

JOURNAL OF SCIENCE

PART A: ENGINEERING AND INNOVATION



Year | Yıl: 2021

Volume | Cilt: 8

Issue | Sayı: 3

e-ISSN 2147-9542



Owner | Sahibi

on behalf of Gazi University | Gazi Üniversitesi adına
Rector | Rektör
Prof. Dr. Musa YILDIZ

Publishing Manager

Prof. Dr. | Prof. Dr.
Cevriye GENCER
Gazi University | Gazi Üniversitesi

Chief Editor

Prof. Dr. | Prof. Dr.
Sema Bilge OCAK
Gazi University | Gazi Üniversitesi

Managing Editors

Prof. Dr. | Prof. Dr.
Mustafa Gürhan YALÇIN
Akdeniz University | Akdeniz Üniversitesi

Prof. Dr. | Prof. Dr.
Selim ACAR
Gazi University | Gazi Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. | Doç. Dr.
Uğur GÖKMEN
Gazi University | Gazi Üniversitesi



Editorial Board | Editörler Kurulu

Prof. Dr. Prof. Dr. Adnan SÖZEN	Gazi University - Energy Systems Engineering Gazi Üniversitesi - Enerji Sistemleri Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Ali KESKİN	Çukurova University - Automotive Engineering Çukurova Üniversitesi - Otomotiv Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Ali Osman SOLAK	Ankara University - Chemistry Ankara Üniversitesi - Kimya
Prof. Dr. Prof. Dr. Atila BIYIKOĞLU	Gazi University - Mechanical Engineering Gazi Üniversitesi - Makine Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Burçin BAYRAM	Miami University - Physics Miami Üniversitesi - Fizik
Prof. Dr. Prof. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ	Bilecik Şeyh Edebali University - Chemical Engineering Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi - Kimya Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Elif ORHAN	Gazi University - Physics Gazi Üniversitesi - Fizik
Prof. Dr. Prof. Dr. Erdal IRMAK	Gazi University - Electrical-Electronic Engineering Gazi Üniversitesi - Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Hakan ATEŞ	Gazi University - Metallurgical and Materials Engineering Gazi Üniversitesi - Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Homer RAHNEJAT	Loughborough University - Electrical and Manufacturing Engineering Loughborough Üniversitesi - Elektrik ve İmalat Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Hüseyin Serdar YÜCESU	Gazi University - Automotive Engineering Gazi Üniversitesi - Otomotiv Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Meltem DOĞAN	Gazi University - Chemical Engineering Gazi Üniversitesi - Kimya Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Metin GÜRÜ	Gazi University - Chemical Engineering Gazi Üniversitesi - Kimya Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Murat KAYA	Aksaray University - Biotechnology Aksaray Üniversitesi - Biyoteknoloji
Prof. Dr. Prof. Dr. Nalan KABAY	Ege University - Chemical Engineering Ege Üniversitesi - Kimya Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Nuran AY	Eskişehir Technical University - Materials Science and Engineering Eskişehir Teknik Üniversitesi - Malzeme Bilimi ve Mühendisliği

Editorial Board | Editörler Kurulu

Prof. Dr. Prof. Dr. Nursel AKÇAM	Gazi University - Electrical-Electronic Engineering Gazi Üniversitesi - Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Ömer ŞAHİN	Siirt University - Chemical Engineering Siirt Üniversitesi - Kimya Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Rob DWYER-JOYCE	The University of Sheffield - Mechanical Engineering Sheffield Üniversitesi - Makine Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Şükrü DURSUN	Konya Technical University - Environmental Engineering Konya Teknik Üniversitesi - Çevre Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Veli ÇELİK	Ankara Yıldırım Beyazıt University - Mechanical Engineering Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi - Makine Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Yücel ERCAN	TOBB University of Economics and Technology - Mechanical Engineering TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi - Makine Mühendisliği
Prof. Dr. Prof. Dr. Zafer EVİS	Middle East Technical University - Engineering Sciences Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Mühendislik Bilimleri
Assoc. Prof. Dr. Doç. Dr. Alper BÜYÜKKARAGÖZ	Gazi University - Civil Engineering Gazi Üniversitesi - İnşaat Mühendisliği
Assoc. Prof. Dr. Doç. Dr. Çetin ÇAKANYILDIRIM	Hitit University - Chemical Engineering Hitit Üniversitesi - Kimya Mühendisliği
Assoc. Prof. Dr. Doç. Dr. Demet CANSARAN DUMAN	Ankara University - The Institute of Biotechnology Ankara Üniversitesi - Biyoteknoloji Enstitüsü
Assoc. Prof. Dr. Doç. Dr. Hacer KARACAN	Gazi University - Computer Engineering Gazi Üniversitesi - Bilgisayar Mühendisliği
Assoc. Prof. Dr. Doç. Dr. Mine TÜRKTaş ERKEN	Gazi University - Biology Gazi Üniversitesi - Biyoloji
Assist. Prof. Dr. Dr. Öğr. Üyesi Füsun YALÇIN	Akdeniz University - Mathematics Akdeniz Üniversitesi - Matematik
Assist. Prof. Dr. Dr. Öğr. Üyesi Senai YALÇINKAYA	Marmara University - Mechanical Engineering Marmara Üniversitesi - Makine Mühendisliği
Dr. Dr. Defne AKAY	Ankara University - Physics Ankara Üniversitesi - Fizik



Technical Editors | Teknik Editörler

Dr. Fatih UÇAR

Akdeniz University | Akdeniz Üniversitesi

Dr. Silver GÜNEŞ

Gazi University | Gazi Üniversitesi

Murat AKIN

Gazi University | Gazi Üniversitesi

Correspondence Address

Gazi University Graduate School of Natural and Applied Sciences
Emniyet Neighborhood, Bandırma Avenue, No:6/20B, 06560, Yenimahalle - ANKARA
B Block, Auxiliary Building

Yazışma Adresi

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Emniyet Mahallesi, Bandırma Caddesi, No:6/20B, 06560, Yenimahalle - ANKARA
B Blok, Ek Bina

e-mail | e-posta

gujsa06@gmail.com

web page | web sayfası

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/gujsa>

**Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation
is a peer-reviewed journal.**

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Bölüm A: Mühendislik ve İnovasyon
hakemli bir dergidir.



INDEXING | DİZİNLENME



ACCESSIBILITY | ERİŞİLEBİLİRLİK



This work are licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Bu eser Creative Commons Atıf-AynıLisanslaPaylaş 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

CONTENTS | İÇİNDEKİLER

Page Sayfa	Articles Makaleler
318-326	<p>Designing an Effective Questionnaire using Orthogonal Array for Improving Inventory Accuracy at Electricity Warehouse <i>Abdulaziz S. ALKABAA, Osman TAYLAN</i></p> <p><i>Research Article</i> <i>Industrial Engineering</i></p> <p><i>Araştırma Makalesi</i> <i>Endüstri Mühendisliği</i></p>
327-338	<p>Computation of Aerodynamic Load(s) Induced Stresses on Horizontal Axis Wind Turbine Rotor Blade with Distinct Configurations <i>Ekom Mike ETUK, Emem Okon IKPE, Aniekan Essienubong IKPE</i></p> <p><i>Research Article</i> <i>Mechanical Engineering</i></p> <p><i>Araştırma Makalesi</i> <i>Makine Mühendisliği</i></p>
339-360	<p>İnovasyon Kapasitesini Değerlendirmeye Yönelik Bir Uygulama <i>An Application for Evaluating Innovation Capacity</i> <i>Tankut ASLANTAŞ</i></p> <p><i>Araştırma Makalesi</i> <i>Endüstri Mühendisliği</i></p> <p><i>Research Article</i> <i>Industrial Engineering</i></p>
361-372	<p>Multivariate Statistical Evaluation of Geochemical Properties of “Alanya Emperador Dark” Marbles <i>Ipek YAZICI, Mustafa Gurhan YALCIN, Ozge OZER ATAKOGLU, Fusun YALCIN</i></p> <p><i>Research Article</i> <i>Geological Engineering</i></p> <p><i>Araştırma Makalesi</i> <i>Jeoloji Mühendisliği</i></p>
373-382	<p>Proposed Rules of Parentheses () and Asymmetrical Hill Slopes <i>Yasemin LEVENTELI, Ilyas YILMAZER</i></p> <p><i>Research Article</i> <i>Geological Engineering</i></p> <p><i>Araştırma Makalesi</i> <i>Jeoloji Mühendisliği</i></p>
383-390	<p>Açık ve Kapalı Alanlarda Elektrik Kaçak Tespiti için İş Ayakkabısı Tasarımı ve Prototip Üretimi <i>Work Shoes Design and Prototype Production for Electric Leak Detection in Indoor and Outdoor Areas</i> <i>Savaş YOLDAŞ, Kadir GÖK, Akil Birkan SELÇUK</i></p> <p><i>Araştırma Makalesi</i> <i>Elektrik & Elektronik Mühendisliği</i></p> <p><i>Research Article</i> <i>Electrical & Electronics Engineering</i></p>



Designing an Effective Questionnaire using Orthogonal Array for Improving Inventory Accuracy at Electricity Warehouse

Abdulaziz S. ALKABAA^{1*} , Osman TAYLAN¹ 

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, King Abdulaziz University, P.O. Box 80204, Jeddah 21589, Saudi Arabia

Keywords	Abstract
Orthogonal Array	The process of classical data collection through a survey is time-consuming, expensive, and may not be feasible. In practice, it is always good to make sure that the survey design works with the diversity of factors and levels that affect the products or services. Since the data quality gathered depends solely on the quality of the survey constructed and the written questions, this paper presents one of the most effective tools in designing a stated-choice survey using orthogonal array design to gather the information that improves the inventory accuracy in electricity company's warehouses. The stated-choice survey provides an effective way to explore survey respondents' preferences and evaluate the interchanges that survey respondents make in considering several product and service combinations. This method will help inventory engineers and workers for data collection with more information and a minimum number of questions and efforts.
Stated-Choice Survey	
Discrete Choice Experiments and Analysis	
Inventory Control	
Inventory Accuracy	

Cite

Alkabaa, A. S., & Taylan, O. (2021). Designing an Effective Questionnaire using Orthogonal Array for Improving Inventory Accuracy at Electricity Warehouse. *GU J Sci, Part A, 8(3)*, 318-326.

Author ID (ORCID Number)

A. S. Alkabaa, 0000-0001-9016-4241
O. Taylan, 0000-0002-5806-3237

Article Process

Submission Date 28.04.2021
Revision Date 05.07.2021
Accepted Date 07.07.2021
Published Date 07.07.2021

1. INTRODUCTION

Discrete choice experiments and analysis (DCA) are widely used in marketing research, health economics, and other areas. They have been used to establish policy or survey questions, construct consumer preferences on a specific topic, and assess current situations. Besides, they are instrumental when exploring and understanding people's preferences when data are not available of alternative products and services. In choice experiments, respondents are offered a set of different choices to be selected from a set of possible options.

In logistic, there are several criteria evaluated and considered simultaneously before purchasing a material, or a service. Verma & Thompson (1996) stated that purchasing decision about a material or service might consider several parameters such as service or product quality, speed of delivery, special incentives for buying, and price. Managers want to know how consumers integrate, value and exchange different product and service features. The DCA approach provides a robust and systematic way of recognizing the relative weights and change in attributes caused by decision makers' preferences. DCA approach is based on well tested, and relatively comprehensive random-utility theory (RUT) leading to a wide-range of traceable and testable models of selection behavior. In fact, RUT delivers a theoretical link among surveys, experiments, and the other forms of stated choices and the actions detected in real-life settings. Categorical outcomes are obtained from discrete choices because they select one alternative from each set of alternatives. Similarly, mathematical models demonstrating customer choice of product and services can be linked to budgets, labor scheduling, service offerings and several other factors called operating decisions. The statistical models can be employed from discrete-choices of buying processes and incorporated in decision-support systems (DSSs) to build a model

*Corresponding Author, e-mail: aalkabaa@kau.edu.sa

for unique approaches. Dolnicar (2013) offered certain schemes for measurement in the social sciences to draw clear conclusions about various measurement challenges. Developing good survey questions is crucially important and precisely depend on defining what is being measured. For most measurements, experts argue for the requests of a good definition of the goals, however unable to provide helpful guidelines as how to build the definition that conforms with the criteria stated. Theoretical meaning of factors is usually discussed, for instance Bagozzi (2011) stated the ambiguity, vagueness, of factors. Dolnicar (2013) argues that good definition of criteria had better not be vague, imprecise, ambiguous, or unclear. The criteria must be obviously understood by the respondents who should agree on their meaning. When service marks are considered, if net definition is not allowed, will increase the uncertainty of decision-making in providing information. This is considered as the uncertain information, for reducing the effects of uncertain information, the intuitionistic fuzzy sets can be presented by considering the membership degrees (Mi et al., 2019) to reduce the ambiguity and vagueness. Yager (2017) presented the intuitionistic fuzzy sets to overcome the dilemma and develops the degree of flexibility in representing the information preferred. Vetschera (2017) stated that in decision-making problems determining the weights of criteria is the primary concern. In this context, analytic hierarchy process (AHP) is an appropriate method Abdi & William (2010) and Ho & Ma (2018) for weight-determination like fuzzy AHP, fuzzy TOPSIS and fuzzy VIKOR approaches. The economic globalization brought economic integration of the world, the growth of services continue that becomes fast and steadily, is a global strategy of comprehensive industries (Meimand et al., 2017). For instance, VIKOR and TOPSIS approaches are practical methods to solve decision making problems, specifically in the condition where the assessment of options over buying criteria are conflicting. The fuzzy extensions of TOPSIS, VIKOR and AHP play an important role in the intuitionistic and hesitant fuzzy information, and linguistic information with hesitation (Liao et al., 2015) for solving the decision-making problem.

On the other hand, the qualitative research approaches can be carried out for the intent of apprising the enhancement of questionnaires for the inventory management solely. Nowadays, many surveys are conducted online with the questionnaires time taking 15 min on average to complete it. Surveys taking longer than 15 min might need less randomness or include systematic errors related with fatigue or boredom (Hoerger, 2010; Brosnan et al., 2018). Fan & Yan (2010) investigated short surveys and found out that they are less expensive and have several advantages over long surveys, they may return higher completion rates. Brosnan et al. (2018) proposed a statistical method for the evaluation and analysis of surveys, which is built on principal components analysis (PCA) for the elimination of redundant information and items with the loss of minimum information and optimal information gain. Abdi & Williams (2010) also studied the PCA to solve problems for determining the principal components. Yet, traditional PCA is not able to recognize the differences of items redundant and to provide optimum information for survey items. PCA suggests potential for reducing survey superfluous items. Brosnan et al. (2018) stated that no item is superfluous if each major component exhibits significant variability. Specialized sampling techniques are employed to attain balance between costs and statistical accuracy. Kolenikov (2010) stated that data collection in large-scale statistical surveys involves data clustering, data stratification, multiple and unequal selection possibilities, and sampling with or without displacement. Survey-sample designers use stratification to increase efficiency, protect against poorly unbalanced samples, to optimize the overall survey cost. Sampling weights are used for guaranteeing the unbiased estimation which are adjusted so that the weighted totals of poststratification variables fit the population totals. Nevertheless, a precise accounting for a complex survey design is extremely cumbersome.

The statistical method aims to decrease survey size, to solve the managerial problems of acquiring optimal information with minimal cost involving data collection across multiple points in time to improve data quality, both longitudinal and repeat cross-sectional. The PCA is a standard method for reducing a set of survey items (Boyes et al., 2009). Cervellera et al. (2007) presented multivariate adaptive regression splines in high-dimensional inventory forecasting of water reservoir problem using stochastic dynamic programming, and orthogonal array (OA) experimental designs. They also studied the implementation of artificial neural networks (ANNs) as an alternative approach and found out that ANNs performed better with the OA-Latin hypercube designs. Ambreen et al. (2019) studied to find out disparate stock administration systems of assembling organizations in Pakistan to investigate the inventory management procedures functionally in the country. The problems of stock administration determined in this study are poor production schedule, spillover, stockout circumstance, high lead time and mishandling of records, it was determined that these parameters have significant influence on the effectiveness of inventory management system. Otchere et al. (2016)

examined the existing inventory management practices of a chosen company in Ghana. The study used interview administered questionnaire to collect data from staff of the company for keeping the stock always available. The survey revealed that, the company faced with serious long lead time challenges in ordering parts leading to cancellation of purchase orders, so losing customers.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Orthogonal Array Design

There are several related meanings of orthogonal concept in statistical and mathematical sense. Statistically speaking, two factors are orthogonal if they are statistically independent, a factor does not significantly affect the other factor in an experimental design. Therefore, orthogonal array avoids factors from being too complicated or redundant. The orthogonal design includes each of the level combinations (factor pairs) an equal number of times. For illustration, consider three factors A, B, and C, each has two levels 1 and 2 as shown in Table 1. It can be seen that the AB pairing (1, 1); (2, 1); (1, 2); and (2, 2) and other two pairings, AC and BC, have only one occurrence or repeating, at each level combination.

Table 1. Orthogonal Design

	Factor		
	A	B	C
Factor Levels	1	1	2
	2	1	1
	1	2	1
	2	2	2

In contrast, the non-orthogonal design does not contain factor level pairing the same number of times. For example, Table 2. displays AB level combinations; (1, 1); (2, 1); (1, 2); and (2,2). However, the other two pairings AC and BC, have a duplicated and missed level combinations. For AC, (1, 2); (2, 1); (1, 2); (2, 1); and the (2,2) combination is missing. For BC, (1, 2); (1, 1); (2, 1); (2, 1); and the (2, 2) combination is missing and (1,2) is redundant.

Table 2. Non-Orthogonal Design

	Factor		
	A	B	C
Factor Levels	1	1	2
	2	1	1
	1	2	1
	2	2	1

Therefore, the features provided by orthogonal design help the analyst in constructing effective experiments that can estimate each main effect and interaction independently. On the other hand, if the design is not orthogonal, either by plan or by accidental loss of data, the results and explanations may be misguided.

The name of the orthogonal array is well known to statisticians in designing optimal experiments that require complete or only a fraction (short duration) of all factorial combinations. An orthogonal array defines a balanced layout, that is the factor levels are weighted alike. Then each factor can be evaluated separately from all other factors, thus the influence of one factor does not impact the estimation of another factor.

Each column in an orthogonal array defines a specific factor that can have two or more levels. Each row represents a run that indicates the factor level combinations for the run.

An orthogonal array OA is denoted by (N.f.l.t). The parameters N, f, l, and t represent the number of runs (rows), the number of factors (columns), the number of levels, and strength of the design, respectively. For illustration, Table 3 shows an OA (8.7.2.2) which includes only 8 runs which represents a fraction of the full factorial design. On the other side, if a full factorial design were used, it would have $2^7 = 128$ runs, which consumes more costs, times, and efforts. It can be noticed that any 2 columns (factors) of the array of Table 3, for example the first (A) and the third (C), each of the factor level combinations 11, 12, 21, and 22 occurs exactly the same number of times (two in this case) and that represents the strength of the OA. In general, orthogonal array designs emphasis mostly on major effects. However, some of the arrays allow a few selected interactions to be studied. Orthogonal arrays are widely used in computer science, engineering, and business Gopalakrishnan & Stinson (2008) and Garcia-Diaz & Phillips (1995).

Table 3. Orthogonal Array (8.7.2.2)

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

3. RESULTS AND DISCUSSION

The method starts by the analyst for creating a choice design that defines the main factors for constructing the questionnaire. Each factor contains different levels or alternatives that properly define various choices provided by the factors. A number of factors’ alternatives construct the options. A group of possible options defines a choice set, and each set contains the choice of the questionnaires. After, the options are constructed, the total number of questions per respondent is defined based on different designs of orthogonal arrays (Sloane, 2007). For an illustration purpose, Figure 1 depicts the overall conceptual approach applied in this study.

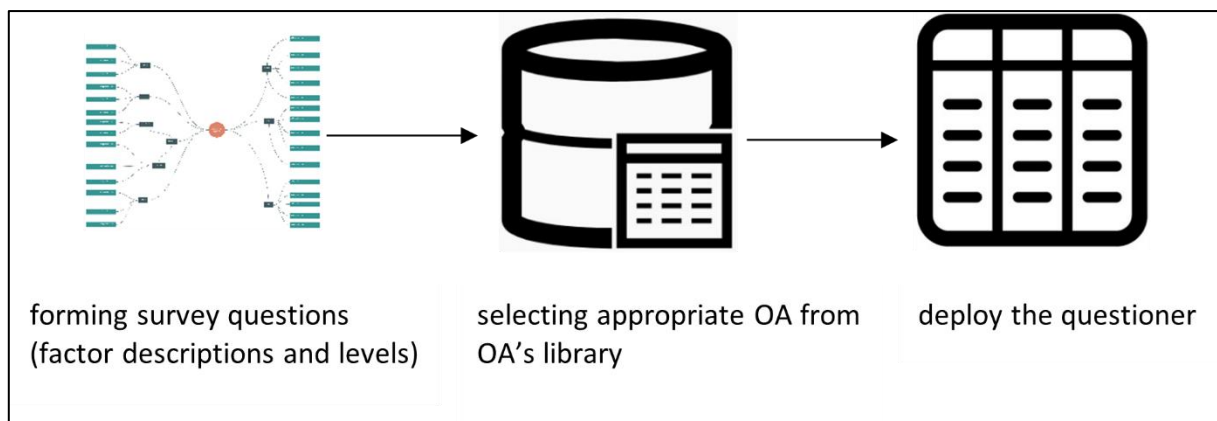


Figure 1. Overall Conceptual Approach

Any manufacturing or distribution company's success in today's interrelated fast global supply chain logistic environment is directly linked to the organization's degree of inventory accuracy. However, the effort and approach required to achieving inventory accuracy are often misunderstood and underestimated. Every year the inventory committee people in the Electricity Company count and record physical items in warehouses and comparing them with quantity in the system record; that is, the accuracy here is the percentage of matching between the physical quantities and the recorded quantities in the inventory's system, a traditional cycle counting procedures are scheduled with no accuracy concern. Moreover, no suggested tools for accuracy improvement are studied. The linked inventory systems become unreliable and uncertain, especially when that happens in a critical and vital sector like Electricity Company warehouses. The problems associated with the system unreliability affect the supply chains with many wrong purchasing orders created by the purchasing department for the causes of shortage materials. As a result, excess materials and high costs for the inventory will be.

One of various suggested solutions to the electricity company is to design a stated choice questionnaire for the purpose of exploring and analyzing a lot of information to improve the inventory accuracy from the groups of inventory engineers and workers with minimum number of questions. This application intends to study different alternatives influence improving inventory accuracy. There are eight factors of interest: layout of warehouse areas, material classification types, gate security, tracking material equipment, inventory system structure, material documentation method, material handling type, and storage design. Table 4 lists the factors and the associated levels to be considered in the study.

The proposed design for the survey is displayed in Figure 2 by the option or group of relevant factors that are suggested to improve inventory accuracy.

As shown in Table 4, the orthogonal fractional factorial OA (16,8,2,3) was selected from the orthogonal array's library Sloane (2007) that allows sixteen questions, as it can be observed from Table 5 below of the stated choice questionnaire, that each row of the design defines four options (A, B, C, D).

Table 4. Orthogonal array OA (16,8,2,3)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1	1	1	0
3	0	1	0	0	0	1	1	0
4	0	1	1	1	1	0	0	0
5	1	0	0	1	1	0	1	0
6	1	0	1	0	0	1	0	0
7	1	1	0	1	1	1	0	0
8	1	1	1	0	0	0	1	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	0	0	0	0	0	1
11	1	0	1	1	1	0	0	1
12	1	0	0	0	0	1	1	1
13	0	1	1	0	0	1	0	1
14	0	1	0	1	1	0	1	1
15	0	0	1	0	0	0	1	1
16	0	0	0	1	1	1	0	1

All questions asked to the same respondent are grouped as blocks. As presented in Table 5, the proposed stated choice design suggests two blocks, as appears in Table 5 with a dashed line separated between them, with eight questions each. Consequently, two respondents will be required to complete the questionnaire. This can be completed, for example, by circling one of the letters A, B, C, D for each row shown on the last column of the questionnaire of Table 5. The letters must be selected only once by each respondent. For example, respondent number 1 may select C, A, D, and B for rows 1,2,5 and 8, respectively. Therefore, redundancy of options is not allowed.

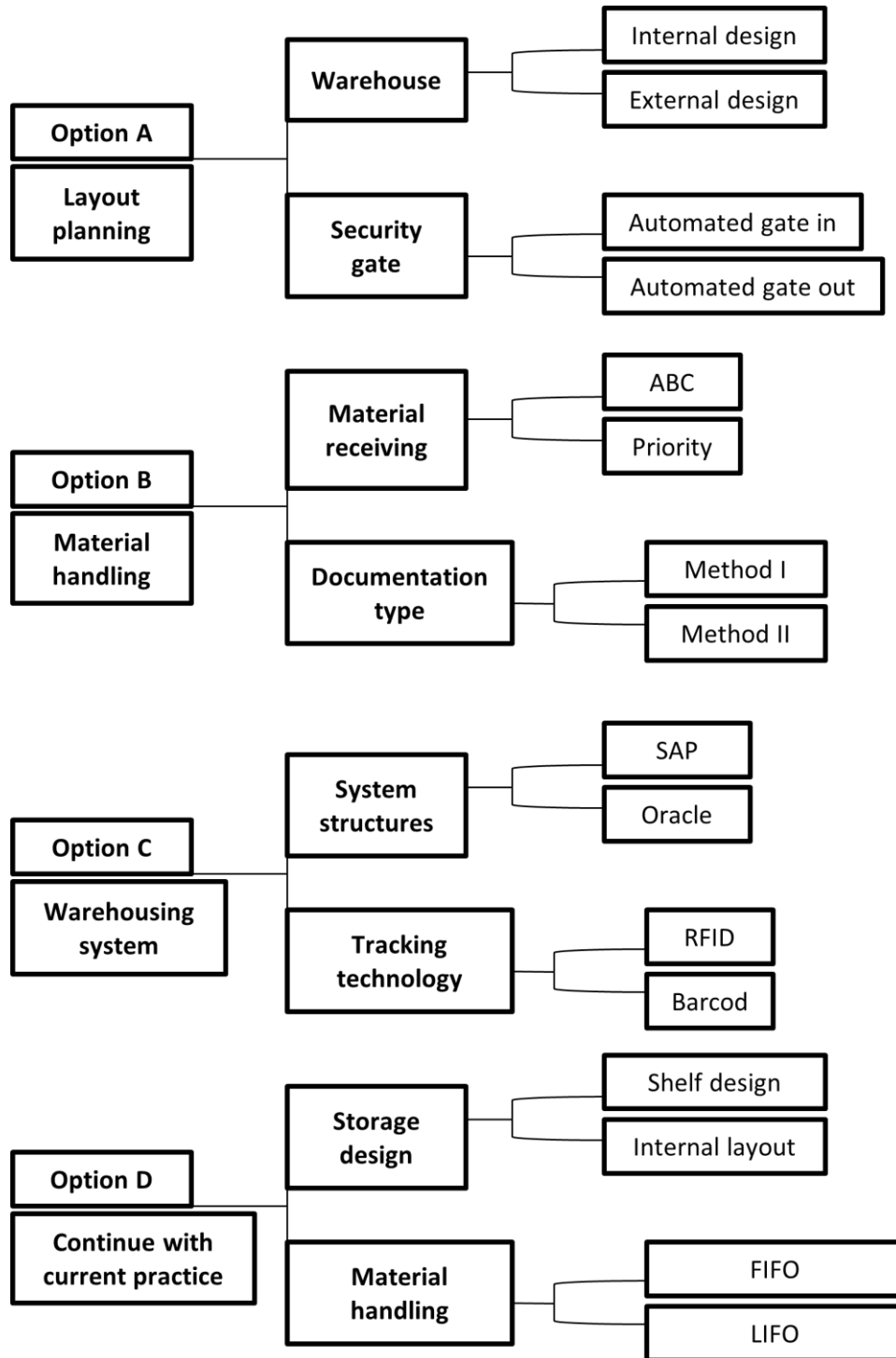


Figure 2. Factors and Levels that Affect in Improving the Inventory Accuracy

Table 5. Stated Choice Questionnaire for Improving Inventory Accuracy In Electricity Company Warehouses

Set	Option A		Option B		Option C		Option D		Circle Only One Option
	Warehouse Design	Security Gate	Material Receiving Method	Documentation Type	System Structure	Tracking Methodology	Storage Design	Material Handling	
1	Internal Design	Automated Gate In	ABC	Method I	SAP	RFID	Shelf Design	FIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
2	Internal Design	Automated Gate In	Priority	Method II	Oracle	Barcode	Internal Layout	FIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
3	Internal Design	Automated Gate Out	ABC	Method I	SAP	RFID	Internal Layout	FIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
4	Internal Design	Automated Gate Out	Priority	Method II	Oracle	Barcode	Shelf Design	FIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
5	External Design	Automated Gate In	ABC	Method II	Oracle	Barcode	Internal Layout	FIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
6	External Design	Automated Gate In	Priority	Method I	SAP	RFID	Shelf Design	FIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
7	External Design	Automated Gate Out	ABC	Method II	Oracle	Barcode	Shelf Design	FIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
8	External Design	Automated Gate Out	Priority	Method I	SAP	RFID	Internal Layout	FIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
9	External Design	Automated Gate Out	Priority	Method II	Oracle	Barcode	Internal Layout	LIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
10	External Design	Automated Gate Out	ABC	Method I	SAP	RFID	Shelf Design	LIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
11	External Design	Automated Gate In	Priority	Method II	Oracle	Barcode	Shelf Design	LIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
12	External Design	Automated Gate In	ABC	Method I	SAP	RFID	Internal Layout	LIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
13	Internal Design	Automated Gate Out	Priority	Method I	SAP	RFID	Shelf Design	LIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
14	Internal Design	Automated Gate Out	ABC	Method II	Oracle	Barcode	Internal Layout	LIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
15	Internal Design	Automated Gate In	Priority	Method I	SAP	RFID	Internal Layout	LIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>
16	Internal Design	Automated Gate In	ABC	Method II	Oracle	Barcode	Shelf Design	LIFO	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>

4. CONCLUSION

This paper presents the process of conducting orthogonal arrays to construct a stated-choice factorial survey. Since the quality of the data gathering relies solely on the quality of questionnaire constructed and written questions, applying the stated choice survey is intended to effectively gather the information that helps improve the inventory accuracy in an electricity company warehouse. From a pool of several factors, eight factors with two levels are selected to improve the accuracy problem. Four options that combine relevant factors in sixteen sets of multiple choices are considered in the stated-choice factorial survey. The inventory's engineers and workers will be targeted for data collection with more information with a minimum number of questions and saving efforts, time, and costs of collecting the data. There are several issues needed to consider in designing a stated-choice factorial survey. For instance, how far factor levels can deviate from the current knowledge of the respondent and the order of presenting the questions.

ACKNOWLEDGMENTS

The author would also like to acknowledge that this work is not funded by any organization.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(4), 433-459. doi:[10.1002/wics.101](https://doi.org/10.1002/wics.101)
- Ambreen, N., Khan, S., & Fatima, U. (2019). A Survey on Contemporary Inventory Techniques and Problems Faced By Manufacturing Organizations in Pakistan. In: Proceedings of 2019 IEEE 10th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT) (pp. 157-160). IEEE. doi:[10.1109/ICMIMT.2019.8712008](https://doi.org/10.1109/ICMIMT.2019.8712008)
- Bagozzi, R. P. (2011). Measurement and meaning in information systems and organizational research: Methodological and philosophical foundations. *MIS Quarterly*, 35(2), 261-292. doi:[10.2307/23044044](https://doi.org/10.2307/23044044)
- Boyes, A., Girgis, A., & Lecathelinis, C. (2009). Brief assessment of adult cancer patients' perceived needs: development and validation of the 34-item Supportive Care Needs Survey (SCNS-SF34). *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 15(4), 602-606. doi:[10.1111/j.1365-2753.2008.01057.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2008.01057.x)
- Brosnan, K., Grün, B., & Dolnicar, S. (2018). Identifying superfluous survey items. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 43, 39-45. doi:[10.1016/j.jretconser.2018.02.007](https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2018.02.007)
- Cervellera, C., Wen, A., & Chen, V. C. P. (2007). Neural network and regression spline value function approximations for stochastic dynamic programming. *Computers & Operations Research*, 34(1), 70-90. doi:[10.1016/j.cor.2005.02.043](https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.02.043)
- Dolnicar, S. (2013). Asking good survey questions. *Journal of Travel Research*, 52(5), 551-574. doi:[10.1177/0047287513479842](https://doi.org/10.1177/0047287513479842)
- Fan, W., & Yan, Z. (2010). Factors affecting response rates of the web survey: A systematic review. *Computers in Human Behavior*, 26(2), 132-139. doi:[10.1016/j.chb.2009.10.015](https://doi.org/10.1016/j.chb.2009.10.015)
- Garcia-Diaz, A., & Phillips, D. T. (1995). Principles of experimental design and analysis. Springer.
- Gopalakrishnan, K., & Stinson, D. R. (2006). Applications of orthogonal arrays to computer science. In: Proc. of ICDM (pp. 149-164).
- Ho, W., & Ma, X. (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 267(2), 399-414. doi:[10.1016/j.ejor.2017.09.007](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.09.007)
- Hoerger, M. (2010). Participant dropout as a function of survey length in Internet-mediated university studies: Implications for study design and voluntary participation in psychological research. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 13(6), 697-700. doi:[10.1089/cyber.2009.0445](https://doi.org/10.1089/cyber.2009.0445)

- Kolenikov, S. (2010). Resampling variance estimation for complex survey data. *The Stata Journal*, 10(2), 165-199. doi:[10.1177/1536867X1001000201](https://doi.org/10.1177/1536867X1001000201)
- Liao, H., Xu, Z., & Zeng, X. J. (2015). Hesitant fuzzy linguistic VIKOR method and its application in qualitative multiple criteria decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 23(5), 1343-1355. doi:[10.1109/TFUZZ.2014.2360556](https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2014.2360556)
- Meimand, S. E., Khalifah, Z., Zavadskas, E. K., Mardani, A., Najafipour, A. A., & Ahmad, U. N. U. (2017). Residents' attitude toward tourism development: A sociocultural perspective. *Sustainability*, 9(7), 1170. doi:[10.3390/su9071170](https://doi.org/10.3390/su9071170)
- Mi, X., Li, J., Liao, H., Kazimieras Zavadskas, E., Al-Barakati, A., Barnawi, A., & Herrera-Viedma, E. (2019). Hospitality brand management by a score-based q-rung ortho pair fuzzy VIKOR method integrated with the best worst method. *Economic Research*, 32(1), 3266-3295. doi:[10.1080/1331677X.2019.1658533](https://doi.org/10.1080/1331677X.2019.1658533)
- Otchere, A. F., Adzimah, E. D., & Aikens, I. (2016). Assessing the inventory management practices in a selected company in Ghana. *International Journal of Development and Sustainability*, 5(3), 105-19, ISDS Article ID: IJDS14122701
- Sloane, N. J. A. (2007) "A Library of Orthogonal Arrays" <http://neilsloane.com/oadir/>
- Verma, R., & Thompson, G. M. (1996). Basing service management on customer determinants: the importance of hot pizza. *The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 37(3), 18-23. doi:[10.1016/0010-8804\(96\)86809-1](https://doi.org/10.1016/0010-8804(96)86809-1)
- Vetschera, R. (2017). Deriving rankings from incomplete preference information: A comparison of different approaches. *European Journal of Operational Research*, 258(1), 244-253. doi:[10.1016/j.ejor.2016.08.031](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.08.031)
- Yager, R. R. (2017). Generalized orthopair fuzzy sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 25(5), 1222-1230. doi:[10.1109/TFUZZ.2016.2604005](https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2016.2604005)



Computation of Aerodynamic Load(s) Induced Stresses on Horizontal Axis Wind Turbine Rotor Blade with Distinct Configurations

Ekom Mike ETUK¹, Emem Okon IKPE², Aniekan Essienubong IKPE^{3*}

¹University of Benin, Department of Production Engineering, Benin City, PMB 1154, Nigeria

²Akwa Ibom State Polytechnic, Department of Science Technology, Ikot Osurua, PMB 1200, Nigeria

³University of Benin, Department of Mechanical Engineering, Benin City, PMB 1154, Nigeria.

Keywords	Abstract
Wind Turbine	The kinetics of wind turbine blade operation in a wind field domain is complex, as rotor blades in attempt to overcome the aerodynamic loads (drag and wake) counteracting the motion of the blade undergo deflections due to induced stresses. In this study, blade tip deflections and induced stresses on NACA 4610 horizontal wind turbine airfoil were investigated at different wind speeds for three (3) different blade configurations (hollow with spar, hollow no spar and solid configuration), to determine rotor configuration with optimum service performance. Using QBlade v0.8, aerodynamic load induced stresses were computed for normal and tangential loads at wind speeds of 2, 4, 6 and 8 m/s for three horizontal axis wind turbine rotor blade configurations namely: hollow with spar, hollow no spar and the solid configuration. The blade tip deflections as well as the resultant fatigue stress for both x and z axis at wind speeds of 2, 4 6 and 8 m/s were observed to increase proportionately with the wind speeds. Within a wind speed of 2-8 m/s, tip deflections increased from 5.8203e-03 to 0.2873 mm and 0.5700 to 1.7347 mm on the x and z axis, while the resultant fatigue stresses also increased from 2.77 to 8.19 MPa for the hollow blade configured with spar. The tip deflections also increased from 5.86483e-03 to 0.2971 mm and 0.589 to 1.7900 mm on the x and z axis with resultant fatigue stresses from 2.88 to 8.54 MPa for hollow blade configured with no spar. Similarly for the solid blade configuration at wind speed of 2-8 m/s, the tip deflections increased from 3.530097e-03 to 0.180601 mm and 0.363439 to 1.09563 mm with resultant fatigue stresses also increasing from 1.91 to 5.55 MPa. Maximum von-Mises stresses recorded along the blade radius occurred at the mid-section (1.2 m), and were 5554030, 81898880 and 8536480 Pa for solid, hollow with spar and hollow with no spar. The solid blade configuration produced the lowest blade tip deflections, fatigue stresses and von-Mises stresses, indicating that it has a higher load bearing capacity than hollow blade with spar and hollow blade with no spar.
Spar	
Tip Deflection	
von-Mises Stress	
Blade Configurations	
Aerodynamic Loads	

Cite

Etuk, E. M., Ikpe, E. O., & Ikpe, A. E. (2021). Computation of Aerodynamic Load(s) Induced Stresses on Horizontal Axis Wind Turbine Rotor Blade with Distinct Configurations. *GU J Sci, Part A, 8(3)*, 327-338.

Author ID (ORCID Number)

E. M. Etuk, 0000-0002-1866-9349
 E. O. Ikpe, 0000-0001-8093-9904
 A. E. Ikpe, 0000-0001-9069-9676

Article Process

Submission Date 07.07.2021
Revision Date 14.07.2021
Accepted Date 29.07.2021
Published Date 29.07.2021

1. INTRODUCTION

The wind speed in Nigeria varies from 2 m/s to 9.5 m/s, making Nigeria one of the countries in the world with low wind speed (Oyewole & Aro, 2018). For aerodynamic purpose, rotor blade materials such as the wind turbine must possess high fatigue strength, stiffness and low density for optimum performance (Ikpe et al., 2016), even in low wind speed regions. El Khchine et al. (2019) demonstrated that horizontal wind turbine can function in low wind speed regions compared to the vertical axis wind turbine. Wind turbine rotor blades are subjected to high fatigue cycle and vibrational frequency that can expose the blades to failure during rotation if proper monitoring and control devices are not installed. In addition, it is subjected to a wide range of loads such as flapping, tension and compression, twisting etc. all induced by the rotational movement and variable

*Corresponding Author, e-mail: aniekan.ikpe@eng.uniben.edu

aerodynamic loads (Hogg, 2010). Lee et al. (2015) conducted an experiment on the downtime and maintenance cost of a wind turbine, and found that, the rotor blade incurs 30% of the total cost and as well contribute to 34% of the wind turbine downtime. Sutherland (2000) placed more emphasis on glass fibre as a better wind turbine blade material due to its high-strength-to-weight ratio, high stiffness and its ability to adjust to the in-service loading condition of the rotor blade. Okokpujie et al. (2020) employed AHP and TOPSIS multi-criteria decision method in the selection of four (4) suitable horizontal wind turbine blade materials. Performance scores for these materials via TOPSIS techniques were: 78% for aluminium alloy, 43% for stainless steel, 67% for glass fibre and 25% for mild steel, indicating aluminium alloy as the most suitable, followed by glass fibre. Etuk et al. (2020) examined the normal, radial, axial and tangential loading cycles undergone by wind turbine rotor blades and their effects on the displacement of the blade structure using QBlade finite element sub module. Geometry of the deformed blades were characterized by twisting and bending configuration at maximum strain deformation at frequencies up to 200 Hz. From the deflection values obtained, it was found that normal loading cycle would cause the highest level of structural damage on the rotor blade followed by radial, axial and tangential loading. In this study, induced stresses and tip deflection caused by aerodynamic loads were investigated on three (3) wind turbine rotor blade configuration to determine the optimum configuration for best performance.

2. MATERIAL AND METHOD

This Study was carried out using three horizontal wind turbine blade configurations as shown in Figure 1. The loading data was imported from a previously simulated turbine that uses the same rotor. For the structural blade design module, a simple structural model for the blade was defined inside the Structural Blade Design and Analysis tab in QBlade v0.8. The model was defined and simulated using isotropic material properties only. After defining the structural model and the Save button was clicked, the sectional blade properties were automatically computed. Static loading simulation was set up from the Static Loading/Deflection tab where the blade tip deflections as well as the resultant fatigue stress for both x and z axis of the blade were computed for the three (3) blade configurations (hollow with spar, hollow no spar and the solid configuration) at various windspeeds (2, 4, 6 and 8 m/s). After clicking the Save button, the static deflection and blade surface stresses (von Mises) were computed and displayed in the 3D Views. At this stage, the structural properties as well as the results of the loading simulation were plotted in graphs, by changing to Graph View in the toolbar.

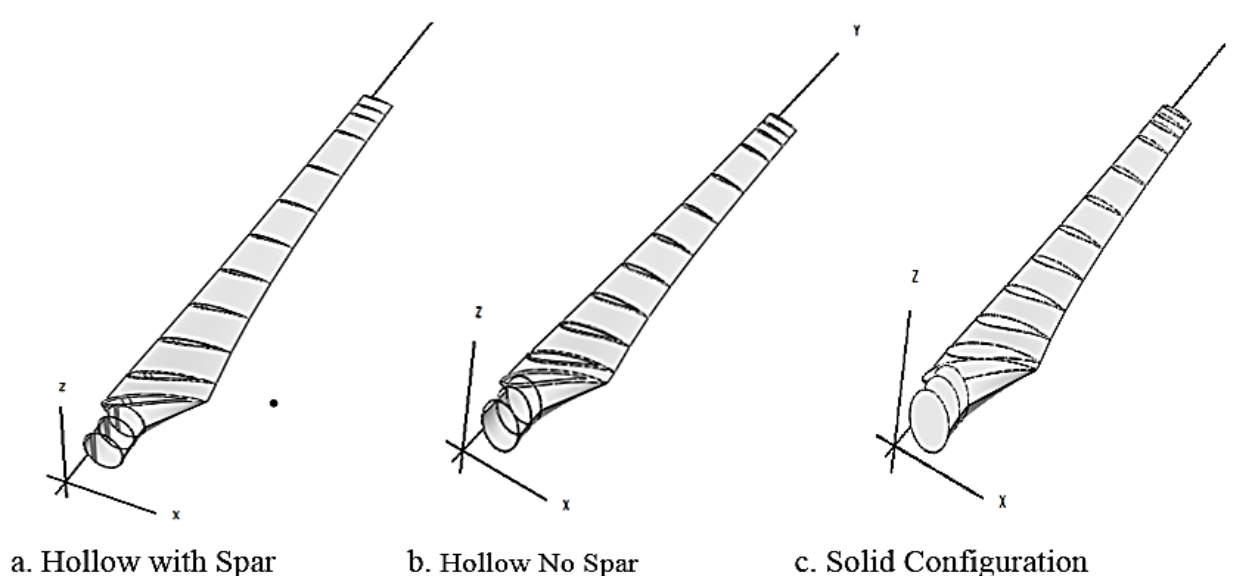


Figure 1. Illustration of the Rotor Blade Section, a) Hollow with Spar, b) Hollow No Spar, c) Solid Configuration

Figure 1 represents typical rotor blade configurations for horizontal wind turbine application. It can be observed in the above rotor blade configurations that some blades are configured with a hollow pattern reinforced with spar, some are configured with just a hollow pattern with no spar while some are configured without spar and hollow pattern. The hollow pattern is simply a configuration in which a centre hole or trench

is made at the mid-section of the blade. This is sometimes applicable to high density rotor blades where the mid-section are made hollow in order to reduce the blade density. In such case, the trench can extend fully or partially along the length (i.e., span-wise direction) of the blade.

The term “spar” is a beam-like structural member that supports the ribs in an airfoil, aircraft wing or wind rotor blades, and running span-wise at right angles to the blade leading edge. In other words, spars which serves as a reinforcing members of a wind turbine rotor blade increases the structural strength and stiffness of the blade to prevent tower strikes in the event of sudden wind gusts, forms the structural framework upon which reduction in axial fatigue, improvement of compressive strain, buckling resistance as well as resistance to gravitational and aerodynamic loads are well assured. Spars are usually “L or T” shaped member installed within the hollow section of the rotor blade. It consist of upper and lower members known as spar caps and vertical sheet members known as shear webs that span the distance between the spar caps of which the spar caps are welded or riveted to the top and bottom of the vertical member to prevent buckling.

The third rotor blade configuration as shown in Figure 1 is the solid configuration which neither has spars nor hole in the mid-section of the blade. The solid blade in this case is densely rigid with no internal holds, solid in cross section with both interior and exterior part uniformly filled with the same material. Like every other rotor blades, the leading and trailing edges are properly streamlined to meet aerodynamic specifications for wind turbine rotor blades. Material and blade properties of the wind turbine rotor blade are presented in Table 1.

Table 1. Material Properties of the 6000 Series Aluminium Rotor Blade

Properties	Shell Material specifications	Internal Material specifications
	6000 Series Aluminium	Polyurethane 20GF 6SD
Density (kg/m ³)	2740	1360
Elastic Modulus (MPa)	7e+04	1.72e+03
Mass (kg)	Hollow with Spar: 13.2465 Hollow no Spar: 12.1003 solid: 31.535	
Section No.	Rotational Speed	119(1/min)
	Shell Thickness (m)	Spar Thickness (m)
1	0.00320	0.01280
2	0.0030	0.01200
3	0.0030	0.01200
4	0.00961	0.03844
5	0.00773	0.03092
6	0.00606	0.02423
7	0.00495	0.01981
8	0.00418	0.01671
9	0.00361	0.01444
10	0.00317	0.01269
11	0.00283	0.01132
12	0.00255	0.01021
13	0.00243	0.00974
14	0.00238	0.00952
15	0.00233	0.00930

QBlade is a Blade Element Moment Method (BEM), Double Multiple Streamtube (DMS) and nonlinear lifting line theory (LLT) design and simulation software for vertical and horizontal axis wind turbine. QBlade incorporates a number of tools such as QFEM to setup and simulate the internal blade structure and perform structural blade design, modal analysis, static deflection as well as stress analysis. QBlade v0.8 was employed in the computation of aerodynamic load(s) acting tangentially and normally along the blade length for different blade configurations and using Finite Element Method (FEM) to evaluate the induced stresses and tip deflections at x, y and z axis. This was done in order to determine the most suitable blade configuration that can withstand structural failure due to aerodynamic loads/forces from the wind. The respective chord lengths and angle of twist of each section is shown in Figure 2. The total length of the blade was 2.2m, total number of sections was 15 while the number of blades employed in the simulation process was 3. The blade was divided into 15 sections the first three sections had the circular foil applied at the blade section while the remaining 12 sections had NACA 4610 airfoil applied on them. The blade geometry/root coordinates is presented in Figure 2. Loading data was imported from a previously simulated turbine that uses the same rotor. In the structural blade design module, a simple structural model was defined for the rotor blade inside the Structural Blade Design/Modal Analysis tab. The model was defined and simulated using isotropic material properties only.

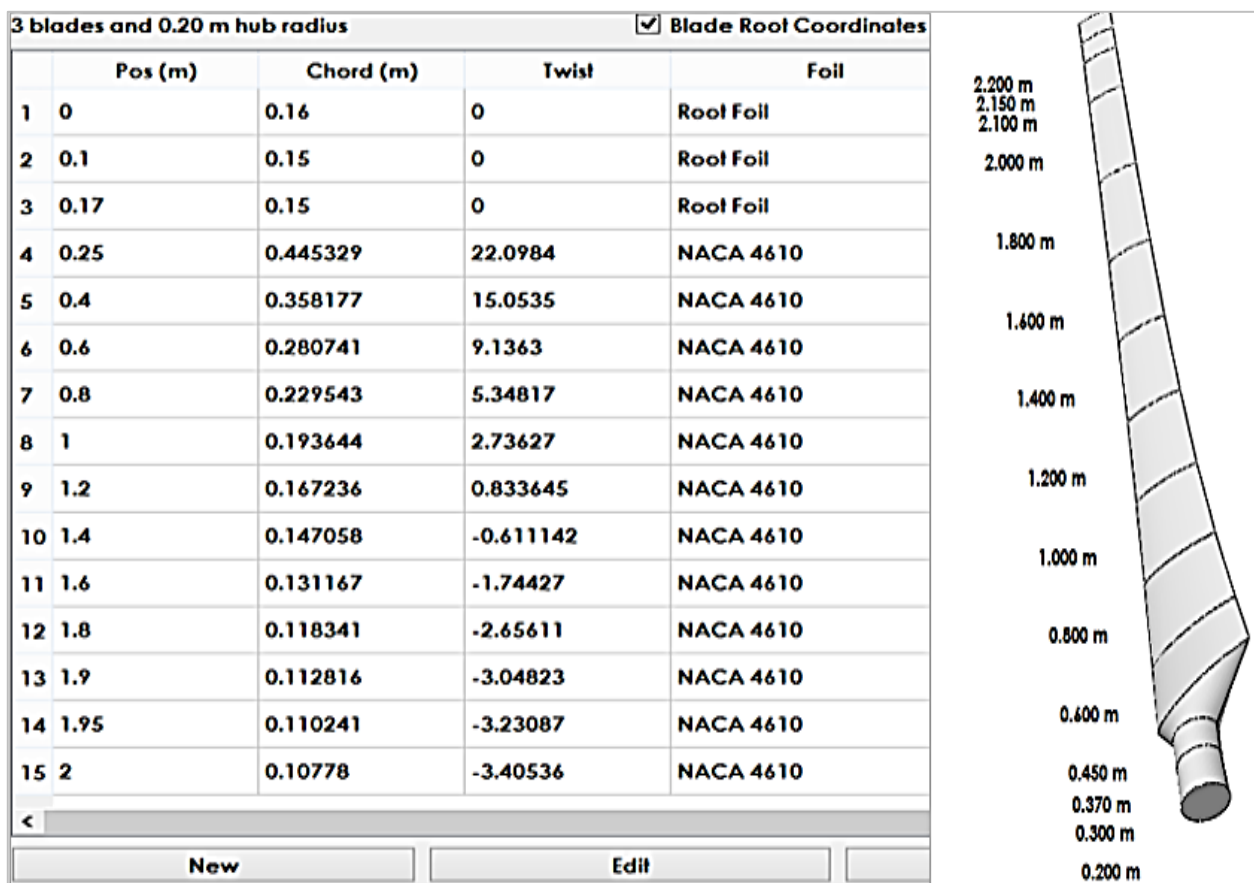


Figure 2. Blade Geometry/Root Coordinates

3. RESULTS AND DISCUSSION

When the direction of wind flows along a cambered airfoil/wind rotor blade which has some degree of curvature, the wind velocity and acceleration continues to change along the blade radius, producing aerodynamic forces that acts on the blade as the wind speed changes. Two (2) components of force can be taken at any given point on the curved blade. One component of force is normal to the tangent or towards the centre of curvature of the rotor blade. This component is known as the normal force acting at that point. Normal loading or forces are those forces acting perpendicularly to the direction of motion. In other words, normal component of force does not change the magnitude of the flow velocity, but changes the direction of velocity at that point. Values obtained for normal loading acting along the turbine rotor blade length at different wind

speeds are graphically represented in Figure 3. The plot indicates that the normal loads increase as the wind speed and the blade length increases

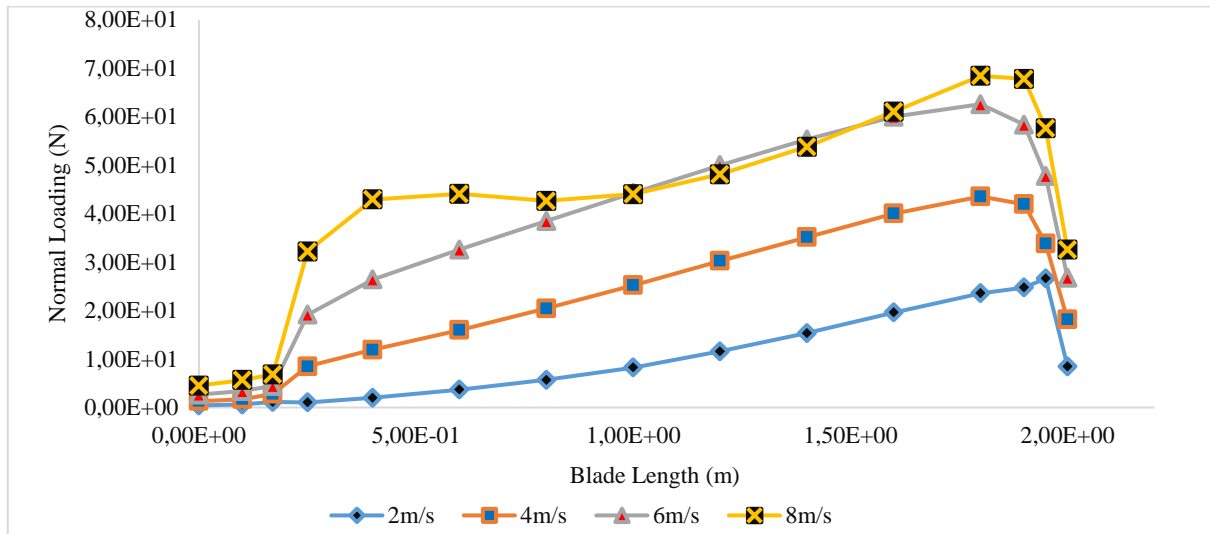


Figure 3. Plot of Normal Loading (N) Acting along Blade Length

The other component of force is in the direction of tangent to the blade at a given point. This component is known as the tangential force acting at that point. Tangential loading or forces are those forces acting along the direction of motion. In other words, the said tangential force does not change the direction of motion but changes the velocity magnitude. Values obtained for tangential loading acting along the turbine rotor blade length at different wind speeds are graphically represented in Figure 4. The plot indicates that the tangential loads increase as the wind speed and the blade length increases. This is because the trailing edge of the blade towards the tip becomes narrower and more streamlined, as such overcomes drag and wake forces easily at higher wind speeds.

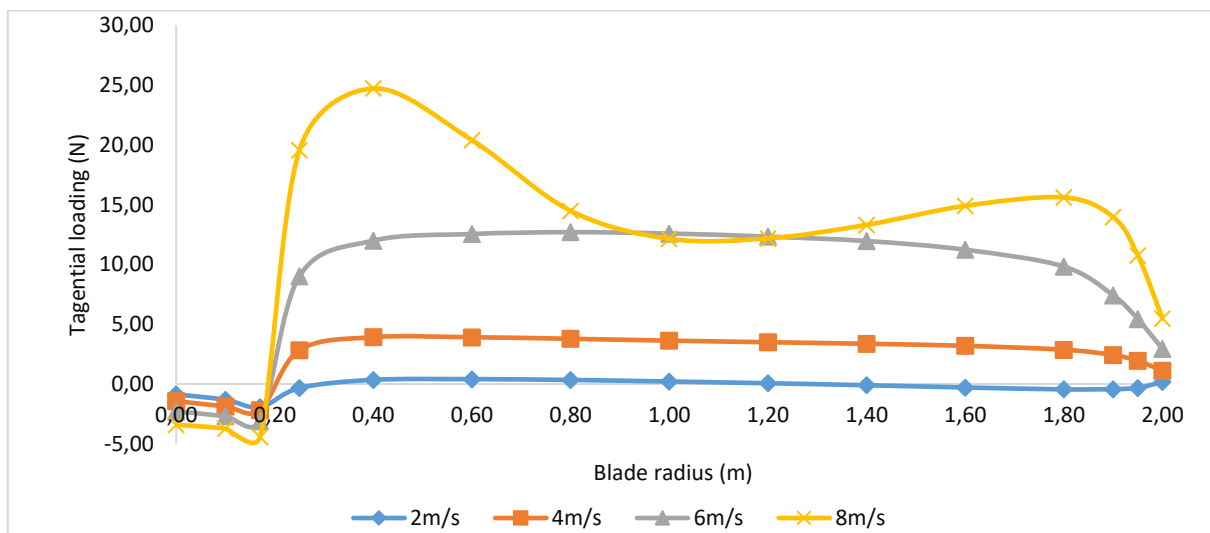


Figure 4. Plot of Tangential Loading on Blade Length at Different Wind speeds

3.1. Deflection and Fatigue Results for Hollow with Spar

Figure 5 indicate the stresses and tip deflections along x and z axis of the rotor blade at wind speeds of 2, 4, 6 and 8m/s respectively for hollow blade with spar. Some level of curiosity may be arouse as to why the tip deflection was determined for only x and z axis without considering the y axis. As presented in the blade configurations in Figure 1, y-axis is towards the direction of the blade length and it is not possible for the blade to elongate in that direction because it is constrained not to. As discussed earlier in Figure 1, the blade configuration with hole and spar is designed as a reinforcement for the blade to withstand more aerodynamic

loads than the hollow blade without spar. Ikpe et al. (2017a) suggested that engineering components subjected to high or low loading conditions be reinforced for adequate stiffness, fracture toughness and yield strength at critical operating conditions. The simulation for the hollow blade configured with spar in this case was carried out at a wind speed of 2m/s, 4m/s, 6m/s and 8m/s and the corresponding tip deflections on the x-axis were 5.8203e-3, 7.56706e-02, 0.212186 and 0.2873 mm while the corresponding tip deflections on the z-axis were 0.5700, 1.08238, 1.61323 and 1.7347 mm as shown in Figure 5. The resultant fatigue stresses of 2.77, 5.00, 7.28 and 8.19 MPa for the same set of wind speeds as shown in Figure 5. From the aforementioned set of results obtained for hollow blade with spar, it is obvious that an increase in the tip deflection of both x and z-axis of the rotor blade led to increase in the resultant fatigue stress for each wind speed that the blade operates under.

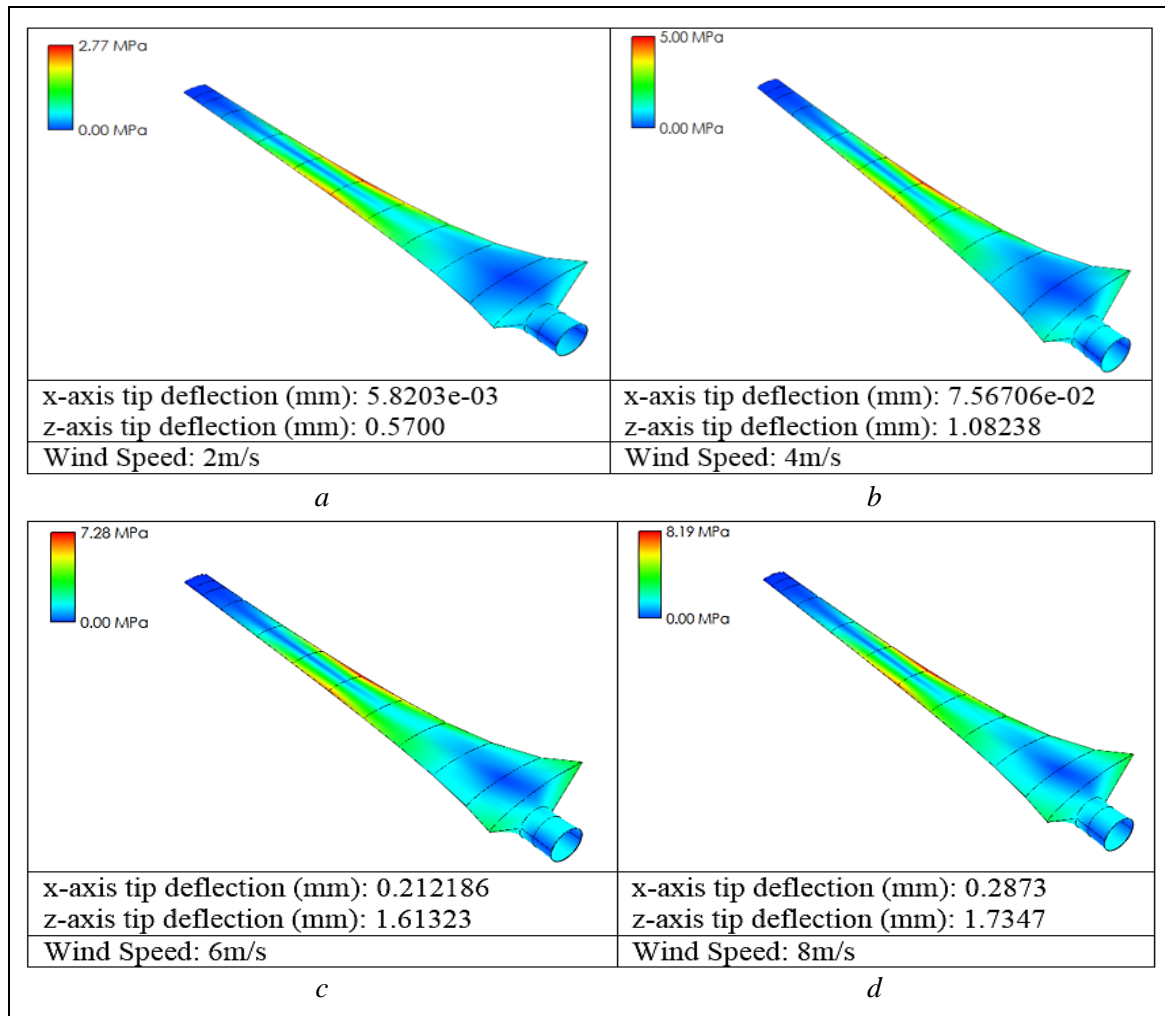


Figure 5. *x* and *z*-axis Tip Deflection at Wind Speed of *a*) 2m/s, *b*) 4m/s, *c*) 6m/s, *d*) 8m/s

3.2. Deflection and Fatigue for Hollow Blade No Spar

Figure 6 indicate the stresses and tip deflections along *x* and *z* axis of the rotor blade at wind speeds of 2, 4, 6 and 8m/s respectively for hollow blade with no spar. As discussed earlier in Figure 1, such blade configuration may have limitations due the internal hole which may serve as a vacuum/voids that prevents the blade to perform optimally or maintain its structural integrity in events of high impact loads on them. Furthermore, such blade configuration may also fail to meet its design life due stress fatigue which can envelope around the hollow region and eventually give way due to lack of reinforcement with spars to enable it withstand high impact loads of prolong fatigue cycles at extreme operating conditions. The simulation for the hollow blade configured with no spar was carried out at similar wind speeds of 2, 4, 6 and 8m/s, and the corresponding tip deflections on the *x*-axis were 5.86483e-3, 7.806e-02, 0.21957 and 0.2971 mm while the corresponding tip deflections on the *z*-axis were 0.589, 1.11707, 1.66475 and 1.7900 mm as presented in Figure 6. The resultant

fatigue stresses of 2.88, 5.21, 7.59 and 8.54 MPa for the same set of wind speeds as presented in Figure 6. From the aforementioned set of results obtained for hollow blade with no spar, the trend of the tip deflection values for both x and z-axis of the rotor blade increases proportionately with the wind speed and this subsequently led to increase in the resultant fatigue stress for each wind speed as was in the previous case of hollow blade configuration with spar. From the two scenarios, blade tip deflection in both axis as well as the resultant fatigue stresses for hollow blade configuration with spar were lower than hollow blade configuration with no spar, indicating that hollow blade with spar may provide a higher structural strength than hollow blade with no spar.

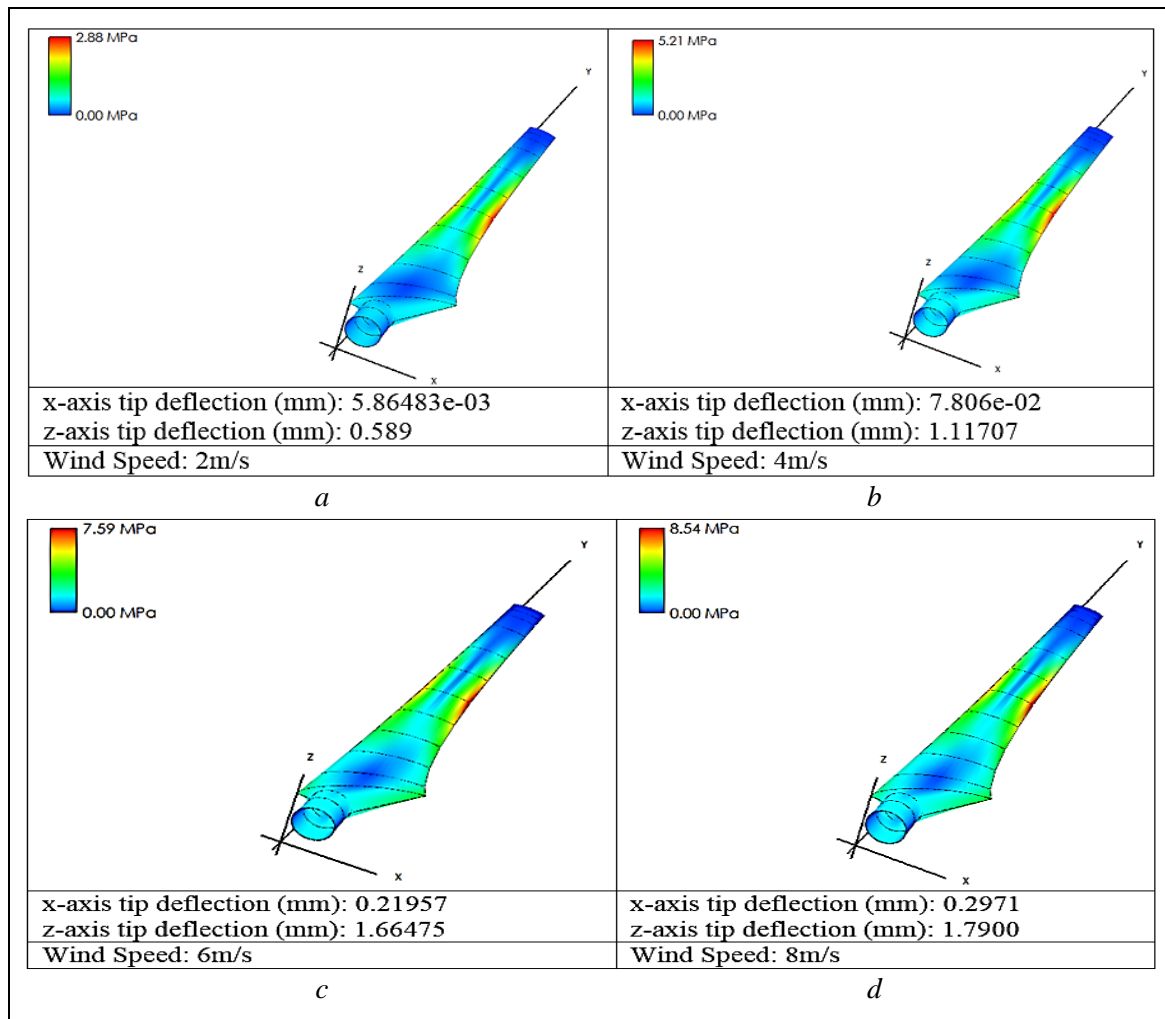


Figure 6. x and z-axis Tip Deflection at Wind Speed of a) 2m/s, b) 4m/s, c) 6m/s, d) 8m/s

3.3. Deflection and Fatigue for Solid Blade

Figure 7 indicate the stresses and tip deflections along x and z axis of the rotor blade at wind speeds of 2, 4, 6 and 8m/s respectively for solid blade configuration. The simulation for the solid blade configured with no spar and no hole at the internal mid-section was carried out at similar wind speeds of 2, 4, 6 and 8m/s, and the corresponding tip deflections on the x-axis were 3.53097e-03, 4.728e-02, 0.133085 and 0.180601 mm while the corresponding tip deflections on the z-axis were 0.363439, 0.685309, 1.01855 and 1.09563 mm as shown in Figure 7. The resultant fatigue stresses of 1.91, 3.41, 4.92 and 5.55 MPa for the same set of wind speeds as shown in Figure 7. From the aforementioned set of results obtained for the solid blade configuration in this study, the trend of tip deflection values for both x and z-axis of the rotor blade increases as the wind speed also increase and this also influenced the resultant fatigue stress for each wind speed, as it also increased. Results of the simulation carried out on the solid blade configuration resulted in lower tip deflection for both axis as well as the resultant fatigue stresses than the blade tip deflections and resultant fatigue stresses obtained for

hollow blade with and without spar. This implies that solid rotor blade in wind turbine application can offer a higher structural strength and less possibility of failure in its service condition.

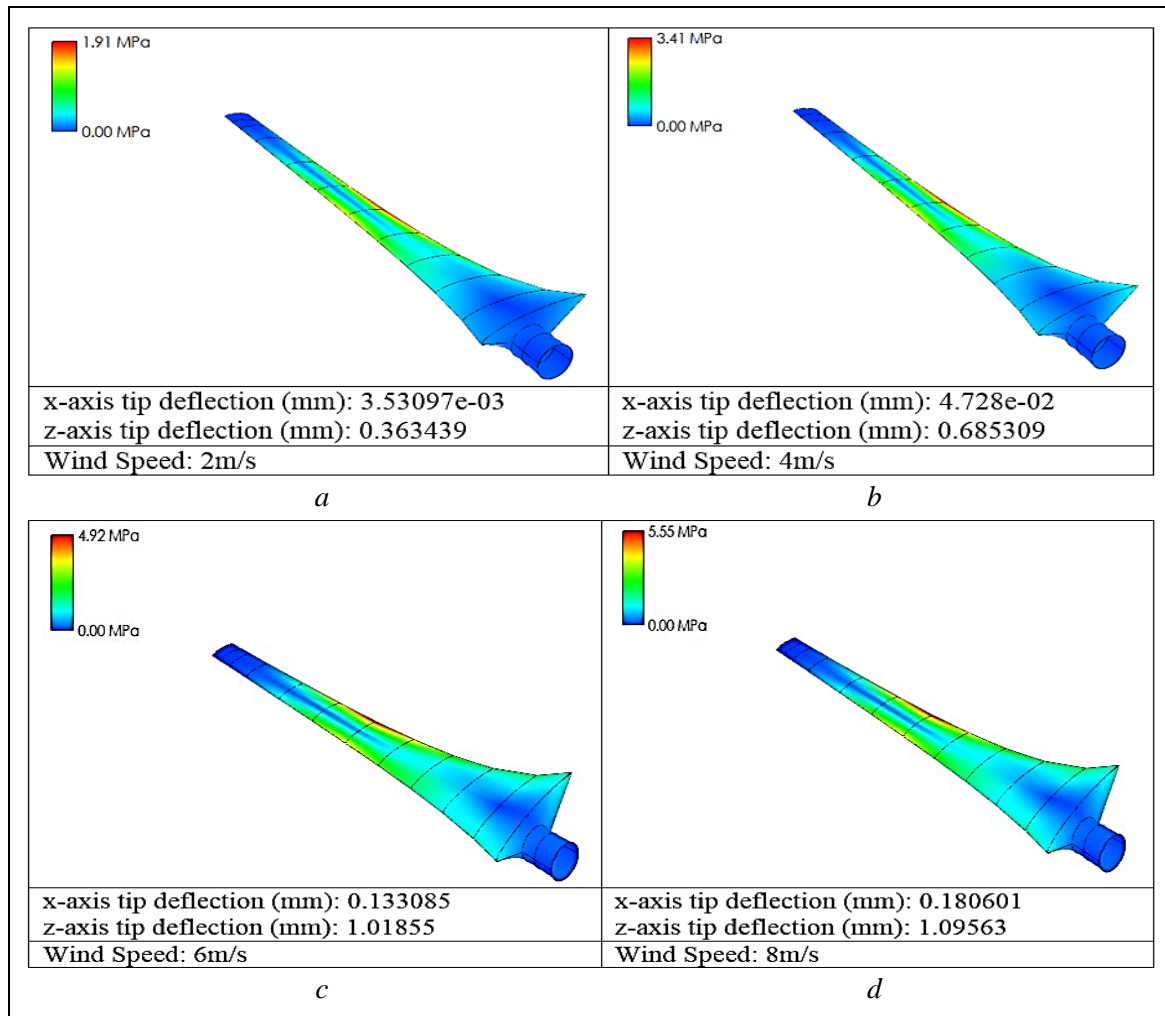


Figure 7. *x* and *z*-axis Tip Deflection at Wind Speed of **a)** 2m/s, **b)** 4m/s, **c)** 6m/s, **d)** 8m/s

From the colour distribution patterns on the simulated blade configuration shown in Figures 5-7, red colour indicates the area with the highest fatigue stress concentration on the rotor blade, royal blue indicates the minimum fatigue stress on the blade or the state in which the blade is not subjected to fatigue loads, sky blue indicates the state at which the blade begins to respond to stress due to fatigue cycles, aqua (SVG) blue indicates further responses of the blade material to fatigue stresses lower than those signified by sky blue (Owunna et al., 2018). The light green, yellow and orange colour profiles signifies fatigue stresses higher than those signified by the blue colour profile but lower than those signified by red colour profile. From the rotor blade simulation profiles represented in Figure 5-7, highest fatigue stresses is observed to occur at the mid-section of the blade for each wind speed. This indicates that the rotor blade is prone to failure at a much higher fatigue stress value in its mid-section. Fatigue stress in this context occurs when the rotor blade undergoes cyclic repeated load which may translate into cracks depending on the extent of initial damage and the cyclic loads afterwards. From the standpoint of fracture mechanics, the initial damage may occur on the blade material after its properties have been depleted due to exposure to its in-service loading conditions. During a large number of loading cycles, the damage develops on a microscopic level and grows until a microscopic crack is formed. The microscopic crack grows further as the loading cycle progresses until it reaches a critical length where the cracked blade material can no longer sustain the peak load and fails. Such a failure depends on whether the material is ductile or brittle as well as the degree of peak load. The aforementioned discussions on the three blade configurations simulated in this study is further buttressed in the graphical representation of rotor blade tip deflections shown in Figures 8-9 which clearly reveals that the blade tip deflection increases as the wind speed increase.

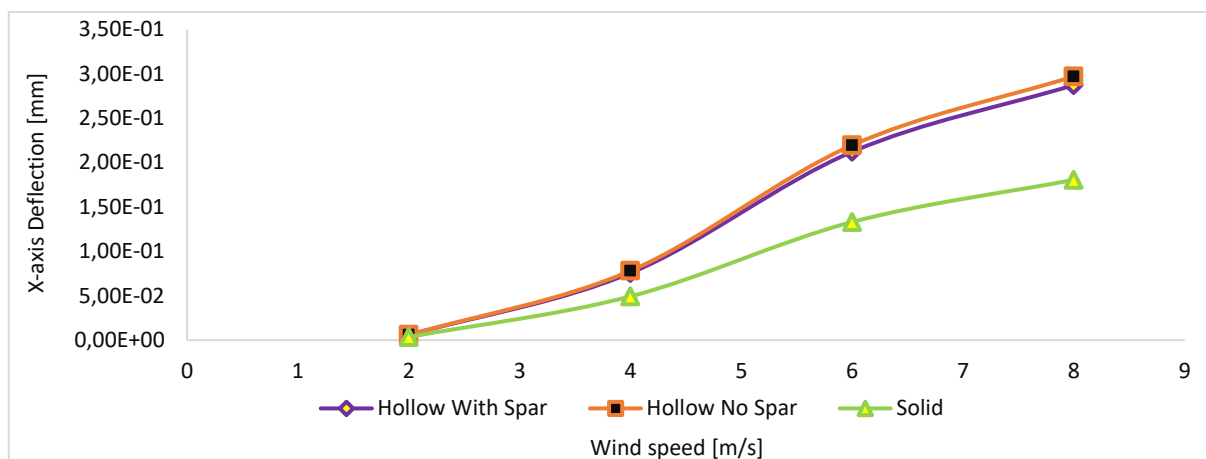


Figure 8. Plot of X-axis Tip Deflection against Wind speed for Various Blade Types

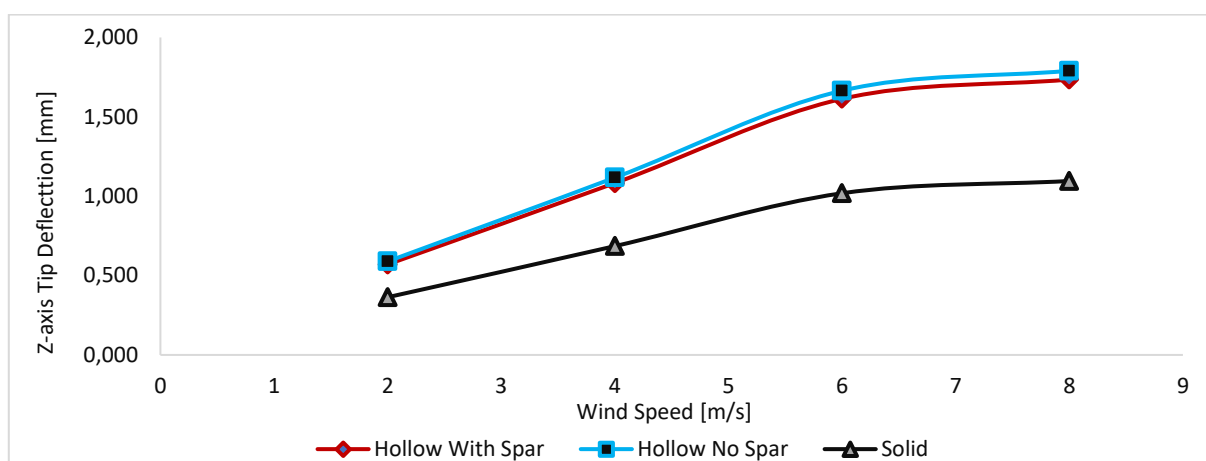


Figure 9. Plot of Z-axis Tip Deflection against Wind speed for Various Blade Types

3.4. von-Mises Stress Results for Blade Configurations

The von-Mises yield criterion also known as maximum distortion criterion relates to plasticity theory which states that yielding begin in ductile materials (such as 6000 Series Aluminium used in this study) when the second invariant of deviatoric stress attains a critical value (Ikpe et al., 2017b; Owunna & Ikpe, 2019). It can also be employed in predicting yielding of a material under variable loads. Under such condition, the material is considered to have started yielding when the von-Mises stress is close to or reaches the yield strength of the material and considered to have failed when the von-Mises stress exceeds the material yield strength (Efe-Ononeme et al., 2018). However, if the von-mises stress value is much less than the material's yield strength, it can be considered that the material still has the strength to withstand additional forces/loads before failure. This relates to the theory behind elasticity of materials which state that a given material under its service condition can accommodate additional loads/forces provided its elastic limit is not exceeded (Ebunilo et al., 2016; Ikpe & Owunna, 2017). Figures 10-13 represent plots of maximum von-Mises stress in in Pascal (Pa) along the blade radius at 2, 4, 6, and 8 m/s for the three (3) rotor blade configurations considered in this study. It can be observed that maximum von-Mises stress along the blade at 2 m/s is 2771490 Pa for hollow blade configuration with spar, 2880810 Pa for hollow blade configuration with no spar and 1914440 Pa for the solid blade configuration as shown in Figure 10. Maximum von-Mises stress along the blade at 4 m/s is 5001160 Pa for hollow blade configuration with spar, 5208880 Pa for hollow blade configuration with no spar and 3410090 Pa for the solid blade configuration as shown in Figure 11. Maximum von-Mises stress along the blade at 6 m/s is 7279370 Pa for hollow blade configuration with spar, 7592530 Pa for hollow blade configuration with no spar and 4917400 Pa for the solid blade configuration as shown in Figure 12. Finally for maximum von-Mises stress along the blade at 8 m/s, 8189880 Pa is observed for hollow blade configuration with spar, 8536480 Pa for hollow blade configuration with no spar and 5554030 Pa for the solid blade configuration as shown in Figure 13. Considering the von-Mises failure criterion discussed earlier, the maximum von-Mises

stress value among all the wind speeds considered in this study occurred at 8 m/s which were 8536480 Pa (approximately 8.53 MPa) for hollow blade configuration with no spar, 8189880 Pa (approximately 8.18 MPa) and 5554030 Pa (approximately 5.55 MPa) for the solid blade configuration. These von-Mises stress values has not exceeded the aluminium blade material yield strength of 2.76×10^8 Pa (approximately 276 MPa), indicating that the material has not failed. The difference between the maximum von-Mises and the yield strength of the material indicates whether or not the blade material still has the capacity to withstand more loads before yielding. Highest values obtained for maximum von-Mises stress on the rotor blade at various wind speeds considered in this study is observed to occur at 1.2 m of the blade length. Since the loads acting on the blade are not point loads and therefore distributed along the edge, highest values obtained for maximum von-Mises stress on the rotor blade at various wind speeds in this study is observed to occur at the mid-section of the rotor between 1 and 1.4 m of the blade length as graphically illustrated in Figure 10-13. This implies that the mid-section of the blade is exposed to the highest service loads, and that failure will most like occur along this section depending whether the von-Mises stress exceeds the blade material yield strength or not. Wind turbine blades are composed of two faces (the suction face and the pressure face), bound together and stiffened either by one or more integral (shear) webs connecting the upper and lower section of the blade shell or by a box beam (box spar with shell fairings) (Brøndsted & Nijssen, 2013). The shells are adhesively joined together to the spars. The flapwise load is as a result of the wind pressure while the edgewise load is due to gravitational forces and torque load acting on the blade. The flapwise bending is resisted by the spar, internal webs or spar inside the blade, while the edges of the profile carry the edgewise bending. From the point of loads on materials, one of the main laminates in the main spar is subjected to cyclic tension-tension loads (pressure side) while the other (suction side) is subjected to cyclic compression-compression loads. The laminates at the leading and trailing edges that carry the bending moments related to the gravitation loads are subjected to tension-compression loads (Mishnaevsky et al., 2017; Etuk et al., 2021).

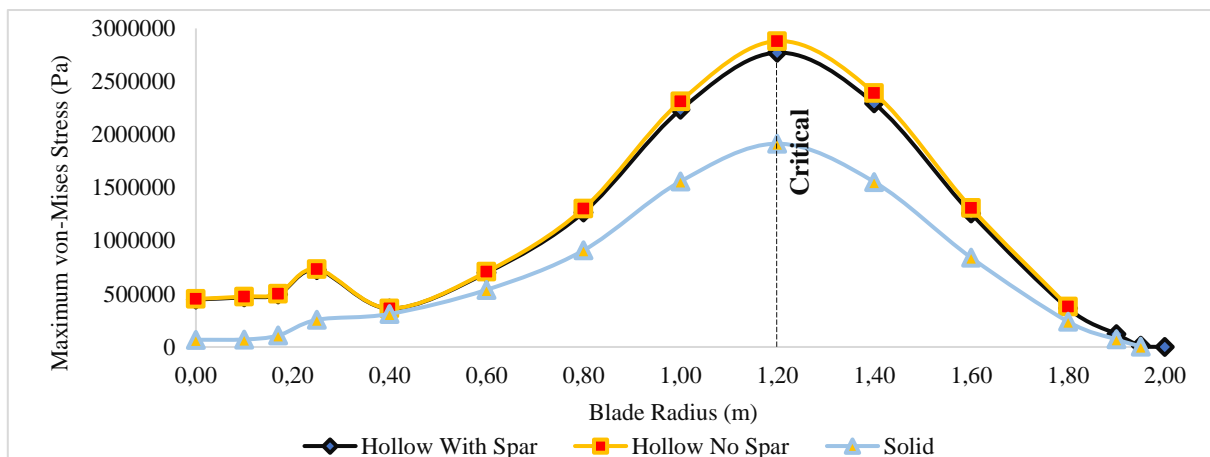


Figure 10. Plot of Maximum von-Mises Stress along Blade @ 2m/s

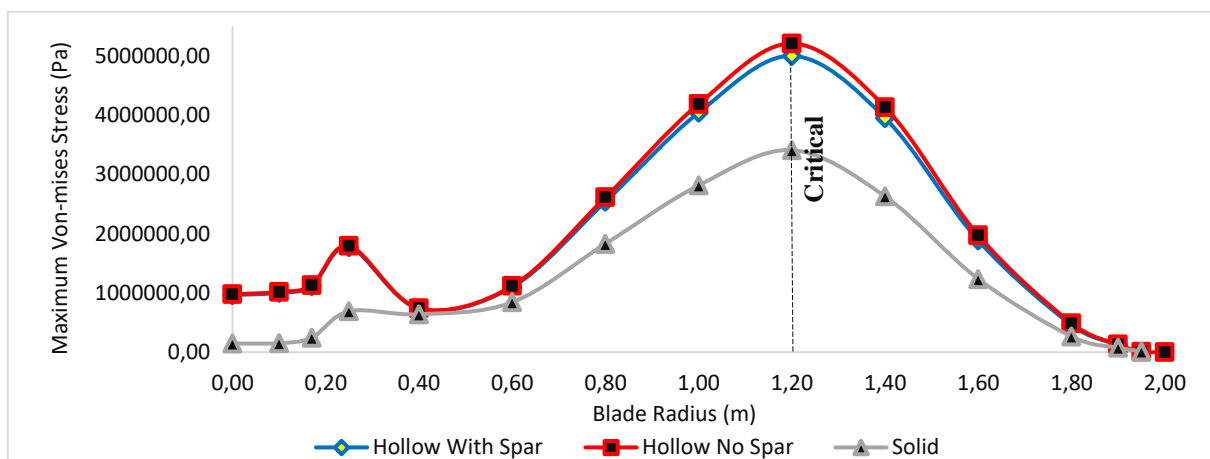


Figure 11. Maximum von-Mises Stress along Blade @ 4m/s

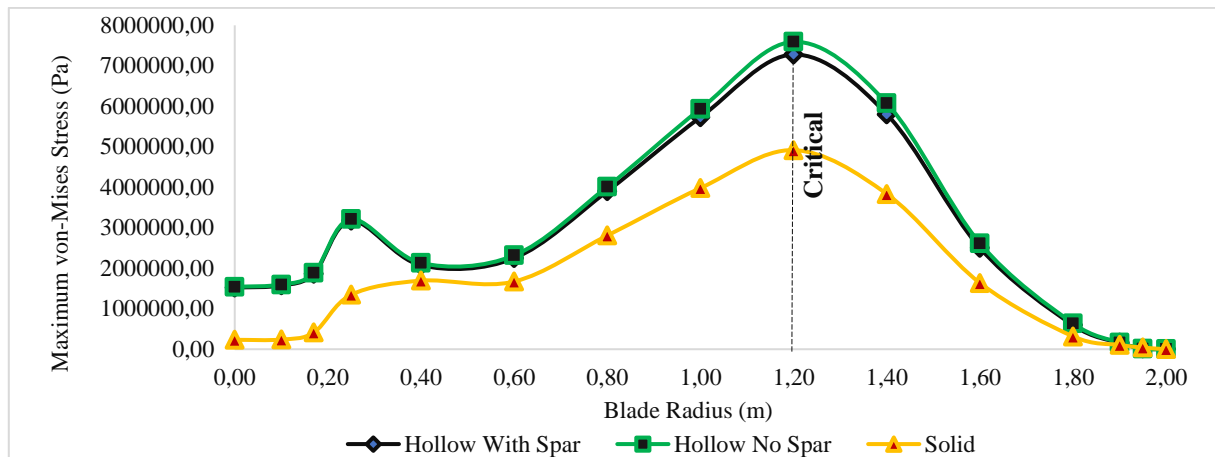


Figure 12. Plot of Maximum von-Mises Stress along Blade @ 6m/s

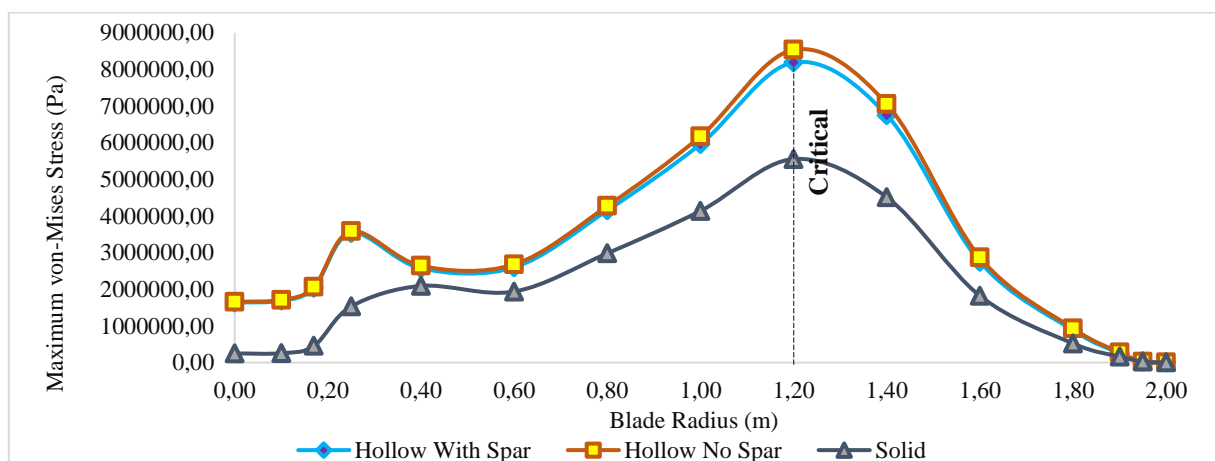


Figure 13. Plot of Maximum von-Mises Stress along Blade @ 8m/s

4. CONCLUSION

In this study, the in-service load(s) induced stresses on horizontal axis wind turbine rotor blade was successfully computed for three (3) blade configurations (hollow with spar, hollow with no spar and solid). The highest fatigue stress was observed to occur at the mid length of the rotor blade. The minimum stress was at the blade tip where no stress is present due to its streamlined geometry. Compared to the hollow blade configuration with spar and without spar, the solid blade though slightly heavier, was more rigid and compact, with increased load bearing capacity and ability to withstand fatigue stress. Both the fatigue stresses and von-Mises stresses were observed to increase proportionately with the wind speed, implying that the wind rotor blade material is susceptible to deformation and failure at increasing wind speed, aerodynamic forces and in-service loading conditions.

CONFLICT OF INTEREST

We the authors of this manuscript have declared that there is no conflict of interest associated with the publication of this paper.

REFERENCES

- Brøndsted, P. & Nijssen, R. (2013). *Advances in Wind Turbine Blade Design and Materials*. Woodhead Publishing, Oxford, UK, 484 p.
- Ebunilo, P. O., Ikpe, A. E. & Owunna, I. (2016). Determining the Accuracy of Finite Element Analysis when Compared to Experimental Approach for Measuring Stress and Strain on a Connecting Rod Subjected to Variable Loads. *Journal of Robotics, Computer Vision and Graphics*, 1(1), 12-20.

- Efe-Ononeme, O. E., Ikpe, A. E. & Ariavie, G. O. (2018). Thermo-Structural Analysis of First Stage Gas Turbine Rotor Blade Materials for Optimum Service Performance. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(2), 118-130.
- El Khchine, Y., Sriti, M. & Elyamani, N. E. (2019). Evaluation of Wind Energy Potential and Trends in Morocco. *Heliyon*, 6(6), 18-30.
- Etuk, E. M., Ikpe, A. E. & Adoh, U. A. (2020). Design and Analysis of Displacement Models for Modular Horizontal Wind Turbine Blade Structure. *Nigerian Journal of Technology*, 39(1), 121-130.
- Etuk, E. M., Ikpe, A. E. & Ndon, A. E. (2021). Modal Analysis of Horizontal Axis Wind Turbine Rotor Blade with Distinct Configurations under Aerodynamic Loading Cycle. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*, 8(1), 81-93.
- Hogg, P. (2010). Wind Turbine Blade Materials. SUPERGEN Wind Phase 1 Final Assemble, University of Loughborough, March 25th, 2010. Engineering and Physical Science Research Council.
- Ikpe, A. E., Owunna, I., Ebunilo, P. O. & Ikpe, E. (2016). Material Selection for High Pressure (HP) Turbine Blade of Conventional Turbojet Engines. *American Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 1(1), 1-9.
- Ikpe, A. E., Orhorhoro, E. K. & Gobir, A. (2017a). Design and Reinforcement of a B-Pillar for Occupants Safety in Conventional Vehicle Applications. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 2(1), 37-52.
- Ikpe, A. E., Owunna, I. B. & Satope, P. (2017b). Design optimization of a B-pillar for crashworthiness of vehicle side impact. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 11(2), 2693-2710.
- Ikpe, A. E. & Owunna, I. (2017). Design of Vehicle Compression Springs for Optimum Performance in their Service Condition. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 33, 22-34.
- Lee, J. K., Park, J. Y., Oh, K. Y., Ju, S. H. & Lee, J. S. (2015). Transformation Algorithm of Wind Turbine Blade Moment Signals for Blade Condition Monitoring. *Renewable Energy*, 79, 209-218.
- Mishnaevsky, L., Branner, K., Petersen, H. N., Beauson, J., McGugan, M & Sørensen, B. F. (2017). Materials for Wind Turbine Blades: An Overview. *Materials*, 10(1285), 1-24.
- Okokpujie, I. P., Okonkwo, U. C., Bolu, C. A., Ohunakin, O. S., Agboola, M. G. & Atayero, A. A. (2020). Implementation of Multi-criteria Decision Method for Selection of Suitable Material for Development of Horizontal Wind Turbine Blade for Sustainable Energy Generation. *Heliyon*, 6, e03142.
- Owunna, I. B. & Ikpe, A. E. (2019). Evaluation of induced residual stresses on AISI 1020 low carbon steel plate from experimental and FEM approach during TIG welding process. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 13(1), 4415-4433.
- Owunna, I., Ikpe, A. E. & Achebo, J. I. (2018). Temperature and Time Dependent Analysis of Tungsten Inert Gas Welding of Low Carbon Steel Plate using Goldak Model Heat Source. *Journal of Applied Science and Environmental Management*, 22(11), 1719-1725.
- Oyewole, J. A. & Aro, T. O. (2018). Wind Speed Pattern in Nigeria (A Case Study of some Coastal and Inland Areas). *Journal of Applied Science and Environmental Management*, 22(1), 119-123.
- Sutherland, H. J. (2000). A summary of the Fatigue Properties of Wind Turbine Materials. *Wind Energy*, 3, 1-34.



İnovasyon Kapasitesini Değerlendirmeye Yönelik Bir Uygulama

An Application for Evaluating Innovation Capacity

Tankut ASLANTAŞ^{1*}

¹Çankaya Üniversitesi, Teknoloji Transfer Ofisi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara

Anahtar Kelimeler	Özet
İnovasyon İnovasyon Yönetimi Kurumsal İnovasyon İnovasyon Kapasitesi	<p>İnovasyon; günümüzde işletmelerin rekabet avantajı oluşturması, karlılığını artırması ve yeni ürünlerle pazarda yer alarak değer yaratması adına önemli bir araç haline gelmiştir. Değer yaratan yenilik olarak da ifade edilen inovasyona yönelik çeşitli sınıflandırmalar bulunmaktadır. Farklı türdeki inovasyonların, farklı kaynaklardan beslenerek farklı derecelerde ortaya çıkması problemi işletmeleri inovasyon yönetimi faaliyetlerine teşvik etmekte ve inovasyon stratejilerini belirleme konusunda yönlendirmektedir. Bununla birlikte işletmelerin inovasyon yapabilme yeteneğini ifade etmek adına; araştırma geliştirme faaliyetleri, insan kaynakları yatırımları, iş birlikleri, bilgi iletişim teknolojileri alt yapıları, fikri mülkiyet hakları faaliyetleri ve inovasyon finansmanı gibi konuları içerecek şekilde inovasyon kapasitesinin değerlendirilmesi gerekmektedir.</p> <p>Bu çalışmada, inovasyon yönetimi faaliyetlerinin, işletmelerin inovasyon kapasitesi üzerinde etkisi incelenmiş, Ankara ilinde faaliyet gösteren, ilaç ve sağlık ürünleri üretimi gerçekleştiren işletme örneklem olarak seçilmiş ve tek grup ön test - son test çalışması yapılmıştır. Ön test ve son test çalışması esnasında IMP3rove İnovasyon ölçüm aracından yararlanılmış ve saha çalışması neticesinde inovasyonun beş boyutuna göre değişimler gözlemlenmiştir. Sonuç olarak inovasyon faaliyetlerinin işletmelerin inovasyon kapasitesi üzerinde olumlu yönde etkisi olduğu saptanmıştır</p>

Keywords	Abstract
Innovation Innovation Management Corporate Innovation Innovation Capacity	<p>Innovation, has become an important tool for enterprises to create competitive advantage, increase their profitability and create value by taking part in the market with new products for today. There are various classifications for innovation, which is also referred to as value creating newness. The problem that different types of innovations emerge at different degrees by feeding from different sources encourages enterprises to take action in innovation management and direct them to determine innovation strategies. For all that, in order to express the innovation competence of enterprises; Innovation capacity should be evaluated, including research and development activities, human resources investments, collaborations, information communication technologies infrastructures, intellectual property rights activities and innovation financing.</p> <p>In this study, the impact of innovation management activities on the innovation capacity of enterprises was examined, the company operating in Ankara, manufacturing pharmaceuticals and health products, was selected as a sample, and a semi-experimental single group pre-test-post-test study was conducted. The IMP3rove Innovation measurement tool was used during the pre-test and post-test work, and as a result of the field study, transformation in the five dimensions of innovation were observed. Hereby, it has been determined that innovation activities have a positive effect on the innovation capacity of enterprises.</p>

Alıntı / Cite

Aslantas, T. (2021). İnovasyon Kapasitesini Değerlendirmeye Yönelik Bir Uygulama. *GU J Sci, Part A, 8(3)*, 339-360.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
T. Aslantas, 0000-0003-4294-001X	<p>Başvuru Tarihi / Submission Date 27.07.2021</p> <p>Revizyon Tarihi / Revision Date 02.09.2021</p> <p>Kabul Tarihi / Accepted Date 05.09.2021</p> <p>Yayın Tarihi / Published Date 07.09.2021</p>

1. GİRİŞ

İnovasyon, kelime kökeni olarak “innovatus”tan türemiş olup; kültürel, toplumsal ve idari alanda yeni yöntemlerin hayata geçirilmesi anlamına gelmektedir (Toraman vd., 2009). Dilimizde “yenilik”, “yenileşme”, “yenilikçilik” gibi kavramlarla karşılık bulsa da bu sözcükler daha geniş kapsamda ifade edilmesi gereken inovasyonun gerçek tanımını ortaya koyamamaktadır (Eraslan vd., 2008). Teknik ifade ediş biçimi olarak “değer yaratan yenilik” şeklinde tanımlanabilecek inovasyonun yerine alternatif olarak kullanılan kavramlar, bütüncül manada süreci değil, yalnızca sonucu ifade etmekte ve eksik kalmaktadır (Aksel, 2010).

İnovasyon, bireysel ve toplumsal ihtiyaçların uygun şartlarda değer yaratıcı biçimde ve yeni faaliyetlerle karşılaşma biçimi olarak tanımlanabilir. Çünkü ortaya konulan her inisiyatif, geliştirilen her iş fikri ve hayata geçmeye aday her proje, temelinde yenilik ortaya koymayı hedeflemektedir. Önemli olan ortaya konulan yeniliklerin işletme, sektör, pazar, ülke ya da insanlık için ölçülebilir ve ölçeklenebilir değerler yaratıyor olmasıdır. Bu sebeple inovasyonları yalnızca işletmeler için gerçekleştirilen ve sonuçları yalnızca işletmelerde geçerli yenilikler olarak değil, ülke ve toplumların gelişmelerini, rekabet güçlerini arttırmalarını, yeni iş imkânlarını sürdürülebilir kılmalarını sağladıkları bir anlayış olarak görmek uygun olacaktır (Göker, 2001).

İşletmelerin organizasyonel dönüşüm süreçlerinde ve organizasyon dışında gerçekleştirilen faaliyetlerde ortaya koyacağı; ürün, süreç, pazarlama, iş modeli ve organizasyonel inovasyonlar, yetkinliklerini olumlu yönde etkileyecek ve kurumsal inovasyon sistemlerini sürdürülebilir kılma adına fırsat yaratacaktır. Bu sayede yalnızca buldukları sektör ya da ülkelerde değil, küresel anlamda da rekabet etmeleri kolaylaşacaktır. İnovasyon faaliyetlerinin aktif olarak uygulanması için işletmeler, bilgi işlem, fikri mülkiyet hakları, araştırma geliştirme, pazarlama ve insan kaynakları başta olmak üzere operasyonlarını bütüncül değerlendirerek ele almak ve dış paydaşların desteğiyle inovasyon kapasitelerini yükseltmek mecburiyetindedir. Çünkü inovasyon, tek bir kişinin, tek bir bölümün, tek bir müdürlüğün ve hatta tek başına üst yönetimin değil, iç ve dış paydaşlarıyla birlikte tüm organizasyonun sorumluluğunda olmalıdır (Elçi, 2006).

İnovasyon, kavramsal olarak göreceliğe sahip olup kişi, organizasyon ya da ülke için farklı olmayan bir fikir, başkalarına göre değer yaratan bir yenilik olarak benimsenebilmektedir. Bir fikrin inovasyon olabilmesi için, asgari düzeyde o organizasyon tarafından yeni olarak idrak edilmesi gerekmektedir. Aynı fikir, daha önce uygulandığı bir organizasyonda ise taklit olarak değerlendirilmektedir (Van de Ven & Cheng, 1986). Thompson, 1965 yılındaki araştırmasında inovasyonu; yeni fikir, ürün, hizmet ya da süreçlerin kabulü, uygulaması ve yayılması şeklinde tanımlamıştır (Satı, 2013). Porter 1990 yılındaki çalışmasında inovasyonu; ürün farklılaşması, süreç iyileştirme, pazarlamadaki yaklaşımlar, dağıtım metotlarındaki yeniliklere odaklanarak teknolojiye ve işi yapma yöntemindeki yenilikleri kapsayacak şekilde ifade etmiştir (Elçi, 2006). Damanpour (1991) ise inovasyonu yeni plan ve program olarak tanımlayarak bu programın yeni bir ürün, hizmet, üretim yöntemi ya da organizasyonel yapı içinde kurgulanabileceğini belirtmiştir (Damanpour, 1991). Kendisinden önce ortaya konulan tanımları derleme amacıyla yürüttüğü çalışmasında Osborne (1998), inovasyonun dört özelliğini ortaya koymuş ve yenilik sunan, buluş olmayan, hem sürecin kendisi hem de sonucu olan ve sürekli olmayan değişimi içeren bir yapıda olduğunu belirtmiştir (Osborne, 1998). Arıkan vd.’nin 2003 yılındaki çalışmasında inovasyon bir süreç olarak ifade edilmiş, bu süreçle bilimsel ve teknolojik gelişmeler aracılığıyla iktisadi ve sosyal bir fayda oluşturmanın amaçlandığı ortaya konulmuştur (Arıkan vd., 2003). Güleş & Bülbül (2004)’e göre ise inovasyonla yeni ürün ve hizmetler geliştirmek veya var olan ürün ve hizmetlerin yeni kullanım alanlarını keşfetmek amaçlanmıştır. Trott ise 2005 yılında yürüttüğü çalışmasında inovasyon süreci başlangıcının yenilikçi fikirler üretmek olduğunu ve değer yaratma yani ticarileşme ile tamamlanabileceğini ortaya koymuştur (Trott, 2005).

İnovasyonun tanımına yönelik ortaya konulan çalışmalardan anlaşılacağı üzere araştırmacıların bir kısmı inovasyonu süreç, bir kısmı ise sonuç odağında değerlendirmiştir. Süreç odaklı değerlendiren araştırmacılar, inovasyonun doğuşu, gelişimi ve rutin faaliyet haline gelmesi esnasındaki yöntemleri irdelemiş, sonuç odaklı değerlendiren araştırmacılar ise kavramsal ve yapısal boyutlarıyla inovasyonu ele almışlardır (Damanpour, 1996). Özetlenecek olursa inovasyon; yeni veya önemli derecede iyileştirilmiş ürün, hizmet, üretim metodu, pazarlama yöntemi yahut organizasyonel yapıyı ortaya koyup ticari kazanç elde edilecek şekilde gerçekleştirilen tüm süreçleri kapsamaktadır. İnovasyon faaliyetlerinde ortaya konulan yeniliğin radikal bir seviyede gerçekleşeceği gibi kademeli olarak ortaya konulması da mümkündür. Araştırmacıların tanımlarında

belirttiği en önemli ortak nokta ise, hayata geçirilen yeniliğin değer yaratması yani ticarileştirilebilmesi şartıdır.

Buradan hareketle; çalışma kapsamında IMP3rove inovasyon ölçüm aracı ile ön test çalışması, on bir ay boyunca işletmenin ihtiyaç duyduğu ve kurumsal inovasyon sisteminin güçlendirilmesine yönelik saha uygulaması ve nihai olarak saha uygulamasının yansımalarını görmek üzere yürütülen son test faaliyetlerinden bahsedilmiş ve araştırma bulguları paylaşılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmanın materyal ve metot bölümünde araştırmanın amacı, yöntemi, modelinden bahsedilecek inovasyon kapasitesi ölçümünde yönelik literatürde yapılan çalışmalara değinilecektir. Sonrasında araştırma için önerilen modelin uygulama aşamasına geçilerek ön test, saha çalışması ve son test faaliyetlerinden bahsedilerek karşılaştırma yapılacaktır.

2.1. Araştırmanın Amacı

Küresel seviyede rekabetin yaygınlaştığı günümüzde işletmelerin inovasyon yapma ve inovasyon faaliyetlerini sistematik biçimde ele alınması önemli hale gelmiştir. İşletmelerin mevcutta hangi aşamada bulunduğu ve yürüttükleri inovasyon faaliyetlerinin kapasitelerine ne şekilde katkı sağlayacağı saha uygulamaları ile bütünleştirilmesi gereken bir süreçtir (Üçler & Yavuz, 2019).

Yapılan literatür araştırmalarında kurumsal anlamda inovasyon kapasitesi ölçümü ile işletmelerin mevcut durumunun ortaya konulabildiği ifade edilmektedir. Buradan hareketle araştırmanın amacı; inovasyon yönetimi faaliyetlerinin inovasyon kapasitesine etkisini ortaya koymaktır. Bu amaçla ilaç ve sağlık ürünleri sektöründe faaliyet gösteren ve hâlihazırda Ar-Ge Merkezi olan bir işletme seçilerek tek grup ön test-son test çalışması gerçekleştirilmiştir. Ön Test aşamasındaki veriler ışığında işletme bünyesinde inovasyon yönetimi faaliyetleri yürütülmüştür. Sonuç olarak yürütülen inovasyon yönetimi faaliyetlerinin işletmenin inovasyon kapasitesine etkisi son test çalışması ile ortaya konulmuştur.

2.2. Literatür Taraması

Literatür incelendiğinde, inovasyon, inovasyon yönetimi, inovasyon uygulamaları ve inovasyon kapasitesiyle ilgili çeşitli çalışmaların yapıldığı görülmektedir. İnovasyon kapasitesi ve bu kapasitenin işletmelerde, ulusal ve küresel inovasyon ekosisteminde ölçüldüğü araştırmalarda; inovasyonun işletmeler ve ülkeler için önemi vurgulanmakta, inovasyon faaliyetlerinin inovasyon kapasitesine olan etkisi araştırılmaktadır. Aşağıda inovasyon kapasitesinin değerlendirilmesine yönelik literatürdeki araştırmalar derlenmiştir:

Koç & Ceylan (2007), “Büyük Ölçekli Şirketlerde Yenilikçi Kapasiteye Etki Eden Faktörler” isimli araştırmalarında büyük ölçekli işletmelerin inovasyon kapasitesine katkı sunan etkenleri incelemiş ve inovasyon odaklı faaliyetlere yönelik destekleri ortaya koymuştur. Araştırma kapsamında Türkiye’deki 119 büyük ölçekli işletme incelenmiş ve inovasyon stratejisinin inovasyon kapasitesinin önemli bir parçası olduğu, iş fikri kalitesi ve fikir üretim süreçlerinin de belirleyici etken olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte teknoloji kullanımı kavramının da inovasyon kapasitesinin önemli bir alt bileşeni olduğu vurgulanmış, büyük ölçekli işletmelerin ar-ge projeleri, patent sayısı, inovasyon finansmanı gibi konularının teknoloji kullanımı ile doğrudan bağlantılı olduğu ifade edilmiştir. Araştırma sonucunda işletmelerin inovasyon stratejileri, fikir üretimi ve teknoloji kullanma konularına odaklandıklarında inovasyon kapasitelerini arttırdıkları ve başarılı oldukları vurgulanmıştır.

Güler & Kanber (2011), “İnovasyon Aktivitelerinin İnovasyon Performansı Üzerine Etkileri: İmalat Sanayii Uygulaması” isimli araştırmalarında inovasyon çeşitleri, inovasyon iş birlikleri ve diğer inovasyon faaliyetlerinin işletmelerin inovasyon performansına olan etkisini incelemiş ve inovasyon ölçeği tasarlanmıştır. Türkiye’deki 500 Büyük Sanayi kuruluşu evren ve içinden seçilen 110 işletme örneklemini oluşturacak şekilde hazırlanan anket uygulanmış ve inovasyon çeşitlerinin tamamının inovasyon performansına olumlu yönde etki sağladığı ortaya konulmuştur. Bununla birlikte işbirliği faaliyetlerinin inovasyon performansını etkilediği ancak inovasyon faaliyetlerinin ortaya çıkarılması aşamasında karşılaşılan engellerin inovasyon performansını

etkilemediği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, engellerin inovasyon performansını etkilememesi sonucunun örneklem olarak seçilen sanayi kuruluşlarının büyüklüğünden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Neely & Hii (2012), “Firmaların Yenilikçi Kapasitesi” isimli araştırmalarında küresel pazarda inovasyonun önemli bir rekabet avantajı sağladığını, farklı işletmelerin inovasyon düzeylerinin farklılık gösterdiğini ifade etmişlerdir. Araştırmaya göre işletmenin inovasyon kapasitesi, inovatif ürün, hizmet ve süreç ortaya koyma potansiyeli olarak değerlendirilmiş ve işletme kültürü, yetenekler, sahip olunan kaynaklar ve bilgi ağları olmak üzere dört boyutta ele alınmıştır. Araştırmanın evreninde belirlenen Doğu İngiltere’deki 110 işletmeden 57’si ile yüz yüze görüşme ve işbaşı ziyaretleriyle veri toplanmıştır. Sonuç olarak bilgi kaynakları, engeller, kamu otoritelerinin rolü, işletmelerin inovasyon seviyeleri gibi kavramların inovasyon kapasitesine etkisi ortaya konulmuştur.

Karaveg (2013), “Tayland’daki Tekstil ve Konfeksiyon Sanayisinde İnovasyon Kapasitesini Etkileyen Faktörler” isimli araştırmasında inovasyon kapasitesi; bilgi ve teknoloji altyapısı, ar-ge faaliyetleri, yönetsel yeterlilikler ve verimlilik başlıklarında incelenmiştir. Bununla birlikte inovasyon kapasitesine etki eden iç ve dış faktörler ortaya konulmuştur. Araştırmada Tayland’da tekstil sektöründe faaliyet gösteren 113 işletmeye ölçme aracı uygulanmış ve yapılan analizler neticesinde, küçük ve orta boy işletmelerde Ar-Ge yatırımlarının düşük, teknoloji kullanımının sınırlı ve çalışan yeteneklerinin ise kısıtlı olduğu kanısına varılmıştır. Buradan hareketle ar-ge faaliyetleri, çalışan yetenekleri ve bilgi iletişim altyapısının desteklenmesi ile inovasyon kapasitesinin artabileceği, sürdürülebilir rekabeti sağlamak adına araştırma merkezleri, üniversiteler ve finansman kuruluşları aracılığı ile yapılacak teknoloji transferinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

T.C. Ekonomi Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü bünyesinde yürütülen “Ağ Oluşturma ve Bölgesel İşbirliği için KOBİ’lerin Güçlendirilmesine Yönelik Teknik Yardım” isimli Avrupa Birliği Projesi kapsamında 2013 yılında hazırlanan “Kümeler için İnovasyon ve Ar-Ge Yönetimi Kılavuzu” çalışmasında KOBİ’lerin inovasyon faaliyetleri tanımlanmış ve dört ana rekabet alanından birisi olan inovasyon; inovasyonu anlamak, inovasyon süreci, inovasyon kapasitesini geliştirmek ve inovasyonu korumak başlıklarında incelenmiştir. Çalışma sonucunda işletmelerin inovasyon kapasitesini geliştirmek adına strateji, insan kaynağı, bilgi/iletişim ağları ve finansman bileşenlerine yönelmesi gerektiği ortaya konulmuş ve daha öncesinde inovasyon yönetimi kapsamında yürütülen proje faaliyetleri de örnek olması adına çalışmada yer almıştır (Başer vd., 2013).

Güngör vd. (2012), “Güney Ege KOBİ’ler İnovasyon Yolunda” isimli araştırmada Güney Ege Kalkınma Ajansı Mali Destek Programı aracılığıyla desteklenen proje ile Aydın, Denizli ve Muğla illerinde seçilen 254 işletmeye, hazırlanan ölçme aracı uygulanmış ve işletmelerin inovasyon yeterlilikleri ortaya konulmuştur. Sonuç olarak ar-ge ve inovasyon faaliyetlerinin işletmelerin yetkinlik ve kapasitelerini arttırdığı, bu sebeple KOBİ’lerin inovasyon faaliyetlerini yerel, bölgesel ve ulusal olarak destekleyecek şekilde işletme içi ve dışı paydaşlarının etkin rolüne dikkat çekilmiştir.

Rebernik & Bradač (2008), “Fikir değerlendirme yöntemleri ve teknikleri” isimli çalışmalarında şirketlerdeki yenilikçi fikirlerin değerlendirilmesine yönelik bütünsel bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğunu ifade etmiş ve yenilikçi fikir yönetim sürecini tanımlamışlardır. Bu faaliyetleri yürütürken Kearney (2006), “House of Innovation” modelinde tanımlanan yapıyı değerlendirebilmek adına geliştirilen IMP3rove İnovasyon ölçüm aracından yararlanılabileceğini ifade etmiştir. Bununla birlikte çalışmada; IMP3rove İnovasyon ölçüm aracının Avrupa’daki KOBİ’lerin inovasyon performansını ölçmek için Avrupa Komisyonundan destek alınarak gerçekleştirilen bir proje neticesinde ortaya konulduğunu, işletmelerin kurumsal fotoğrafını çekmek ve inovasyon yönetimi alanında faaliyetler yürütmek için başlangıç oluşturabileceğinden bahsetmiştir.

Viederyte (2016), “Kurumsal kararlar yenilikleri nasıl zorlar: harekete geçme faktörleri ve seçimleri” isimli çalışmada kurumsal inovasyon kapasitesi ölçümünde IMP3rove inovasyon ölçüm aracından yararlanıldığını ve bu araca göre inovasyon yöneliminin dört yöne göre tanımlanması gerektiğini (organizasyon, strateji, iş ortamının analizi ve süreçler) ifade etmektedir. Bununla birlikte çalışmada; kurumsal kararların, yalnızca inovasyonun ortaya çıkması için fırsatlar yaratmada değil, aynı zamanda işletmelerin hızlı bir şekilde gerçekleştirmesi için koşullar yaratmasında da etkili olduğu, inovasyon yönetim faaliyetlerinin yalnızca şirket içindeki iyileştirmelere sebep olmadığı nihai olarak daha iyi müşteri memnuniyeti sağladığı sonuç olarak belirtilmiştir.

Lapina (2015), “İş Analizi sürecinde teori ve uygulama arasındaki ilişki” isimli çalışmasında inovasyon yönetimi öğretim sürecinde inovasyon ölçme aracının etkisi üzerinde durmuştur. Çalışma boyunca IMP3rove Ölçme aracı incelenmiş ve vaka analizi çalışmasında işletmelerin inovasyon yönetimi faaliyetlerine boyutsal etkisi ve inovasyonu kavrama becerisine katkısı ortaya konulmuştur. Sonuçta IMP3rove aracının, ölçme ve değerlendirme sürecinin yanında deneysel öğrenme sürecine de katkı sunduğu teorik inovasyon yönetimi kavramının pratikte uygulanması esnasında verileri ortaya koymak ve sonuçları kavramsallaştırmak adına etkili bir ölçme aracı olduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte IMP3rove ölçme aracının, uygulandığı işletme hakkında daha fazla bilgi edinmeye yardımcı olduğu, işletme performansına ilişkin olağandışı iç görüler sunarken bütüncül bir analiz ortaya koyduğu ve kıyas analiziyle işletmenin rekabet gücünün iyileştirilmesine destek sağladığı ortaya konulmuştur.

El-Nawawy vd. (2014), “Mısır’daki yazılım şirketlerinin İnovasyon Kapasitesi Değerlendirmesi” isimli çalışmalarında inovasyon kapasitesi değerlendirme için farklı araçlar bulunduğunu, IMP3rove Ölçme Aracının boyutsal değerlendirme ve karşılaştırma imkânı vermesi adına çalışmada tercih edildiğini belirtmiştir. Örnek Vaka çalışması için seçilen yazılım faaliyetleri yürüten KOBİ’de uygulanan IMP3rove ölçme aracı ile Mısır’daki yazılım şirketlerinin inovasyon kapasitelerine yönelik genel bir değerlendirme sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar yazılım sektöründeki diğer işletmelerin ortalama sonuçları ve büyüme şampiyonları ile karşılaştırılmıştır. Buna göre işletmelerin inovasyon stratejilerini belirleme ve fikir yönetimi platformları kurma konusunda eksikliklerinin olduğunu, bunu gidermek adına iş fikrinin oluşturulmasından, nihai ürünün müşteriye ulaşmasına kadarki süreçte profesyonelleşerek inovasyon fikirlerinin daha çok desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Üçler & Yavuz (2019), “Farklı Tipolojilere Sahip Büyük Şirketlerde İnovasyon Yönetim Sistemlerinin uygulanması” isimli çalışmalarında İnoSuit – İnovasyon Odaklı Mentörlük Programının önerdiği 10 adımlı bir inovasyon yönetimi sistemi sunarak gerçek uygulama süreçlerini farklı tipolojilere sahip büyük ve olgun organizasyonlarda karşılaştırmıştır. Ekim 2017 ile Eylül 2018 arasında 11 ay boyunca süren çalışmada mevcut durum analizi IMP3rove İnovasyon ölçüm aracı ile ortaya konularak 10 adımlı inovasyon yönetim sistemi modeli uygulanmış ve çalışmanın sonundaki kazanımlar son test çalışmasıyla yine IMP3rove inovasyon ölçüm aracı ile tespit edilmiştir. Sonuç olarak; farklı tipolojilerdeki işletmelerde literatürde önerilen yol haritası aracılığıyla inovasyon yönetim sistemi kurarken, farklı gereksinimlere ve uygulama adımlarına ihtiyaç duyulduğu ortaya konulmuştur.

Elverdi & Atik (2020), “Türkiye’de İnovasyon Ölçümüne Yönelik Bir Değerlendirme” isimli çalışmalarında ulusal inovasyon ölçüm faaliyetlerini incelemiş, TÜBİTAK, Türkiye İhracatçılar Meclisi, İstanbul Sanayi Odası ve Türkiye İstatistik Kurumunun inovasyona yönelik çalışmaları aktarılmıştır. Kurumsal inovasyon ölçümü bağlamında Türkiye İhracatçılar Meclisi İnovasyon programları kapsamında IMP3rove inovasyon ölçüm aracının kullanıldığını ve işletmelerin inovasyon performanslarını uluslararası seviyede karşılaştırma ile görebildiklerini ifade etmiştir. Özellikle Türkiye’nin ilk İnovasyon geliştirme programı olarak ifade edilen İnoVALİG programı kapsamında IMP3rove inovasyon ölçüm aracı ile İnovasyon yetkinliklerini beş farklı boyutta değerlendiren işletmelerin değerlendirme sonucunda, kendilerini kıyaslama imkânı bulurken; bu süreçte kaydetmeleri gereken noktaları tespit ederek, ilerleyen dönemde inovasyon yönetiminin hangi alanında çalışmalarını sürdürmeleri gerektiğini görebileceklerini belirtmişlerdir.

2.3. Araştırma Sorusu

İşletmeler, yoğun rekabet ortamında inovasyon gerçekleştirirken, ürün, hizmet ve süreçlerinde gerçekleştirdikleri yeniliklerin etkilerini ortaya koyma ihtiyacı hissetmektedir. Mevcut teknolojileri etkin biçimde kullanarak bilgi ve deneyimlerin işletmenin iç ve dış paydaşlarına fayda sağlayacak şekilde yeni ürün, hizmet ve süreçlere dönüştürme yeteneği olarak ifade edilen inovasyon kapasitesi; işletmenin ortak değerlerini sentezlemek ve ölçmek amacıyla kullanılmaktadır (Adler & Shenbar, 1990). İşletmeler; fikri mülkiyet odaklı bilgi üretirken, bu bilgileri nihai ürün, hizmet ve süreçler için ticari değere dönüşene kadar süreci değerlendirmeli ve yaratıcı fikirlerin başarıya ulaşmasını güvence altına almalıdır (Román vd., 2011).

Buradan hareketle, araştırmanın amacı doğrultusunda belirlenen araştırma sorusu aşağıdaki şekildedir:

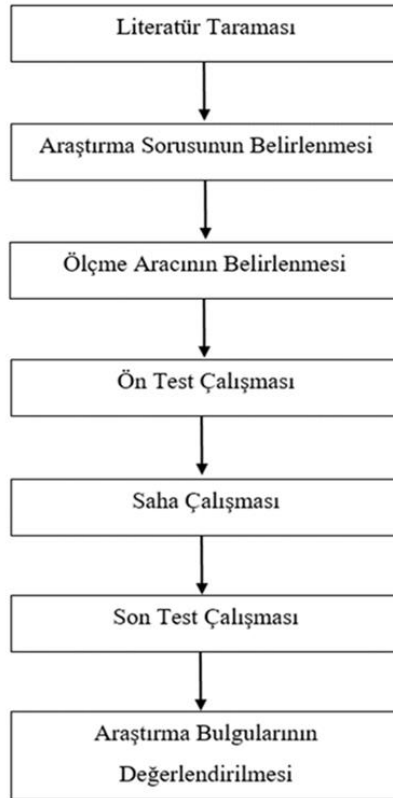
“İnovasyon yönetimi faaliyetlerinin, işletmelerin inovasyon kapasitesi üzerinde olumlu yönde etkisi bulunmakta mıdır?”

2.4. Araştırmanın Yöntemi ve Modeli

Araştırma esnasında tek grup ön test-son test deseni tercih edilmiştir. Tek grup ön test-son test deseni, kontrol grubunun bulunmadığı çalışmalarda sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir (Büyüköztürk, 2001). Bu yöntem ile tek bir katılımcı grubunun olduğu durumlarda uygulanan yöntem ya da etkinliklerin etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Tek grulu ön test-son test deseni, doğası gereği yeni bir eğitim yahut uygulama modelinin geliştirilip sahada tatbik edilmesine yönelik çalışmalarda uygulanabilir (Creswell, 2012). Bu desenler araştırmacıya zaman, maliyet ve emek konusunda oldukça kolaylık ve fayda sağlayabilmektedir (McMillan & Schumacher, 2006).

Araştırmanın ön test ve son test çalışmaları esnasında nitel araştırma tekniklerinden odak grup görüşmesi tercih edilmiştir. Odak grup görüşmesi; küçük bir grupla moderatör arasında yapılandırılmamış görüşme ve tartışmada grup dinamiğinin etkisini kullanma, derinlemesine bilgi edinme ve düşünce üretmeyi amaçlamaktadır (Bowling, 2002). Bununla birlikte odak grup görüşmesi, bir konu hakkında katılımcıların bakış açılarına, ilgi alanlarına, tecrübelerine, eğilimlerine ve düşüncelerine yönelik detaylı ve farklı boyutları da ortaya koyacak şekilde nitel bilgi edinmeyi sağlamaktadır (Stewart & Shamdasani, 1990). İşletmede yürüttükleri faaliyetler göz önünde bulundurularak, üst yönetimin yönlendirmesiyle farklı deneyimlere sahip çalışanlar odak grup görüşmesine dâhil edilmiştir.

Buradan hareketle araştırmanın işleyişine ilişkin yürütülen çalışmalar Şekil 1’de ifade edilmiştir:



Şekil 1. Araştırmanın Modeli

2.5. Araştırmanın Örnekleme ve Sınırlılıkları

Ankara ilinde faaliyet gösteren ve hâlihazırda Ar-Ge Merkezi bulunan, ilaç ve sağlık ürünleri üretimi gerçekleştiren işletme araştırmanın örnekleme olarak seçilmiştir. İşletmede; üst yönetimin yönlendirmesi ve onayıyla Kurumsal Gelişimden sorumlu Genel Müdür Yardımcısı, Ar-Ge Merkezi Sorumlusu, Proje Yönetim

Sorumlusu ve ilgili diğer personel seçilerek odak grup görüşmesi yöntemiyle ön test ve son test çalışmaları yürütülmüş ve toplanan veriler ölçme aracına girilmiştir. Ön test ve son test çalışması esnasında kıyas sınıfı olarak sınırlandırmaya gidilmemiş ve IMP3rove İnovasyon Ölçüm Aracına dâhil olan tüm işletmelerle ön test ve son test aşamalarında karşılaştırma imkânı sağlanmıştır. Buradan hareketle araştırma; tek bir işletme üzerinde yürütülecek ön test çalışması, saha çalışması ve son test çalışması ile sınırlandırılmıştır.

2.6. Ölçme Aracının Belirlenmesi

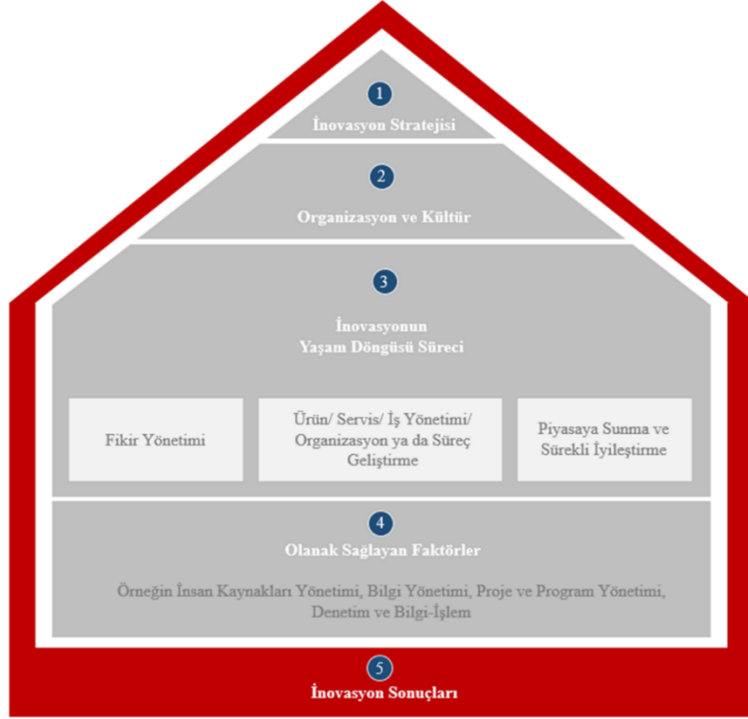
Araştırmanın ön test ve son test çalışmasını gerçekleştirmek için bir ölçme aracına ihtiyaç duyulmaktadır. Literatür incelendiğinde inovasyon kapasitesi ölçümünde ulusal ve uluslararası çapta kullanılan farklı araçların olduğu göze çarpmaktadır. Tablo 1’de inovasyon kapasitesi ölçümünde kullanılan araçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir (Türk, 2017; Üçler & Yavuz, 2019):

Tablo 1. İnovasyon Kapasitesi Ölçme Araçları Karşılaştırması

Ölçme Aracı	Bölge	Amaç	Yöntem	Ölçek	Puan	Karşılaştırma	Online Veri tabanı	Firma Ziyareti	Yanıt Süresi (Saat)	Bölüm Sayısı	Soru Sayısı	Rapor
IMP3rove	Avrupa Birliği	İnovasyon Yönetimi	Öz ve Uzman Değ.	Likert	1-7	Var	Var	Var	4-5	5	>100	Var
AToMIC	Türkiye	İnovasyon Yönetimi	Öz ve Uzman Değ.	Likert ve Olgunluk Sev.	1-5	Var	Var	Var	2-3	4	65	Var
Innovation Health Check	İrlanda	İnovasyon Yönetimi	Öz Değ.	Likert	1-5	Var	Var	Var	2-3	6	52	Var
İstanbul Sanayi Odası İnovasyon Ödülleri	Türkiye	İnovasyon Yönetimi	Öz Değ.	Likert	1-5	Var	Var	Yok	1	6	27	Var
Tech Capability Audit	Avrasya	Teknoloji Yönetimi	Uzman Değ.	Olgunluk Sev.	1-4	Var	Yok	Yok	2-3	10	38	Var
smE MPOWER	Çin	İnovasyon Yönetimi	Uzman Değ.	Likert		Yok	Yok	Yok	2-3	4	26	Var
Innovation Scan	Hollanda	İnovasyon Yönetimi	Uzman Değ.	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	2	4	23	Var
Growth Mapper	Büyük Britanya	İnovasyon Yönetimi	Öz Değ.	Evet Hayır	0-10	Yok	Var	Yok	1	10	100	Var
ÜSİMP İnovasyon Karnesi	Türkiye	İnovasyon Yönetimi	Öz ve Uzman Değ.	Likert	1-7	Var	Yok	Var	2-3	Yok	121	Var

Soru çeşitliliği, uluslararası karşılaştırma yapma imkânı, inovasyon boyutlama faktörleri ve Türkiye’deki yaygın kullanımı değerlendirildiğinde IMP3rove inovasyon ölçüm aracı ön plana çıkmaktadır. Bu sebeple araştırmanın ön test ve son test çalışması IMP3rove İnovasyon Ölçüm Aracı kullanılarak gerçekleştirilecektir. IMP3rove İnovasyon Ölçüm Aracı Avrupa Komisyonu tarafından desteklenen “IMP3rove For Future” isimli proje kapsamında geliştirilmiş bir ölçme aracı olup Avrupa ölçeğinde 4000’den fazla KOBİ üzerinde Kearney

(2006) “House of Innovation” (İnovasyon Evi) modeli esas alınarak uygulaması gerçekleştirilmiştir. Halihazırda global düzeyde 8000’in üzerinde işletmenin kaydolarak ölçme aracı üzerinden kıyaslama raporu aldığı bilinmektedir (IMP3rove, 2021). House of Innovation modeli; İnovasyon Stratejisi, Organizasyon ve Kültür, İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri, Olanak Sağlayan Etmenler ve İnovasyon Sonuçları olmak üzere 5 ana başlıkta inovasyonu Şekil 2’de belirtildiği gibi boyutlandırmaktadır (Kearney, 2006):



Şekil 2. House of Innovation (İnovasyon Evi) Modeli

2.7. Ön Test Çalışması

IMP3rove İnovasyon Ölçüm aracında çıkan sonuçlar, ortalama, kıyas analiz sınıfı, büyüme şampiyonları ve soru puanı başlıklarında aşağıdaki açıklamalar nezdinde değerlendirilmektedir (IMP3rove, 2021):

Ortalama

Ortalama puan, seçilen kıyas analiz sınıfındaki bütün işletmelerin ortalama performansdır ve bu işletmelerin puanlarının ortalaması olarak hesaplanır.

Kıyas Analiz Sınıfı

Kıyas analizi sınıfı, karşılaştırma için seçilen sınıftaki işletmelerden oluşmaktadır. Büyüme Şampiyonları ve ortalama puanı hesaplarken ne tip işletmelerin dâhil edileceğini gösterir.

Büyüme Şampiyonları

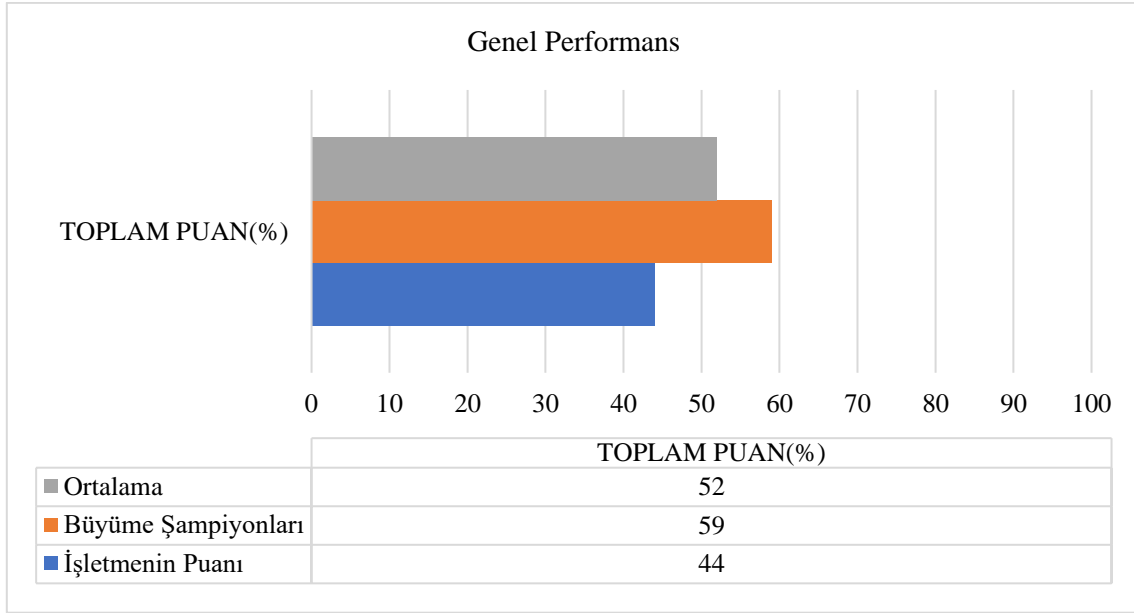
Büyüme Şampiyonlarının puanı, kıyas analiz sınıfındaki en yüksek satış, istihdam ve faaliyet kârı büyümesini elde eden %10'luk en iyi grubun ortalama performansını temsil etmektedir.

Soru puanı

Bir soruda elde edilebilecek genel puana soru puanı denir. Bir soruda birden fazla öge (örneğin, matris tablolarında) ele alınıyorsa soru puanı alt puanların bir araya getirilmesi ile bulunur. Soru puanı; alt puanların ortalaması, alt puanların oranı ya da alt puanlar toplamı şeklinde bulunabilmektedir. Soru puanı, referans sınıf

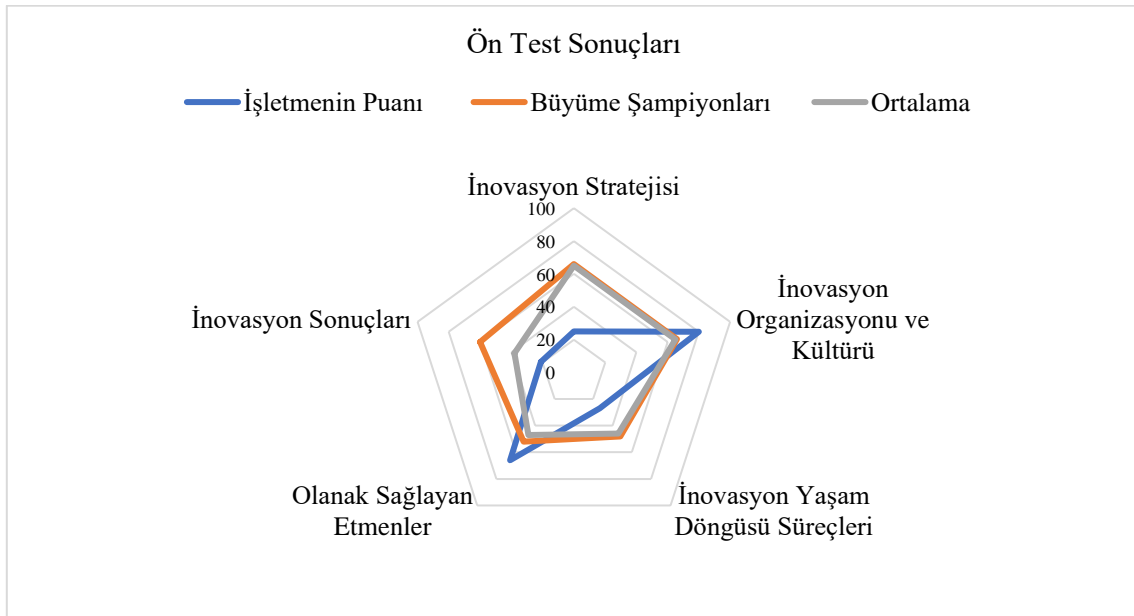
içindeki en yüksek ve en düşük puanları sırasıyla %100 ve %0'a atayıp, işletmenin puanını bu sınırlar içinde normalizasyona tabi tutarak göreceli şekilde belirlenmektedir.

İşletmenin ön test çalışması Kurumsal Gelişimden sorumlu Genel Müdür Yardımcısı, Ar-Ge Merkezi Sorumlusu ve ilgili diğer personelin hazır bulunduğu ortamda odak grup görüşmesi ile web konferans üzerinden gerçekleştirilmiştir. İşletme kıyas sınıfı olarak belirli bir sınıf seçilmemiş, böylelikle ölçme aracına dâhil olan tüm işletmelerle kıyas imkânı sağlanmıştır. Ön test çalışmasına ilişkin cevaplar IMP3rove İnovasyon Ölçüm aracının web platformuna işletmenin kaydı gerçekleştirildikten sonra girilmiş ve işletmenin raporu oluşturulmuştur. Buna göre Şekil 3'teki sonuçlar elde edilmiştir:



Şekil 3. Ön Test Sonucu İşletme Genel Performansı

İşletmenin IMP3rove İnovasyon Ölçüm aracı son test çalışmasında 5 farklı boyuttan aldığı puanlar Şekil 4'te özet olarak verilmektedir:



Şekil 4. Ön Test Sonuçları

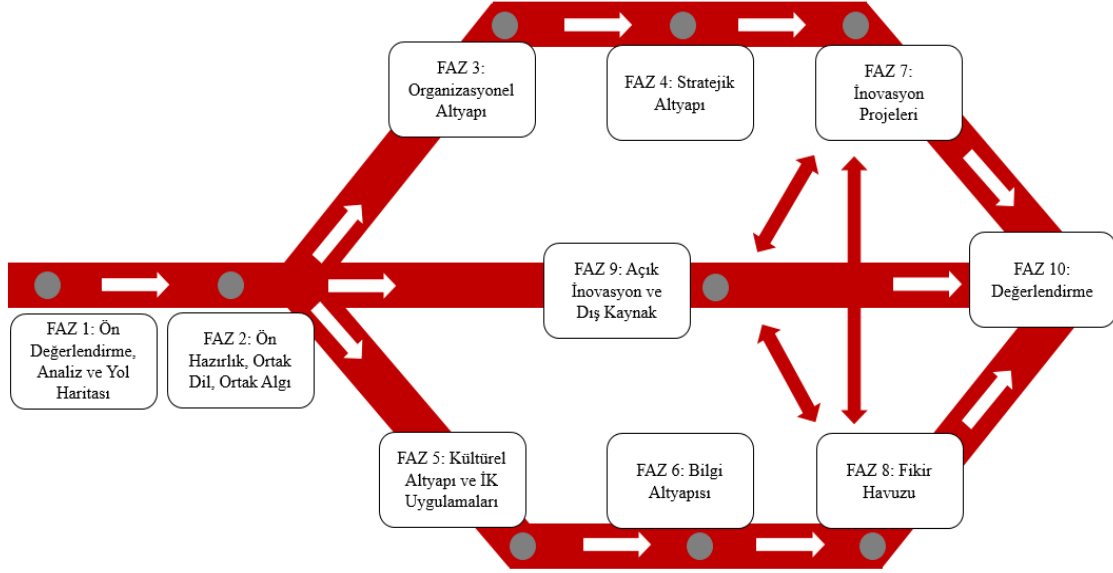
İşletmenin ön test sonucunda almış olduğu puanlar ayrıntılı olarak Tablo 2'de verilmektedir:

Tablo 2. Ön Test Sonuç Puanları

Kategori No	Boyut	İşletmenin Puanı (%)	Büyüme Şampiyonları (%)	Ortalama (%)
	İnovasyon Stratejisi	25	66	65
1.1.	İnovasyon Vizyonu	100	59	58
1.2.	İnovasyon Stratejisi'nin Karakteristik Özellikleri	0	59	57
1.3.	İnovasyon Stratejisi'nin Yayılması	0	75	75
1.4.	İnovasyon Projesi/Projeleri	0	71	70
	İnovasyon Organizasyonu ve Kültürü	80	66	65
2.1.	İnovasyon için Kültürel Hazırlık	80	70	69
2.2.	Yetenekler	80	67	66
2.3.	İnovasyon İçin Kapasite	90	76	75
2.4.	Şirket Dışı İş Birlikleri	80	66	65
2.5.	İnovasyon Ortaklıklarının Yoğunluğu	70	50	49
	İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri	27	48	46
3.2.	Pazara Giriş Süresi	0	62	61
3.3.	Kâra Geçme Süresi	0	63	61
3.4.	Kademeli İnovasyon Projelerinin Başarı Oranı	69	54	52
3.5.	Radikal İnovasyon Projelerinin Başarı Oranı	97	41	39
3.6.	Çevik Yöntemler	23	61	54
3.7.	Entegre Yaşam Döngüsü Süreçleri	0	40	39
3.8.	Geri Bildirim Döngüleri	88	58	57
3.9.	Sistemik Fikir Geliştirme	38	30	29
3.10.	Fikir Yönetimi	12	48	46
3.11.	Fikir Yönetim Döngüsü	0	62	63
3.12.	Geliştirme Süreci	48	45	44
3.13.	Başarılı İnovasyon Lansmanları	0	50	45
3.14.	Müşteri Bilgisinin Entegrasyonu	8	25	23
3.15.	Süreç Göstergelerinde Sürekli Gelişim	0	26	24
	Olanak Sağlayan Etmenler	66	52	47
4.1.	Ölçeklenebilirlik	95	65	54
4.2.	Teşvikler ve Ödüller	0	45	40
4.4.	Öğrenme ve Bilgi	80	55	54
4.5.	Projeler ve Hedefler	82	71	60
4.6.	Uzun Vadeli İnovasyon Projeleri	100	35	34
4.7.	Tasarım Yönetiminin Etkisi	36	40	37
	İnovasyon Sonuçları	21	60	38
5.1.	Gelir Büyümesi	30	74	38
5.2.	Yeni Ürün Ya Da Hizmetlerin Satışından Elde Edilen Gelir	0	45	35
5.4.	Faaliyet Kârı Artışı	36	72	37
5.5.	İnovasyondan Elde Edilen Faaliyet Kârı	0	40	31
5.7.	Maliyet Azaltma	0	38	30
5.8.	Kârı Artırıcı Etmenler	81	89	82
5.9.	Çalışan Sayısında Artış	16	70	37
	TOPLAM PUAN(%)	44	59	52

2.8. Saha Çalışması

Araştırmanın saha çalışması aşaması TİM (Türkiye İhracatçılar Meclisi)'nin 2016 yılından bu yana yürüttüğü, sistematik anlamda inovasyon faaliyetlerini değerlendiren ve büyüklüğünden bağımsız olarak kuruluşlara sürdürülebilir kurumsal inovasyon sistemi kurmayı hedefleyen “İnoSuit- İnovasyon Odaklı Mentörlük Programı” aracılığıyla yürütülmüştür. Araştırma kapsamında Şekil 5'te verilen Kurumsal İnovasyon Sistemi Yol Haritası adımları dikkate alınmıştır (Ekmekçi & Pasin, 2016):



Şekil 5. Kurumsal İnovasyon Sistemi Yol Haritası

Birinci fazda gerçekleştirilen IMP3rove inovasyon ölçüm aracı ön test sonuçlarına göre işletmede aşağıdaki faaliyetler yürütülmüştür:

Çalışanlara İnovasyon Eğitimi Verilmesi

Yetenekler ve İnovasyon için Kültürel Hazırlık kategorilerinde işletme, ortalamanın üzerinde puan almıştır. Belirtilen kategorilerde sürdürülebilirliği sağlamak ve işletme çalışanlarına yönelik ortak dilin oluşturulmasına destek olması adına, İnovasyon 101 adı altında eğitim verilmiştir. İnovasyon Eğitimi; pandemi döneminde olduğu ve daha fazla katılımın sağlanması adına gönüllülük esasına dayanarak online platform üzerinden senkron olarak verilmiş, daha sonra bu eğitime ulaşılabilmesi için işletmenin eğitim portalına video kaydı eklenmiştir. Eğitimde; Ar-Ge, inovasyon ve tasarım kavramlarından, inovasyon çeşitlerinden, inovasyonun işletmeye olan faydasından bahsedilmiş ve İnoSuit- İnovasyon Odaklı Mentörlük Programı ekseninde yürütülecek saha çalışması anlatılmıştır. Eğitim sonrasında katılımcıların birimlerine yönelik gerçekleştirdikleri ve gerçekleştirmeyi planladıkları yenilikçi projeler inovasyon odağıyla değerlendirilmiş ve vaka analizi yapılarak inovasyon kavramının iyice yerleştirilmesi sağlanmıştır. Bu çalışma ile “İnovasyon Organizasyonu ve Kültürü” boyutuna katkı sunulması hedeflenmiştir.

İnovasyon Komitesinin Oluşturulması

Ön test çalışması esnasında, işletmenin Ar-Ge merkezi bulunduğu ancak inovasyon faaliyetlerinden sorumlu bir birim ya da organizasyonel yapı olmadığı göze çarpmıştır. Entegre Yaşam Döngüsü ve Fikir Yönetim Döngüsü kategorilerinden alınan düşük puanlar da göz önünde bulundurularak İnovasyon faaliyetlerinin merkezi olarak takip edildiği, yenilikçi iş fikirlerinin değerlendirilerek yönetime sunulduğu ve farklı birimlerin katılım gösterdiği İnovasyon Komitesi kurulmuştur. İnovasyon komitesi; işletme iç çevresinden gelen iş fikirlerini, işletme amaç ve hedeflerine uygun olarak değerlendirme misyonuyla göreve başlamış ve “Yenilikçi Fikir Havuzunun oluşturulması” başlığında belirtilecek çalışmaların koordinasyonunu sağlamıştır. Haftalık olarak toplantı gerçekleştiren komite üyeleri, yalnız birimlerden gelen iş fikirlerini değil, kendi önerilerini de grup katılımı ile değerlendirmiş ve yönetime sunmuştur. Yönetim tarafından onaylanan yenilikçi iş fikirleri de

farklı birim temsilcilerinin katılımı ile projelendirilmiştir. Bununla birlikte inovasyona yönelik diğer bilgilendirme ve dokümantasyon faaliyetleri de komite toplantılarında gündeme gelmiştir. Toplantılar pandemi sebebiyle online ortamda gerçekleştirilmiş, farklı lokasyonlarda bulunan komite üyelerinin de aktif katılımı sağlanmıştır. Bu çalışma ile “İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri” boyutuna katkı sunulması hedeflenmiştir.

İnovasyon Stratejilerinin Belirlenmesi

İşletme araştırma çalışması öncesinde, 2018 yılında 5 yıllık Stratejik Planını hayata geçirmiş, bünyesine kattığı ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemiyle uyumlu biçimde misyon ve vizyonunu belirlemiştir. Stratejik planında her bir stratejik amaç için tanımlı ve periyodik olarak gözden geçirilen anahtar performans göstergeleri bulunmaktadır. Stratejik planda ağırlıklı olarak yeni ürün geliştirme faaliyetleri ve üretim kapasitesinin artırılması hedefleri bulunmaktadır. Ön Test neticesinde İnovasyon Stratejisinin Yayılması ve İnovasyon Stratejisinin Karakteristik Özellikleri kategorilerinden alınan düşük puanlar da göz önünde bulundurularak saha çalışması esnasında; stratejik planla bağlantılı, yenilikçi ürün, hizmet, süreç, organizasyonel ve pazarlama odaklı faaliyetlerin tanımlandığı inovasyon strateji dokümanı İnovasyon Komitesi ile birlikte hazırlanarak strateji ve kurumsal gelişimden sorumlu genel müdür yardımcısına sunulmuştur. Hazırlanan inovasyon strateji dokümanı ile inovasyon sloganı, ürün, hizmet, organizasyonel ve pazarlama inovasyon tipoloji eğilimleri oluşturulmuş, inovasyon organizasyonu, inovasyon kaynakları, inovasyon işbirlikleri, inovasyon kültürü ve inovasyon süreçlerinin yönetimi tarif edilmiştir. Onaylanan metin işletmenin bilgi teknolojileri altyapısı ile tüm çalışanlarla paylaşılmıştır. Bu çalışma ile “İnovasyon Stratejisi” boyutuna katkı sunulması hedeflenmiştir.

Teknolojik Yol Haritasının Oluşturulması

Ön test sonucunda İnovasyon Stratejisi boyutundan alınan düşük puanlar dikkate alınarak işletme bünyesinde tüm birimlerin katılımı ve inovasyon komitesinin koordinasyonu ile önümüzdeki 5 yıllık dönemde yürütülecek ürün, süreç, organizasyonel ve pazarlama faaliyetlerinde kritik teknoloji alanı, pazardaki konum, mevcut rakipler ve çalışma alanları ve işin önem derecesini içeren matris oluşturulmuştur. Bu matrise göre teknoloji entegrasyonunun hangi yolla (işletmenin kendi deneyimi, danışmanlık hizmeti, üniversite-sanayi işbirliği, tedarikçi işbirliği, müşteri işbirliği, lisans alma veya birleşme) gerçekleştirileceği de belirtilmiştir. Teknoloji yol haritası üst yönetimin onayına sunulmuş ve kabul edilen yol haritası uygulamaya konulmuştur. Bu çalışma ile “İnovasyon Stratejisi” ve “İnovasyon Organizasyonu ve Kültürü” boyutlarına katkı sunulması hedeflenmiştir.

Dijital Dönüşüm Stratejileri ve Yol Haritasının oluşturulması

Ön Test neticesinde İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri boyutundan elde edilen puanlar dikkate alınarak İşletme, daha öncesinde hazırladığı Stratejik Planla uyumlu şekilde, Bilgi Teknolojileri Müdürlüğü ve İnovasyon Komitesinin katkısı ile dijital dönüşüm stratejilerini hazırlamıştır. Buna göre işletmenin dijital dönüşüm eğilimleri, dijitalleşme kaynakları, dijitalleşme organizasyonu, dijital dönüşüm işbirlikleri ve dijital dönüşüm süreçlerinin yönetim ilkeleri belirlenmiştir. Oluşturulan Dijital dönüşüm stratejilerine ek olarak tıpkı teknoloji yol haritasında olduğu gibi dijital dönüşüm yol haritası da, stratejilerle uyumlu biçimde hazırlanmıştır. İşletmenin doküman yönetim sistemi, iletişim kanalları ve laboratuvar altyapısının dijitalleşmesi gibi başlıklarda yürütülmesi planlanan projeler aşağıda detayları verilecek “Yenilikçi Fikir Havuzu”na iletilmek üzere önceliklendirilmiştir. Bu çalışma ile “İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri” ve “Olanak Sağlayan Etmenler” boyutlarına katkı sunulması hedeflenmiştir.

İnovasyon Kütüphanesinin Oluşturulması

Ön test neticesinde Geliştirme Süreci ve Süreç Göstergelerindeki Sürekli Gelişim kategorilerinden alınan puanlar göz önünde bulundurularak işletmenin inovasyon altyapısının geliştirilmesi, bilgiye ulaşımın sürekliliği ve tüm birimlerin bilgi düzeyinin eş zamanlı olarak yükseltilmesi adına İnovasyon Kütüphanesi elektronik ortamda hazırlanmış ve çalışanlar kütüphaneye erişim için yetkilendirilmiştir. İnovasyona yönelik tanımlar, el kitapları ve kılavuzlar da dâhil olmak üzere dokümanların eklendiği kütüphaneye çalışanların inovasyon faaliyetlerine yönelik katıldığı eğitim, konferans gibi araştırma odaklı toplantıların eğitim notlarının da paylaşılmasının önü açılmıştır. İnovasyon kütüphanesine dâhil edilecek dokümanların güncelliği İnovasyon

Komitesinin sorumluluğuna verilmiş ve çalışanlardan gelen taleplere göre sürekli güncellenebilen bulut tabanlı bir elektronik kütüphane olması sağlanmıştır. Bu çalışma ile “İnovasyon Organizasyonu ve Kültürü”, “İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri” ve “Olanak Sağlayan Etmenler” boyutlarına katkı sunulması hedeflenmiştir.

İnovasyon Projelerinin ve Proje Gruplarının Belirlenmesi

Ön test neticesinde İnovasyon Projesi/Projeleri kategorisinden elde edilen düşük puan dikkate alınarak İnovasyon Teknoloji Yol Haritası ve Dijital dönüşüm yol haritası neticesinde ortaya çıkan projeler üst yönetim tarafından onaylandıktan sonra gruplandırılmalar oluşturulmuştur. İnovasyon Komitesi çalışmalarına destek sağlayacak şekilde oluşturulan 15 proje grubu, farklı birimlerden ve farklı teknik uzmanlığa sahip üyelerden meydana gelmektedir. Proje grupları haftalık olarak online platformlarda toplanarak gündem oluşturmakta, proje grubundan gelen yeni iş fikirleri Yenilikçi Fikir Havuzuna iletilmek üzere kaydedilmektedir. Bu çalışma ile “İnovasyon Stratejisi”, “İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri” ve “Olanak Sağlayan Etmenler” boyutlarına katkı sunulması hedeflenmiştir.

Yenilikçi Fikir Havuzunun oluşturulması

Ön Test sonucunda İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri ve Olanak Sağlayan Etmenler boyutları dikkate alınarak işletmede, tüm çalışanların dâhil olacağı şekilde yenilikçi iş fikirlerinin sunulduğu, değerlendirildiği, önceliklendirildiği ve ödüllendirildiği “Yenilikçi Fikir Havuzu” isminde bir platform kurulmuştur. Bu platform; saha çalışması esnasında ilk çağrıya çıkmış ve tüm çalışanlardan, hazırlanan elektronik form aracılığı ile fikirlerini sunmasını sağlamıştır. Gelen iş fikirleri İnovasyon Komitesi aracılığıyla yapılabirlik, ticarileşme, ölçeklenebilirlik, teknolojik boyut ve takım başlıklarında 100 üzerinden değerlendirilmiş ve 60 üzeri puan alan iş fikirleri yönetime sunulmuştur. Üst yönetim de, son değerlendirme gerçekleştirerek hayata geçirilmesi planlanan inovasyon odaklı iş fikirlerini belirlemiş ve tüm çalışanların katılımıyla online olarak gerçekleşen İnovasyon Lansmanı etkinliğinde dereceye giren iş fikirleri ödüllendirilmiştir. Yenilikçi Fikir Havuzunun, bir sonraki çağrı döneminde açık inovasyon faaliyetlerini destekleyici şekilde kamuoyuna açılması ve işletmenin dış çevresinden gelecek yenilikçi fikirlerin değerlendirilerek hayata geçirilmesi planlanmaktadır. Bu çalışma ile “İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri” ve “Olanak Sağlayan Etmenler” boyutlarına katkı sunulması hedeflenmiştir.

Paydaş Veri tabanı oluşturulması

Ön Test neticesinde İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri boyutunda verilen puanlar dikkate alınarak İşletme bünyesinde seçilen iş fikirlerinin yürütülmesi esnasında ihtiyaç duyulan uzmanlık desteğinin sağlanacağı kişi, kurum ve kuruluşların bulunduğu Paydaş Veri tabanı matrisi oluşturulmuş ve sürekli güncel tutulması sağlanmıştır. İşletme hâlihazırda Ar-Ge Merkezi olduğu için, Ar-Ge Merkezi bünyesinde yürütülen Ar-Ge Projelerinin de aynı veri tabanından destek alması sağlanmıştır. Veri tabanında paydaş türü, işbirliği türü, uzmanlık alanı, iletişim bilgileri ile kayıtlı ilgili notlar yer almakta üniversite sanayi işbirliği, akademik danışmanlık, proje danışmanlığı, fikri mülkiyet danışmanlığı ile Ar-Ge Proje ortaklığı gibi alanlarda işbirliği kayıtları listelenebilmektedir. Bu çalışma ile “İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri” ve “Olanak Sağlayan Etmenler” boyutlarına katkı sunulması hedeflenmiştir.

Ar-Ge Proje Finansmanı Faaliyetleri

Ön Test neticesinde Teşvikler ve Ödüller kategorisindeki düşük puan dikkate alınarak, Seçilen ve projelendirilen inovasyon iş fikirlerinden bir kısmı, Ar-Ge Merkezi bünyesinde temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirme odağında değerlendirilmiştir. TÜBİTAK, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Avrupa Birliği fonları incelenerek uygun olan çağrılara başvurular gerçekleştirilmiş, 3 Ar-Ge projesi için hibe ile almaya hak kazanmıştır. İşletme, Sanayi ve Ticaret Bakanlığında tescilli Ar-Ge Merkezi olduğu ve her yıl Ar-Ge finansmanına yönelik belirli performans hedefleri olduğundan, proje gruplarına yönlendirilen veya Yenilikçi Fikir Havuzuna iletilen iş fikirleri Ar-Ge kapsamı odağında değerlendirilerek ilgili ulusal ve/veya uluslararası finansman kuruluşlarından hibe almaya devam edilecektir. Bu çalışma ile “Olanak Sağlayan Etmenler” ve “İnovasyon Sonuçları” boyutlarına katkı sunulması hedeflenmiştir.

Yıllık İnovasyon Eğitim Takviminin oluşturulması

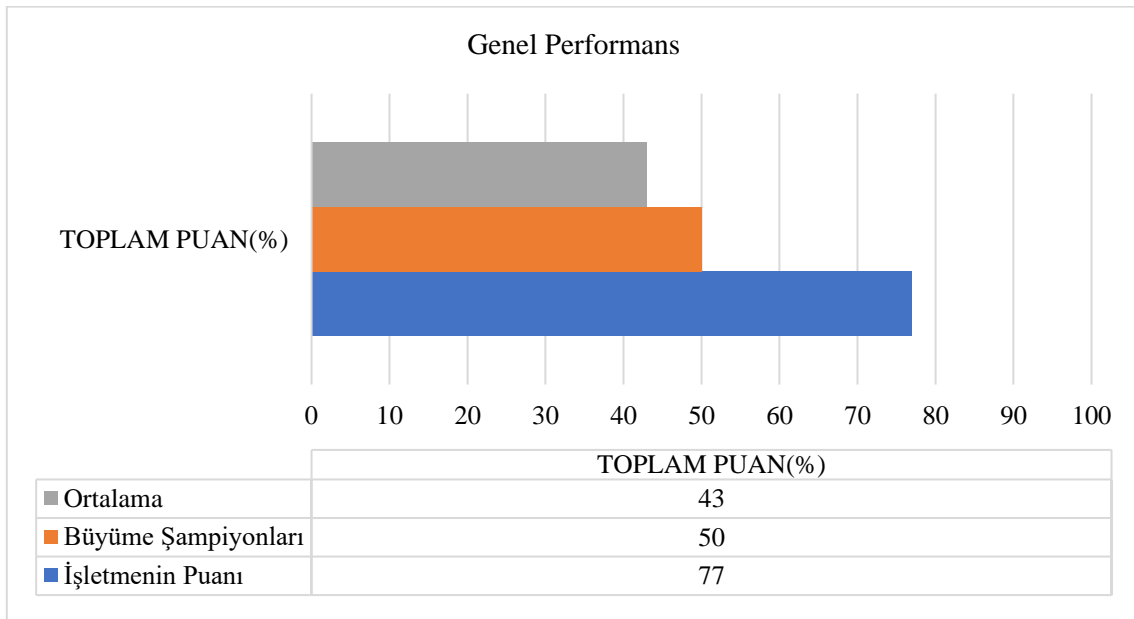
İşletmenin hâlihazırda yıllık olarak İnsan Kaynakları Müdürlüğü tarafından düzenlenen ve yönetim tarafından onaylanan Eğitim Takvimi bulunmaktadır. Bu takvime göre, çalışanların alması gereken zorunlu eğitimler, hizmet içi ve kurum dışı eğitimlerin planlaması yapılmaktadır. üzere Yetenekler ve İnovasyon için Kültürel Hazırlık kategorilerinde işletmenin aldığı yüksek puanları sürdürülebilir hale getirmek adına yürütülen saha çalışması ile eğitim takvimi inovasyon odaklı şekilde gözden geçirilerek, kurum içi yetkinliklerini de yansıtacak şekilde düzenleme yapılmış, idari ve teknik eğitimler eklenmiştir. Bununla birlikte kurum dışından alınması planlanan Ar-Ge Proje Yönetimi, Tasarım Odaklı Düşünme, TRIZ(Yaratıcı Problem Çözme Teknikleri), Fikri Mülkiyet Hakları Yönetimi gibi eğitim konuları da takvime eklenmiştir. Bu çalışma ile “İnovasyon Organizasyonu ve Kültürü” ve “Olanak Sağlayan Etmenler” boyutlarına katkı sunulması hedeflenmiştir.

Fikri Mülkiyet Hakları Yönergesinin oluşturulması

İşletmede hâlihazırda yürütülen fikri mülkiyet faaliyetleri yalnızca marka odaklı korunmaktadır. 10.01.2017 tarih ve 29944 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu ve ilgili mevzuat çerçevesinde çalışan buluşlarında, buluş sahibinin maddi hakkı bulunmakta, özellikle patentlerden elde edilen gelirin en az üçte bir oranında buluş sahibine ödeme yapılması gerekmektedir. İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri puanlarının düşüklüğü de dikkate alınarak, işletmenin marka, patent, faydalı model ve endüstriyel tasarım odaklı fikri mülkiyet hak süreçlerini buluş bildirimden başlamak üzere tanımlayan ve buluş sahibinin haklarını mevzuata uygun olarak düzenleyen yönerge hazırlanmış, işletmenin hâlihazırda danışmanlık aldığı patent vekil firma ve Hukuk Müşavirliği görüşleriyle son haline getirilmiştir. Bu çalışma ile “İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri” boyutuna katkı sunulması hedeflenmiştir.

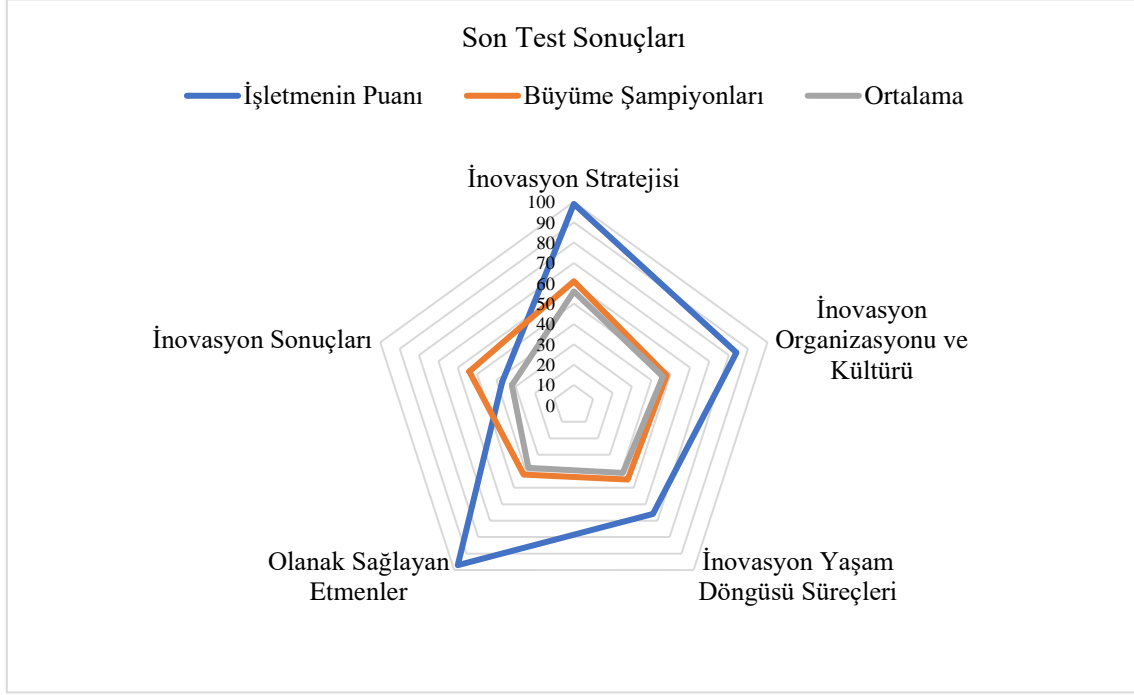
2.9. Son Test Çalışması

Yaklaşık bir yıllık bir süre içerisinde tamamlanan saha çalışmasının ardından sonuçları değerlendirmek adına son test çalışması Kurumsal Gelişimden sorumlu Genel Müdür Yardımcısı, Ar-Ge Merkezi Sorumlusu ve ilgili diğer personelin hazır bulunduğu ortamda ön test çalışmasında olduğu gibi yine odak grup görüşmesi yöntemiyle web konferans üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ön test büyüme şampiyonları ve ortalama değerlerin tutarlılığı açısından yine belirli bir kıyas sınıfı seçilmemiş ve ölçme aracına dâhil olan tüm işletmelerle karşılaştırma imkânı sağlanmıştır. Ön test çalışmasında olduğu gibi işletmenin vermiş olduğu cevaplar IMP3rove İnovasyon Ölçüm aracı platformu web adresine girilerek rapor oluşturulmuştur. Buna göre Şekil 6'daki sonuçlar elde edilmiştir:



Şekil 6. Son Test Sonucu İşletme Genel Performansı

İşletmenin IMP3rove İnovasyon Ölçme aracı son test çalışmasında 5 farklı boyuttan aldığı puanlar Şekil 7’de özet olarak verilmektedir:



Şekil 7. Son Test Sonuçları

İşletmenin son test sonucunda almış olduğu puanlar ayrıntılı olarak Tablo 3’te verilmektedir:

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma kapsamında işletmede gerçekleştirilen ön test, saha çalışması ve son test çalışmasından sonra Tablo 4’te ifade edilen karşılaştırmalı sonuçlara ulaşılmıştır:

Araştırma bulguları inovasyonun beş boyutu ve toplam puanlar üzerinden değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

İşletme, araştırma süreci boyunca gerçekleştirilen ön test, saha çalışması ve son test çalışması sonucunda en önemli farkı “İnovasyon Stratejisi” boyutunda ortaya koymuştur ve ön test sonucuna oranla %74’lük bir iyileşme sağlamıştır. Bunun temel etkeni; daha öncesinde inovasyon stratejilerinin bulunmayışı, teknoloji yol haritasının oluşturulmaması ve bağlantılı biçimde inovasyon projelerinin belirlenmemesi olarak gözlemlenmiştir.

İnovasyon organizasyonu ve kültürü boyutu incelendiğinde, ön test aşamasında işletmenin %80’lik bir puan ile ortalama ve büyüme şampiyonlarından daha yüksek bir puan aldığı görülmektedir. Saha çalışması sırasında da gözlemlendiği üzere işletmenin inovasyona yönelik kültürel altyapısı ve çalışan yetenekleri yüksek seviyededir. Bununla birlikte, şirket dışı iş birliklerinde ön test ve son test sonuçları arasında %24’lük bir fark ortaya çıktığı, bunun sebebinin ise saha çalışması esnasında oluşturulan ortaklık altyapılarının henüz inovasyon projelerine yeterli seviyede dönüşmemesi olarak gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, saha çalışması faaliyetlerinin inovasyon organizasyonu ve kültürü boyutunda %4’lük bir iyileşme sağladığı ortaya konulmuştur.

Tablo 3. Son Test Sonuç Puanları

Kategori No	Boyut	İşletmenin Puanı (%)	Büyüme Şampiyonları (%)	Ortalama (%)
	İnovasyon Stratejisi	99	61	56
1.1.	İnovasyon Vizyonu	100	57	53
1.2.	İnovasyon Stratejisi'nin Karakteristik Özellikleri	100	55	49
1.3.	İnovasyon Stratejisi'nin Yayılması	95	69	65
1.4.	İnovasyon Projesi/Projeleri	100	62	57
	İnovasyon Organizasyonu ve Kültürü	84	48	46
2.1.	İnovasyon için Kültürel Hazırlık	82	62	61
2.2.	Yetenekler	98	11	9
2.3.	İnovasyon İçin Kapasite	92	72	68
2.4.	Şirket Dışı İş Birlikleri	100	55	52
2.5.	İnovasyon Ortaklıklarının Yoğunluğu	46	39	38
	İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri	66	45	41
3.2.	Pazara Giriş Süresi	0	65	62
3.3.	Kâra Geçme Süresi	0	65	62
3.4.	Kademeli İnovasyon Projelerinin Başarı Oranı	69	57	51
3.5.	Radikal İnovasyon Projelerinin Başarı Oranı	77	47	40
3.6.	Çevik Yöntemler	98	9	5
3.7.	Entegre Yaşam Döngüsü Süreçleri	100	43	41
3.8.	Geri Bildirim Döngüleri	98	59	55
3.9.	Sistemik Fikir Geliştirme	54	30	27
3.10.	Fikir Yönetimi	58	32	28
3.11.	Fikir Yönetim Döngüsü	75	62	67
3.12.	Geliştirme Süreci	100	49	42
3.13.	Başarılı İnovasyon Lansmanları	78	50	43
3.14.	Müşteri Bilgisinin Entegrasyonu	13	29	25
3.15.	Süreç Göstergelerinde Sürekli Gelişim	100	25	20
	Olanak Sağlayan Etmenler	97	42	38
4.1.	Ölçeklenebilirlik	100	10	8
4.2.	Teşvikler ve Ödüller	100	42	36
4.4.	Öğrenme ve Bilgi	90	52	53
4.5.	Projeler ve Hedefler	91	60	57
4.6.	Uzun Vadeli İnovasyon Projeleri	100	37	32
4.7.	Tasarım Yönetiminin Etkisi	98	50	42
	İnovasyon Sonuçları	37	54	32
5.1.	Gelir Büyümesi	48	85	40
5.2.	Yeni Ürün Ya Da Hizmetlerin Satışından Elde Edilen Gelir	26	17	15
5.4.	Faaliyet Kârı Artışı	48	63	38
5.5.	İnovasyondan Elde Edilen Faaliyet Kârı	5	40	31
5.7.	Maliyet Azaltma	7	38	30
5.8.	Kârı Artırıcı Etmenler	0	29	25
5.9.	Çalışan Sayısında Artış	94	82	39
	TOPLAM PUAN(%)	77	50	43

Tablo 4. Ön Test ve Son Test Karşılaştırması

Kategori No	Boyut	Ön Test Puanları(%)	Son Test Puanları(%)	Değişim (%)
	İnovasyon Stratejisi	25	99	74
1.1.	İnovasyon Vizyonu	100	100	0
1.2.	İnovasyon Stratejisi'nin Karakteristik Özellikleri	0	100	100
1.3.	İnovasyon Stratejisi'nin Yayılması	0	95	95
1.4.	İnovasyon Projesi/Projeleri	0	100	100
	İnovasyon Organizasyonu ve Kültürü	80	84	4
2.1.	İnovasyon için Kültürel Hazırlık	80	82	2
2.2.	Yetenekler	80	98	18
2.3.	İnovasyon İçin Kapasite	90	92	2
2.4.	Şirket Dışı İş Birlikleri	80	100	20
2.5.	İnovasyon Ortaklıklarının Yoğunluğu	70	46	-24
	İnovasyon Yaşam Döngüsü Süreçleri	27	66	39
3.2.	Pazara Giriş Süresi	0	0	0
3.3.	Kâra Geçme Süresi	0	0	0
3.4.	Kademeli İnovasyon Projelerinin Başarı Oranı	69	69	0
3.5.	Radikal İnovasyon Projelerinin Başarı Oranı	97	77	-20
3.6.	Çevik Yöntemler	23	98	75
3.7.	Entegre Yaşam Döngüsü Süreçleri	0	100	100
3.8.	Geri Bildirim Döngüleri	88	98	10
3.9.	Sistematik Fikir Geliştirme	38	54	16
3.10.	Fikir Yönetimi	12	58	46
3.11.	Fikir Yönetim Döngüsü	0	75	75
3.12.	Geliştirme Süreci	48	100	52
3.13.	Başarılı İnovasyon Lansmanları	0	78	78
3.14.	Müşteri Bilgisinin Entegrasyonu	8	13	5
3.15.	Süreç Göstergelerinde Sürekli Gelişim	0	100	100
	Olanak Sağlayan Etmenler	66	97	31
4.1.	Ölçeklenebilirlik	95	100	5
4.2.	Teşvikler ve Ödüller	0	100	100
4.4.	Öğrenme ve Bilgi	80	90	10
4.5.	Projeler ve Hedefler	82	91	9
4.6.	Uzun Vadeli İnovasyon Projeleri	100	100	0
4.7.	Tasarım Yönetiminin Etkisi	36	98	62
	İnovasyon Sonuçları	21	37	16
5.1.	Gelir Büyümesi	30	48	18
5.2.	Yeni Ürün veya Hizmetlerin Satışından Elde Edilen Gelir	0	26	26
5.4.	Faaliyet Kârı Artışı	36	48	12
5.5.	İnovasyondan Elde Edilen Faaliyet Kârı	0	5	5
5.7.	Maliyet Azaltma	0	7	7
5.8.	Kârı Artırıcı Etmenler	81	0	-81
5.9.	Çalışan Sayısında Artış	16	94	78
	TOPLAM PUAN(%)	44	77	33

İnovasyon yaşam döngüsü süreçleri boyutu incelendiğinde ön test aşamasında işletmenin %27'lik bir puanla ortalamanın altında kaldığı görülmektedir. Saha çalışması aşamasında gerçekleştirilen; inovasyon komitesinin oluşturulması, dijital dönüşüm stratejileri ve yol haritasının oluşturulması, inovasyon kütüphanesinin oluşturulması, yenilikçi fikir havuzunun oluşturulması, paydaş veri tabanının oluşturulması ve fikri mülkiyet hakları yönergesinin oluşturulması faaliyetlerinin inovasyon yaşam döngüsü süreçleri boyutuna doğrudan etki ettiği gözlemlenmiştir. Fikir yönetimi, süreç göstergelerindeki gelişim, müşteri bilgisi entegrasyonu gibi kategorilerde işletmenin puanını yükselttiği, ürün gamındaki en karlı ürünlerde henüz bir değişiklik olmadığı için pazara giriş ve kara geçme süresinde bir değişiklik olmadığı ortaya konulmuştur. Bununla birlikte radikal inovasyonların başarı oranında %20'lik bir düşüş gerçekleştiği, bunun sebebinin ise saha çalışması esnasında başlayan radikal inovasyon çalışmalarının henüz tamamlanmaması olduğu değerlendirilmiştir. Sonuç olarak saha çalışması faaliyetlerinin inovasyon yaşam döngüsü süreçleri boyutunda %39'luk iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir.

Olanak sağlayan etmenler boyutu incelendiğinde ön test aşamasında %66'lık bir puanla ortalamanın ve büyüme şampiyonlarının üstünde bir gerçekleştirmeye sahip olduğu görülmektedir. İşletmenin başlangıç aşamasında Pazar talebi, dağıtım kanalları ve operasyonel süreçlerinde ölçeklenebilirlik kriteriyle hareket ettiği, projelerinin hedeflerinin tanımlı olduğu ve bu hedeflerin büyük bir kısmına proje sonucunda ulaşabildiği ortaya konulmuştur. Saha çalışması aşamasında gerçekleştirilen; dijital dönüşüm stratejileri ve yol haritasının oluşturulması, inovasyon kütüphanesinin oluşturulması, inovasyon projelerinin belirlenmesi, yenilikçi fikir havuzunun oluşturulması, paydaş veri tabanının oluşturulması, Ar-Ge Proje finansmanı ve yıllık inovasyon eğitim takviminin oluşturulması faaliyetlerinin olanak sağlayan etmenler boyutuna etki ettiği gözlemlenmiştir. Özellikle yenilikçi fikir havuzunun oluşturulması ve Ar-Ge Proje finansmanı faaliyetleriyle iş fikirlerinin ödüllendirilmesi ve dış fonlardan hibe alması sağlanarak "Teşvikler ve Ödüller" kategorisinde %100'lük bir iyileşme gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak saha çalışması faaliyetlerinin olanak sağlayan etmenler boyutunda %31'lik iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir.

İnovasyon sonuçları boyutu değerlendirildiğinde ön test aşamasında işletmenin %21'lik puan ile inovasyon boyutları arasında en düşük gerçekleştirmeye sahip olduğu ve ortalamanın altında kaldığı gözlemlenmiştir. Saha çalışması neticesinde işletmenin, Ar-Ge proje finansmanı faaliyetleriyle inovasyondan elde edilen faaliyet karı kategorisine doğrudan, diğer kategorilere ise dolaylı olarak katkı sağlandığı değerlendirilmiştir. Bununla birlikte kar arttırıcı etmenler kategorisinde gerçekleşen %81'lik farkın işletmenin son 4 yılı baz alınarak gerçekleştirdiği organik büyümeyle ilgili olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak saha çalışması faaliyetlerinin inovasyon sonuçları boyutunda %16'lık iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir.

İşletmenin sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ön test çalışmasında toplamda %44'lük puan aldığı, saha çalışması faaliyetleri neticesinde gerçekleştirilen son test çalışmasında ise puanını %77'ye yükselttiği, bu puanla büyüme şampiyonları puanı olan %50'nin de üstüne çıktığı gözlemlenmiştir. Araştırma kapsamında gerçekleştirilen saha çalışması faaliyetlerinin inovasyon boyutlarına katkısıyla son test çalışmasındaki puanların elde edildiği değerlendirilmektedir. Buradan hareketle; ön test çalışması, saha çalışması ve son test çalışması ile birlikte araştırmanın amacı doğrultusunda belirlenen araştırma sorusunun ortaya konulduğu, örneklem olarak seçilen işletmede gerçekleştirilen tek grup ön test-son test tasarımı ile inovasyon yönetimi faaliyetlerinin, işletmelerin inovasyon kapasitesi üzerinde olumlu yönde etkisinin bulunduğu sonucuna varılmıştır.

4. SONUÇLAR

Araştırma kapsamında inovasyon yönetimi faaliyetlerinin, işletmelerin inovasyon kapasitesi üzerinde etkisini incelemek adına araştırma sorusu belirlenmiş ve araştırma modeli oluşturulmuştur. İnovasyon kapasitesinin değerlendirilmesine yönelik ulusal ve uluslararası literatür taranmış ve sonuçları ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, araştırma modeli doğrultusunda, inovasyon kapasitesi ölçümüne yönelik araçlar karşılaştırılmış ve araştırmaya uygun olarak değerlendirilen IMP3rove İnovasyon Ölçüm Aracı seçilmiştir. İnovasyon kapasitesini literatürdeki "House Of Innovation" modeline göre beş boyutta değerlendiren IMP3rove İnovasyon ölçüm aracı ile ön test ve son test çalışması, örneklem olarak seçilen işletmede gerçekleştirilmiştir (Kearney, 2006). Araştırmanın saha çalışması kısmında Türkiye İhracatçılar Meclisi bünyesinde yürütülen "İnoSuit – İnovasyon Odaklı Mentörlük Programı" kapsamında önerilen "Kurumsal İnovasyon Sistemi Yol

Haritası” adımları uygulanmıştır (Ekmekçi & Pasin, 2016). Yol haritası uygulanırken işletmenin mevcut durumu ve üst yönetimin vizyonu göz önünde bulundurularak takvimlendirme yapılmış ve işletmeye uygun olan saha çalışması faaliyetleri belirlenmiştir. Sonuç olarak inovasyon faaliyetlerinin; inovasyon stratejisi, inovasyon organizasyonu ve kültürü, inovasyon yaşam döngüsü süreçleri, olanak sağlayan etmenler ve inovasyon sonuçları boyutlarını da içerecek şekilde işletmelerin inovasyon kapasitesi üzerinde olumlu yönde etkisi olduğu ortaya konulmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde TİM tarafından gerçekleştirilen “İnoSuit Etki Analizi” çalışmasında ifade edildiği şekilde “işletmelerin büyüklüklerinden bağımsız olarak yürüttüğü saha çalışmaları ile inovasyona yönelik başarılı sonuçlar aldığı” sonucuyla uyumlu olduğu değerlendirilmektedir (İnoSuit, 2021).

Bu araştırmada inovasyon faaliyetlerinin işletmelerin inovasyon kapasitesi üzerine etkisi değerlendirilmiş, örneklem olarak seçilen, Ankara’da faaliyet gösteren ve hâlihazırda Ar-Ge Merkezi bulunan işletmede gerçekleştirilen tek gruplu ön test- son test tasarımı, IMP3rove İnovasyon ölçüm aracı ile uygulanmış, saha çalışmasında yürütülen inovasyon odaklı faaliyetlerin işletmeye etkisi ortaya konulmuştur. Araştırmanın sonuçlarından yola çıkarak inovasyon kapasitesini geliştirmek isteyen işletmelere aşağıdaki çözümler önerilmektedir:

i-İnovasyon kapasitesinin geliştirilmesine yönelik ilk adım inovasyon stratejilerinin belirlenmesidir. İşletmelerin, kendi vizyon ve stratejileriyle uyumlu inovasyon stratejilerini belirlemesi ve bu stratejileri işletmenin iş ve dış paydaşlarına görünür kılmaları gerekmektedir. Bu sayede, iş fikirlerinin ticari değere dönüşmesi sürecinde karşılaşılabilecek problemlerin çözümü kolaylaşabilecektir (Uzkurt, 2010).

ii-Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, inovasyona ilişkin kültürel hazırlığını tamamlamış ve organizasyonel altyapısını destekleyen işletmelerin başarılı inovasyon sonuçları aldığı görülmektedir. Bu sebeple işletmeler; bilgi paylaşımını arttıracak, takım çalışmasını teşvik edecek ve iş fikirlerinin özgürce paylaşacakları bir örgüt kültürünü tesis etmek durumundadır (Karakaş, 2014).

iii-Artımsal ve radikal inovasyon projelerinin başarı oranını yükseltmek ve farklı disiplinlerdeki iş fikirlerini desteklemek adına işletmelerin fikir yönetimi süreçlerini tesis etmeleri ve çalışanların erişimine açmaları gerekmektedir. Belirli bir birim ya da komite tarafından değerlendirilen iş fikirleri arasından başarılı bulunanları seçilerek uygulamaya alınmalı, başarılı iş fikirleri ödüllendirilmelidir. Böylelikle; işletme çalışanlarının bilgi ve tecrübelerini, geniş katılımlı şekilde ve işletmenin vizyon ve stratejileri doğrultusunda aktarmaları sağlanabilecektir (Durna, 2002).

iv-İnovasyon projeleri belirlenirken, işletme vizyon ve stratejilerinin yanında müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin referans alınması önem arz etmektedir. Bunu gerçekleştirmek adına periyodik olarak müşteri geri bildirimlerinin alınması ve bu geri bildirimlerin yenilikçi ürün, hizmet ve süreçler geliştirirken sürekli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir (Özdaşlı, 2006).

v-İnovasyon projelerinin, iş fikri aşamasında işletmeye sunulduğu andan itibaren korunması ve desteklenmesi, gerek işletmenin ilerleyen dönemde ticari kayıplar yaşamaması gerekse iş fikri sahibinin hak sınırlarının belirlenmesi açısından önemlidir. Bu sebeple işletmelerin inovasyon faaliyetlerini yürütürken, fikri mülkiyet odaklı değerlendirme yapması, iş fikri sahibinden buluş bildirim formu alması, yasal mevzuata uygun şekilde patent, faydalı model veya endüstriyel tasarım başvuruları ile fikri mülkiyeti koruması önerilmektedir. Unutulmamalıdır ki, fikri mülkiyet çıktıları ve fikri mülkiyet hakları yönetimi, inovasyon kapasitesinin değerlendirilmesini ve inovasyon faaliyetlerinin çıktı odaklı takip edilmesini sağlayan belirleyici bir unsurdur (Tektaş vd., 2012).

vi-İşletmelerin iş fikirlerini ticarileştirirken ortaya çıkan inovasyona yönelik maliyetlerini karşılaması, inovasyon projelerinin ortaya koyacağı değeri ve karlılığı arttırmaktadır. Bu sebeple, desteklenen iş fikirlerinden uygun olanları için; TÜBİTAK, KOSGEB, Kalkınma Ajansları gibi ulusal, Avrupa Birliği Horizon, İkili İşbirliği Programları ve Birleşmiş Milletler gibi uluslararası fon kaynaklarına başvuru yaparak hibe alınması önerilmektedir. Böylelikle işletmeler inovasyon faaliyetleri adına; araştırma geliştirme, teknolojiye ulaşım, üretim, dağıtım ve pazarlama gibi aşamalarda ortaya çıkabilecek risklere maliyet etkin çözümler geliştirebilecektir (Tuna ve İsaetli, 2014).

Araştırmanın sınırlılıkları, inovasyonun işletmeler için önemi ve literatüre katkı açısından değerlendirildiğinde gelecek dönemde aşağıdaki akademik çalışmaların yapılması önerilmektedir:

i-Ar-Ge Merkezi bulunan işletmelerin, henüz Ar-Ge Merkezi tescil belgesini temin etmemiş işletmelerle inovasyon kapasitesi ve inovasyon çıktıları odaklı farklarını ölçmek adına araştırmaların yürütülmesi önerilmektedir. Böylelikle Ar-Ge Merkezi faaliyetleri ve Ar-Ge çıktılarının inovasyon kapasitesine etkisi ortaya konulabilecektir.

ii-İnovasyon kapasitesi ölçümünde işletmelerin sektörel bazda diğer işletmelerle karşılaştırılması ve bulunduğu sektördeki ortalama ile işletmenin kapasitesinin değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu sayede gerçekleştirilen ön test ve son test çalışmaları ile sektörel karşılaştırma yapılabilecektir.

iii-İşletmenin tipi ve büyüklüğüne göre inovasyon faaliyetleri ve çıktıları arasındaki farklılıkların incelenmesi önerilmektedir. Bu amaçla aynı faaliyet döneminde farklı büyüklük ve sektördeki işletmelerde eş zamanlı yürütülen inovasyon faaliyetlerinin inovasyon çıktılarında ve karlılığa etkisi ortaya konulabilecektir.

iv- Patent lisanslama, şirket satın alma, teknoloji şirketlerine yatırım yapma gibi dış kaynaklı ticarileşme alternatiflerinin inovasyon kapasitesine etkisinin incelenmesi adına Türk Patent ve Marka Kurumunda kaydı bulunan patent devir almış ya da lisanslamış işletmeler ile bireysel veya girişim sermayesi fonları üzerinden teknoloji odaklı start-up'lara yatırım yapan işletmeler içerisinde seçilecek örneklem incelenerek teknoloji transferi faaliyetlerinin inovasyon kapasitesine etkisinin araştırılması önerilmektedir.

v- Çalışanların sunduğu iş fikirlerinin yetkili birim ya da disiplinler arası komite tarafından nasıl seçileceğine ilişkin çok ölçütlü karar verme modelinin tasarlanması önerilmektedir. Böylelikle işletme vizyon ve stratejilerine uygun iş fikirlerinin desteklenmesi ve akademik araştırmalara yansıtılması sağlanabilecektir.

Tüm bu çalışmalar ve araştırma önerileri aracılığı ile inovasyon faaliyetlerinin işletmeler için önemi geniş bir çerçevede ortaya konulabilecek ve literatüre inovasyon yönetimi, inovasyon kapasitesi ve inovasyon çıktuları odağında kapsamlı araştırmalar kazandırılabilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

KAYNAKLAR

- Adler, P. S., & Shenbar, A. (1990). Adapting your technological base: The organizational challenge. *Sloan Management Review*, 32(1), 25-37. WOS:A1990EH15100003
- Aksel, İ. (2010). İşletmelerde İnovasyon ve İnovasyonu Destekleyen Örgüt Kültürünün Belirleyicileri ve Bir Araştırma. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Arıkan, C., Akyos, M., Durgut, M., & Göker A. (2003). Ulusal İnovasyon Sistemi, Kavramsal Çerçeve, Türkiye İncelemesi ve Ülke Örnekleri. İstanbul: TÜSİAD Yayınları.
- Başer, B. C., Yılmaz, A., & İyiler, Z. (2013). Kümeler için İnovasyon ve AR-GE Yönetimi Kılavuzu. T.C. Ekonomi Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü. (Erişim Tarihi: 01/06/2021) www.urge.gov.tr/userfiles/pdf/belgeler/ekonomiBakanligi/8_inovasyon.pdf
- Bowling, A. (2002). *Research Methods in Health: Investigating Health and Health Services*. Philadelphia, PA: McGraw-Hill House.
- Büyüköztürk, Ş. (2001). *Deneyisel desenler: Öntest sontest kontrol gruplu desen ve veri analizi*. Ankara: Pegem Akademi.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, And Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Boston: Pearson.
- Damanpour, F. (1991). Organizational Innovation: A Metaanalysis of Effects of Determinants and Moderators. *Academy of Management Journal*, 34(3), 555-590. doi:[10.5465/256406](https://doi.org/10.5465/256406)

- Damanpour, F. (1996). Organizational Complexity and Innovation: Developing and Testing Multiple Contingency Models. *Management Science*, 42(5), 693-716. doi:[10.1287/mnsc.42.5.693](https://doi.org/10.1287/mnsc.42.5.693)
- Durna, U. (2002). Yenilik Yönetimi, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Ekmekçi, U., & Pasin, M. (2016). InoSuit Project. Report of the methodology workshop of InoSuit. İstanbul: TİM.
- El-Nawawy, M., Abdullah, B. A., & Awny, M. M. (2014). Assessment of The Innovation Capabilities of Software Companies in Egypt. IAMOT 2014, Washington D.C.
- Elçi, Ş. (2006). İnovasyon Kalkınmanın ve Rekabetin Anahtarı (7. Baskı). İstanbul: Meteksan Bilişim Grubu.
- Elverdi, S., & Atik, H. (2020). Entrepreneurship and Economic Growth: An Application on Europe and North American Countries. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(69), 1170-1179. doi:[10.17719/jisr.2020.4030](https://doi.org/10.17719/jisr.2020.4030)
- Eraslan, H., Bulu, M., & Bakan, İ. (2008). Kümelenmeler ve inovasyona etkisi: Türk turizm sektöründe uygulamalar. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 5(3), 15-29.
- Güler, E. Ö., & Kanber, S. (2011). İnovasyon Aktivitelerinin İnovasyon Performansı Üzerine Etkileri: İmalat Sanayii Uygulaması. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 61-76.
- Güleş, K. H., & Bülbül H. (2004). Yenilikçilik işletmeler için stratejik rekabet aracı. Ankara: Nobel Yayınları.
- Güngör, A., Haşiloğlu S., & Haldenbilen S. (2012). Güney Ege KOBİ'ler İnovasyon Yolunda (Ge-Kobi) – Denizli, Aydın ve Muğla İllerindeki Kobilerin Ar-Ge ve İnovasyon Yeterliliklerinin Değerlendirilmesi ve Potansiyellerinin Belirlenmesine Ait Analiz Raporu, Denizli: Denizli Ticaret Odası Yayınları.
- IMP3rove (2021). Evaluation Report IMP³rove Assessment. (Erişim Tarihi: 10/03/2021) www.imp3rove.de/services/benchmarking/#innovation_management_assessment
- İnoSuit (2021). İnoSuit Programı Etki Analizi. Ankara: Türkiye İhracatçılar Meclisi Yayınları. (Erişim Tarihi: 01/05/2021) https://tim.org.tr/files/downloads/Sunum_Dosyasi/TIM_InoSuit_Etki_Analizi.pdf
- Karakaş, A. (2014). İşletmelerde Personeli Güçlü Kılma Yollarından Personel Güçlendirme. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (DÜSBED)*, 6(11), 79-105. hdl.handle.net/11468/4954
- Karaveg, C. (2013). Factors Affecting the Innovation Capacity of Thai Textile and Clothing Industries in Thailand. *IRACST - International Journal of Research in Management and Technology*, 3(1). Corpus ID: 91183481
- Kearney, A. T. (2006). Innovation Management Assessment. Duesseldorf: Kearney.
- Koç, T., & Ceylan C. (2007). Factors Impacting The Innovative Capacity In Large-Scale Companies. *Technovation*, 27(3), 105-114. doi:[10.1016/j.technovation.2005.10.002](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.10.002)
- Lapina, G. (2015). Linking Theory and Practice in Business Study Process. Proceedings of the International Scientific Conference 1, 231-243.
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2006). Research in education: Evidence-based inquiry, Boston: Pearson.
- Neely, A., & Hii J. (2012). The Innovative Capacity of Firms. *Nang Yan Business Journal*, 47-53. doi:[10.2478/nybj-2014-0007](https://doi.org/10.2478/nybj-2014-0007)
- Osborne, S. P. (1998). Naming the beast: Defining and classifying service innovations in social policy. *Human Relations*, 51(9), 1133-1154. doi:[10.1177/001872679805100902](https://doi.org/10.1177/001872679805100902)
- Özdaşlı, K. (2006). Toplam Kalite Yönetimi ve Yenilik İlişkisi: Bir Örnek Olay. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi*, 10, 1-16.
- Rebernik, M., & Bradač, B. (2008). Idea evaluation methods and techniques. Institute for Entrepreneurship and Small Business Management, University of Maribor, Slovenia, 27.

- Román, J. A., Gamero, J., & Tamayo, J. A. (2011). Analysis of innovation in SMEs using an innovative capability-based non-linear model: A study in the province of Seville (Spain). *Technovation*, 31(9), 459-475. doi:[10.1016/j.technovation.2011.05.005](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2011.05.005)
- Satı, Z. E. (2013). İnovasyonu Yönetmede Kesitler (Bilgi Yönetimi, Ar-Ge, Marka Yönetimi, Stratejik Yönetim). Ankara: Nobel Yayınları.
- Stewart, D. W., & Shamdasani, P. N. (1990). Focus Groups: Theory and Practice. Newbury Park, CA: SAGE.
- Tektaş, A., Günay E., Karataş A., & Helvacıoğlu Kuyucu A. (2012). KOBİ'lerde Rekabet Aracı Olarak İnovasyon: Farkındalık, Yatkınlık, Kullanım Düzeyi Araştırması ve Politika Önerileri, Sonuç Raporu. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi.
- Toraman, C., Abdioğlu, H., & İşgüden B. (2009). İşletmelerde İnovasyon Sürecinde Entelektüel Sermaye ve Yönetim Muhasebesi Kapsamında Değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 91-120.
- Trott, P. (2005). Innovation Management and New Product Development. 3. Baskı. England: Prentice Hall.
- Tuna, A. K., & İsabetli, İ. (2014). İnovasyonun Finansmanı ve Risk Sermayesi. *İktisat Fakültesi Mecmuası*, 64(1), 27-47. Accession Number: 96427902
- Türk, A. (2017). İnovasyon Yönetim Araçları. Sabancı Üniversitesi, Innovist. (Erişim Tarihi: 10/01/2021) www.usimp.org.tr/uploads/pdf/abdurrahman-turk-acilis.pdf
- Uzkurt, C. (2010). İnovasyon Yönetimi: İnovasyon Nedir, Nasıl Yapılır ve Nasıl Pazarlanır? Ankara: Ankara Sanayi Odası Yayın Organı.
- Üçler, Ç., & Yavuz, R. I. (2019). Implementation of Innovation Management Systems in Large Companies of Different Typologies. *Journal of Business Research-Turk*, 11(1), 189-201 doi:[10.20491/isarder.2019.592](https://doi.org/10.20491/isarder.2019.592)
- Van de Ven, A. H., & Cheng, Y. T. (1996). Learning the innovation journey: order out of chaos? *Organization Science*, 7(6), 593-614. www.jstor.org/stable/2635050
- Viederyte, R. (2016). How corporate decisions force innovations: factors and choices to act. *Procedia Economics and Finance*, 39, 357-364. doi:[10.1016/S2212-5671\(16\)30336-7](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)30336-7)



Multivariate Statistical Evaluation of Geochemical Properties of “Alanya Emperador Dark” Marbles

Ipek YAZICI¹ , Mustafa Gurhan YALCIN^{1*} , Ozge OZER ATAKOGLU¹ , Fusun YALCIN² 

¹Department of Geological Engineering, Akdeniz University, 07058 Antalya, Turkey

²Department of Mathematics, Akdeniz University Faculty of Science, 07058 Antalya, Turkey

Keywords	Abstract
Limestone	The formation of marbles, which are regarded as natural stones, can be attributed to various rock origins and formation conditions. The study area is located in the Obaalacami village of Alanya district in the province of Antalya, which is located in the Taurus belt, and it covers an area of about 100 hectares. In this study, the major and trace element components of the "Emperador Dark" marbles found in the Alanya region were interpreted using geostatistical analyses. Geostatistical methods can be used to reveal and interpret the origin of marble and its formation conditions. In this context, X-ray fluorescence (XRF) spectrometry was employed to analyze samples collected from various locations within the marble quarry. The CaO values of the marble quarry were found to have a normal distribution, and this was interpreted using the histogram values together with the measures of central tendency such as the mode, median, and arithmetic mean values. The major and trace element contents of the "Emperador Dark" marbles, which meet the assumption of normality, were obtained using the Pearson correlation coefficient. The strong negative correlation of CaO, which played a major role in the formation of marbles, with SiO ₂ and MgO was associated with the mineralogical composition that played a role in marble formation. These correlations were also tested by regression analysis, and it was proved that a statistically significant model had been obtained.
Multivariate Statistics	
Mineralogy	
Geochemistry	

Cite

Yazici, I., Yalcin, M. G., Atakoglu, O. O., & Yalcin, F. (2021). Multivariate Statistical Evaluation of Geochemical Properties of “Alanya Emperador Dark” Marbles. *GU J Sci, Part A, 8(3)*, 361-372.

Author ID (ORCID Number)	Article Process	
I. Yazici, 0000-0003-1405-8994	Submission Date	19.08.2021
M. G. Yalcin, 0000-0002-8011-5371	Revision Date	22.09.2021
O. Ozer Atakoglu, 0000-0003-2678-1194	Accepted Date	23.09.2021
F. Yalcin, 0000-0002-2669-1044	Published Date	27.09.2021

1. INTRODUCTION

Marble is a metamorphic rock formed by limestone, which is one of the carbonate rocks, under metamorphism conditions (Tarinc et al., 2019a, b; Yazici et al., 2019; Ozer et al., 2020). Marble is an industrial product that was formed by carbonate rocks under physical and chemical conditions (Yalcin et al., 2016a, b, c; Tarinc et al., 2019a, b; Aydin et al., 2020; Ozer et al., 2020). Various methods of different types are used to reveal these conditions. Analyzing the correlation between the compositions of the major and trace elements that played a role in the marble formation is crucial for interpreting the origin and environment conditions.

According to the literature, the researchers tried to evaluate the geochemical properties of marble samples at a national and international scale using different types of methods. In the study on Zangalline marbles found in Iraq, the major and trace element behaviors were geochemically evaluated. Descriptive statistical values of major element oxides and trace elements were explained according to mineralogical characteristics (Mirza, 2019).

*Corresponding Author, e-mail: gurhanyalcin@akdeniz.edu.tr

In the study conducted to reveal the geochemical properties of the marble quarry in Akcay village, the geochemical data of the marble quarry were interpreted using different types of multivariate statistical methods. It was determined that mostly the CaO, P₂O₅, and Sr element played a role in the formation of marbles (Tarinc et al., 2019b).

In the study on Zambia marbles in the Zambezi belt in Africa, the geochemical contents of the marbles were analyzed. Inferences were made about the elemental chemistry that played a role in the formation of marbles using the correlations of major and trace elements (Munyanyiwa & Hanson, 1988).

In a study on the geochemistry of marbles that form outcrops in the Gongchangling iron deposits in China, the researchers tried to interpret the formation mechanism of the marble. In this study, the major and trace element contents were determined, and the anomalies of these features facilitated the interpretations about the formation, origin, and environmental conditions of marbles (Li et al., 2012).

The study area is located in the Alanya district of Antalya province, and it has a boundary with Alanya Bay on the east and Alanya peninsula on the West (Figure 1). In the literature, there is no study on the correlations of major and trace elements that are among the geochemical properties of "Emperor Dark" marbles. In this context, the elemental associations that contributed to the formation of the marble quarry were interpreted by revealing these correlations.



Figure 1. Site Location Map of The Study Area

2. MATERIAL AND METHOD

Chemical analyses of 10 samples collected from various locations of the Emperor Dark marble quarry were carried out using X-ray fluorescence (XRF) method (Oz & Ozer, 2019). The correlation values of the major and trace elements, which were obtained according to the results of the analyses, were determined and interpreted using the SPSS23 software package.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of the geochemical analysis of the samples are given in Table 1. The effect of the marble quarry on the formation mechanism of the major and trace elements was explained using descriptive statistical methods (Table 2).

Table 1. Elemental Concentrations of The Dolomites Area (Yazici, 2020)

Sample Code	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂	Sr	Zr	LOI
I1	4.49	0.18	0.64	50.10	0.05	0.09	0.01	0.06	0.01	0.33	44.00
I2	5.33	0.11	0.74	47.30	0.03	0.06	0.01	0.06	0.01	0.30	46.00
I3	6.36	0.41	0.93	46.80	0.03	0.07	0.06	0.05	0.01	0.33	44.90
I4	7.80	0.27	1.27	46.00	0.03	0.07	0.06	0.02	0.01	0.31	44.10
I5	9.64	0.47	1.21	44.90	0.03	0.05	0.05	0.02	0.01	0.33	43.30
I6	5.78	0.46	1.16	47.20	0.03	0.06	0.05	0.04	0.02	0.30	44.90
I7	4.03	0.21	0.74	47.50	0.03	0.07	0.06	0.05	0.01	0.28	47.00
I8	7.23	0.23	0.79	47.80	0.03	0.06	0.04	0.02	0.01	0.32	43.40
I9	5.91	0.19	0.77	48.20	0.05	0.08	0.06	0.08	0.01	0.35	44.30
I10	6.91	0.02	0.64	48.40	0.03	0.06	0.03	0.02	0.01	0.33	43.50

Table 2. Descriptive Statistical Values of The Major and Trace Elements (Yazici, 2020)

	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂	Sr	Zr
Mean	6.35	0.25	0.89	47.42	0.03	0.07	0.04	0.04	0.01	0.32
Median	6.14	0.22	0.78	47.40	0.03	0.07	0.05	0.04	0.01	0.32
Mode	4.03 ^a	0.02 ^a	0.64 ^a	44.90 ^a	0.03 ^a	0.05 ^a	0.01 ^a	0.02 ^a	0.01 ^a	0.33
Std. Deviation	1.65	0.15	0.24	1.40	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02
Variance	2.71	0.02	0.06	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Skewness	0.60	0.22	0.70	0.08	1.46	0.99	-0.89	0.50	0.87	-0.05
Kurtosis	0.54	-0.84	-1.27	1.15	0.77	1.36	-0.71	-0.76	0.16	0.42
Range	5.61	0.45	0.63	5.20	0.03	0.04	0.05	0.06	0.01	0.07

a: Multiple modes exist. The smallest value is shown.

The major and trace element compositions of the samples collected from the studied marble quarry were examined by calculating the measures of central tendency (arithmetic mean, mode, and median), the measures of variability (range, variance, and standard deviation), and the measures of the shape of the distribution (kurtosis and skewness values). The geochemical compositions of the marble samples are listed as follows: CaO (50.10-44.90 wt%) > MgO (9.64-4.03 wt%) > SiO₂ (2.27-0.64 wt%) > Zr (0.35-0.28 wt%) > Al₂O₃ (0.47-0.02 wt%) > Fe₂O₃ (0.09-0.05 wt%) > SO₃ (0.06-0.01 wt%) > TiO₂ (0.08-0.02 wt%) > K₂O (0.05-0.03 wt%) > Sr (0.02-0.01 wt%). Considering the range values, the major element oxides of MgO and CaO were observed to have the largest range. The presence of high MgO in the marble quarry can be associated with the presence of dolomite (Mirza, 2019). Since marble is a metamorphic product, which underwent metamorphism, the major oxide of SiO₂ has played a significant role in the formation (Brownflow, 1996; Ahmad et al., 2014; Mirza, 2019; Ince et al., 2021; Yalcin et al., 2021). The standard deviation values of the major and trace elements were found to be smaller than their arithmetic mean values. This information led to the interpretation that the geochemical data of the marble samples were gathered around the mean value. On the other hand, the mode, median, and arithmetic mean values of the major element oxide of CaO, which contributed the most to the formation of marble samples, were observed to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of 0.08 and to display a normal distribution (Figure 2a). The mode, median, and arithmetic mean values of the major element oxide of MgO, which contributed the most to the formation of marble samples, were observed to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of 0.60 and to display a normal distribution (Figure 2b). The mode, median, and arithmetic mean values of the major element oxide of SiO₂, which contributed the most to the formation of marble samples, were observed

to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of 0.70 and to display a normal distribution (Figure 2c). The mode, median, and arithmetic mean values of the trace element of Zr, which contributed the most to the formation of marble samples, were observed to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of -0.05 and to display a normal distribution (Figure 2d). The mode, median, and arithmetic mean values of the major element oxide of Al_2O_3 , which contributed the most to the formation of marble samples, were observed to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of 0.22 and to display a normal distribution (Figure 2e). The mode, median, and arithmetic mean values of the major element oxide of Fe_2O_3 , which contributed the most to the formation of marble samples, were observed to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of 0.99 and to display a normal distribution (Figure 2f). The mode, median, and arithmetic mean values of the major element oxide of TiO_2 , which contributed the most to the formation of marble samples, were observed to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of -0.76 and to display a normal distribution (Figure 2g). The mode, median, and arithmetic mean values of the major element oxide of SO_3 , which contributed the most to the formation of marble samples, were observed not to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of -0.89 and to display a normal distribution (Figure 2h). The mode, median, and arithmetic mean values of the major element oxide of K_2O , which contributed the most to the formation of marble samples, were observed not to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of 1.46 and to display a normal distribution (Figure 2i). The mode, median, and arithmetic mean values of the major element oxide of Sr, which contributed the most to the formation of marble samples, were observed not to be very close to each other. This caused the distribution to have a skewness value of 0.87 and to display a normal distribution (Figure 2j).

Before choosing the method to be applied to determine the correlation coefficients of the major and trace elements, the data were subjected to the normality test (Ozer et al., 2019; 2020; Yalcin et al., 2007; 2008; 2015; 2016a; 2019a, b; Yalcin & Ilhan, 2013; Atakoglu & Yalcin, 2021) (Table 3). In the analysis, the Shapiro-Wilks test is used if the sample size is less than 29, while the Kolmogorov-Smirnov test is preferred if the sample size is greater than 29 (Kalayci, 2010; Yalcin et al., 2013; Yalcin & Mert, 2018; Atakoglu et al., 2021). Therefore, the Shapiro-Wilk test was found to be the appropriate normality test for the marble samples (Table 3). In this context, the following hypotheses were established:

H_0 : The data are normally distributed.

H_a : The data are not distributed normally.

Table 3. Normality Test of The Major and Trace Elements (Yazici, 2020)

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	P-value	Statistic	df	P-value
MgO	0.10	10	0.20*	0.97	10	0.90
Al₂O₃	0.16	10	0.20*	0.92	10	0.44
SiO₂	0.25	10	0.06	0.85	10	0.06
CaO	0.14	10	0.20*	0.97	10	0.92
K₂O	0.27	10	0.03	0.75	10	0
Fe₂O₃	0.13	10	0.20*	0.93	10	0.51
SO₃	0.24	10	0.09	0.83	10	0.03
TiO₂	0.20	10	0.20*	0.93	10	0.46
Sr	0.19	10	0.20*	0.92	10	0.37
Zr	0.17	10	0.20*	0.96	10	0.83

*: This is a lower bound of the true significance.
a: Lilliefors Significance Correction

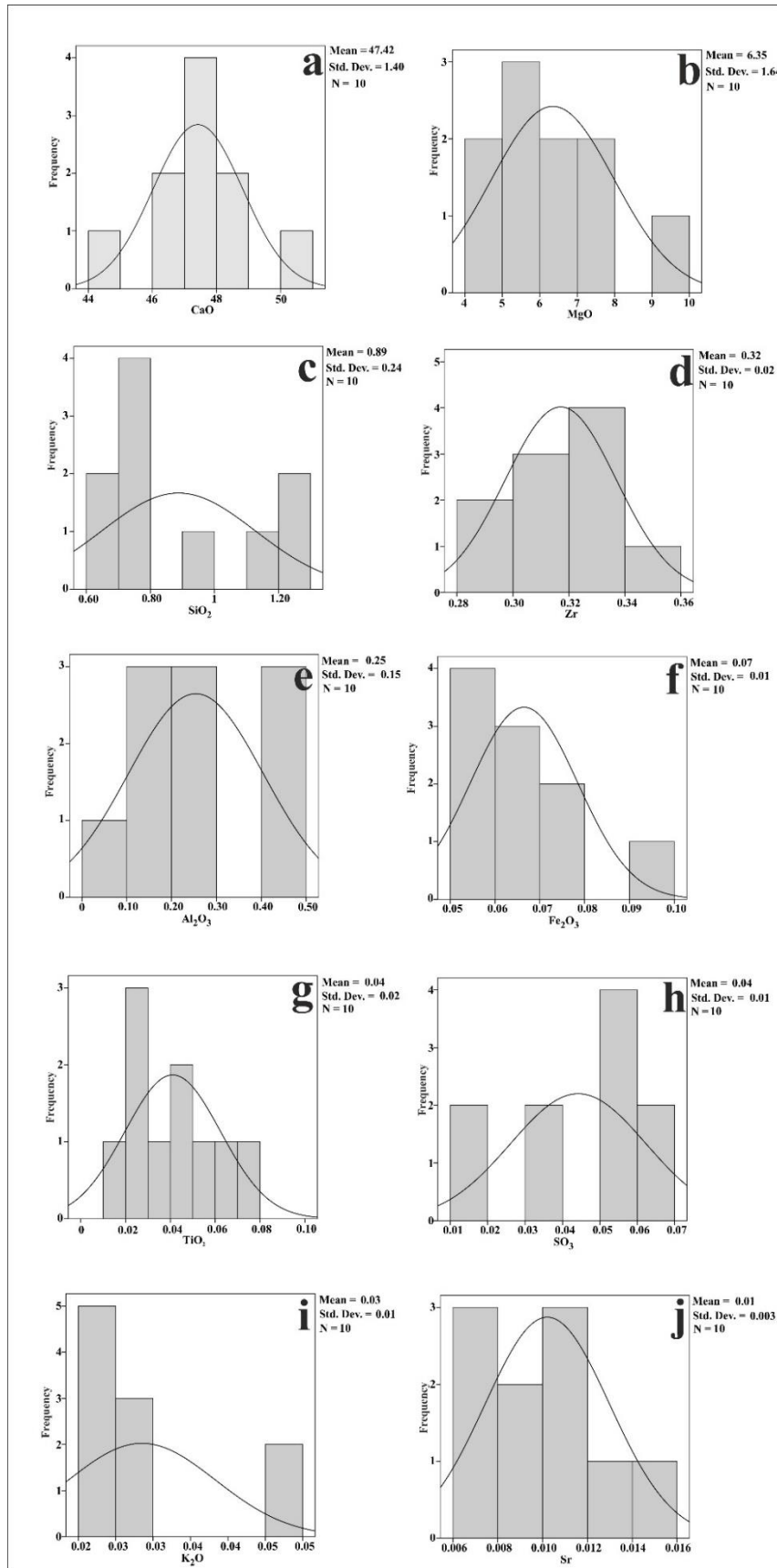


Figure 2. Kurtosis Values of The Histograms of The Geochemical Data, a) CaO, b) MgO, c) SiO₂, d) Zr, e) Al₂O₃, f) Fe₂O₃, g) TiO₂, h) SO₃, i) K₂O, j) Sr

The H_0 hypothesis was found to be valid for the distributions of MgO, Al₂O₃, SiO₂, CaO, Fe₂O₃, TiO₂, Sr, and Zr at a significance level of 5%. The P-values of K₂O and SO₃ were found to be 0.004 and 0.038, respectively; then, the arithmetic mean and median values of the data were examined. The arithmetic mean and median values of K₂O were calculated as 0.335 and 0.03, respectively, while these values were found to be 0.0442 and 0.01 for SO₃. Considering these values, the normality assumption was approached intuitively, and the distributions of the major element oxides of K₂O and SO₃ were deemed to meet the H_0 hypothesis.

The correlation between the two variables was evaluated according to Table 4.

Table 4. Interpretation of The Correlation Coefficient (Kalayci, 2010)

r	relation
0-0.25	very weak
0.26-0.49	weak
0.50-0.69	medium
0.70-0.89	high
0.90-1	very high

The major and trace elements meeting the normality assumption were analyzed using the Pearson correlation coefficient (Table 5).

Table 5. Correlations of The Major and Trace Elements (Yazici, 2020)

	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂	Sr	Zr
MgO	1									
Al ₂ O ₃	0.388	1								
SiO ₂	0.632*	0.780**	1							
CaO	-0.709*	-0.624	-0.814**	1						
K ₂ O	-0.528	-0.415	-0.498	0.697*	1					
Fe ₂ O ₃	-0.643*	-0.299	-0.451	0.707*	0.823**	1				
SO ₃	0.244	0.536	0.518	-0.527	-0.305	-0.171	1			
TiO ₂	-0.709*	-0.254	-0.494	0.561	0.822**	0.658*	-0.134	1		
Sr	-0.432	0.187	0.266	-0.011	-0.013	-0.014	-0.097	0.162	1	
Zr	0.334	-0.060	-0.139	0.179	0.400	0.170	0.050	0.263	-0.703*	1

There are moderate positive correlations between the major element oxides of MgO and SiO₂ ($r=0.632^*$), CaO and K₂O ($r=0.697^*$), and Fe₂O₃ and TiO₂ ($r=0.658^*$) while there is a high and moderate positive correlation between the major element oxides of CaO and Fe₂O₃ ($r=0.707^*$).

There are a high and strong positive correlation between the major element oxides of Al₂O₃ and SiO₂ ($r=0.780^{**}$), K₂O and Fe₂O₃ ($r=0.823^{**}$), and K₂O and TiO₂ ($r=0.822^{**}$).

There is a moderate negative correlation between the major element oxides of MgO and Fe₂O₃ (-0.643^*).

There are a high and moderate negative correlation between the major element oxides of MgO and CaO ($r=-0.709^*$), MgO and TiO_2 ($r=-0.709^*$), and Sr and Zr ($r=-0.703^*$).

There is a high and strong negative correlation between the major element oxides of SiO_2 and CaO ($r=0.814^{**}$).

According to the coefficient of determination (explainable variance) (R^2), 72% of the CaO values of the marbles can be explained by SiO_2 and MgO, or 72% of the SiO_2 and MgO can be explained by CaO (Table 6).

Moreover, in the study on Akcay marbles, the correlation between CaO and MgO was found to be $r=-0.564^{**}$ and the correlation between CaO and SiO_2 was calculated as $r=-0.463^*$. On the other hand, the study on Zangalline marbles revealed that the negative correlation between CaO- SiO_2 increased with the increase in the metamorphism conditions during marble formation.

Table 6. Coefficient of Determination (explainable variance) Table

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0.85 ^a	0.72	0.64	0.83

a: Predictors: (Constant), SiO_2 , MgO
b: Dependent Variable: CaO

The significant P-value in ANOVA reveals the error rate of the statistics (Yalcin & Unal, 2018; Ozer & Yalcin 2020; Ozer et al., 2019; 2020; Yalcin et al., 2020; Atakoglu et al., 2021). In the present study, the P-value value was found to be 0.01 (Table 7). Therefore, the model that expressed the correlation of CaO with SiO_2 and MgO found to be statistically significant.

Table 7. Error Rate Table

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
1	Regression	12.84	2	6.42	9.22	0.01^b
	Residual	4.87	7	0.69		
	Total	17.71	9			

a: Dependent Variable: CaO
b: Predictors: (Constant), SiO_2 , MgO

Factor analysis was performed to extract and classify the connections between the geochemical data of the marble samples (Kalayci, 2010; Atakoglu et al., 2021). Using scree plot, it was determined how many factors the geochemical data were collected under (Figure 3) (Leventeli & Yalcin, 2021).

According to the scree plot, it was determined that the slope started to disappear between three/four points. In the explainable total variance table, where the cumulative variance ratio is given, it is clarified under how many factors the data are collected (Table 8).

For geochemical data, the presence of three factors greater than 1 is observed. Principal component matrix (PCA) analysis was performed on the data whose number of factors was determined. The geochemical contents that create the data collected under three factors were determined (Table 9).

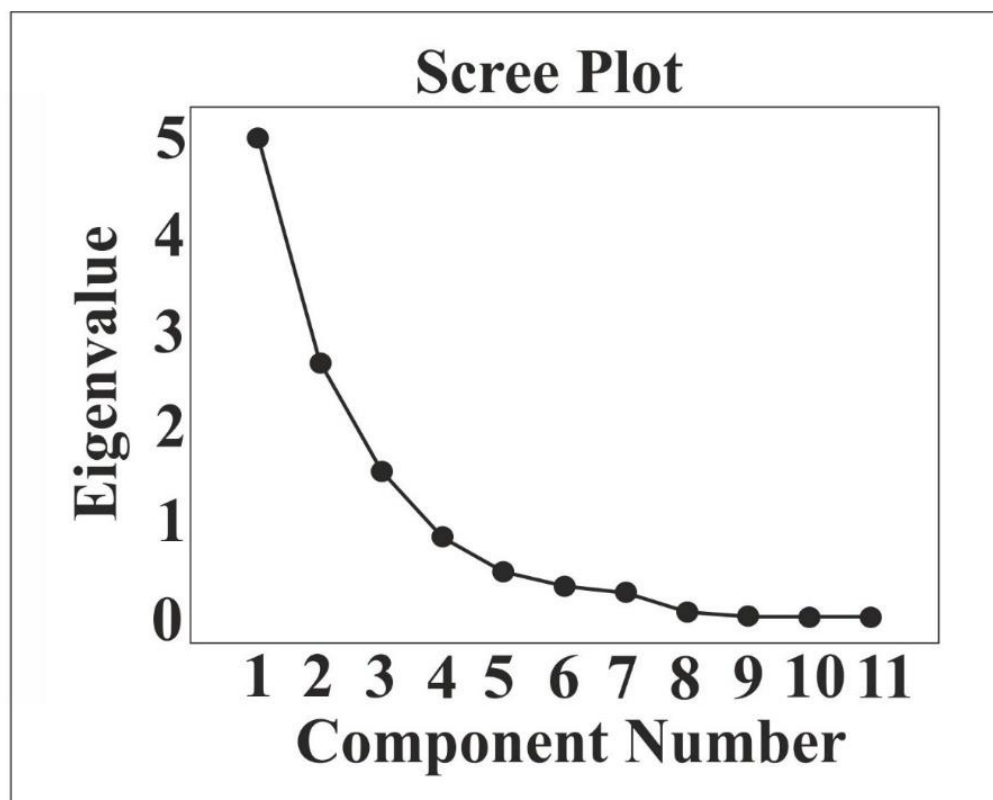


Figure 3. Scree Plot of The Geochemical Data

Table 8. Determination of The Number of Factors Based on Eigenvalue Statistics of Marbles

Total Variance Explained						
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.92	44.77	44.77	4.92	44.77	44.77
2	2.64	24.06	68.84	2.64	24.06	68.84
3	1.50	13.68	82.52	1.50	13.68	82.52
4	.82	7.52	90.04			
5	.46	4.23	94.28			
6	.31	2.86	97.15			
7	.25	2.28	99.43			
8	.05	.49	99.92			
9	.00	.07	100			
10	3.065E-16	2.787E-15	100			
11	-3.256E-16	-2.960E-15	100			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Table 9. Component Matrix Table of The Geochemical Data

Component Matrix^a			
	Component		
	1	2	3
CaO	0.90	-0.16	-0.13
K₂O	0.83	-0.21	0.37
MgO	-0.83	-0.50	-0.05
SiO₂	-0.82	0.18	0.36
TiO₂	0.79	0.09	0.47
Fe₂O₃	0.79	-0.05	0.38
Al₂O₃	-0.66	0.20	0.54
SO₃	-0.49	0.11	0.63
Zr	0.11	-0.88	0.36
Sr	0.06	0.84	0.02
LOI	0.31	0.84	0.07
% of Variance	44.77	24.06	13.68

Extraction Method: Principal Component Analysis
a: 3 components extracted.

The geochemical contents that create the three factors are shown with the principal component matrix (PCA) graph (Figure 4).

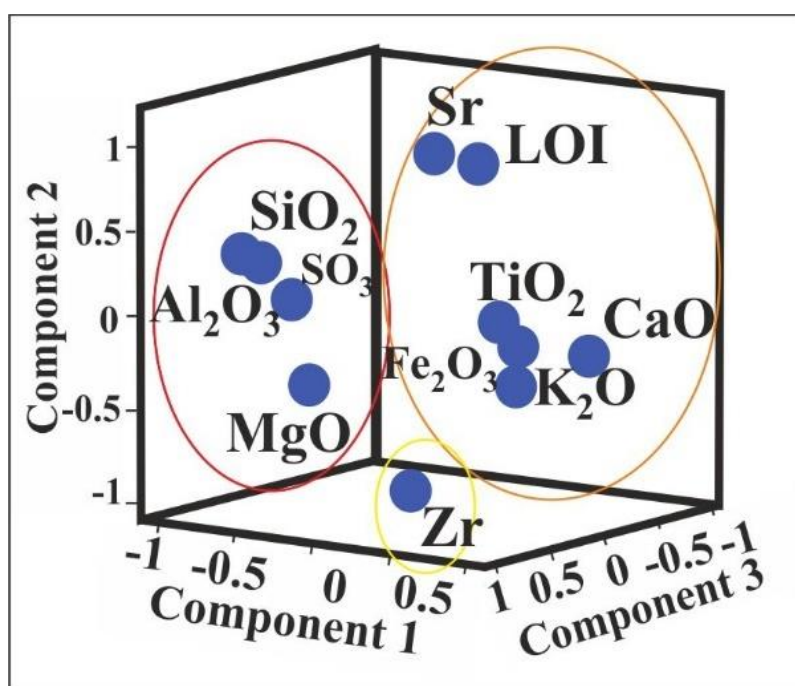


Figure 4. Component Plot in The Varimax-Rotated Space: Component 1 (44.77%), Component 2 (24.06%) and Component 3 (13.68%)

Hierarchical classification of the geochemical contents of the marble samples was made in Figure 5.

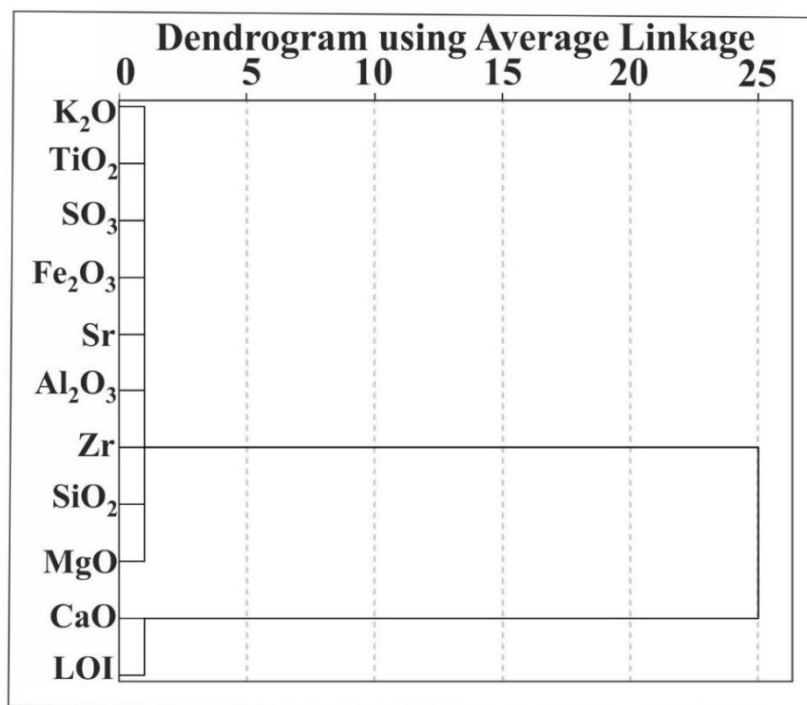


Figure 5. Hierarchical Clustering of The Geochemical Data (Yazici, 2020)

4. CONCLUSION

The data obtained were interpreted using their descriptive statistical data (measures of central tendency, measures of variability, and measures of the shape of the distribution). CaO, MgO, and SiO₂ were found to be the major element oxides that play the most significant role in the formation mechanism of marble samples.

The marbles vary in terms of their major and trace element compositions due to the metamorphism reactions they underwent during their formation. The studies conducted within this scope revealed negative correlations of CaO with SiO₂ and MgO, which are the major element oxides. Considering these correlations, the negative correlation of the major element oxide of CaO, which played the most role in the formation of "Emperor Dark" marbles, with SiO₂ and MgO could be associated with calcite and dolomite minerals, which were thought to decrease under metamorphism conditions. Moreover, the high positive correlation (0.780**) between Al₂O₃ and SiO₂ was associated with the presence of clay and mica group minerals in the environment.

According to factor analysis, the first factor is 44.77% of the geochemical data; it was found that the second factor explained 68.84% of the geochemical data and the third factor explained 82.52% of the geochemical data. The geochemical data constituting the first factor are CaO, K₂O, TiO₂ and Fe₂O₃; It was determined that the geochemical data constituting the second factor were Sr and LOI and the geochemical data constituting the third factor were SiO₂, Al₂O₃, SO₃ and Zr. It has been determined that MgO is not found in its formation in all three factors. According to the hierarchical classification analysis, Fe₂O₃, Sr, Al₂O₃, Zr, SiO₂ and MgO formed the first cluster, CaO and LOI formed the second, and K₂O, which was not strongly selective, CaO ve Zr. The CaO and LOI cluster, which was extracted by hierarchical classification analysis and constituted the second group, was interpreted as an indirect indicator of CO₃ in the environment. in this context, the LOI value should be highest when the sample is pure calcitic.

ACKNOWLEDGEMENT

This paper is a part of the M.Sc. thesis of Yazici I., the first author.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Ahmad, A. H. M., Noufal, K. N., Masroor, A. M., & Khan, T. (2014). Petrography and geochemistry of Jumara Dome sediments, Kachchh Basin: implications for provenance, tectonic setting and weathering intensity. *Chinese Journal of Geochemistry*, 33, 9-23. doi:[10.1007/s11631-014-0656-4](https://doi.org/10.1007/s11631-014-0656-4)
- Atakoglu, O. O., & Yalcin, M. G. (2021). Geochemical characterization of the Sutlegen bauxite deposit, SW Antalya. *Mining of Mineral Deposits*, 15(3), 108-121. doi:[10.33271/mining15.03.108](https://doi.org/10.33271/mining15.03.108)
- Atakoglu, O. O., Yalcin, M. G., & Ozmen, S. F. (2021). Determination of radiological hazard parameters and radioactivity concentrations in bauxite samples: the case of the Sutlegen Mine Region (Antalya, Turkey). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 329(2), 701-715. doi:[10.1007/s10967-021-07826-5](https://doi.org/10.1007/s10967-021-07826-5)
- Aydin, B., Yalcin, F., Ozer, O., & Yalcin, M. G. (2020). Regression analysis and statistical examination of knoop hardness on abrasion resistance in Lyca beige marbles. *Filomat*, 34(2), 609-614. doi:[10.2298/FIL2002609A](https://doi.org/10.2298/FIL2002609A)
- Brownlow, A. H. (1996). *Sedimentary Rocks. Geochemistry*, 2nd. Edition, Prentice Hall, New York, cap, 1996, 7
- Ince, Z., Atakoglu, O. O., & Yalcin, M. G. (2021). Multivariate and spatial statistical analysis of geochemical data of dolomite: the case of industrial raw materials' differentiation. *Montes Taurus J Pure Appl Math*, 3(2), 8-28
- Kalayci, S. (2010). *SPSS Applied Multivariate Statistical Techniques*, 5th Edition, Asil Publication, Ankara.
- Leventeli, Y., & Yalcin, F. (2021). Data analysis of heavy metal content in riverwater: multivariate statistical analysis and inequality expressions. *Journal of Inequalities and Applications*, 2021(1), 1-22. doi:[10.1186/s13660-021-02549-3](https://doi.org/10.1186/s13660-021-02549-3)
- Li, H. M., Liu, M. J., Li, Li-Xing., Yang Xiuqing Chen, J., Yao, L. D., Hong, X. K., & Yao, T. (2012). Geology and geochemistry of the marble in the Gongchangling iron deposit in Liaoning Province and their metallogenic significance. *Acta Petrologica Sinica*, 28(11), 3497-3512.
- Mirza, T. A. (2019). Geochemical and isotopic characteristics of Zangalline marble, Ranya area, Qandil Series, northeastern Iraqi Kurdistan Region: implications for genesis. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(4), 1-11. doi:[10.1007/s12517-019-4284-5](https://doi.org/10.1007/s12517-019-4284-5)
- Munyanyiwa, H., & Hanson, R. E. (1988). Geochemistry of marbles and calc-silicate rocks in the Pan-African Zambezi belt, Zambia. *Precambrian Research*, 38(3), 177-200. doi:[10.1016/0301-9268\(88\)90001-0](https://doi.org/10.1016/0301-9268(88)90001-0)
- Oz, C., & Ozer, O. (2019). Seramik Arkeometri'sinde Spektroskopik Yöntemlerin Uygulanması ve Yorumlanması: XRF, XRD. *Seramik Araştırmaları Dergisi*, 1, 136-153.
- Ozer, O., & Yalcin, M. G. (2020). Correlation of chemical contents of Sutlegen (Antalya) bauxites and regression analysis. *AIP Conference Proceedings*, 2293(1), 180008-180012. doi:[10.1063/5.0026731](https://doi.org/10.1063/5.0026731)
- Ozer, O., Yalcin, F., Nyamsari, D. G., Yalcin, M. G. (2019). Appraisal of metal accumulation in beach sand using contamination indices and multivariate statistical analysis. In: *Proceedings Book of the 2nd Mediterranean International Conference of Pure Applied Mathematics and Related Areas*, Paris, France, 28-31 August, 1-5.
- Ozer, O., Yalcin, F., Tarinc, O. K., & Yalcin, M. G. (2020). Investigation of suitability of marbles to standards with inequality expressions and statistical approach using some physical and mechanical properties. *Journal of Inequalities and Applications*, 97, 1-15. doi:[10.1186/s13660-020-02360-6](https://doi.org/10.1186/s13660-020-02360-6)
- Tarinc, O. K., Ozer, O., Aydin, B., & Yalcin, M. G. (2019a). Comparison of physical-mechanical properties of Clova and Lyca marbles in Akcay (Antalya) region by using independent-samples T-test statistics. In: *Proceedings Book of the 2nd Mediterranean International Conference of Pure Applied Mathematics and Related Areas*, Paris, France, 28-31 August.

- Tarinc, O. K., Ozer, O., Yalcin, F., & Yalcin, M. G. (2019b). Statistical evaluation of the chemical characteristics on marble in Akcay village (Elmali, Antalya) region. International Symposium on Advanced Engineering Technologies, Kahramanmaraş, Turkey, 1333-1338.
- Yalcin, M. G., Battaloglu, R., Ilhan, S., Tümüklü, A., & Topuz, D. (2007). Heavy metal contamination along the Nigde-Adana highway, Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 19(2), 1506.
- Yalcin, M. G., Aydin, O., & Elhatip, H. (2008). Heavy metal contents and the water quality of Karasu Creek in Nigde, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 137, 169. doi:[10.1007/s10661-007-9737-8](https://doi.org/10.1007/s10661-007-9737-8)
- Yalcin, M. G., Cevik, O., & Karaman, M. E. (2013). Use of multivariate statistics methods to determine grain size, heavy metal distribution and origins of heavy metals in Mersin Bay (Eastern Mediterranean) coastal sediments. *Asian Journal of Chemistry*, 25(5), 2696-2702. doi:[10.14233/ajchem.2013.13683](https://doi.org/10.14233/ajchem.2013.13683)
- Yalcin, M. G., Setti, M., Karakaya, F., Sacchi, E., & Ilbeyli, N. (2015). Geochemical and mineralogical characteristics of beach sediments along the coast between Alanya and Silifke (southern Turkey). *Clay Minerals*, 50(2), 233-248. doi:[10.1180/claymin.2015.050.2.07](https://doi.org/10.1180/claymin.2015.050.2.07)
- Yalcin, F., Kilic, S., Nyamsari, D. G., Yalcin, M. G., & Kilic, M. (2016a). Principal component analysis of integrated metal concentrations of bogacayi riverbank sediments in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(2), 471-485. doi:[10.15244/pjoes/61009](https://doi.org/10.15244/pjoes/61009)
- Yalcin, M. G., Akturk, O., & Paksu, E. (2016b). The contribution of west mediterranean cities (Antalya, Isparta and Burdur) to Turkey's natural stones-marble export. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & Mining Ecology Management, 2, 875-880.
- Yalcin, F., Nyamsari, D. G., Paksu, E., & Yalcin, M. G. (2016c). Statistical assessment of heavy metal distribution and contamination of beach sands of Antalya-Turkey: an approach to the multivariate analysis techniques. *Filomat*, 30(4), 945-952. doi:[10.2298/FIL1604945Y](https://doi.org/10.2298/FIL1604945Y)
- Yalcin, F., Ozer, O., Nyamsari, D. G., & Yalcin, M. G. (2019a). Statistical evaluation of the geochemical content of beach sand along the Sarisu-Kemer coastline of Antalya, Turkey. AIP Conference Proceedings 2116, 100005-100009. doi:[10.1063/1.5114081](https://doi.org/10.1063/1.5114081)
- Yalcin, M. G., Coskun, B., Nyamsari, D. G., & Yalcin, F. (2019b). Geomedical, ecological risk, and statistical assessment of hazardous elements in shore sediments of the Iskenderun Gulf, Eastern Mediterranean, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 78(15), 438. doi:[10.1007/s12665-019-8435-5](https://doi.org/10.1007/s12665-019-8435-5)
- Yalcin, F., Unal, S., Yalcin, M. G., Akturk, O., Ocak, S. B., & Ozmen, S. F. (2020). Investigation of the Effect of Hydrothermal Waters on Radionuclide Activity Concentrations in Natural Marble with Multivariate Statistical Analysis. *Symmetry*, 12(8), 1219. doi:[10.3390/sym12081219](https://doi.org/10.3390/sym12081219)
- Yalcin, M. G., Nyamsari, D. G., Atakoglu, O. O., Yalcin, F. (2021). Chemical and statistical characterization of beach sand sediments: implication for natural and anthropogenic origin and paleo-environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*. doi:[10.1007/s13762-021-03280-8](https://doi.org/10.1007/s13762-021-03280-8)
- Yalcin, F., & Mert, M. (2018). Determination of hedonic hotel room prices with spatial effect in Antalya. *Economía, Sociedad y Territorio*, 18(58), 697-734. doi:[10.22136/est20181228](https://doi.org/10.22136/est20181228)
- Yalcin, M. G., & Ilhan, S. (2013). Major and trace element geochemistry of bauxites of Ayranci, Karaman, central Bolakdag, Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 25(5), 2893-2904, doi:[10.14233/ajchem.2013.14275](https://doi.org/10.14233/ajchem.2013.14275)
- Yalcin, M. G., & Unal, S. (2018). Natural radioactivity levels and associated radiation hazards in ophiolites around Tekirova, Kemer, and Kumluca Touristic Regions in Antalya, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 316(1), 321-330. doi:[10.1007/s10967-018-5760-1](https://doi.org/10.1007/s10967-018-5760-1)
- Yazici, I. (2020). Evaluation of Obaalacami Village Alanya (Antalya) region by Emperor Marble by physical-mechanical properties and tse standards. Akdeniz University Institute of Science and Technology, Master Thesis, Antalya, 70 p, (Turkish).
- Yazici, I., Ozer, O., & Yalcin, M. G. (2019). The evaluation of physical and mechanical properties of Alanya (Antalya) region dark films by TurkStat standards. In: International Symposium on Advanced Engineering Technologies, Kahramanmaraş, Turkey, 2-4 May, 1339-1344.



Proposed Rules of Parentheses () and Asymmetrical Hill Slopes

Yasemin LEVENTELI^{1*} , İlyas YILMAZER² 

¹Akdeniz University, Department of Geological Engineering, Antalya, Turkey; leventeli@akdeniz.edu.tr

²Yilmazer Edu. and Eng. Co., Ankara, Turkey; iyashocam@gmail.com

Keywords	Abstract
Landslide	Landslide is one of the natural disasters where land is rugged and in deep excavations. Topographic maps with a scale greater than 1/25,000 could give definite idea about the attitude of significant discontinuities and boundary of landslides. The proposed parenthesis rule is important to locate and orientate linear engineering structures including motorway, highway, railway and pipeline. Most of the slope instability problems in stratified rocks are controlled by the outsloping major discontinuities. The main discontinuity types are bedding and layering planes. They control the stability in civil engineering projects. The proposed rules enhance investigator and designer considerably in terms of safety–security, environment, timing and cost.
Discontinuities	
Engineering Geology	
Geomorphology	
Countour Map	

Cite

Leventeli, Y., & Yilmazer, I. (2021). Proposed Rules of Parentheses () and Asymmetrical Hill Slopes. *GU J Sci, Part A, 8(3)*, 373-382.

Author ID (ORCID Number)	Article Process
Y. Leventeli, 0000-0003-3714-4131	Submission Date 25.08.2021
İ. Yilmazer, 0000-0003-2072-0665	Revision Date 26.09.2021
	Accepted Date 27.09.2021
	Published Date 28.09.2021

1. INTRODUCTION

The landslides are generally turns into rotational landslides (Figures 1 - 2). A rotational land slide could be identified easily on topographic maps with a greater than 1/25,000 scale (Figure 3). The authors suggested the name “parenthesis () rule” to describe two concave contour sets each other (Leventeli et al., 2019). The proposed parenthesis approach could enhance any person to identify the presence of a slide with accuracy over 99% on a topographic map. The following properties depicted in Figure 3 which is modified from Leventeli et al. (2019) could be easily revealed:

- (1) The contours 1330 – 1450 are concave southwards whereas 1275 – 1330 are concave northwards.
- (2) The stream has been shifted about 500 m towards south.
- (3) As described in Yilmazer et al. (1997a) the trinity water, discontinuity, and clay, abbreviated as WDC, are main causatives of all geotechnical problems. Limestone is highly pervious and erosion resistive creating higher topography which in turn gets higher precipitation and infiltration. However, the serpentinite as hanging wall and imbricated thrust faults in serpentinite are impervious. Serpentinite confines limestone which is footwall. Hence an artesian aquifer in limestone formed. The piezometer level daylight at the main tectonic contact yield numerous seepages and springs (W) keeping the hanging wall wet.
- (4) The main reverse fault between limestone and serpentinite and intertwined thrust faults also in serpentinite are the major discontinuities (D).

(5) Faults and bedding planes in any kind of rocks, excluding the crystalline limestone, bear clay minerals (C). About one-millimeter-thick clay seam may cause huge landslide if the discontinuity dips upslope (Figure 4).

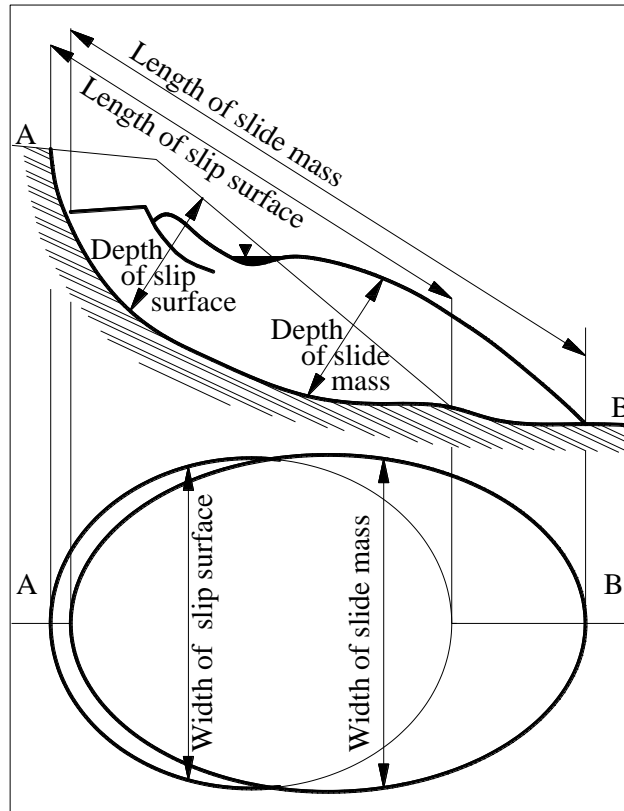


Figure 1. Principle Components of a Typical Rotational Landslide

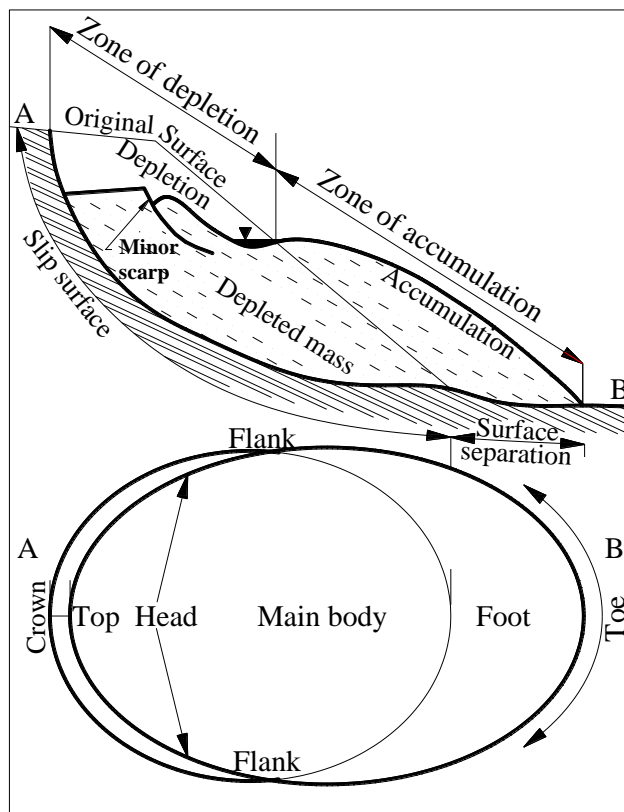


Figure 2. Major Dimensions of a Typical Rotational Landslide

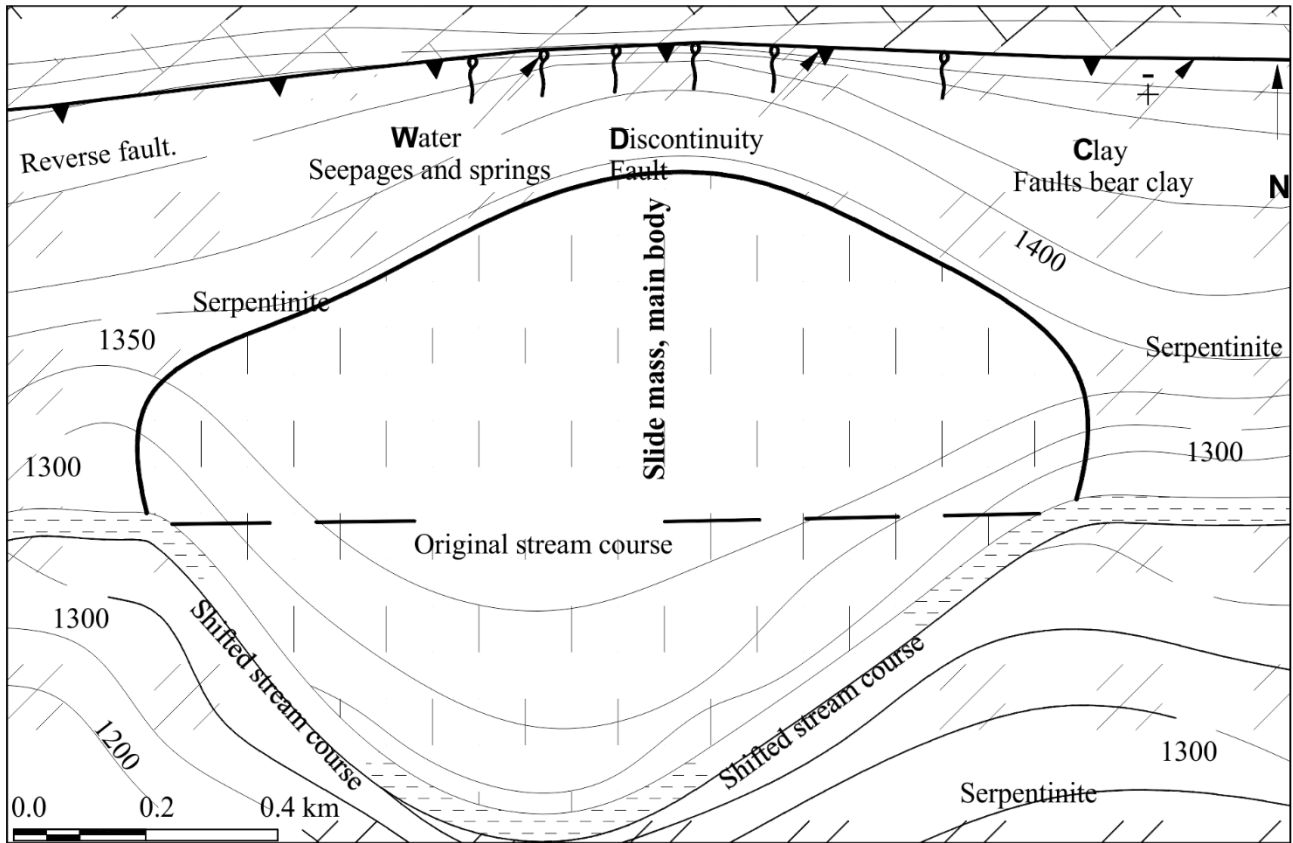


Figure 3. Two Concave Contour Sets (Leventeli et al., 2019)

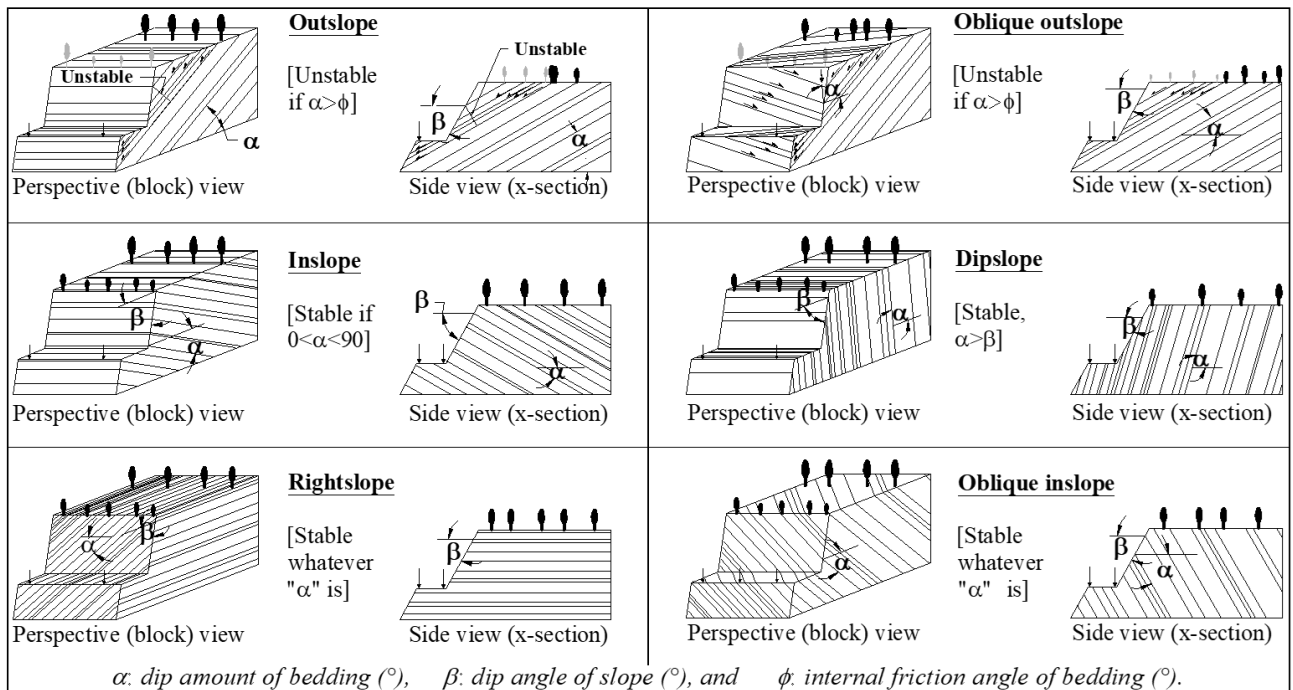


Figure 4. The Relationship Between Discontinuities and Slopes
 (after Yilmazer et al., 1994; 1997a; Yilmazer, 1995; Leventeli et al., 2019)

2. MATERIAL AND METHOD

Some examples from international projects have been given below to understand the material and also methods.

2.1. Major Slide in Ankara-Istanbul Motorway

The Ankara – Istanbul motorway is an international project and 450 km in length between Ankara ($40^{\circ}0'56.12''\text{N}$ - $32^{\circ}37'36.48''\text{E}$) and Istanbul ($40^{\circ}59'48.45''\text{N}$ - $29^{\circ}7'48.52''\text{E}$) (Figure 5). In case of the proposed rules of “parenthesis ()” and “asymmetrical valley slopes” (Figure 6) are accounted corridor and route selection study could be performed in a few days with high level of confidence (Yilmazer, 1995; Yilmazer et al., 1997b; 2004; Orhan & Yilmazer, 2006). According to Bell (2007), Marinis et al. (2005), Hoek et al. (1992) and Bieniawski (1989) geology is an art of the science. They have suggested very practical approaches to realize and describe the prevailing geological and geotechnical conditions. Experience together with the principles of geology and engineering is the main force behind engineering projects. It is impossible to carry and/or simulate the field conditions into laboratories.

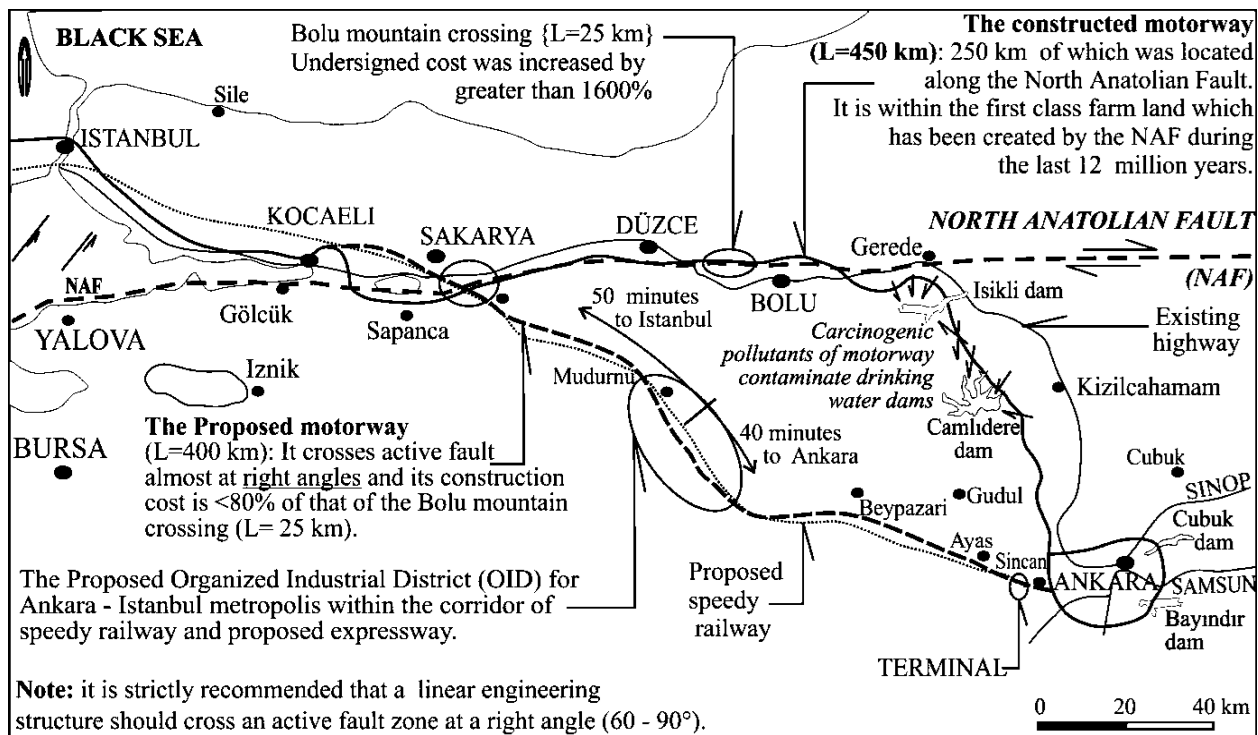


Figure 5. The Location of the Ankara – Istanbul Motorway (Yilmazer, 2002; 2012; Leventeli et al., 2019)

Although the landslide depicted in Figure 6 is quite obvious the alignment was located over the slide mass. Although the authors warned colleagues from different countries involved in this project they executed a heavy subsurface investigation program including drilling. Asymmetrical valley slopes are also very distinct on map. Hence one may easily and practically be able to recognize which slope is more stable or prone to slide (see Figures 4 – 6). This case study reminded the authors that (1) they started to examine chlorophyll without accounting forest and tree and (2) and commenced astronomic search from the bottom of a deep well. Some of the inevitable results are (a) the undersigned cost (67 million dollars) rose up to 1,642 million dollars which is a sky-high increase and in any case unacceptable and (b) the undersigned construction period (3 years) exceeded 16 years. From engineering stand point, it is unacceptable that their fault is paid by the country via changing items of the international agreement.

2.2. Road At Collision of Two Slides

A huge landslide with a volume of $75 \times 10^6 \text{ m}^3$ was crossed by a local road in 1950 (Figures 7 - 8). In 1992 a new road with very low standards was constructed. The authors designed a new one with high standards in 1998.

The new road was located over the stream course. Stream deposit is characterized by granular alluvium (Qa). Since the last glaciation (Todd, 2005) both slides were active. Every slide, from any side, has blocked out the valley. Then the fines and sand to fine gravels have been washed away. A rockfill with a height 5 to 12 meters

formed a highly pervious buttress resisting toes of both slides. Two lined “U” channels were located at both sides of the road. More than these, effective drainage system was implemented (Yilmazer et al., 2003). The proposed road was opened to traffic in 2005 and works efficiently. Both landslides are stabilized.

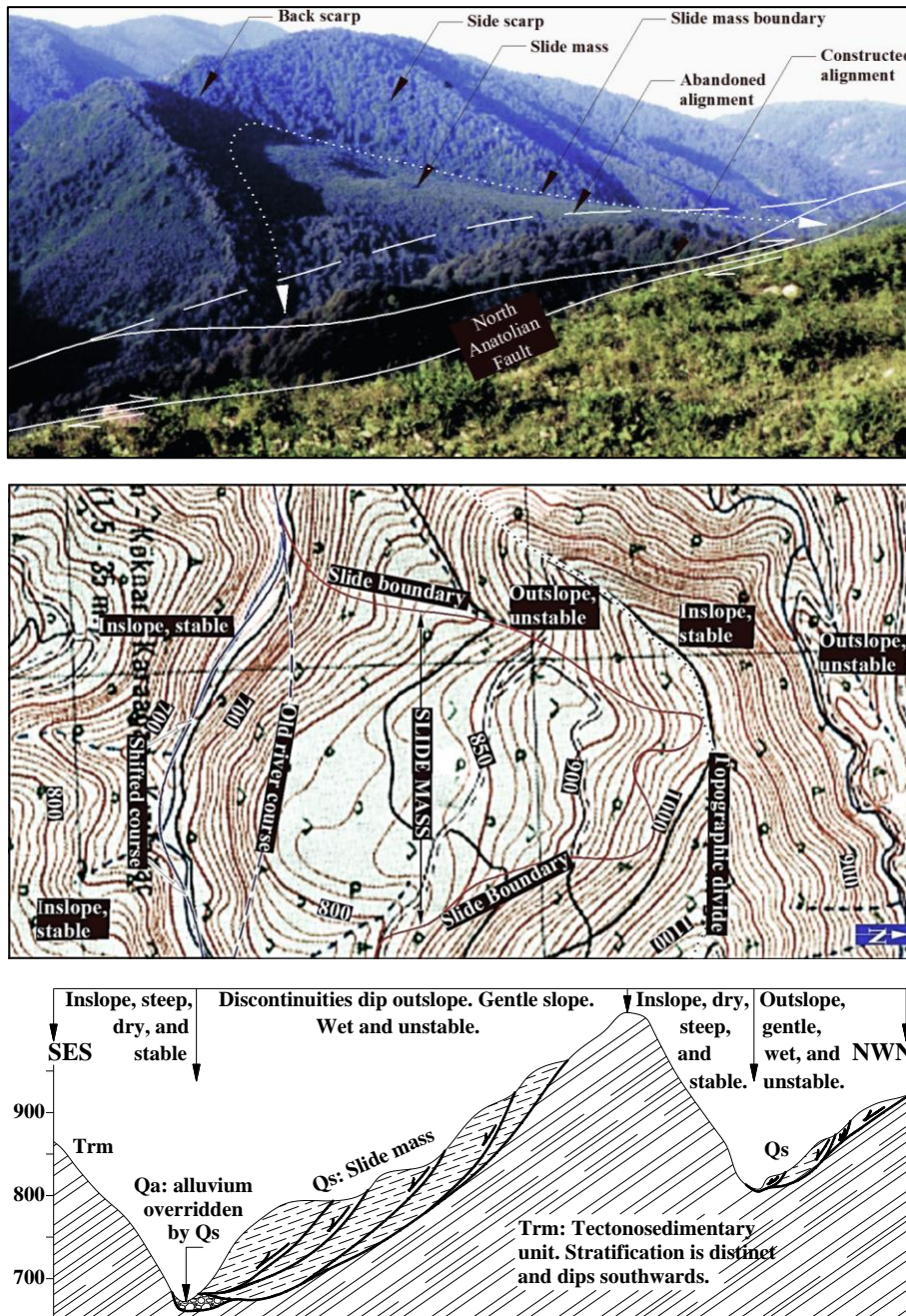


Figure 6. Distinct Slide with Two Concave Contour Sets and Asymmetrical Valley Slope

2.3. Slides Developed in Wisconsin Ice Age

As briefed above all geotechnical problems including landslides are affected by the trinity of water, discontinuity and clay (WDC). Groundwater has been recharged at high rate during the Last Glaciation, specifically Wisconsin Ice Age which is extended from 85,000 to 11,000 years ago, approximately. It was very effective in Anatolia in the period of B.C. 40,000 – 10,000 (Kurter, 1991). Majority of the naturally active landslides formed in the period of 10000 to 4000 BC. Two of them, which have a natural curiosity that is attracting visitors, are presented herein.

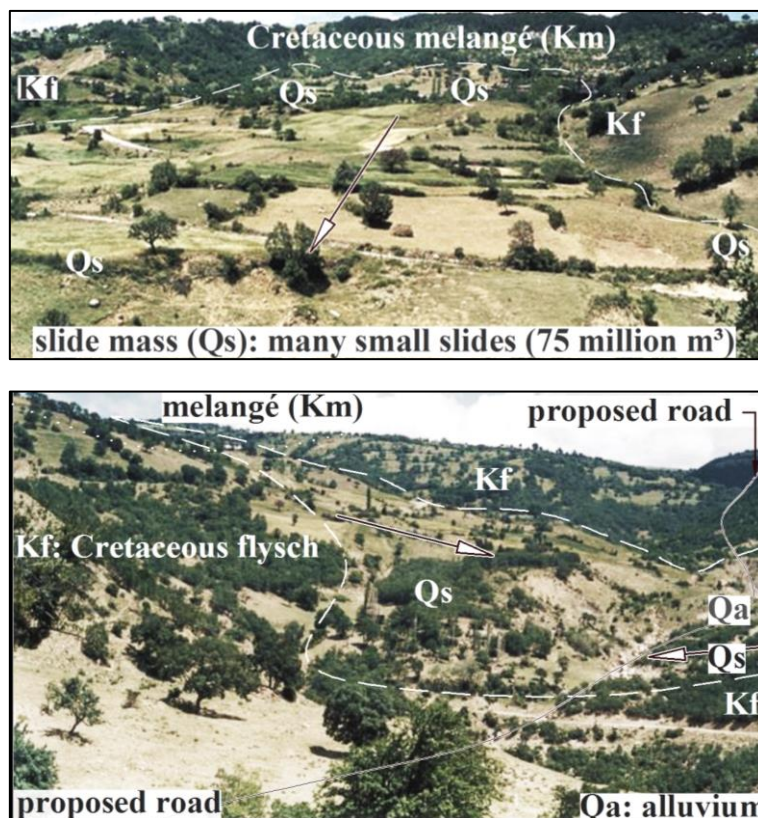


Figure 7. Two Major Slides Moving to Each Other

2.3.1. Noah's Ark (?) on Uzengilli Landslide

The Uzengilli slide developed in Kretaceous colored mélangé (ophiolite) denoted by Kmo. The unit includes numerous large scale submarine slides. As seen in Figure 9 an olistolith of tight fold within the unit Kmo seems a ship from far. On 29th of April 2010 it has been declared that “the Noah's Ark is found on Mount Ararat”. A massive publication has been done to mislead the public. Unfortunately, there are some earth scientists among them supporting this rumor.

According to the mythology Noah's Ark (ship) landed on Mount Judi or Mount Ararat which are the abruptly rising mountains in the basin of Euphrates and Tigris Rivers. The announcement does not have any scientific base. Four of the main evidences are briefed below.

- (1) According to mythology Noah's Ark landed on Mount Ararat or Mount Judi. The Elevations of Mount Ararat, Judi, and Uzengilli site are 4137, 2089, and 1970 m respectively.
- (2) Ararat is a very young mountain. It dates back to 2450±50 BC according to the anthropologic evidences. The primary volcano type is stratovolcano (Q_{β}). Last explosion was in 1840. Hence it has not been affected from Wisconsin Ice Age. However, the Uzengilli formation formed over 60 million years ago as an ophiolitic mélangé. It consists mainly of submarine slides, tectonic slabs, and olistostromes. Common rock types are serpentinite, pillow basalts, and radiolarite.
- (3) The location of Uzengilli is not a part of Ararat. There is a wide basin (elevation: 1444 m) between Uzengilli site and Mount Ararat.
- (4) Last but most importantly the unit Kmo has numerous landslides because of its low shear strength components such as serpentinites and soft binding materials of olistostromes. Slippery major discontinuities such as tectonic contacts and stratifications developed well. However the unit Q_{β} does not have discontinuity. Majority of the igneous contacts are amalgamated, rough, irregular and discontinuous. Since it is very young tectonic and structural contacts did not develop.

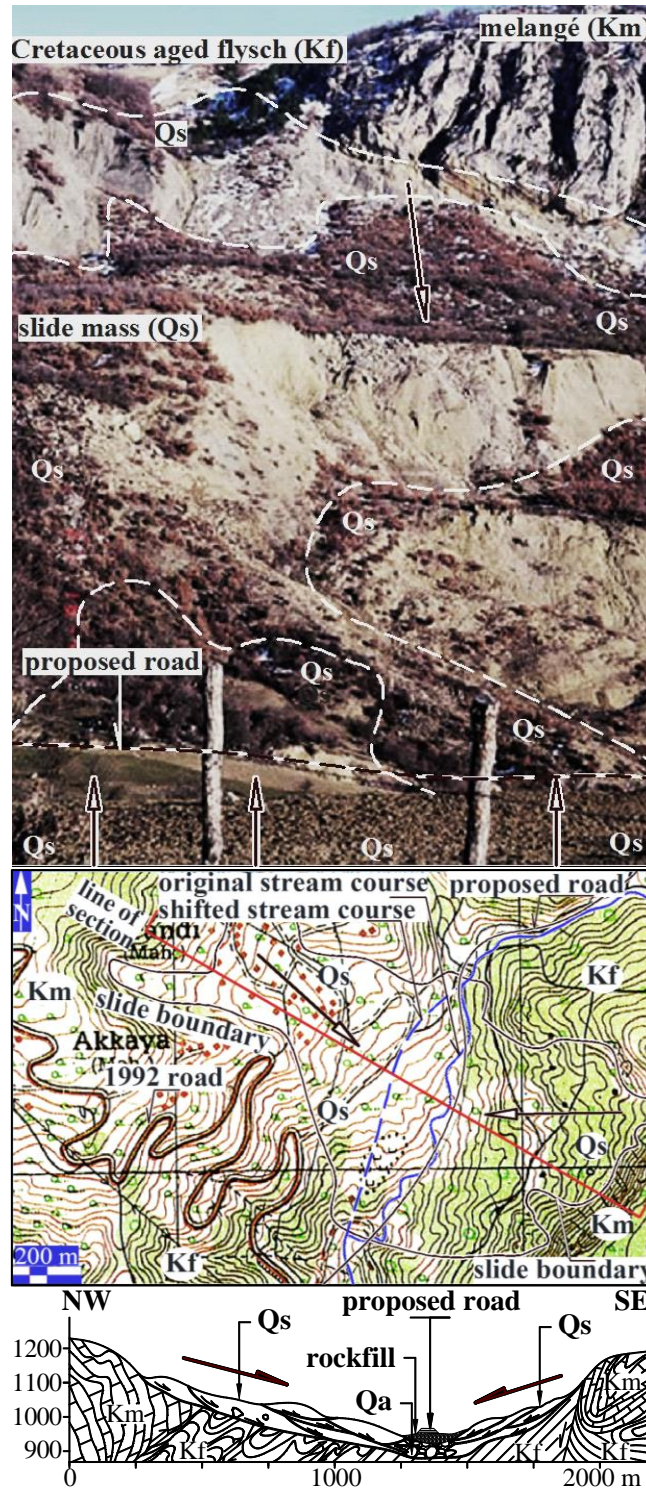


Figure 8. A Highway is Located Between Two Major Slides Moving to Each Other

Hence one may conclude that the declaration supposing “the Noah’s Ark first reached Ararat after the great flood and it is found on Mount Ararat in 2010” misleads public. The authors and their team are authorized to investigate and design a motorway between Erzurum and Gurbulak gate at the border of Iran. The motorway passes adjacent to the Uzengilli site and far from Mount Ararat.

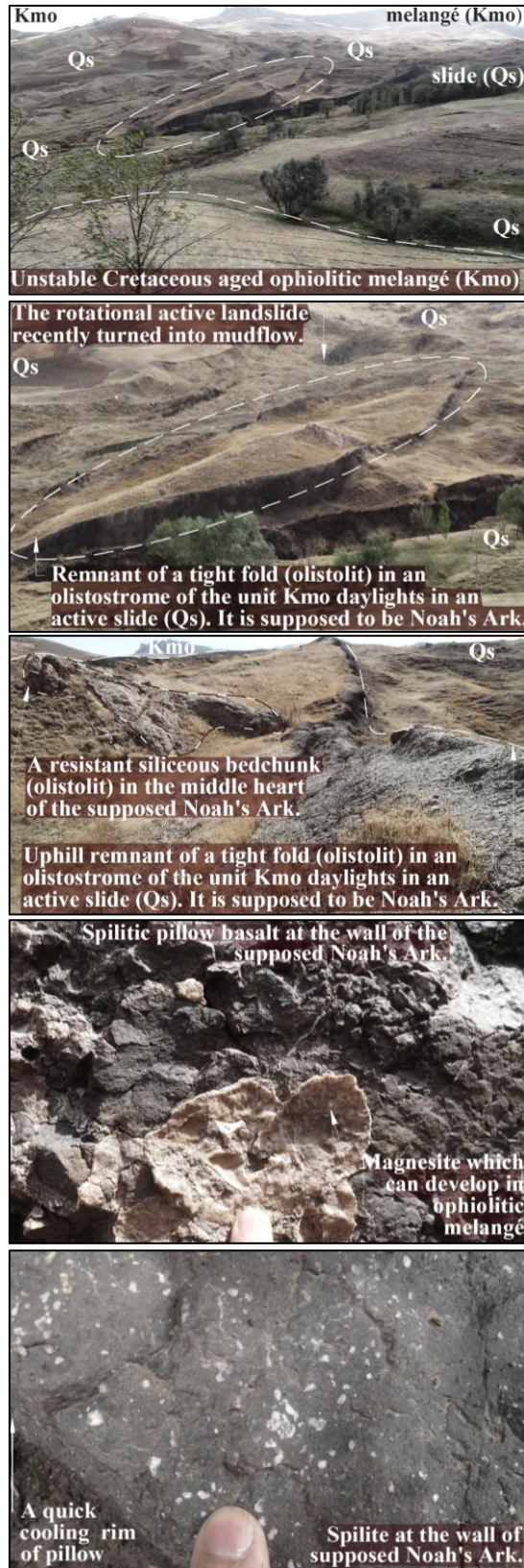


Figure 9. The Supposed Noah's Ark Site and Relevant Geological and Engineering Geological Explanation

2.3.2. Floating Islands in Hazersah Landslide

Floating islands formed in in the region of the city Bingol which denotes thousandlakes. It was during the melting period of ice cover, roughly 10,000 – 6,000 BC (Figure 10). Numerous slides developed in volcano-

sedimentary unit consisting mainly of tuff and agglomerate. A rotational slide having a small lake at top of the main slide body formed (see Figure 1). Water loving plants and vegetation such as cattails, bulrush, sedge, and reeds commence to grow along the shoreline and extend offshore (into lake). Storm events may tear some sections free from the shore. The separated islands can migrate on lake around with changing winds or manpower. Three islands in the middle of the lake have the ability to move freely on the lake. The islands are composed of vegetation growing on a buoyant mat of plant roots and other organic detritus. Thickness of the floating mat is measured as 0.5 to 1 m. The roots of plants could not reach bottom soil. However their roots use the oxygen in their root mass for buoyancy.

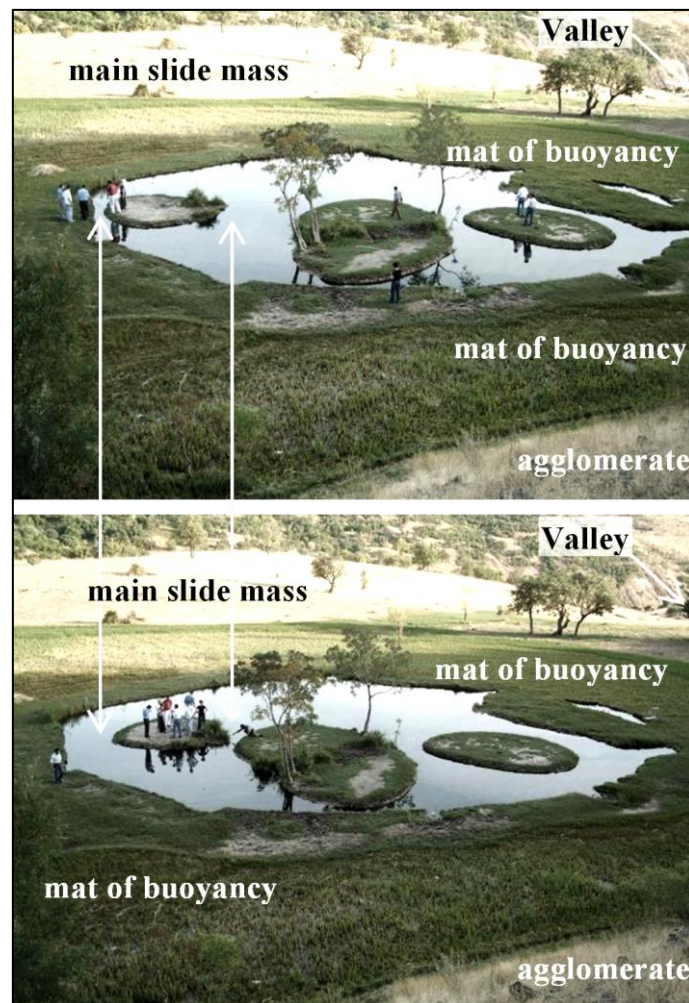


Figure 10. Three Floating Islands Move Freely on the Lake of a Slide when a Force is Applied

3. DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

The proposed “parenthesis ()” rule is important as a first step to determine the landslide boundary on the topographic map. The back scarp has steep slope with concave contours towards downstream and toe has steeper slope with concave contours toward upstream. The top of main slide body is flatter and might have a lake at top. Active slide boundaries along a route could be drawn in a few hours on relevant topographic maps. The same job could be performed more than a few months in the field.

The suggested rule of “*asymmetrical valley slopes*” is also quite helpful to envisage major discontinuity attitude. It is very important especially in linear structure projects such as road, railway, and pipeline in rugged terrains. Most of rocks include layering and bedding; and also the trinity water - discontinuity – clay (WDC) is the main cause of the geotechnical problems. So, the potential slide areas in stratified units could be mapped in a very short time on the topographic maps.

Upon following the forwarded two rules the volume of surface and subsurface investigation goes down about 90% in hummocky to highly dissected terrains. The distinction of rocky and soil grounds could also be performed via the suggested rules. At this point based upon the authors' over 40 year experiences, it is strongly recommended to use rocky grounds for settlement and soil grounds for farm activities. Over 99% of earthquake disasters occur in fertile soil grounds.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Bell, F. G. (2007). *Engineering Geology*. 2nd edition, Elsevier, Oxford.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classification: A complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineering*. Wiley, NewYork.
- Hoek, E., Wood, D., & Shah, S. (1992). A modified Hoek-Brown criterion for jointed rock masses. In: *Rock Characterization, ISRM Symposium, Eurock'92, Chester, September 14-17*, 209-213.
- Kurter, A. (1991). *Glaciers of the Middle East and Africa – Glaciers of Turkey. Satellite Image Atlas of Glaciers of the World, U.S. Geological Survey Professional Paper - 1386-G-1*.
- Leventeli, Y., Yilmazer, O., & Yilmazer, I. (2019). Discontinuity Nomenclature and Its Significance in Geotechnics. *Geotechnical and Geological Engineering*, 37(6), 5349-5357.
- Marinos, V., Marinos, P., & Hoek, E. (2005). The geological strength index: applications and limitations. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 64, 55-65. doi:[10.1007/s10064-004-0270-5](https://doi.org/10.1007/s10064-004-0270-5)
- Orhan, A. H., & Yilmazer, I. (2006). Alignment selection criteria for pipelines essential. *Pipeline & Gas Journal*, 233, 43-44.
- Todd, D. K. M. (2005). *Groundwater Hydrology*. John Wiley & Sons Ltd, New York.
- Yilmazer, I. (1995). Significance of discontinuity survey in motorway alignment selection. *Engineering Geology*, 40, 41-48. doi:[10.1016/0013-7952\(95\)00018-6](https://doi.org/10.1016/0013-7952(95)00018-6)
- Yilmazer, I. (2002). A permanent solution to earthquake disaster. Kaynak Publication Co., Ankara (in Turkish).
- Yilmazer, I. (2012). Earthquake secrete. Yilmazer Education and Engineering Ltd., Ankara (in Turkish).
- Yilmazer, I., Selcuk, S., & Tumer, H. (1994). Cut slope recommendation. In: *Proceedings of 7th Congress of the International Association of Engineering Geology Organization Committee, Lisbon, September 5-9*, 3909-3919.
- Yilmazer, I., Yilmazer, O., & Dogan, U. (1997a). Significance of water, discontinuity, and clay (WDC). In: *Proceedings of the International Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens, June 23-27*, 457-462.
- Yilmazer, I., Leventeli, Y., & Akduman, L. (1997b). Recognition of distinct morphologies and its significance on site selection study. In: *Proceedings of the International Symposium on Geology and Environment, Istanbul, September 1-5*, 167-173.
- Yilmazer, I., Yilmazer, O., & Sarac, C. (2003). Case history of controlling a major landslide at Karandu, Turkey. *Engineering Geology*, 70, 47-53. doi:[10.1016/S0013-7952\(03\)00081-4](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(03)00081-4)
- Yilmazer, I., Yilmazer, O., Ozvan, A., & Bicek, C. (2004). Alignment selection criteria for pipelines and motorways. In: *Proceedings of the 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, April 14-20*, 1034-1037.



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 YOLDAŞ¹ , Kadir GÖK² , Akil Birkan SELÇUK^{2*}

¹*İzmir Bakırçay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği*

²*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

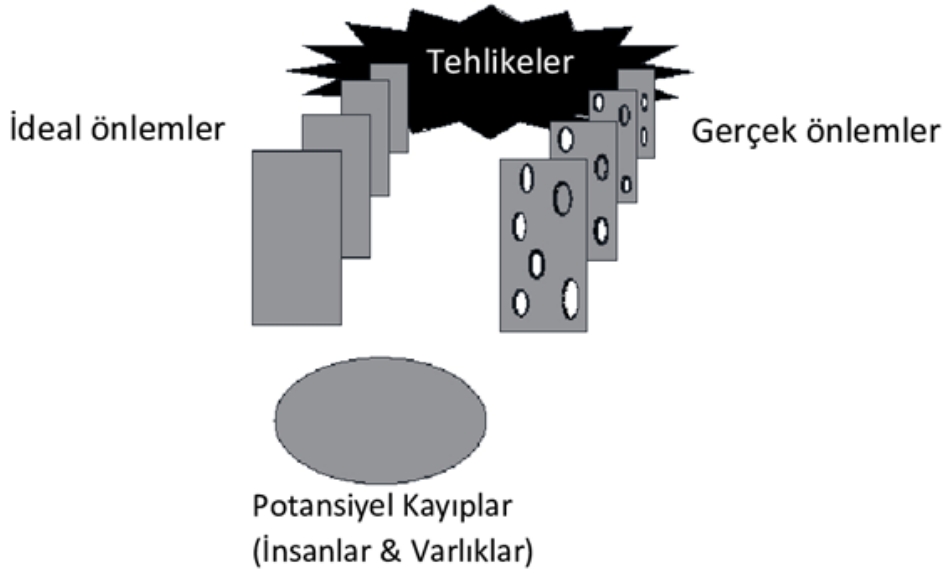
Elektrik kaynaklı iş kazaları, çalışmamızın ana fikrini oluşturmaktadır. Kaza kavramı, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) Ansiklopedisi'nde, bir kaza bir şeylerin ters gittiği ve istenmeyen bir sonuca yol açan olaylar zincirinin bir sonucu olarak tanımlanmıştır (Jorgensen, 2011). Türk Dil Kurumunun kaza 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 kazalarının 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, çalışana 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 uyararak için ayakkabı patenti bulunmaktadır. Bu patentte, elektrik kaçığını tespit etmek ve uyararak için ayakkabılar: Yürüme yoluyla kaçak noktasını tespit ederek elektrik kaçığı alarmı veren, böylece ek elektrik çarpması kazalarını önleyen, “elektrik kaçığını tespit edip uyararak 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).



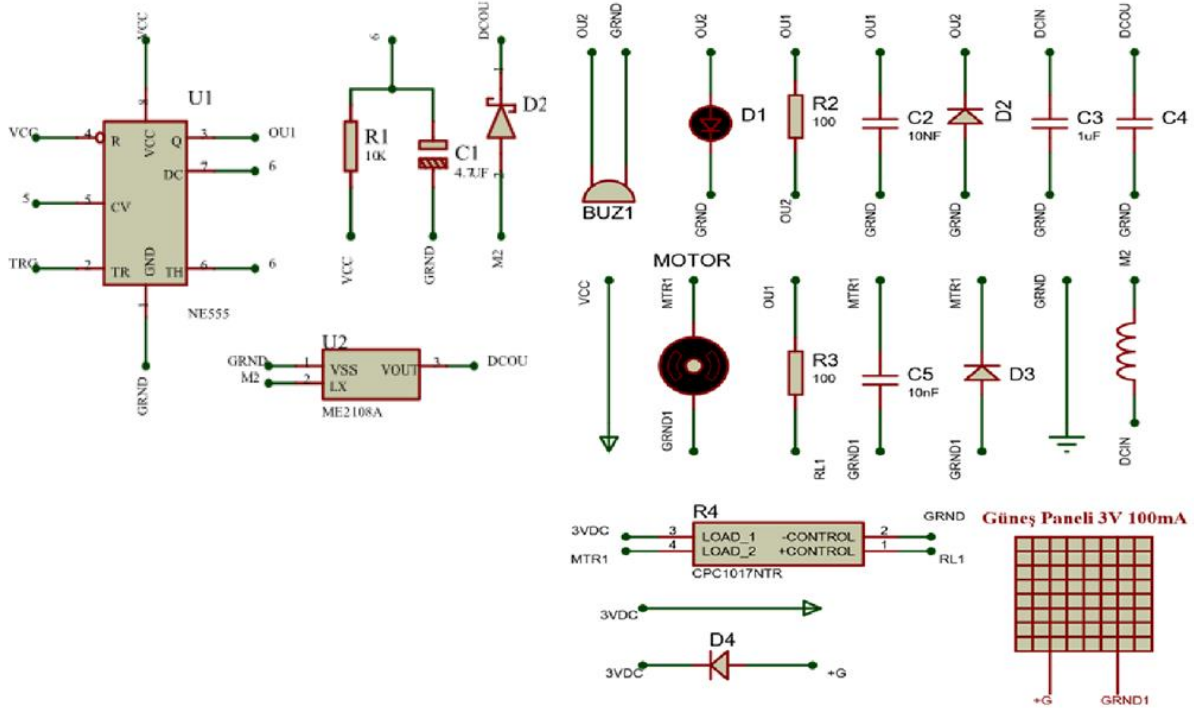
Şekil 1. Önlemlerde İdeal ve Gerçek Durum (Reason, 2016)



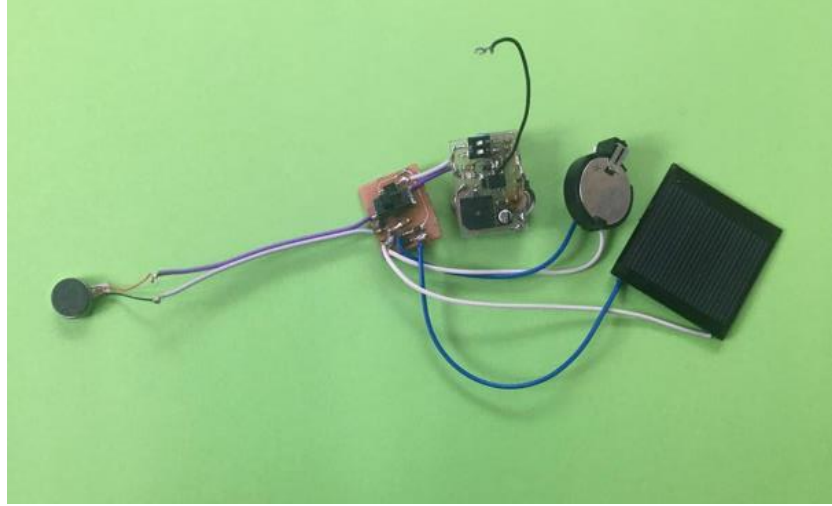
Şekil 2. Savunma Katmanlarında, Bariyerlerde ve Koruma Önlemlerinde Karşılık Gelen Deliklerden Geçen Bir Kaza Yörüngesi (Reason, 2016)

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

toprak arızası sırasında, toprak potansiyeli görülür (Parise vd., 2015). U_s gerilim değeri yani adım gerilimi arttıkça risk artar. Dolayısıyla, tasarladığımız ayakkabıya adım gerilim işareti uygulanarak çalışması uyarır. Devre tasarımında kullanılan NE555 entegre, monostabil olarak uygulanmıştır. Entegrenin teknik veri açıklamalarına göre; tek kararlı çalışma için bilgiler yer almaktadır (URL2, 2006). Devre tasarımı için gerekli olan elektronik malzemelerin değerleri hesaplanarak, Proteus Design Suite programında simülasyonu yapılmıştır. Oluşan veriler değerlendirilmiş ve fiziki testler için breadboard ortamında devre kurulmuştur. Elektrik alan bölgelerinde, testler sağlanmıştır. Bu alanlardan biri olan, 463,8 kW kurulu gücüne sahip olan bina enerji besleme odasında kesintisiz güç kaynağı (ups) panosu besleme kablosu üzerinde elektronik devre testi yapılmıştır. Güç kablosu dış çapı 34,00mm; net ağırlığı, 3200kg/km; sevk uzunluğu, 1000 m; iletken DC direnci 20°C max, 0,268 ohm/km; akım taşıma kapasitesi (A), toprakta 20°C, 252, havada 30°C, 247 özelliğindedir (URL3, 2021). Bu veriler ışığında, elektronik devre kartı (pcb) tasarımı için, Proteus Design Suite programı Ares uygulaması ile baskı devre tasarlanarak simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Enerji kayıplarının az ve boyutlarının küçük olmasından dolayı SMD devre elemanları kullanılmıştır. Bu işlemlerden sonra, elektronik devre testleri yapılmış ve elektronik devrenin ayakkabıya montajı gerçekleştirilmiştir. Güneş paneli ayakkabının üst kısmına ve titreşim motoru ayakkabının dil iç kısmına yerleştirilmiştir. Elektronik devre için, fermuarlı bir cep tasarlanarak muhafaza edilmiştir. Tetikleme sinyallerini (TRG) algılayacak anten tasarlanarak, ayakkabın yan ve alt yüzeylerine montajını gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, olası elektrik sızıntılarını algılayarak entegreye tetikleme sinyali gönderilmektedir. Bir etki durumunda, entegrede alarm modları aktif duruma gelmektedir. Bu sinyallerin isteğe bağlı olarak, titreşim modu ve ışıklı modu devre dışı bırakacak on/off smd anahtarlama yapılmıştır. Fakat sesli alarm, hiçbir durumda devre dışı bırakılmayacak biçimde ayarlanmıştır. Motor sürücü elektronik besleme gerilimi 3VDC değerindedir. Gerilimde oluşacak kayıpları azaltmak için, güneş paneli kullanılmıştır. Bu panel, 3VDC gerilimi desteklemektedir. Elektronik anakart ve motor sürücü kartı ayrı olarak tasarlanmıştır. Anakart 3VDC ile beslenerek 5VDC gerilim değerine yükseltilmiştir. Elektronik pcb 21(mm)×31(mm) ve motor sürücü elektronik pcb 20(mm)×24(mm) ölçülerindedir. Açık ve kapalı alanlarda, elektrik kaçak tespiti için iş ayakkabısı elektronik devre şeması Şekil 3'te açık ve kapalı alanlarda elektrik kaçak tespiti için iş ayakkabısı elektronik devre şeması gösterildiği gibi, anakart elektronik devresi ve motor sürücü devresi olarak çizilmiştir. Elektronik devre, bilgisayar ortamında simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, tasarlanan elektronik devrenin tüm elektronik devre görünüşü (pcb) Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Açık ve Kapalı Alanlarda Elektrik Kaçak Tespiti için İş Ayakkabısı Elektronik Devre Yapısı



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.

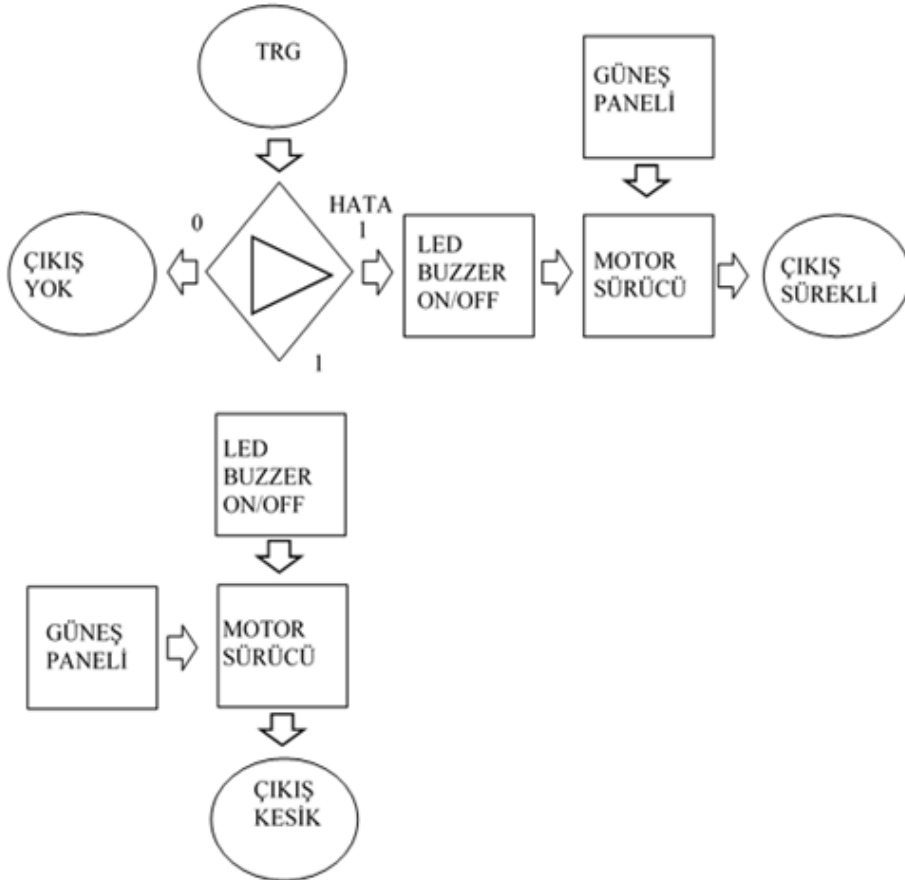


Şekil 5. Açık ve Kapalı Alanlarda Elektrik Kaçak Tespiti için İş Ayakkabısı Tasarımı ve Prototip Üretimi



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 dur. 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
- 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
- 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/
- 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
- 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

URL2 (2006) Texas Instruments. (Erişim Tarihi: 20/09/2021) 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

JOURNAL OF SCIENCE

PART A: ENGINEERING AND INNOVATION



Correspondence Address

Gazi University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Emniyet Neighborhood, Bandırma Avenue
No:6/20B, 06560, Yenimahalle - ANKARA
B Block, Auxiliary Building

Yazışma Adresi

Gazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Emniyet Mahallesi, Bandırma Caddesi
No:6/20B, 06560, Yenimahalle - ANKARA
B Blok, Ek Bina

e-mail | e-posta
gujsa06@gmail.com

web page | web sayfası
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/gujisa>

e-ISSN 2147-9542