

-RESEARCH ARTICLE-

**A NEW ACCIDENT ANALYSIS MODEL PROPOSAL IN OCCUPATIONAL SAFETY RISK MANAGEMENT: "STAR DIAGRAM"**

Ulas CINAR<sup>1</sup>

**Abstract**

*Occupational accidents are a global problem in terms of their effects. Different techniques for the analysis of accidents are available in the literature. Accident analyzes, which experts often conduct with linguistic expressions, cause some problems in expressing the sizes and distributions of root and supporting factors. Existing approaches do not clearly reflect the distribution of factors that may cause an accident. In this direction, a new model has been proposed to the literature for the analysis of occupational accidents within the scope of this study. The proposed model was developed based on accident theories and complies with the principles of root cause analysis. However, it has brought many innovations to existing applications. The proposed method, the factors affecting the accident; It divides it into 5 main groups as "Personal", "Environment", "Management", "Machine and Equipment" and "Organization". Each of these identified main factors is characterized by schematic distribution to the 5 arms of a star. For this reason, the method is called "Star Diagram". The proposed model is a first in the literature in this field. The main parameters in risk analysis are probability and severity. Before accidents occur, the magnitude of the risk is expressed in line with these parameters. Inspired by this, the proposed model determines to what extent the impact categories contribute to the probability of the event and the severity of the damage after the accident occurs. In this direction, relative data can be expressed as a percentage of which category affects the formation of the accident. The proposed model stands out with its categorized root cause analysis and quantitative magnitude expressions, which are not available in other techniques. In this respect, it fills an important gap in the literature.*

**Keywords:** Risk Management, Accident Analysis, Star Diagram, Occupational Safety, Occupational Health.

**JEL Codes:** J28, J29, I18.

**Başvuru:** 09.01.2023 **Kabul:** 21.02.2023

---

<sup>1</sup> PhD, Canakkale Onsekiz Mart University Occupational Health and Safety Education Application and Research Center, Çanakkale/TURKEY, [ulas.cinar@comu.edu.tr](mailto:ulas.cinar@comu.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0003-3924-0768>

## İŞ GÜVENLİĞİ RİSK YÖNETİMİNDE YENİ BİR KAZA ANALİZ MODELİ ÖNERİSİ: "YILDIZ DİYAGRAMI"<sup>2</sup>

### Öz

*İş kazaları, etkileri açısından küresel bir sorundur. Literatürde kazaların analizi için farklı teknikler mevcuttur. Uzmanların sıklıkla dilsel ifadelerle yaptıkları kaza analizleri, kök ve destekleyici faktörlerin boyutlarını ve dağılımlarını ifade etmede bazı sorunlara yol açmaktadır. Mevcut yaklaşımlar, bir kazaya neden olabilecek faktörlerin dağılımını net bir şekilde yansıtmamaktadır. Bu doğrultuda bu çalışma kapsamında iş kazalarının analizi için literatüre yeni bir model önerilmiştir. Önerilen model, kaza teorilerine dayalı olarak geliştirilmiştir ve kök neden analizi ilkelerine uygundur. Ancak mevcut uygulamalara birçok yenilik getirmiştir. Araştırmanın hipotezinde belirtilen ölçülebilirlik sorunlara da çözüm önermiştir. Önerilen yöntem, kazayı etkileyen faktörleri; “Kişisel”, “Çevre”, “Yönetim”, “Makine ve Ekipman” ve “Organizasyon” olmak üzere 5 ana gruba ayırır. Belirlenen bu ana faktörlerin her biri, bir yıldızın 5 koluna şematik dağılımla karakterize edilir. Bu nedenle yönteme "Yıldız Diyagramı" adı verilir. Önerilen model bu alanda literatürde bir ilktir. Risk analizinde ana parametreler olasılık ve şiddettir. Kazalar meydana gelmeden önce riskin büyüklüğü bu parametreler doğrultusunda ifade edilmektedir. Bundan esinlenerek, önerilen model, etki kategorilerinin olayın olasılığına ne ölçüde katkıda bulunduğunu ve kaza meydana geldikten sonra hasarın ciddiyetini belirlemektedir. Bu doğrultuda bağül veriler, hangi kategorinin kazanın oluşumunu etkilediğinin yüzdesi olarak ifade edilebilir. Önerilen model, diğer tekniklerde bulunmayan kategorize edilmiş kök neden analizi ve niceliksel büyüklük ifadeleri ile öne çıkmaktadır. Bu yönüyle literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** İş Güvenliği, İş Sağlığı, Risk Yönetimi, Kaza Analizi, Yıldız Diyagramı

**JEL Kodları:** J28, J29, I18.

“Bu çalışma Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.”

### 1. INTRODUCTION

Occupational accidents are a global problem in terms of their effects. In addition to the loss of life worldwide, it is estimated that approximately 4% of all material resources are lost due to work accidents and occupational diseases (Güllüoğlu and Taçgın, 2018: 344). In line with the recorded data, our country ranks 3rd in the world in terms of occupational accidents and 1st in Europe (Askin and Ozturk, 2022: 352).

Occupational health and safety is a set of practices that aim to protect employee health at the highest level in a safe working environment free from hazards and risks. The

<sup>2</sup> Genişletilmiş Türkçe Özet, makalenin sonunda yer almaktadır...

main goal of Occupational Health and Safety applications is to completely prevent occupational accidents and occupational diseases. This target can only be achieved with an effective risk management (Boyle, 2002: 28).

Risk analysis is the basis of risk management. Accident analysis, which will be a reference for subsequent risk analysis, is as important as a correctly applied risk analysis. With this cycle, an effective risk management will be ensured and in this direction, the main objective of a safe working environment and occupational health and safety practices will be realized (Harms-Ringdahl, 2004: 13).

Risk management must be sustainable. For a proactive approach, risk analyzes should be applied as a priority. Correctly applied risk analyzes are expected to completely prevent work accidents and occupational diseases (Cinar and Cebi, 2020: 6047; Cinar and Cebi, 2022: 517). Despite all this, occupational accidents may occur during the process and if they do, risk analyzes must be revised. Accident analyzes are also very important in order to reflect the accidents to the risk management. The difference between accident analysis and risk analysis is that evaluation is made on concrete data after the event has occurred. Risk analyzes performed in line with the data obtained from correctly analyzed accidents form the basis of effective risk management in a loop. In addition, since occupational accidents have legal dimensions, accident analysis is an important factor for distribution of liabilities (Khakzad v.d., 2014: 116).

According to the "4M" rule, which analyzes the causes of occupational accidents, the factors that form the basis of occupational accidents are human, machine, environment and management (Hoyos and Zimolong, 2014: 17). According to Heinrich's "Domino" theory, which is one of the most well-known accident theories, 88% of occupational accidents occur due to personal inappropriate behaviors, 10% due to inappropriate conditions and 2% due to unknown reasons (Gürcanlı, 2015: 78).

Different techniques for the analysis of accidents are available in the literature. These techniques are; It can be classified as sequential, epidemiological and systemic (Underwood and Waterson, 2013: 24; Hollnagel and Goteman, 2004: 19).

Sequential models are the most applied methods in our country. In these models, the cause and effect relationship is in the foreground and each discrete event in an event chain is considered as an element of a sequence. In these analyses, a root cause successively affects other array elements. Therefore, the term "Root Cause Analysis" is used for such models. The most known sequential models are; "Domino Model" (Heinrich, 1931: 5), "Fault Tree Analysis" (Watson, 1961: 1) and "Five Whys Analysis" (Ohno, 1978: 4).

Epidemiological techniques treat accidents as the spread of a contagious disease and are thus characterized by the term epidemiological. Combinations of latent and active failures are considered in this type of analysis. What qualifies as confidential are often conditions such as managerial problems and organizational culture. When errors in these conditions are reduced to individuals, fatigue, excessive workload, ignorance as

a result of lack of education, etc. situations arise and as a result unsafe behaviors or in other words active errors are observed (Qureshi, 2008: 16). The most known of the epidemiological techniques is the "Swiss Cheese" technique (Reason, 1990: 72).

Systemic models do not consider accidents in a cause and effect relationship. It focuses on the structural behavior of the system. Interprets accidents and related consequences as unexpected behavior of system elements. Accidents are evaluated as a result of unsafe behaviors originating from human and technology that are not noticed in the system. From this point of view, eliminating the root cause does not prevent the reoccurrence of accidents, a perspective that dominates the whole system is required. Systems Theoretic Analysis Model and Processes (STAMP) and Functional Resonance Analysis Method (FRAM) are the most well-known systemic accident analysis models (Leveson, 2004: 241; Hollnagel, 2012: 156).

Accident analyzes, which experts often carry out with linguistic expressions that do not express an analytical magnitude, cause some problems in expressing the sizes and distributions of root and supporting factors. Existing approaches do not clearly reflect the distribution of factors that may cause an accident. In this direction, a new model has been proposed to the literature for the analysis of occupational accidents within the scope of this study.

## **2. METHODOLOGY**

The proposed method was inspired by the star chart in the "The HFE Star" model and a hybrid diagram was obtained by mounting the accident factors in the 4M rule from accident theories into the diagram (McLeod, 2015: 46). The proposed method, the factors affecting the accident; It divides it into 5 main groups as "Personal (P)", "Environment (E)", "Management (M)", "Machine and Equipment (ME)" and "Organization (O)". Each of these identified main factors is characterized by schematic distribution to the 5 arms of a star. For this reason, the method is called "Star Diagram". The steps of the proposed approach are as follows;

### **2.1. Linguistic Design of the Diagram**

The design of linguistic terms in the method is given in Figure 1. As seen in Figure 1; At most 2 intermediate reasons affecting the accident caused by each factor and a root cause (RC<sub>i</sub>) covering these intermediate reasons are determined. If any or more of the five parameters do not have an intermediate cause to be associated with the accident, that parameter is not included in the computational analysis. If the number of intermediate causes is more than two, the two most effective parameters are selected and included in the analysis. If there is only one intermediate cause, the intermediate cause is considered the root cause for that parameter. In order to direct the distributions in the star diagram, a root cause is included in the analysis for each of the impact factors determined. The proposed model is not focused on a single root

cause holistically. In other words, root causes are distributed to the active parameters according to the effect levels. In this direction, it is determined which factor has an effect on the accident at which level.

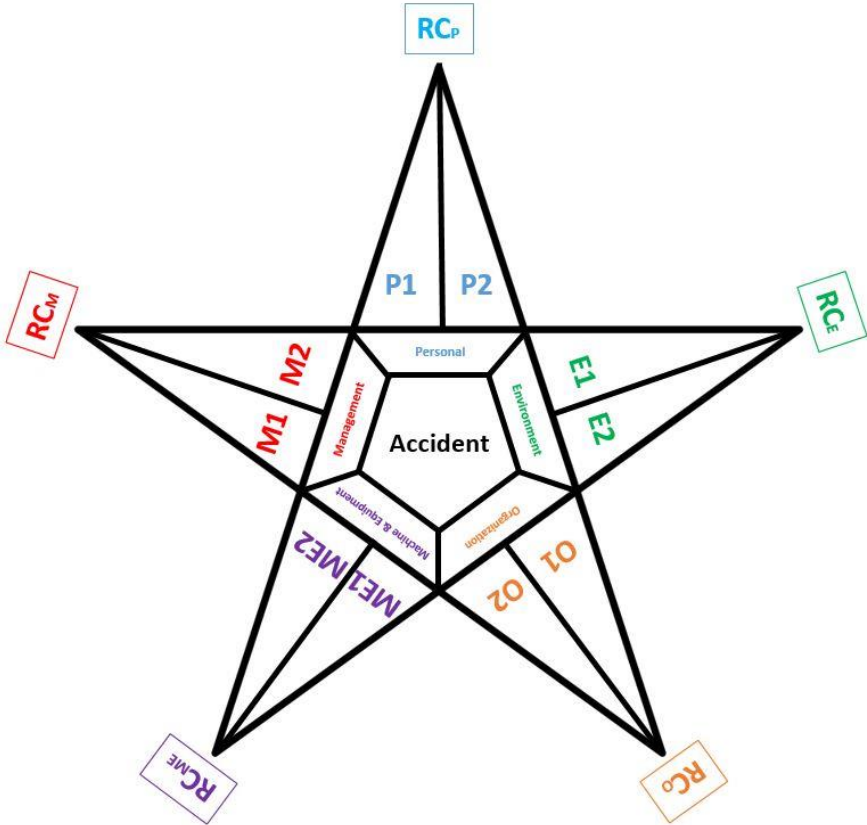


Figure 1. Star Diagram

## 2.2. Determination of Impact Scores of Root Causes (ISRC<sub>i</sub>)

The impacts of each factor on the probability and severity of the accident are determined linguistically. Scores corresponding to linguistic expressions are then determined using Tables 1 and 2. The impact scores on probability (ISP<sub>i</sub>) are given in Table 1 and the impact scores on severity (ISS<sub>i</sub>) are given in Table 2. The scores assigned for each parameter by the evaluators' judgments are multiplied using Equation 1, and the root cause impact scores (ISRC<sub>i</sub>) for each parameter are determined. Then, by applying Equation 2, the relative impact scores of all impact parameters are obtained, and accordingly, the impact of each factor on the accident is determined in a percentile.

**Table 1.** Linguistic Scales and Impact Scores on Probability

<b>Linguistic Scale</b>	<b>Impact Score on Probability (ISP<sub>i</sub>)</b>
Very High Impact	5
High Impact	4
Middle Impact	3
Low Impact	2
Very Low Impact	1

**Table 2.** Linguistic Scales and Impact Scores on Severity

<b>Linguistic Scale</b>	<b>Impact Score on Severity (ISS<sub>i</sub>)</b>
Very High Impact	5
High Impact	4
Middle Impact	3
Low Impact	2
Very Low Impact	1

$$IRSC_i = ISP_i \times ISS_i \tag{1}$$

$$IRSC_i = \frac{IRSC_i}{\sum_{i=1}^n IRSC_i} \tag{2}$$

### 3. RESULTS

An exemplary accident analysis application was conducted with the proposed model. Parameters in the schematic Star Diagram given in Figure 1 were linguistically defined as given in Table 3.

**Table 3.** Impact Parameters of Accident

<b>Occupational accident resulting in the death of a worker who did the exterior works of a construction by falling from a height</b>			
	<b>INTERMEDIATE CAUSES</b>	<b>ROOT CAUSES</b>	
<b>P1</b>	Even though the worker has a seat belt, he has not fastened it to a solid place.	Inappropriate behavior of the worker due to lack of knowledge	<b>RC<sub>P</sub></b>
<b>P2</b>	The worker acted hastily and made an uncontrolled maneuver.		
<b>M1</b>	Lack of necessary training to workers.	Occupational health and safety specialists not performing their duties adequately.	<b>RC<sub>M</sub></b>
<b>M2</b>	Lack of control		
<b>ME1</b>	The working scaffold is not fully fixed	Failure of engineers and technical staff to fulfill their duties	<b>RC<sub>ME</sub></b>
<b>ME2</b>	Weak attachment points of protective nets		
<b>E1</b>	Worker distraction due to noisy work environment	The employer did not have environmental measurements made regularly and did not provide the necessary measuring equipment	<b>RC<sub>E</sub></b>
<b>E2</b>	High airflow negatively affects the balance factor of the worker		
<b>O1</b>	Lack of authorized personnel and equipment to perform first aid applications	Failure of the employer to fulfill the requirements of safety and emergency planning	<b>RC<sub>O</sub></b>
<b>O2</b>	Miscommunication between employees		

Then, Equations 1 and 2 were applied to determine the effect of the root cause of each parameter on the accident. The results obtained are given in Table 4.

**Table 4.** Impact Scores

	<b>ISP<sub>i</sub></b>	<b>ISS<sub>i</sub></b>	<b>IRSC<sub>i</sub></b>	<b>Relative IRSC<sub>i</sub></b>
<b>RC<sub>P</sub></b>	5	3	15	%24,6
<b>RC<sub>M</sub></b>	5	3	15	%24,6
<b>RC<sub>ME</sub></b>	3	4	12	%19,7
<b>RC<sub>E</sub></b>	3	3	9	%14,8
<b>RC<sub>O</sub></b>	2	5	10	%16,4

According to the data in Table 4, it is seen that each of the personal and management factors has the highest impact on the accident at a rate of 24.6%. Then machine and equipment are the factors affecting the accident at a rate of 19.7%, organization 16.4% and environment 14.8%, respectively.

Responsibilities are also distributed in the root causes of the factors. The urgency in the personnel factor is a personal parameter. But the lack of training is the fault of the occupational safety specialist if it is accepted that the employer has officially appointed him. Allowing work without training is the employer's fault. If the impact rates here are divided equally, each is 8.2% defective.

Although the lack of training and supervision in the management parameter seems to be the responsibility of the employer, since the employer officially assigns an occupational safety expert to conduct these works, the fault here lies entirely with the occupational health and safety specialist.

The fault in organizational and environmental factors lies entirely with the employer. In the machine and equipment factor, the fault lies with the engineer or technical personnel responsible for the works in question.

Considering all the data, the employer's fault in the occurrence of this accident was determined as 39.4%, the fault of the occupational safety specialist 32.8%, the fault of the authorized engineer or technical personnel 19.7% and the fault of the worker 8.2%.



#### **4. DISCUSSION**

There are many different methods for the analysis of occupational accidents in the literature. Although the aim of all these analyzes is similar, they show significant differences in terms of application and expression. Root cause analyzes focus on the source of the accident and advocate the philosophy that the accident will not occur under the same conditions as the eliminate of the underlying situation (Williams, 2001: 154). In the same direction, Fault Tree Analysis also acts with the philosophy of deduction (Xing and Amari, 2008: 18). Event Tree Analysis constructs pre-accident and post-accident plots and again, causality is at the forefront (Andrews and Dunnett, 2000: 233). Cause and effect relationships are also the main basis in epidemiological analyzes, but they differ in terms of application. Systemic analyzes do not use cause-effect relationships. The basic philosophy is holistic and focused on the elements of the system. Although all these methods provide excellent linguistic inferences, they cannot express as a magnitude which factor is effective in accidents.

While the same is the case in risk analysis, the use of scoring-based methods has provided a significant ease of application and expression. Defining linguistic expressions with scores allows partial measurability as it offers a numerical magnitude. This situation strengthens the analyzes perceptually. It is possible to integrate the mentioned applications in every field. Quantifying the analysis without compromising the quality always yields positive results (Cinar, 2022: 6).

The proposed model was developed based on accident theories and complies with the principles of root cause analysis. However, it has brought many innovations to existing applications. In this direction, the proposed model performs root cause analysis for each parameter separately and expresses the effects of these root causes on accident occurrence as a numerical magnitude.

In accident theories, the main causes of work accidents are person, environment, equipment, management and organization. Analysis techniques that are categorically similar to the proposed model focus on identifying a root cause regardless of any category. The identified root cause is accepted as the source of the problem. The root cause identified may belong to one or more of the specified major categories. Until the root cause is determined, although secondary factor categories have an impact on the accident many times, the actual effect of these factors cannot be reflected in the analysis. In the proposed model, each of these five basic factors is handled independently and root causes and intermediate causes arising from this root cause are determined in each category. This perspective is an innovation brought to the qualitative findings of root cause analysis.

Another problem is that the effect levels of linguistic expressions cannot be expressed. The proposed model is a first in the literature in this field. The main parameters in risk analysis are probability and severity. Before accidents occur, the magnitude of the risk is expressed in line with these parameters. Inspired by this, the proposed model determines to what extent the impact categories contribute to the probability of the

event and the severity of the damage after the accident occurs. In this direction, relative data can be expressed as a percentage of which category affects the formation of the accident.

The proposed model stands out with its categorized root cause analysis and quantitative magnitude expressions, which are not available in other techniques. In this respect, it fills an important gap in the literature.

## **CONCLUSION**

Risk management is a cycle with the goal of continuous improvement. One of the most important elements of this cycle is occupational accident analysis. Accident analyzes provide important data for the correct management of occupational health and safety practices. Existing models offer very important implications for managers. However, new approaches to models are equally important in terms of the development of analyzes and the data they provide.

This study introduced two new approaches to the literature. The first innovation of the proposed model is to bring the categorization approach to the deductive and holistic evaluation perspectives of root cause analysis, which is the most preferred accident analysis technique all over the world. Based on the accident theories, each of the five parameters that affect the accident formation the most, was handled independently and root causes were determined for each parameter. This approach is an innovation in terms of qualitative findings.

The second gain of the proposed model is the scoring technique, which is not available in other root cause analysis techniques, and which quantifies the failure distributions. Based on the risk analysis, in accident occurrence, the contribution of the root cause to the probability and severity of the accident is expressed numerically with the scores assigned to the linguistic expressions. This approach was used for the first time to express effect sizes in accident analyses.

The model proposed within the scope of this study stands out with its categorized root cause analysis and quantitative magnitude expressions, which are not found in other techniques. In this respect, it fills an important gap in the literature. In addition, it is thought that the fact that it can be developed by adding different score parameters will be a reference for other models to be proposed from now on.

## İŞ GÜVENLİĞİ RİSK YÖNETİMİNDE YENİ BİR KAZA ANALİZ MODELİ ÖNERİSİ: "YILDIZ DİYAGRAMI"

### 1. GİRİŞ

İş kazaları etkileri açısından küresel bir sorundur. İş sağlığı ve güvenliği, tehlike ve risklerden arınmış, güvenli bir çalışma ortamında çalışan sağlığını en üst düzeyde korumayı amaçlayan uygulamalar bütünüdür. İş Sağlığı ve Güvenliği uygulamalarının temel amacı iş kazalarını ve meslek hastalıklarını tamamen önlemektir. Bu hedefe ancak etkin bir risk yönetimi ile ulaşılabilir.

Risk yönetimi sürdürülebilir olmalıdır.. Proaktif bir yaklaşım için risk analizleri öncelikli olarak uygulanmalıdır. Doğru uygulanan risk analizlerinin iş kazalarını ve meslek hastalıklarını tamamen önlemesi beklenmektedir. Tüm bunlara rağmen süreç içerisinde iş kazaları oluşabilmekte ve meydana gelmesi halinde risk analizlerinin revizyonu gerekmektedir. Kazaların risk yönetimine yansıtılabilmesi için kaza analizleri de oldukça önemlidir. Kaza analizi ile risk analizi arasındaki fark, kaza analizinin değerlendirmenin olay gerçekleştikten sonra somut veriler üzerinden yapılmasıdır. Doğru analiz edilen kazalardan elde edilen veriler doğrultusunda yapılan risk analizleri, bir döngü içinde etkin risk yönetiminin temelini oluşturur. Ayrıca iş kazalarının hukuki boyutları olduğu için kaza analizleri sorumluluk dağılımında önemli bir unsurdur.

Literatürde kazaların analizi için farklı teknikler mevcuttur. Uzmanların sıklıkla dilsel ifadelerle yaptıkları kaza analizleri, kök ve destekleyici faktörlerin boyutlarını ve dağılımlarını ifade etmede bazı sorunlara yol açmaktadır. Mevcut yaklaşımlar, bir kazaya neden olabilecek faktörlerin dağılımını net bir şekilde yansıtmamaktadır. Bu doğrultuda bu çalışma kapsamında iş kazalarının analizi için literatüre yeni bir model önerilmiştir.

### 2. YÖNTEM

Önerilen yöntem, kazayı etkileyen faktörleri; "Personel", "Çevre", "Yönetim", "Makine ve Ekipman" ve "Organizasyon" olmak üzere 5 ana gruba ayırır. Belirlenen bu ana faktörlerin her biri, bir yıldızın 5 koluna şematik dağılımla karakterize edilir. Bu nedenle yönetime "Yıldız Diyagramı" adı verilir.

Her bir faktörün neden olduğu kazayı etkileyen en fazla 2 ara neden ve bu ara nedenleri kapsayan bir kök neden belirlenir. Beş parametreden herhangi birinin veya daha fazlasının kaza ile ilişkilendirilecek bir ara nedeni yoksa, bu parametre hesaplamalı analize dahil edilmez. Ara neden sayısı ikiden fazla ise en etkili iki parametre seçilerek analize dahil edilir. Yalnızca bir ara neden varsa, ara neden o parametre için kök neden olarak kabul edilir. Önerilen model, bütünsel olarak tek bir kök nedene odaklanmamaktadır. Başka bir deyişle, kök nedenler, etki düzeylerine göre aktif parametrelere dağıtılır. Bu doğrultuda hangi faktörün kazaya ne düzeyde etki ettiği belirlenir.

Her bir faktörün kazanın olasılığı ve şiddeti üzerindeki etkileri dilsel olarak belirlenir. Daha sonra dilsel ifadelere karşılık skorlar atanır. Her bir etki parametresi için atanan, kazanın olasılığına ve şiddetine olan etki skorları çarpılarak nihai etki skoru elde edilir. Elde edilen etki skorları bağlaştırılır ve buna göre her bir faktörün kaza üzerindeki etkisi bir yüzdellik dilimde ifade edilir.

### 3. BULGULAR

Önerilen model ile örnek bir kaza analizi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulamaya konu kaza “Bir inşaatın dış cephe işlerini yapan işçinin yüksekte düşerek ölümüyle sonuçlanan iş kazası” olarak belirlenmiştir. Yıldız Diyagramının tüm parametreleri bu doğrultuda dilsel olarak tanımlanmış ve her bir etki faktörü için kök nedenler belirlenmiştir. Belirlenen kök nedenlerin kazanın oluşumundaki olasılık ve şiddet parametrelerine olan etkisi skorlanmış ve modelin adımları uygulanarak bulgular elde edilmiştir.

Elde edilen verilere göre kişisel ve yönetsel faktörlerin her birinin %24,6'lık oranla kaza üzerinde en yüksek etkiye sahip olduğu görülmektedir. Daha sonra kazayı %19,7 oranında makine ve teçhizat, %16,4 oranında organizasyon ve %14,8 oranında çevre oluşturmaktadır. Sorumluluklar, faktörlerin kök nedenlerinde de dağıtılır. Personel faktöründeki aciliyet kişisel bir parametredir. Ancak işverenin resmi olarak görevlendirdiği kabul edilirse eğitim eksikliği iş güvenliği uzmanının hatasıdır. Eğitimsiz çalışmaya izin vermek işverenin suçudur. Buradaki etki oranları eşit olarak bölünürse, her biri %8,2 kusurludur. Yönetim parametresindeki eğitim ve denetim eksikliği işverenin sorumluluğunda gibi görünse de işveren resmi olarak bu işleri yapmak üzere bir iş güvenliği uzmanı görevlendirdiği için burada hata tamamen iş sağlığı ve güvenliği uzmanındadır. Örgütsel ve çevresel faktörlerdeki hata tamamen işverene aittir. Makine ve teçhizat faktöründe kusur, söz konusu işlerden sorumlu mühendis veya teknik personeldedir. Tüm veriler dikkate alındığında bu kazanın meydana gelmesinde işveren hatası %39,4, iş güvenliği uzmanı hatası %32,8, yetkili mühendis veya teknik personel hatası %19,7 ve işçi hatası %8,2 olarak belirlenmiştir.

### 4. TARTIŞMA

Bu çalışma literatüre iki yeni yaklaşım kazandırmıştır. Önerilen modelin ilk yeniliği, tüm dünyada en çok tercih edilen kaza analizi tekniği olan kök neden analizinin tümdengelimli ve bütüncül değerlendirme perspektiflerine kategorizasyon yaklaşımını getirmesidir. Kaza teorilerinden hareketle kaza oluşumunu en çok etkileyen beş parametrenin her biri birbirinden bağımsız ele alınmış ve her bir parametre için kök nedenler belirlenmiştir. Bu yaklaşım nitel bulgular açısından bir yeniliktir.

Önerilen modelin ikinci kazanımı, diğer kök neden analiz tekniklerinde bulunmayan ve hata dağılımlarını sayısallaştıran puanlama tekniğidir. Risk analizine dayalı olarak,

kazanın meydana gelmesinde, kök nedenin kazanın olasılığına ve ciddiyetine katkısı, dilsel ifadelerle atanan puanlarla sayısal olarak ifade edilir. Bu yaklaşım ilk kez kaza analizlerinde etki büyüklüklerini ifade etmek için kullanılmıştır.

## SONUÇ

Risk yönetimi, sürekli iyileştirme hedefi olan bir döngüdür. Bu döngünün en önemli unsurlarından biri de iş kazası analizleridir. Kaza analizleri, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının doğru yönetilmesi için önemli veriler sağlar. Mevcut modeller yöneticiler için çok önemli çıkarımlar sunmaktadır. Bununla birlikte, modellere yönelik yeni yaklaşımlar, analizlerin geliştirilmesi ve sağladıkları veriler açısından eşit derecede önemlidir.

Bu çalışma kapsamında önerilen model, kategorize edilmiş kök neden analizi ve diğer tekniklerde bulunmayan niceliksel büyüklük ifadeleri ile öne çıkmaktadır. Bu yönüyle literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Ayrıca farklı skor parametreleri eklenerek geliştirilebilir olması yönüyle de bundan sonra önerilecek diğer modeller için referans olacağı düşünülmektedir.

## REFERENCES

- Andrews, J. D. & Dunnett, S. J. (2000). Event-Tree Analysis Using Binary Decision Diagrams. *IEEE Transactions on Reliability*, 49(2), 230-238.
- Aşkın, A., & Öztürk, Ö. F. (2022). Mobilya sektörü çalışanlarında iş kazası ve meslek hastalıklarının incelenmesi üzerine bir araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(2), 351-364.
- Boyle, T. (2002). *Health and Safety: Risk Management*. Taylor and Francis Group. London.
- Cinar, U. (2022). *İş Sağlığı ve Güvenliğinde Skorlama Tabanlı Uygulamalı Risk Analizi Rehberi*. İKSAD Publishing House. Ankara.
- Cinar, U. & Cebi, S. (2020). A Hybrid Risk Assessment Method for Mining Sector Based on QFD, Fuzzy Inference System, and AHP. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 39(5), 6047-6058.
- Cinar, U. & Cebi, S. (2022). A Novel Approach to Assess Occupational Risks and Prevention of Hazards: The House of Safety & Prevention. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 42(1), 517-528.
- Güllüoğlu, E. N. & Taçgın, E. (2018). Türkiye Tekstil Sektöründe İstihdam ve İş Kazalarının Analizi. *Tekstil ve Mühendis*, 25(112), 344-354.
- Gürcanlı, G. E. (2015). İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Mücadelesinde Kavramları Netleştirmek, Kavramlarda Ortaklaşmak. *TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, 15(54), 77-87.
- Harms-Ringdahl, L. (2004). Relationships between Accident Investigations, Risk Analysis, and Safety Management. *Journal of Hazardous Materials*, 111(1-3), 13-19.
- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial Accident Prevention*. McGrawHill. New York.

- Hollnagel, E. & Goteman, Ö. (2004). The Functional Resonance Accident Model, Cognitive System Engineering in Process Control, 4-5 Nov 2004, CSEPC, 155-161.
- Hollnagel, E. (2012). *FRAM: The Functional Resonance Analysis Method*. Ashgate. Farnham.
- Hoyos, C. G. & Zimolong, B. M. (2014). *Occupational Safety and Accident Prevention: Behavioral Strategies and Methods*. Elsevier. Amsterdam.
- Khakzad, N., Khan, F. & Paltrinieri, N. (2014). On the Application of Near Accident Data to Risk Analysis of Major Accidents. *Reliability Engineering & System Safety*, 126, 116-125.
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*, 42(4), 237-270.
- McLeod, R. W. (2015). *Designing for human reliability: human factors engineering in the oil, gas, and process industries*. Gulf Professional Publishing.
- Ohno, T. (1978). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity Press. New York.
- Qureshi, Z. H. (2008). *A Review of Accident Modelling Approaches for Complex Critical Sociotechnical Systems*. Defence Science and Technology Organisation. Eddingburg, Australia.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Underwood, P. & Waterson, P. (2013). *Accident Analysis Models and Methods: Guidance for Safety Professionals*. Loughborough University Press. Leicestershire.
- Watson, H. A. (1961). *Launch control safety study*. Bell Laboratories. Murray Hill.
- Williams, P. M. (2001). Techniques for Root Cause Analysis. *Baylor University Medical Center Proceedings*, 14(2), 154-157.
- Xing, L. & Amari, S. V. (2008). *Handbook of Performability Engineering: Fault Tree Analysis*. Springer. London.

<b>KATKI ORANI / CONTRIBUTION RATE</b>	<b>AÇIKLAMA / EXPLANATION</b>	<b>KATKIDA BULUNANLAR / CONTRIBUTORS</b>
Fikir veya Kavram / <i>Idea or Notion</i>	Araştırma hipotezini veya fikirini oluşturmak / <i>Form the research hypothesis or idea</i>	Ulas CINAR
Tasarım / <i>Design</i>	Yöntemi, ölçeği ve deseni tasarlamak / <i>Designing method, scale and pattern</i>	Ulas CINAR
Veri Toplama ve İşleme / <i>Data Collecting and Processing</i>	Verileri toplamak, düzenlenmek ve raporlamak / <i>Collecting, organizing and reporting data</i>	Ulas CINAR
Tartışma ve Yorum / <i>Discussion and Interpretation</i>	Bulguların değerlendirilmesinde ve sonuçlandırılmasında sorumluluk almak / <i>Taking responsibility in evaluating and finalizing the findings</i>	Ulas CINAR
Literatür Taraması / <i>Literature Review</i>	Çalışma için gerekli literatürü taramak / <i>Review the literature required for the study</i>	Ulas CINAR