



## Açık ve Kapalı Alanlarda Elektrik Kaçak Tespiti için İş Ayakkabısı Tasarımı ve Prototip Üretimi

## Work Shoes Design and Prototype Production for Electric Leak Detection in Indoor and Outdoor Areas

Savaş YOLDAŞ<sup>1</sup> , Kadir GÖK<sup>2</sup> , Akil Birkan SELÇUK<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>*İzmir Bakırçay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği*

<sup>2</sup>*İzmir Bakırçay Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği ABD*

Anahtar Kelimeler	Özet
AC Gerilim Tespit İkaz Adım Gerilim İş Ayakkabısı	İş Sağlığı ve Güvenliğinin temel hedeflerinden biri de çalışanın, iş yerlerinde sağlığını ve güvenliğini korumaktır. Bu kapsamda, yapılacak her çalışma ve iyileştirmeler son derece önem taşımaktadır. Teknolojinin hızla geliştiği zamanımızda, üretime olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu talepleri yerine getiren esas kahramanlar elbette çalışanlardır. Çalışanların, çalışma ortamında sağlığını ve güvenliğini korumak çok önemli ve gereklidir. Bu çalışmamızda, tasarladığımız iş ayakkabısı, alternatif gerilimi tespiti yapabilen ve adım gerilimi ikazı vererek, çalışanı yürüme yollarında, şantiyelerde, trafo merkezlerinde ve her türlü zeminde olası elektrik yüklü kabloların varlığına ve elektrik kaçaklarına karşı uyarılmaktadır. Böylece, çalışanı zeminde olabilecek elektrik kaynaklı iş kazalarına karşı koruyabilecektir. İş ayakkabısı, çalışanı 3 şekilde ikaz etmektedir. Bu ikazlar; ışıklı (led), sesli (buzzer) ve titreşim motor sistemi ile ayak kısmına titreşim sinyalleri şeklindedir. Tasarladığımız bu sistemin, iş ayakkabısına entegrasyonu başarıyla sağlanmıştır. İş ayakkabısına, güneş paneli eklenmesiyle elektronik devre besleme gerilimindeki olası azalma durumunda, ihtiyaç duyulan gerilime destekleyici rol oynamaktadır. Üzerindeki elektronik devre, mini boyutta olmasıyla ayrıca giyilebilir iş elbiselerinde ve elle kontrollere için rahatlıkla kullanılabilir. İş ayakkabısının bu özelliği geliştirilebilir olmasını sağlamaktadır.
Keywords	Abstract
AC Voltage Detection Warning Step Voltage Work Shoes	One of the main objectives of Occupational Health and Safety is to protect the health and safety of the employee in the workplace. In this context, every work and improvements to be made are extremely valuable. At this time when technology develops rapidly, the demand for production increases day by day. Of course, the main heroes who fulfill these demands are the employees. It is very important and necessary to protect the health and safety of these heroes in the working environment. The work shoes we have designed can detect alternating voltage and warn the employee against possible electrically charged cables and electrical leakages on walkways, construction sites, transformer centers and all kinds of floors by giving a warning of step voltage. Thus, the employee will be able to protect against electrical work accidents that may occur on the ground. Work shoes warn the employee in 3 ways. These warnings are; It sends vibration signals to the foot part with its illuminated (led), audible (buzzer) and vibration motor system. These systems we have designed have been integrated into work shoes. With the addition of a solar panel to the work shoes, it plays a supporting role in the required voltage in case of a possible decrease in the electronic circuit supply voltage. With its mini size, the electronic circuit on it can also be used comfortably in wearable work clothes and for manual controls. Thanks to this feature of work shoes, it can be improved.

### Alıntı / Cite

Yoldaş S., Gök K., Selçuk A. B. (2021). Açık ve Kapalı Alanlarda Elektrik Kaçak Tespiti için İş Ayakkabısı Tasarımı ve Prototip Üretimi. *GU J Sci, Part A, 8(3)*, 383-390.

### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

S. Yoldaş, 0000-0001-5791-7045  
K. Gök, 0000-0001-5736-1884  
A. B. Selçuk, 0000-0002-8632-3972

### Makale Süreci / Article Process

**Başvuru Tarihi / Submission Date** 16.08.2021  
**Revizyon Tarihi / Revision Date** 20.09.2021  
**Kabul Tarihi / Accepted Date** 29.09.2021  
**Yayın Tarihi / Published Date** 29.09.2021

## 1. GİRİŞ

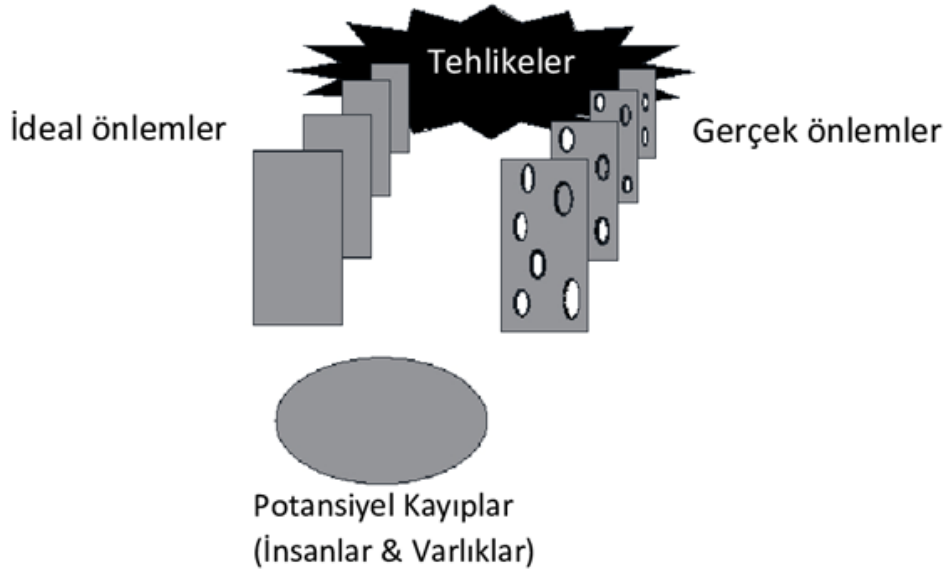
Elektrik kaynaklı iş kazaları, çalışmamızın ana fikrini oluşturmaktadır. Kaza kavramı, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) Ansiklopedisi'nde, bir kaza bir şeylerin ters gittiği ve istenmeyen bir sonuca yol açan olaylar zincirinin bir sonucu olarak tanımlanmıştır (Jorgensen, 2011). Türk Dil Kurumunun kaza kavramı ise “istem dışı veya umulmayan bir olay dolayısıyla bir kimsenin, bir nesnenin veya bir aracın zarara uğraması” şeklinde tanımlanmıştır (URL1, 2021). Bu iki tanım da belirtildiği gibi kaza (olay), beklenen bir olgu değildir. Kazanın ortaya çıktığında çevresine de zarar verebilmektedir.

Çalışma ortamlarında, yeterli koruyucu donanımlarının bulunması, iş güvenliği iletişiminin açık olması, çalışanların yaptıkları işlerin içeriğine ilişkin olabilecek tehlikeler hakkında eğitimlerin verilmesi oldukça önemli ve gereklidir. İşçileri riskler hakkında eğitmek ve ikna etmek için güvenlik eğitim materyalleri, tehlike iletişim programları ve çeşitli güvenlik programı materyalleri (güvenlik posterleri ve kampanyaları dahil) gibi görevden önce sağlanan bilgi kaynakları kullanılır (Lehto & Miller, 2011). İş kazaların incelenmesi, raporlanması ve azaltılması için iş kaza modelleri bu konuda açıklayıcı olabilir. Bu konuda, Herbert William Heinrich, güvenlik alanındaki en etkili öncülerden biridir. Aslen 1920'lerin sonlarından kalma kavramları, bugün bile güvenlik uygulamalarını ve teorisini oluşturmaktadır (Busch, 2018). Herbert William Heinrich'in Domino Teorisi kazaları anlamak açısından bizlere ışık tutmaktadır. Heinrich, yaklaşık 75000 kazayı incelemiştir. Çalışmasının sonucuna göre kaza veri tabanlarından; kazaların %88'i güvensiz işçi eylemi, %10'u güvensizlik koşul nedeniyle, %2 engellenemez olduğunu elde etmiştir (Heinrich, 1941). Çalışmalarının en etkin sonucu ise çalışanın güvensiz davranışlarından kaynaklandığı iş kazalarında birinci sırada olduğunu tespitidir. Yine, iş kaza modellerinden biri olan İsviçre Peyniri modeli, James Reason tarafından geliştirilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi alınan önlemlerdeki ideal ve gerçek durum farklıdır. İdeal bir dünyada, tüm savunma katmanları sağlam olacak ve gerçek dünyada sol tarafında gösterildiği gibi olası kaza durumlarını girmeye izin vermeyecektir. Ancak, her katmanın Şekil 1'deki gösteriminin sağ tarafındaki durumlarda, ortaya çıkabilecek zayıflıkları ve boşlukları vardır (Reason, 2016). Gerçek hayatta, her zaman zayıflıklar ve boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklar ve zayıflıklar organizasyonel bir kaza için gerekli koşul, art arda gelen savunmalardaki bir dizi deliğin nadir de olsa tehlikelerin insanlarla ve varlıklara zarar verici bir şekilde ortaya çıkmasına neden olur (Reason, 2016). Tanımdan da görüleceği gibi, zayıflıklar ve boşluklar üst üste geldiğinde Şekil 2'de savunma katmanlarında yer alan koruma önlemlerinde karşılık gelen deliklerden geçen bir kaza durumu, kazayı kaçınılmaz bir şekilde karşımıza çıkarabilir. Kaza modelleri bizlere, kazaların oluşmasında en önemli etkenin, çalışanların güvensiz hareketleri çalışma alanlarında koruyucu donanımların ve mühendislik güvenlik uygulamaların yetersiz ve/veya eksik olmasından kaynaklanabileceğini göstermektedir. Elektrikle yapılan çalışmalardan kaynaklanan kazalar, toplam olayların küçük bir kısmı olmasına rağmen, meydana geldiklerinde orantısız bir şekilde ölümcüldür (Cawley & Homce, 2003). Yapılan başka bir çalışmaya göre, elektrik çarpmasıyla meydana gelen kazalar kalıcı sakatlık açısından 2 kat daha tehlikeli ve tüm ortalamalardan 13 kat daha ölümcül iş kazalarıdır (Lovrencic & Gomiseck, 2014).

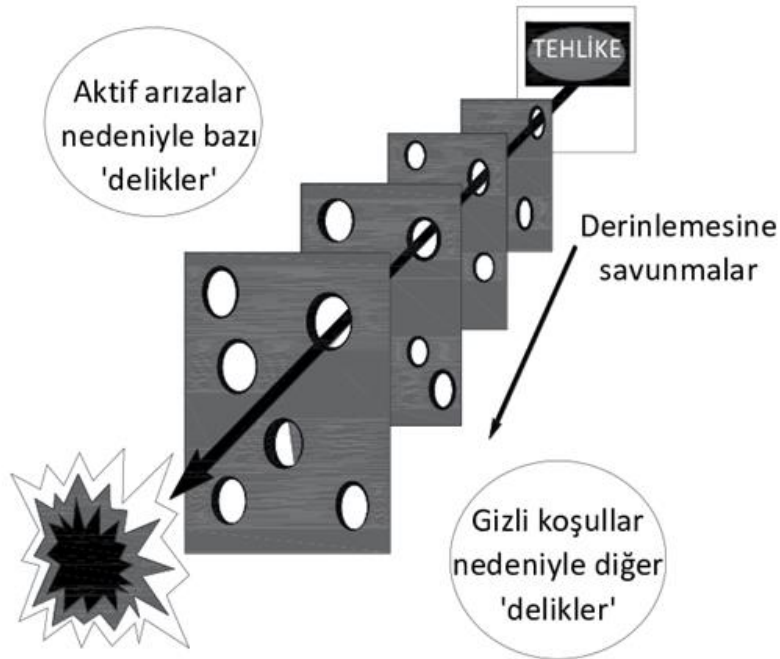
Çalışmamızda, elektrikten kaynaklanan kazalara karşı bir güvenlik uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama, çalışanı açık ya da kapalı alanda çalışma yapacağı sırada enerji yüklü kablo ve/veya kabloların olması durumunda hatta, elektrik sızıntılarına (kaçaklarına) karşı uyarıcı bir etki gösteren bir prototip tasarlanmıştır. Çizimler, AutoCAD programında gerçekleştirilmiştir. Proteus Design Suite programını kullanarak, prototipin elektronik devre tasarımı oluşturulmuştur. Devre simülasyonları, NE555 entegrenin monostabil özelliğine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmamıza ilişkin yapmış olduğumuz literatür incelemesinde, Güney Kore mucitleri olan Kim vd. (2007), elektrik kaçığını tespit etmek ve uyarık için ayakkabı patenti bulunmaktadır. Bu patentte, elektrik kaçığını tespit etmek ve uyarık için ayakkabılar: Yürüme yoluyla kaçık noktasını tespit ederek elektrik kaçığı alarmı veren, böylece ek elektrik çarpması kazalarını önleyen, “elektrik kaçığını tespit edip uyarık bir ayakkabı” tasarlamışlardır (Kim vd., 2007).

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, izlenen tüm yollar nicel gözlemlere dayanmaktadır. Tüm süreçlerde, görsel ve şekillere yer verilmiştir. Alternatif akım yüklü kablolar hiç kuşkusuz etraflarına manyetik alan yaymaktadırlar. Bir elektrik alanının yüklü bir cisim üzerinde, bir elektrik kuvvetini nasıl uygulandığını bulmaktır. Bununla çok ilişkili bir hedefte bir manyetik alanın (hareket eden) yüklü bir parçacık ya da mıknatıs gibi manyetik bir cisim üzerinde manyetik kuvveti nasıl uygulanabildiğini incelemektir (Halliday vd., 2011).



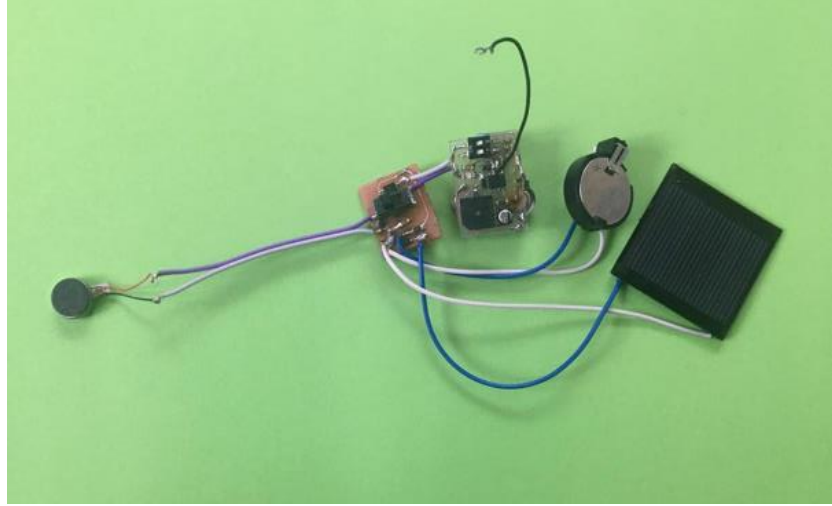
**Şekil 1.** Önlemlerde İdeal ve Gerçek Durum (Reason, 2016)



**Şekil 2.** Savunma Katmanlarında, Bariyerlerde ve Koruma Önlemlerinde Karşılık Gelen Deliklerden Geçen Bir Kaza Yörüngesi (Reason, 2016)

Manyetik alan, çevresine elektriksel bir kuvvet oluşturmaktadır. Bu alan, tasarladığımız elektronik devre için bir sinyal (TRG) kaynağıdır. Elektrik akım kaçağı durumunda, bir toprak arızası olayı, akımın toprağa akışına neden olur. Etki alanı içindeki ve çevresindeki potansiyel gradyanlar elektrik alanları yaymaktadır (Parise vd., 2015). Bunun gibi şiddetli toprak arızaları, bir arıza meydana geldiğinde trafo merkezinin yakınında bulunan herkes için tehlike arz eder (Prasad & Sharma, 2011). Bu nedenle, soruna güvenilir ve verimli bir çözüm gereklidir. Personel güvenliği birincil öneme sahip olmakla birlikte, personel ve ekipmanın korunmasını sağlamak için tasarım sisteminde elektrik akımının etkisi, insan vücudunun direnci ve tolere edilebilir voltaj kriterleri de önemlidir (Prasad & Sharma, 2011). Bunun gerçekleşmesi koruyucu önlemlerle mümkündür. Bir





*Şekil 4. Tüm Elektronik Devre Görünüşü (pcb)*

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu aşamada tasarlanan elektronik devre ve yardımcı malzemelerin, ayakkabıya montajları gerçekleştirilmiştir. Tetik sinyalinin alınması için, (TRG) ayakkabın alt tabanı ve taban yanlarına 0,6mm çapında bakır iletken ile sarılmıştır. Bu sayede, AC gerilimin yaymış olduğu manyetik alanları daha çok algılayarak tetikleme sinyallerini (TRG) entegreye iletmış olacaktır. Üç aşamalı uyarma sistemi mevcuttur. Bu aşamalar; titreşim sinyalleri, ışıklı sinyal ve sesli sinyaldir. Bu sinyallerin isteğe bağlı olarak, titreşim ve ışıklı modu devre dışı bırakılabilir. Fakat sesli alarm hiçbir şekilde devre dışı bırakılamaz. Titreşim motoru, ayakkabının dil kısmının iç yüzeyine yerleştirilerek oluşan titreşimlerin çalışanın ayak üst kısmında daha rahat alınmasına ve güneş panelin ayakkabının üst kısmına yerleştirilmesiyle gün ışığından daha fazla yararlanmasına olanak sağlanmıştır. Kullanılan gerilim yükselteci sayesinde, AG3 boyutlarında pil kullanımı sağlanmıştır. Sistemde yer almakta olan pillerin, değişimlerinin rahat yapılması için mini fermuarlı cep tasarlanmıştır. Bu cep, 10cm uzunluğunda 2,5cm genişliğinde bir cep olup 3 tarafı boydan boya fermuarlıdır. Bu sayede, rahatlıkla pil değişimleri ve arıza giderilmesi gibi işlemler yapılabilir. Bu sistem, ayakkabıdan ayrılabilir özelliği sayesinde el ile elektrik sızıntı ve/veya varlığı tespiti için kullanılabilir. Özet olarak, prototipin son durumu Şekil 5'te açık ve kapalı alanlarda elektrik kaçak tespiti için iş ayakkabısı tasarımı ve prototip üretimi ve Şekil 6'da elle kontrol sök ve tak sistemin son hali görülmektedir.

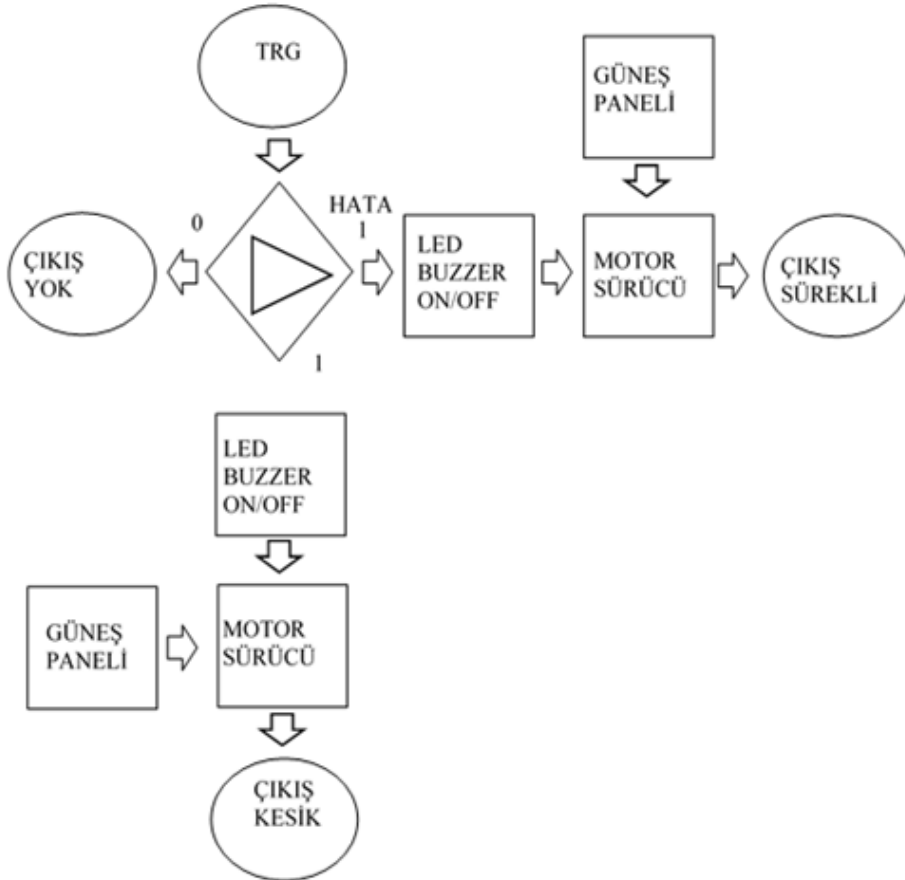


*Şekil 5. Açık ve Kapalı Alanlarda Elektrik Kaçak Tespiti için İş Ayakkabısı Tasarımı ve Prototip Üretimi*



**Şekil 6.** Elle Sökülüp ve Takılabilen Kontrol Ünitesi

İş ayakkabısı, çalışma mantığına dayalı olarak temel fonksiyonlar üzerinden çalışır. Çevresel faktörler olarak, bozucu etki gösterebilen sinyaller mevcuttur. Bu durumda, sistem belirli TRG sinyallerinde çıkışlar gösterebilmektedir. Bu çıkışlar, hata durumunda sürekli dir. Fakat olası pozitif durumlarda, çıkış kesiklidir. Sistem blok şeması Şekil 7’de görülmektedir.



**Şekil 7.** Sistem Blok Şeması

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmamızda, elektrik kazaların azaltılmasına yönelik bir koruyucu donanım geliştirilmiştir. Bu donanım, bir iş ayakkabısı olup çalışanın zeminde var olabilecek alternatif gerilim yüklü kabloların tespitini ve olası elektrik kaçaklarında (sızıntı) çalışanı uyarır. Hazırlanmış olduğumuz uyarı sisteminin özellikleri; çalışanı, sesli veya görsel ikaz hissedilmediğinde titreşim motoru sayesinde uyarması, çalışanın çalışma esnasında sistemi rahat görmesi, sinyal anteninin ayakkabı alt ve yan taban yüzeylerinde sarılmasıyla daha hassas olması, ortam ışığın yetersiz olması durumunda çalışanın ışıklı ikazı rahat görmesi, sistem gerilim seviyesine pozitif destek sağlanmasına yönelik güneş paneli kullanılması, kullanıcının el ile kontrolü için ayrıca sök tak özelliği sayesinde kullanabilmesi, koruyucu iş kıyafetlerinde rahat kullanımı özelliklerinin bulunması olarak sıralanabilir. Bu donanım, tüm iş gruplarında da kullanılabilir. Zira elektrik yüklü kabloların olması, elektrik sızıntıları ve zeminin ıslak olması gibi tehlikeli durumlarda, uyarıcı bir etki göstererek çalışanı uyaracaktır. Bu üretilen prototipin bir özelliği de geliştirilebilir olmasıdır. Diğer kişisel koruyucu donanımları ile veri iletişimi sağlanabilir. Üzerindeki elektronik kartın giyilebilir özellikte olması, iş yelekleri gibi iş kıyafetlerinde kullanılabilmesine imkân verebilmektedir. El ile elektrik sızıntılarını ve/veya varlığını tespiti için, sök tak özelliği sayesinde kullanılabilir. Bu durumda kullanıcı, ekstra elektrik kaçak tespit cihazı kullanmasına gerektirmeyecektir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

#### KAYNAKLAR

- Busch, C. (2018). Heinrich's Local Rationality: Shouldn't 'New View' Thinkers Ask Why Things Made Sense To Him?. MSc Thesis, Division of Risk Management and Societal Safety, Lund University. (Erişim Tarihi: 20/09/2021) [lup.lub.lu.se/student-papers/record/8975267](http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8975267)
- Cawley, J. C., & Homce, G. T. (2003). Occupational electrical injuries in the United States, 1992–1998, and recommendations for safety research. *Journal of Safety Research*, 34(3), 241-248. doi:[10.1016/S0022-4375\(03\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(03)00028-8)
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of Physics*, 9th Edition. New York: John Wiley and Sons International Rights, Inc.
- Heinrich, H. W. (1941). *Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach*. Second Edition, McGraw-Hill Book Company.
- Jorgensen, K. (2011). Concepts of Accident Analysis. In: *Encyclopaedia of Occupational Health & Safety (Part VIII Accidents and Safety Management, Chapter 56 [J. Saari Eds.] Accident Prevention)* International Labour Organization (ILO) (Erişim Tarihi: 20/09/2021) [www.iloencyclopaedia.org/part-viii-12633/accident-prevention/item/893-concepts-of-accident-analysis](http://www.iloencyclopaedia.org/part-viii-12633/accident-prevention/item/893-concepts-of-accident-analysis)
- Kim, J. Y., Kim, T. Y., Yoo, J. S., Yoon, S. J., Jeong, H. S., & Choi, M. H. (2007). Güney Kore Patent No: KR1020070101939A [patents.google.com/patent/KR20090036732A/](http://patents.google.com/patent/KR20090036732A/)
- Lehto, M. R., & Miller, J. M. (2011). Principles of Prevention: Safety Information. In: *Encyclopaedia of Occupational Health & Safety (Part VIII Accidents and Safety Management, Chapter 56 [J. Saari Eds.] Accident Prevention)* International Labour Organization (ILO) (Erişim Tarihi: 20/09/2021) [www.iloencyclopaedia.org/part-viii-12633/accident-prevention/item/903-principles-of-prevention-safety-information](http://www.iloencyclopaedia.org/part-viii-12633/accident-prevention/item/903-principles-of-prevention-safety-information)
- Lovrencic, V., & Gomišček, B. (2014, May). Live working as an example of electrical installation maintenance with the zero accidents philosophy. In: 11th International Conference on Live Maintenance (ICOLIM) (pp. 1-8). IEEE. doi:[10.1109/ICOLIM.2014.6934344](https://doi.org/10.1109/ICOLIM.2014.6934344)
- Parise, G., Martirano, L., Parise, L., Celozzi, S., & Araneo, R. (2015). Simplified conservative testing method of touch and step voltages by multiple auxiliary electrodes at reduced distance. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 51(6), 4987-4993. doi:[10.1109/TIA.2015.2424867](https://doi.org/10.1109/TIA.2015.2424867)

Prasad, D., & Sharma, H. C. (2011). Significance of Step and Touch Voltages. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 1(5), 193-197.

Reason, J. (2016). *Managing The Risks of Organizational Accidents*. New York: An Ashgate Book, Routledge.

URL1 (2021) Türk Dil Kurumu. (Erişim Tarihi: 20/09/2021) [sozluk.gov.tr](http://sozluk.gov.tr)

URL2 (2006) Texas Instruments. (Erişim Tarihi: 20/09/2021) [pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/161279/TI/NE555.html](http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/161279/TI/NE555.html)

URL3 (2021) HES Enerji Kabloları, Çok Damarlı Bakır İletken Kabloları. (Erişim Tarihi: 20/09/2021) [www.hes.com.tr/assets/doc/Enerji\\_Katalog.pdf](http://www.hes.com.tr/assets/doc/Enerji_Katalog.pdf)