



Demiryolu Tekerü Üretiminde İş Sağlığı ve Güvenliği

Occupational Health and Safety in Railway Wheel Production

Mustafa AÇIKGÖZ¹, Gül USLU²

¹Büilent Ecevit Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye
· mustafa.acikgoz@hotmail.com · ORCID > 0009-0007-3259-7488

²Sinop Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Sinop, Türkiye
· guslu@sinop.edu.tr · ORCID > 0000-0002-3691-2111

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 01 Aralık/Decemeber 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 17 Aralık/Decemeber 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt - Volume:** 5 | **Sayı - Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 67-82

Atıf/Cite as: Açıkgöz, M., Uslu, G. "Demiryolu Tekerü Üretiminde İş Sağlığı ve Güvenliği"
Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnsan Bilimleri Dergisi, 5(2), Aralık 2024: 67-82.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Gül USLU

DEMİRYOLU TEKERİ ÜRETİMİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

ÖZ

Dövme, haddeleme ve bombeleme, demiryolu tekerleklerini üretmek için kullanılan özel sıcak şekillendirme prosedürüdür. Sürekli gelişen teknoloji nedeniyle, demiryolu vagonları ve lokomotifleri güvenlik ve hız gereksinimlerini karşılamak için tekerlekler kullanan çeşitli tasarımlara sahiptir. Sonuç olarak, bir demiryolu tekerleği üreticisinin rekabetçi bir pazarda geçerliliğini sürdürebilmesi için çok çeşitli tasarımlara sahip demiryolu tekerlekleri üretme yeteneğine sahip olması gerekir. Yeni bir tekerlek üretmek için, üreticinin tekerleğin yeni tasarımına uygun yeni kalıplar oluşturması gerekir.

Tasarım aşamasında, demiryolu tekerleği şekillendirmenin olası sonuçlarını tahmin etmek için bir simülasyon modeli kullanılmalıdır. Demiryolu tekerlekleri şekillendirmenin en karmaşık aşaması, tekerlek haddeleme sürecidir. Demiryolu tekerleği haddelemesi, dövme demiryolu tekerleğinin belirli bir şekil vermek için aynı anda beş silindir tarafından işlenmesidir.

Bu çalışmada, demiryolu tekerleklerinin üretim süreci ayrıntılı olarak incelenecek ve yeni tasarımların nasıl oluşturulacağına dair yöntemler ele alınacaktır. Ayrıca, simülasyon modelleri kullanarak tekerlek şekillendirme süreçlerinin tahmin edilmesi ve haddeleme sürecinin optimizasyonu üzerinde durulacaktır. Tez, derleme formatında sunulmuş olup, süreçlerin değerlendirilmesi için ramak kala olay analizi ve balık kılıcı diyagramı kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Demiryolu Tekeri, Demiryolu Tekerleği Üretimi, Haddeleme.



OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY IN RAILWAY WHEEL PRODUCTION

ABSTRACT

Forging, rolling and crowning are specific hot forming procedures used to produce railway wheels. Due to the ever-evolving technology, railway wagons and locomotives have various designs using wheels to meet safety and speed requirements. As a result, a railway wheel manufacturer must have the ability to produce railway wheels with a wide variety of designs in order to maintain its validity in a competitive market. In order to produce a new wheel, the manufacturer must create new molds suitable for the new design of the wheel.

A simulation model should be used in the design phase to predict the possible results of railway wheel shaping. The most complex stage of railway wheel shaping is the wheel rolling process. Railway wheel rolling is the simultaneous processing of the forged railway wheel by five rollers to give it a certain shape.

In this study, the manufacturing process of railway wheels will be examined in detail and methods on how to create new designs will be discussed. In addition, the prediction of wheel shaping processes using simulation models and the optimization of the rolling process will be emphasized. The thesis is presented in a compilation format, and near-miss event analysis and fishbone diagram will be used to evaluate the processes.

Keywords: Railway Wheel, Railway Wheel Manufacturing, Rolling.



1. GİRİŐ

Raylar üzerinde hareket eden trenlerin dönme hareketini sağlayan demiryolu tekerleridir. Bu tekerlerin yapısı, dayanıklılığı, mukavemeti ve aşınma direnci, güvenli ve verimli bir demiryolu taşımacılığı sistemi için çok önemlidir. Demiryolu tekerlek profillerinin aşınmasının demiryolu araçlarının çalışması üzerinde çok büyük bir etkisi vardır. Bu düzenli veya düzensiz olan aşınmalar, aracın güvenliğini ve performansını önemli ölçüde etkiler^[1]

Demiryolu tekerleklerinin düzenli aralıklarla kontrol edilmesi gerekir, bu da bakım maliyetlerini artırır. Bu nedenle, tekerlek-ray temasındaki aşınma sorununun tam olarak anlaşılması, araç tasarım özelliklerinin aşınma üzerindeki etkisini tahmin etmek, bakım yöntemlerini en iyi şekilde planlamak ve toplam yaşam döngüsü maliyetlerini azaltmak için gereklidir. Demiryolu tekerlekleri, çalışma sırasında hem mekanik hem de termal yüklere maruz kalırlar. Tekerleklerin arızalanması aynı zamanda diğer parçaların ciddi hasar görmesine ve kazalara neden olabilir. Demiryolu tekerlekleri, mümkün olan en yüksek güvenliği sağlamak için yeni tekerleklerle değiştirilmelidir^[2].

Demiryolu tekerlekleri genellikle orta karbonlu çelikten yapılır ve karbon yüzdesi 0,48 ila 0,77 arasındadır. Silikon, manganez, fosfor, kükürt, krom, nikel, vanadyum, molibden ve diğer metallerin yanı sıra karbon ve demir, demiryolu tekerlekleri için önemli bileşenlerdir. Döküm jantlar seri üretimde yüksek

^[1] Arslan, A., & Özer, A. (2020). İş kazalarında insan faktörleri ve eğitim programlarının önemi. Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 15(3), 120-135.

^[2] Kalay, Ő., & Özkan, S. (2019). Farklı Çelik Sınıflarının Demiryolu Tekerlerinin Aşınma Davranışı Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Malzeme Mühendisliği ve Performans, 28(5), 2827-2837.

adetlerde üretim yapma avantajına sahiptir ve uygun maliyetlidir. Haddelenmiş tekerlekler ise daha dayanıklı ve daha fazla yük taşıyabilir. Tekerleklerinin çapı 800-1100 mm arasındadır.

Demiryolu tekerlekleri, döküm veya haddeme işlemlerinin ardından ısıtılma tabii tutulmalıdır. Dökme ve haddelenmiş jantlar, belirli sıcaklık ve sürelerde su veremeyi, ayarlamayı ve havayla soğutmaya içeren ısıtılma işlemlerinden geçer. Bu ısıtılma işlemi, tekerleklerdeki döküm veya haddeme nedeniyle oluşan artık gerilmelerin giderilmesine yardımcı olur. Aynı zamanda, tekerlek jantı bölgesinde basınç artık gerilmeleri oluşturur ve bu da jantın daha sert hale gelmesine yardımcı olur. Bu tekerlekler, kullanım için uygun olup olmadığına bakılır ve sık sık bakıma tabii tutulur. Güvenlik yönergelerine uygun olarak, bakım sırasında demiryolu tekerlek profilleri izlenir ve çapları belirlenen değere ulaşana kadar yeniden profillenir. Demiryolu tekerleklerinin kullanım ömründeki herhangi bir azalma ciddi bir şekilde ele alınmalı ve nedenleri araştırılmalıdır. Arızaların meydana gelmesine neden olabilecek çok sayıda faktör vardır^[3].

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Demiryolu Tekerinin Yapısı

Demiryolu tekerlekleri genellikle dört ana bileşenden oluşur. Bunlar tekerlek göbeği, tekerlek diskleri, jantlar ve dişlilerdir. Bu parçaların her biri, demiryolu tekerleğinin güvenli ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için belirli bir görevi yerine getirir.

2.1.1. Jantlar

Tekerlek disklerinin dış yüzeyine monte edilen jantlar, demiryolu raylarıyla temas eder. Bu nedenle, jantların yüksek aşınma direnci ve mukavemeti olması gerekir. Sertleştirilmiş veya özel alaşımli çelikler tercih edilir. Jantlar tekerleğin ana gövdesini oluşturan ve rayla temas eden kısımdır. Çelikten üretilir ve flanş, bant ve gövde olmak üzere üç ana bölüme ayrılır.

- a. **Flanş:** İçte doğru kıvrılmış bir kenardır ve tekerleğin raydan çıkmasını engeller. Genellikle 30 ila 50 milim yüksekliğindedir ve çelikten veya dövme demirden yapılır. Ray ile temas halinde kalarak tekerleğin yol tutuşunu artırır. Bu da trenin daha güvenli ve dengeli bir şekilde hareket etmesini sağlar.
- b. **Bant:** Tekerleğin ray ile temas eden kısımdır. Aşınmaya karşı dayanıklı olması için özel olarak tasarlanmış çelikten yapılmıştır.
- c. **Gövde:** Ray ile sürekli temas halinde olan bir parçadır. Aşınmaya dayanıklı olması gerekir. Bu amaçla sertliğini artırmak için özel bir ısıtılma işleminden geçirilir.

^[3] "Demiryolu Ray Profil Çeşitleri ve Özellikleri", Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) Resmi Web Sitesi, www.tcdd.gov.tr.

2.1.2. Tekerlek Göbeği

Genel olarak dökme demir veya çelikten yapılır. Yüksek mukavemeti gerektirdiğinden, alaşımlı çelikler veya karbon çelikler genellikle tercih edilir.

2.1.3. Tekerlek Diskleri

Tekerlek göbeğine monte edilen tekerlek diskleri, trenin ray üzerinde hareket etmesini sağlar. Bu diskler, ağır yüklere dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. Yüksek karbonlu çelikler veya alaşımlı çelikler kullanılır.

2.1.4. Dişliler

Trenin ileriye doğru hareketi, demiryolu tekerlerinde bulunan dişliler tarafından sağlanır. Özellikle aşınma direnci gereksinimlerini karşılamak için yüksek mukavemetli çeliklerden yapılırlar.

2.2. Demiryolu Tekerlerinin Üretim Prosesi

Demiryolu tekerlerinin malzeme seçiminden sonraki kütük hazırlığından satış aşamasına kadar geçen üretim prosesi Şekil 2'de gösterilmektedir.

2.2.1. Malzeme Seçimi ve Hazırlığı

Tekerleklerin üretimi, uygun çelik malzemelerin seçilmesiyle başlar. Yüksek mukavemetli çelik, tipik olarak tekerleklerin oluşturulmasında kullanılır. Tekerlek göbekleri ve diskleri için yüksek karbonlu veya alaşımlı çelikler tercih edilir. Seçilen çeliğin belirli kalite standartlarına ve özelliklerine sahip olması gerekir.

2.2.2. Kütük Hazırlığı

Üretim süreci, çelik kütüklerin testere ile kesilmesiyle başlar. Kesilen kütükler, döner fırında ısıtılarak şekillendirme için uygun hale getirilir.

2.2.3. Şekillendirme ve Döküm

İlk adımda seçilen çelik malzemeler, tekerleklerin ana parçaları haline getirilir. Döküm veya dövme yöntemleri kullanılır. Tekerlek göbekleri döküm yöntemiyle üretilirken, tekerlek diskleri ve jantlar dövülür. Dövme işlemi, erimiş çeliğin uygun kalıplara dökülmesi ve ardından ısı ve mekanik işlemlerle şekillendirilmesiyle gerçekleştirilir.

2.2.4. Presleme ve Haddeme

Isıtılan kütükler, 10.000 tonluk presle şekillendirilir ve ardından haddeme işlemine tabi tutulur. Haddeme, dövme demiryolu tekerleğinin belirli bir şekil vermek için aynı anda beş silindir tarafından işlenmesini içerir. Haddeme sonrası, 5.000 tonluk bir presle son şekil verilir.

2.2.5. Isıl İşlemler

İstenilen özelliklere sahip tekerlek parçaları, sertleştirme, temperleme ve normalleştirme gibi çeşitli ısı işlemlerden geçirilir. Temperleme, çeliğin iç yapısını dengeleyerek mukavemet ve dayanıklılığı artırır. Sertleştirme ise çeliğin yüzey sertliğini artırarak aşınma direncini yükseltir. Normalleştirme işlemi, iç gerilmeleri azaltarak çeliğin daha homojen bir yapıya sahip olmasını sağlar.

2.2.6. Su Verme İşlemi ve Normalleştirme Tavlaması

Tekerlek parçaları, su verme işlemi ile soğutulur ve normalleştirme tavlaması ile iç yapıları dengelenir.

2.2.7. İşleme ve İşçilik

Tekerlek parçaları, frezeleme, delme, taşlama ve tornalama gibi işlemlerle son şekillerini alır. Yüzeyleri genellikle özel bir kaplama veya boya ile kaplanır.

2.2.8. Temperleme ve Sertlik Ölçümü

Parçalar temperleme işlemine tabi tutularak mukavemetleri artırılır ve ardından sertlik ölçümleri yapılır.

2.2.9. Talaşlı İmalat

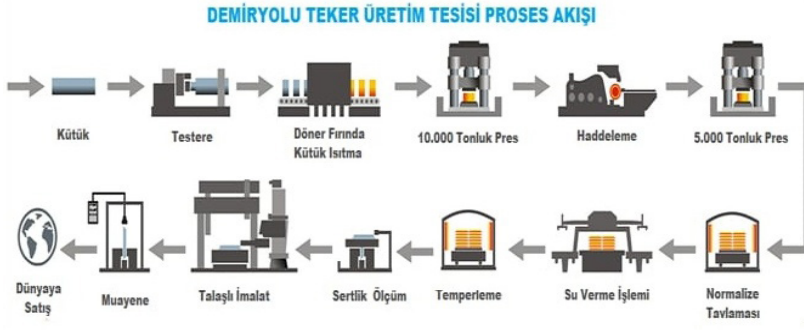
Tekerlekler, hassas ölçüler elde etmek ve son şekillerini almak için talaşlı imalat işlemine tabi tutulur.

2.2.10. Montaj ve Kalite Kontrol

Tekerlek parçaları, doğru pozisyonda ve sıklıkta bir araya getirilerek monte edilir. Son aşamada üretilen tekerlekler kapsamlı bir kalite kontrol sürecinden geçirilir. Tespit edilen herhangi bir hata veya kusur, uygun şekilde düzeltilir veya elenir.

2.2.11. Muayene ve Satış

Üretilen tekerlekler, muayene sürecinden geçirilir ve kalite standartlarına uygunlukları kontrol edilir. Onaylanan tekerlekler, dünyaya satışa sunulur.



Şekil 1. Demiryolu teker üretim tesisi proses akıőı, 2024 (Demir elik Sanayisi)

2.3. Demiryolu Tekerlekleri Malzeme Türleri

Manganez eliği veya krom molibden çeliği, demiryolu tekerlekleri için yaygın olarak kullanılan tek parça alaşımlardır ve aşınmaya, sertliğe ve sünekliliğe karşı son derece dayanıklıdır. Demiryolu tekerleklerinde kullanılan elik alaşımları tipik olarak 90 kg/mm² çekme mukavemetine sahiptir.

Bu monoblok elik tekerlekler önce yuvarlak bir elik bloktan kesilir, 1000 °C'nin üzerinde sıcak Şekillendirilir, özel preslerde haddelenir ve ardından istenen sürtünme ve dayanıklılık özelliklerine sahip bir yüzey kaplaması için ısıl işleme tabi tutulur^[4].

2.4. Üretimde Kullanılan elikler ve Özellikleri

Demiryolu tekerlerinin yapımında kullanılan çelikler, yüksek mukavemet, iyi işlenebilirlik ve aşınmaya karşı dayanıklı olmalıdır. Bu gereksinimleri karşılamak için çeşitli elik türleri kullanılabilir:

- a. **Yapısal elikler:** Tekerlek göbeği gibi yapısal parçaların çoğu yapısal çelikten yapılır. Bu elikler yüksek dayanıklılığa sahiptir.

^[4] Smith, J. (2012). Railway Wheel and Axle Manufacturing: A Comprehensive Guide. London: Institution of Mechanical Engineers.

- b. Yüksek Karbonlu Çelikler:** Yüksek karbonlu çelik jantlar ve tekerlek diskleri, aşınmaya dayanıklı olması gereken gereksinimleri karşılayabilir. Sertleştirilmiş çelikler yüksek sertliğe sahiptir.
- c. Alaşımli Çelikler:** Dişliler gibi yüksek aşınma direnci gerektiren parçalarda alaşımli çelikler tercih edilebilir. Bu çeliklere istenilen özellikler kazandırmak için özel alaşımlar eklenebilir^[5].

2.5. Demiryolu Tekerleklerinin Kullanım Ömrü

Çok sayıda faktör, demiryolu tekerleklerinin kullanım ömrünü etkiler. Tekerleğin tasarımı, kullanılan malzemeler, trenin hızı ve yükü ve rayların durumu bu değişkenlerden bazılarıdır. Demiryolu tekerlekleri genel olarak 100.000 ila 200.000 km seviyelerine kadar ulaşabilir^[6].

2.4. Haddeleme

2.4.1. Haddelenenin Tanımı

Merdaneler ile malzeme arasındaki sürtünme kuvveti, malzemeyi yüzey kayma gerilimine ve çok yüksek bir sıkıştırma kuvvetine maruz bırakır. Malzeme, sürtünme kuvveti etkisiyle merdaneler arasına rahatça yerleşir ve ilerler (Şekil 3).

Haddelenmek istenen malzeme, birbirinin tersi yönde dönen iş merdaneleri tarafından aralarına alındığında, hadde kuvveti de dahil olmak üzere malzemeyi ezerek belirli bir kalınlıktan hedef kalınlığa inceltir. İstenilen malzemenin kalınlığı, merdaneler arasındaki boşluğun büyüklüğüne bağlıdır. Malzemenin metalürjik özellikleri, haddeleme sürecinde değişir.

Küçük çaplı merdane, haddeleme için gerekli gücü azaltmak için kullanılabilir. Daha büyük merdanelerle daha küçük çaplı merdaneler desteklenmelidir çünkü dayanımı daha düşüktür. Bunlara destek merdanesi denir. İş ve destek merdanelerinin kullanıldığı düzene 'dört gözlü' denir.

Bu, daha ince malzemelerin daha hassas toleranslarla üretilmesini sağlar. Yüksek hızlı üretim, sıralı (tandem) haddelerle gerçekleştirilir. Tandem haddelerde iki veya daha fazla stand vardır. Son standa yaklaştıkça malzemenin incelenmesi nede-

^[5] Demiryolu Sektörü Teknoloji Dergisi. (2020). Demiryolu Tekerleklerinin Üretim Teknolojileri ve Kalite Kontrolü. Sayı 45, 78-92.

^[6] Wang, X., & Wang, W. (2018). High-speed Railway Wheels and Related Materials: A Review. Materials Science and Engineering: A, 735, 134-151.

niyle haddeleme hızı artar. Haddelenecek mamulün sıcaklığı, haddeleme sürecini belirler. Sıcak haddeleme, mamul erime noktasının yaklaşık yarısı sıcaklığında gerçekleşir. Soğuk haddeleme, mamul sıcaklığının bu sıcaklığın altında gerçekleşir^[7].

2.4.2. Sıcak Haddeleme Prosesi

Sıcak haddeleme prosesi birbiri içine entegre çalışan tesislerden meydana gelen sıcak haddehanelerde gerçekleştirilmektedir. Modern üretim tesislerinin çoğu sürekli döküm yöntemi ile belirli uzunluklarda slab dökerek, daha sonra slabın istenilen sıcaklığa yeniden 1100 - 1300 ° mertebelerine ısıtılması ile başlar. Slab önce kaba haddelenir. Kaba hadde genel anlamda 2 gözlü hadde düzeneğine sahiptir ve malzemenin kenarlarını da haddelemek için dikey kenar haddeleri de bünyesinde bulundurur.

Sıcak hadde prosesinde mamul hadde merdanelerinin arasına girmeden mutlaka yüksek basıçlı su ile mamul yüzeyinde oluşan tufal kırılır ve uzaklaştırılır.

Haddeleme işleminden sonrasında mamul su ile soğutulurak 700 – 900 °C derece mertebelerine indirilir ve bobin haline gelmek üzere bobin sarıcı ile sarılır. Bu işlemin tamamına Sıcak Haddeleme denilmektedir.

2.4.3. Soğuk Haddeleme Prosesi

Soğuk haddeleme, sıcak haddelenmiş ve yüzeyi asitle dağlanmış mamulün daha iyi yüzey özelliklerine ve daha hassas ölçülerde üretilmesi aşamasıdır. Aynı zamanda mamul soğuk haddeleme ile pekleştiiğinden ilave mukavemet de kazanmaktadır. Soğuk haddehaneler genellikle 4 veya 5 standlı olarak imal edilirler. Tek standlı tersinir haddeler de kapasitenin düşük olduğu yerlerde kullanılabilir. Soğuk haddeleme ile %50 ile %90 arası ezme yapılabilir. Genellikle en az yüzde ezme daha iyi yüzey özelliği, kalınlık düzgünlüğü elde edebilmek için son standta yapılmaktadır^[8].

^[7] Tekin, R. (2012). Metal Şekillendirme Teknolojileri. Ankara: Gazi Kitabevi.

^[8] Kalay, Ş., & Özkan, S. (2019). Farklı Çelik Sınıflarının Demiryolu Tekerlerinin Aşınma Davranışı Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Malzeme Mühendisliği ve Performans, 28(5), 2827-2837.



Şekil 3. Haddeleme makinesi

2.5. Kök Neden Analizi

2.5.1. Kök Neden Analizi Nedir

Kök neden analizi, bir problemin veya olayın asıl kaynağını bulmaya yönelik sistematik bir yaklaşımdır. Yüzeysel bir bakış yerine, problemin temelini oluşturan faktörleri ve bunların birbiriyle nasıl bir ilişkili olduğunu anlamaya çalışır. Problemin tekrarlanmasını önlemek ve kalıcı çözümler üretmek için kullanılan bir araçtır^[9].

2.5.2. Kök Neden Analizi Nasıl Yapılır

Problem Tanımı: İlk adım, problemi net bir şekilde tanımlamaktır. Problem ne, nerede, ne zaman ve nasıl ortaya çıkmıştır?

Veri Toplama: Problemin üzerinde çalışılmadan önce, ilgili verilerin toplanması ve analiz edilmesi gerekir. Bu veriler, problemin boyutunu ve etkisini anlamak için kullanılır.

Kök Nedenlerin Belirlenmesi: Verilerin analizi sonucunda, problemin altında yatan kök nedenler belirlenir. Bu adım genellikle “5 Neden” veya “Ishikawa (Balık Kılçığı)” diyagramı gibi araçlar kullanılarak yapılır.

^[9] Çelik, Y. (2019). İşyerinde güvenli çalışma prosedürlerinin önemi ve eğitim ihtiyacı. İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 13(2), 50-55.

Çözüm Geliştirme: Kök nedenler belirlendikten sonra, bu nedenlerin ortadan kaldırılmasını veya azaltılmasını sağlayacak çözümler geliştirilir.

Uygulama ve Takip: Geliştirilen çözümler uygulanır ve sonuçları izlenir. Gerekirse, çözümler revize edilir ve tekrarlanan problemlerin önlenmesi için sürekli iyileştirme süreci başlatılır.

2.5.3. Kök Neden Analizi Yöntemleri

Kök neden analizi yöntemleri, problemlerin kök nedenlerini belirlemek ve etkili çözümler geliştirmek için kullanılan önemli araçlardır. Bu yöntemler, problemleri daha sistematik ve yapıcı bir şekilde ele almayı sağlar ve sürekli iyileştirme sürecinin bir parçası olarak kullanılabilir.

Neden Analizi

5 Neden Analizi, Sorunun nedenini derinlemesine sorgulamak için beş kez “Neden?” sorusu sorulur.

Pareto Analizi

80/20 kuralı olarak bilinir. Kural, bir problemin %80’ini oluşturan nedenlerin genellikle %20’si kadar faktörden kaynaklandığı varsayılır^[10].

Hata Ağacı Analizi

Bu yöntemde, olası nedenlerin bir ağaç yapısı içinde modellenmesi ve olayın kök nedenlerinin analiz edilmesi sağlanır^[11].

Fayda-Maliyet Analizi

Fayda-maliyet oranı hesaplanarak en yüksek fayda-maliyet oranına sahip çözüm seçilir.

Ishikawa (Balık Kılçığı) Diyagramı

Balık kılçığı yöntemi, bir sorunun veya etkenin temel nedenlerini görselleştirmek ve analiz etmek için kullanılan bir problem çözme yöntemidir. Ana problem kafayı ve alttaki nedenler ise omurgayı ve kılçıkları temsil eder^[12].

^[10] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2020). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri Kılavuzu.

^[11] International Labour Organization (ILO). (2019). “Preventing Accidents at Work: Guidelines on Near Miss Reporting.”

^[12] Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2016). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

2.5.4. Kök Neden Analizinin Sonuçları

Bir sorun çözülmedikçe, diğer sorunlarla birleşerek yeni ve kendisine benzemeyen sorunlar üretmek eğilimindedir. Sorunlar doğrudan çözülemez, ancak onlara yol açan nedenlerin etkileri azaltılabilir. Bir dizi koşul altında bir sorunun çözümüne yarayan araçlar, başka bir dizi koşul altında sorunu çözemeyebilir, hatta yeni sorunlar üretebilir. Sorunlar çözülmeden sürdürükçe kendilerini unutturur ve bu defa sorunsuz durumlar birer sorun olarak görülmeye başlar. Gerçek sorunun çözümüne ulaşmadan iyileştirmelerin planlanması ve uygulanması, sorunun nedeninin araştırılmaması ve sorunun nedenlerinin iyi analiz edilmemesi, kaynakların ve zamanın yanlış ve sorumsuz kullanılmasına neden olabilir. Zaman kaybını önlemek için sorunu analiz edip bilgi düzeyini, bakış açısını, tutum ve davranış kalıplarını değiştirerek sorunun kaynağına inip daha yönetilebilir hale gelmesini ve hedeflemek gerekir^[13].

2.6. Ramak Kala Olay

2.6.1. Ramak Kala Olay Nedir?

Ramak kala olay, bir kazanın veya zararın eşliğinden dönüldüğü ancak hasar veya yaralanma meydana gelmediği durumdur. İşyerlerinde güvenlik kültürünü oluşturulması ve önleyici tedbirlerin alınması bu tür olayları önlemek için büyük önem taşır.

Ramak kala “kıl payı” veya “teğet geçme” olarak ifade edilmektedir. OSHA, ramak kalayı maddi hasar ve kişisel yaralanmalar ile sonuçlanmayan ancak farklı şekilde ve şartlarda meydana gelmesi halinde hasar veya yaralanmaların meydana gelebileceği olaylar olarak tanımlamaktadır.

2.6.2. Uygulama ve Yönetim

2.6.2.1. Raporlama Sistemi Kurulması: Çalışanların acil durumları kolayca raporlayabilecekleri bir sistem kurmaları gerekir. Bu sistem, çalışanları teşvik etmeli ve anonim raporlamayı desteklemelidir.

2.6.2.2. Eğitim ve Farkındalık: Çalışanlar, olayların önemi ve ramak kala raporlanması gerektiği konusunda düzenli olarak eğitilmelidir. Farkındalık kampanyaları, bu tür olayların farkındalığını artırmalıdır.

2.6.2.3: Analiz ve Değerlendirme: Raporlanan olaylar kapsamlı bir şekilde incelenmeli ve bunların temel nedenleri bulunmalıdır. Bu analizler, benzer olayların tekrarlanmaması için gerekli önlemlerin alınmasını sağlar.

^[13] Demirci, Ö. (2015). Kalite Kontrol ve Kalite Güvencesi Yöntemleri. Ankara: Nobel Yayınevi.

2.6.2.4. Geri Bildirim ve İyileştirme: Çalışanlar, raporladıkları olaylarla ilgili değerlendirmelerden yararlanmalıdır. Ayrıca, yapılan iyileştirmeler ve alınan önlemler hakkında bilgi verilmelidir^[14].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Örnek Ramak Kala Kazası

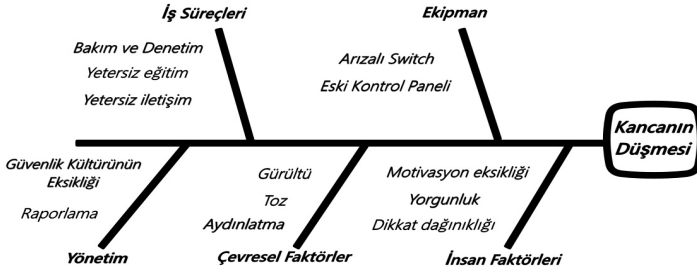
Demiryolu rayı üretim tesisinde, şantiyede deneyimli bir vinç operatörü, vinci kullanarak büyük bir çelik kirişin yerini değiştirir. İş arkadaşları, güvenlik ekipmanlarını giymiş ve belirlenen çalışma alanının dışına çıkmış. Vinç operatörü, kontrol panelindeki butonları kullanarak vinci harekete geçirmiş. Vincin hareketini yöneten switch (anahtar) sisteminde daha önce yaşanan küçük arızalar gözlenmiştir, ancak iş planına sadık kalarak çalışmaya devam edilmiştir. Vinç çalışmaya başladıktan kısa bir süre sonra, Vinç operatörü kancanın hareketinde bir anormallik fark eder. Kanca beklenmedik bir şekilde hızla aşağı doğru inmeye başlar. O anda, switch arızalanmış ve kanca kontrolsüz bir şekilde serbest kalmıştır. Kanca hızla aşağı doğru inerken, vinç operatörü acil durdurma düğmesine basar. Kanca, çalışma alanında bulunan işçilerin birkaç metre uzağına düşer. Olayda herhangi bir yaralanma ya da can kaybı yaşanmaz (Şekil 4).

Bu olay, iş güvenliği ekibinin hemen müdahalesi ile derhal raporlanır ve bir “ramak kala olay” olarak kayıtlara geçer. İnceleme sonucunda, switch sisteminin düzenli bakımının yapılmadığı ve zaman zaman geçici çözümlerle sorunların giderildiği ortaya çıkar. Kontrol panelinin eskimiş olması ve güncellenmesi gereken sistemlerin ihmal edildiği belirlenir.



Şekil 4. Switch arıza yapmış ve kanca düşmüş

^[14] Mammadov, A. (2020). Ramak Kala. Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü. (2021). “İşyerlerinde Ramak Kala Olay Yönetimi ve Önemi.”



Şekil 5. Balık kılıçığı diyagramı

Demiryolu rayı üretim tesisinde meydana gelen ramak kala olayın balık kılıçığı yöntemi ile kök neden analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda;

I. Sorun: Vincin switchi arızalanmış. Çalışan vira yapmış switch arızalı olduğunu fark edememiş ve kanca yanına düşmüştür.

II. Ana Nedenler: Ekipman, İş Süreçleri, İnsan Faktörleri, Çevresel Faktörler, Yönetim

III. Alt Nedenler ve Çözüm Önerileri:

a) Ekipman:

Arızalı Switch:

Neden: Switch sisteminin düzenli bakımı yapılmamış.

Çözüm: Düzenli bakım ve denetim programları oluşturulmalı ve uygulanmalı.

Eski Kontrol Paneli:

Neden: Kontrol panelinin teknolojik olarak güncellenmemesi.

Çözüm: Ekipmanların güncellenmesi ve yenilenmesi için bütçe ayrılmalı.

b) İş Süreçleri:

Bakım ve Denetim Eksikliği:

Neden: Ekipmanların periyodik kontrol ve bakımlarının yapılmaması.

Çözüm: Periyodik bakım takvimi oluşturulmalı ve bu takvim sıkı bir şekilde takip edilmeli.

Yetersiz Eğitim:

Neden: Yetersiz eğitim gören çalışanlar, güvenli çalışma prosedürlerini bilmeyebilir ve kazalara maruz kalabilir

Çözüm: Tüm çalışanlar için iş güvenliği ve sağlığı ile ilgili zorunlu eğitim programları düzenlenmeli.

Yetersiz İletişim:

Neden: Karşıdaki kişiyi dikkatli dinlememek, yanlış anlamalara ve iletişim kopukluklarına yol açabilir.

Çözüm: Düşünceleri ve duyguları açık, net ve öz bir şekilde ifade etmek gerekir.

c) İnsan Faktörleri:

Motivasyon Eksikliği:

Neden: Fazla mesai, mola imkanlarının yetersizliği gibi durumlar çalışanları yorgun düşürebilir ve motivasyonlarını olumsuz etkileyebilir.

Çözüm: Fazla mesai yapılmamalı, çalışanlara mola imkanları sağlanmalı ve iş yükü adil bir şekilde dağıtılmalıdır.

Yorgunluk:

Neden: Yeterince uyumamak çalışanlarda yorgunluğa ve konsantrasyon eksikliğine yol açabilir.

Çözüm: Fazla mesai yapılmamalı ve vardiyalı çalışma sisteminin olumsuz etkilerini en aza indirecek şekilde düzenlenmesi sağlanmalıdır.

Dikkat Dağınıklığı:

Neden: İş stresi ve diğer stres faktörleri çalışanların dikkatini dağıtabilir ve konsantre olmalarını engelleyebilir.

Çözüm: Çalışanların strese neden olan faktörler belirlenmeli ve bu faktörlerin ortadan kaldırılması veya azaltılması için çözümler üretilmelidir.

d) Çevresel Faktörler:

Gürültü:

Neden: İşyerinde kullanılan makineler ve cihazlar yüksek sesler çıkarabilir.

Çözüm: Gürültü seviyesini sınırlayan işyeri kuralları ve prosedürleri oluşturulmalı ve uygulanmalıdır.

Toz:

Neden: İşyerinin yeterince temiz olmamasından dolayı toz birikmesi gibi durumlara neden olabilir.

Çözüm: İşyerinde tozu temizleyen ve temiz havayı dolaştıran havalandırma sistemleri kurulmalıdır.

Aydınlatma:

Neden: İşyerinde yeterince ışıklandırma olmaması göz yorgunluğuna, kazalara ve iş kazalarına yol açabilir.

Çözüm: İşyerinde her alanın yeterli ve dengeli şekilde aydınlatılması sağlanmalıdır.

e) Yönetim:**Güvenlik Kültürünün Eksikliği:**

Neden: Yönetimin güvenlik önlemlerine yeterince önem vermemesi.

Çözüm: Güvenlik kültürü yönetim tarafından desteklenmeli ve teşvik edilmeli.

Raporlama ve İyileştirme:

Neden: Ramak kala olayların yeterince raporlanmaması ve analiz edilmemesi.

Çözüm: Tüm ramak kala olaylar detaylı bir şekilde raporlanmalı ve analiz edilmeli, alınan dersler ışığında iyileştirmeler yapılmalı.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu olayda, iş güvenliği yönetiminin kritik önemi ve sürekli dikkat gerektirdiği vurgulanmaktadır. Vinç operatörünün hızlı müdahalesi, olası bir kazayı önlemek için hayati bir rol oynamıştır. Ancak, bu olayda görülen sorunlar, alınması gereken önlemleri ortaya koymaktadır. Sorunun kaynağı, düzenli bakım ve güncelleme eksikliğinde yatmaktadır. Kontrol panelindeki switch sisteminin düzenli bakımının yapılmaması ve geçici çözümlerle sorunların giderilmesi, iş güvenliği risklerini artırmıştır. Bu, ekipmanın güvenilirliğini ve işçi güvenliğini tehlikeye atan bir durumdur.

Öncelikle, düzenli bakım ve güncelleme programlarının oluşturulması ve uygulanması gerekir. Vinç kontrol sistemleri gibi kritik ekipmanlar düzenli olarak kontrol edilmeli ve bakımı yapılmalıdır. İşçilere düzenli eğitimler sağlanmalı, vinç operatörleri, ekipmanın doğru kullanımı ve güvenlik protokolleri konusunda düzenli olarak eğitilmelidir. Bu sayede, benzer tehlikelerin önüne geçilebilir ve operasyonlar daha güvenli bir şekilde sürdürülebilir. Ayrıca, ekipmanların kullanım ömrünü uzatmak ve performanslarını maksimize etmek için teknolojiye dayalı yenilikçi çözümler uygulanmalı, en güncel güvenlik standartlarına uyum sağlanmalıdır.

Olayların etkili bir şekilde raporlanması ve incelenmesi de önemlidir. İş kazaları veya ramak kala kazalar, derhal raporlanmalı ve köken nedenleri titizlikle incelenmelidir. Bu süreç, sadece mevcut sorunları çözmekle kalmaz, aynı zamanda gelecekte benzer olayların önlenmesi için proaktif önlemlerin alınmasını sağlar. İnceleme sonuçları, ilgili tüm çalışanlarla paylaşılmalı ve sürekli iyileştirme kültürü oluşturulmalıdır.

Sonuç olarak, düzenli bakım, eğitim ve olayların etkili bir Şekilde raporlanması, iş yerinde güvenli bir ortamın sağlanmasına katkı sağlar. İşletmelerin iş güvenliği standartlarını sürekli olarak gözden geçirmesi ve iyileştirmesi, işçi güvenliği ve işletme başarısı açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, iş güvenliği yönetiminin önleyici ve düzeltici faaliyetlerle desteklenmesi, iş kazalarının minimize edilmesinde ve çalışma ortamının sürekli iyileştirilmesinde anahtar rol oynar. Bu da uzun vadede işletmenin sürdürülebilirliği ve çalışan memnuniyeti açısından önemli bir avantaj sağlar.

YAZAR KATKI ORANLARI

Çalışmanın Tasarlanması: MA(%50), GU(%50)

Veri Toplanması: MA(%50), GU(%50)

Veri Analizi: MA(%50), GU(%50)

Makalenin Yazımı: MA(%50), GU(%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: MA(%50), GU(%50)

KAYNAKÇA

- Arslan, A., & Özer, A. (2020). İş kazalarında insan faktörleri ve eğitim programlarının önemi. *Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(3), 120-135.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2020). *İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri Kılavuzu*.
- elik, Y. (2019). İşyerinde güvenli çalışma prosedürlerinin önemi ve eğitim ihtiyacı. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 13(2), 50-55.
- "Demiryolu Ray Profil eşitleri ve Özellikleri", Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) Resmi Web Sitesi, www.tcdd.gov.tr.
- Demirci, Ö. (2015). *Kalite Kontrol ve Kalite Güvencesi Yöntemleri*. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Demiryolu Sektörü Teknoloji Dergisi. (2020). *Demiryolu Tekerleklerinin Üretim Teknolojileri ve Kalite Kontrolü*. Sayı 45, 78-92.
- International Labour Organization (ILO). (2019). "Preventing Accidents at Work: Guidelines on Near Miss Reporting."
- Kalay, Ő., & Özkan, S. (2019). Farklı elik Sınıflarının Demiryolu Tekerlerinin Aşınma Davranışı Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *Malzeme Mühendisliği ve Performans*, 28(5), 2827-2837.
- Mammadov, A. (2020). *Ramak Kala.Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü*. (2021). "İşyerlerinde Ramak Kala Olay Yönetimi ve Önemi."
- Smith, J. (2012). *Railway Wheel and Axle Manufacturing: A Comprehensive Guide*. London: Institution of Mechanical Engineers.
- Tekin, R. (2012). *Metal Şekillendirme Teknolojileri*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Wang, X., & Wang, W. (2018). High-speed Railway Wheels and Related Materials: A Review. *Materials Science and Engineering: A*, 735, 134-151.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2016). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.