaklarından İzolasyon için Cihazlar, 5.4 Depolanmış Enerjinin Dağıtılması veya Sınırlandırılması (Muhafaza) için Cihazlar, 7.3 Enerji Dağılımını veya Kısıtlamayı (Muhafaza) Doğrulamak için Hükümler.
- TÜDÖKSAD Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği, 2022. Döküm Sektörü Genel Bakış ve Önemi, Erişim adresi: <https://tudoksad.org.tr/genel-bakis-ve-onemi> Erişim tarihi: 01.12.2022 ve 07.03.2023.
- Yalçın D., 2024. Deniz Olaylarının Kişisel Yaralanma Perspektifinden Kapsamlı Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Zhang Hong-jie, Liu Zhen-tang, 2011. Application of Lockout & Tagout System in the Coalmine Industry, First International Symposium on Mine Safety Science and Engineering, SciVerse ScienceDirect, Procedia Engineering 26, s.: 2065 – 2069.