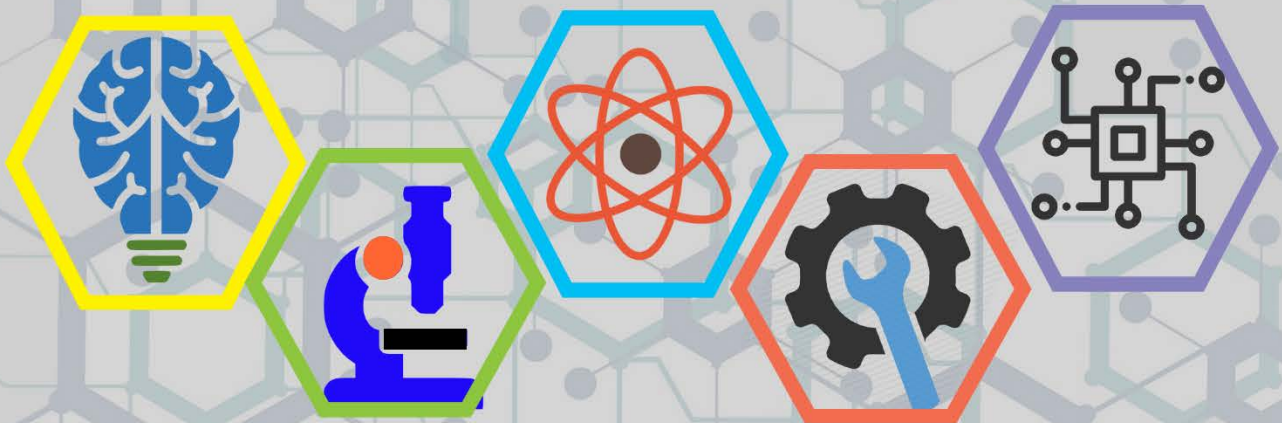


ISSN: 2687-2153

IJEIR

International Journal of Engineering & Innovative Research



Volume: 2 Issue: 1

International Journal of Engineering and Innovative Research (IJEIR)

Year: 2020

Volume: 2

Issue: 1

Editor in Chief

Dr. Ahmet Ali SÜZEN
Isparta University of Applied Sciences

Editorial Board Secretaries

Osman CEYLAN
Isparta University of Applied Sciences

Ziya YILDIZ
Isparta University of Applied Sciences

Correspondence Address

International Journal of Engineering and Innovative Research (IJEIR)
Secretaries Office
Isparta University of Applied Sciences
Uluborlu Selahattin Karasoy Vocatioal School
Uluborlu / Isparta / Turkey

Phone and e-mail

Tel: +90 0246 531 26 21 - 0246 531 26 22

E-mail: ijeirturkey@gmail.com

e-ISSN: 2687-2153

International Journal of Engineering and Innovative Research (IJEIR)

Year: 2020

Volume: 2

Issue: 1

Editorial Board

Prof. Dr. Narita Md Norwawi Universiti Sains Islam Malaysia University- MALAYSIAN
Prof. Dr. Shivam Mishra Dr. A.P.J. Abdul Kalam Technical University- INDIA
Prof. Dr. Fu Jianzhong Zhejiang University – CHINA
Prof. Dr.Hans-Jörg Trnka Fusszentrum Wien – AUSTRIA
Assoc. Prof Dr. Deniz KILINÇ İzmir Bakırçay University - TURKEY
Asst. Prof. Dr. Burhan DUMAN Applied Sciences University of Isparta - TURKEY

Advisory Board

Prof. Dr. Kamaruzzaman Seman Universiti Sains Islam Malaysia University- MALAYSIAN
Prof. Dr. David HUI University of New Orleans- USA
Prof. Dr. Vladimir Jotsov University of Library Studies and IT - BULGARIA
Assoc. Prof Dr. Madiah MOHD SAUDI Universiti Sains Islam Malaysia - MALAYSIA
Assoc. Prof Dr. Azni Haslizan Ab Halim Universiti Sains Islam Malaysia - MALAYSIA
Asst. Prof. Dr. Ali Dinç American University of Middle East - KUWAIT
Dr. Fotis Kokkoras Technological Educational Inst. of Thessaly – GREECE

Reviewers for this issue

Goce ARNENSKI
Zoran ZDRAVEV
Roya ASADI
Kiyas KAYAALP
Kemal SAPLIOĞLU
Emre ÖZELKAN
Melda ALKAN ÇAKIROĞLU
Erdem ÇAMURLU

Enes SUKİC
Christian GUETL
Emrah DENİZ
Nihat YILMAZ
Burhan DUMAN
Remzi GÜRFİDAN
Mehmet Ali ŞİMŞEK
Tamer SARAÇYAKUPOĞLU

International Journal of Engineering and Innovative Research (IJEIR)

Year: 2020

Volume: 2

Issue: 1

CONTENTS

PAGE

Research Articles

INVESTIGATION OF PEAK POWER AND TECHNOLOGY OF PHOTOVOLTAIC IN ENERGY OUTPUT ACCORDING TO SYSTEM LOSS

Savaş EVRAN, Ozan DENİZ.....1-7

TÜRKİYE'DEKİ RÜZGAR VE HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: SÖYLEMEZ HES VE İNTEPE RES ÖRNEĞİ

Esin ACAR.....8-23

Driving 0-10V Controlled Motor Speed Changer With Arduino Based Proportional Control Logic

Özdemir DENİZ, Arif Emre ÖZGÜR.....24-31

ÇALIŞANLARIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ EĞİTİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tuba GÜRSOY, Ahmet KABUL.....32-46

MACHINE LEARNING BASED SECURITY ANALYSIS: ALARM GENERATION AND THREAT FORECASTING

Fatma BOZYİĞİT, Okan TÜRKSEVER, Ozan TÜRKSEVER, Deniz KILINÇ.....47-53

EVALUATION OF EFFECTS OF ORIENTATION ANGLE AND MOUNTING POSITION OF PV MODULES IN ENERGY OUTPUT FOR DIFFERENT LONGITUDES

Savaş EVRAN, Ozan DENİZ.....54-60

ASSESSMENT OF MOBILE LEARNING PERFORMANCE

Majlinda FETAJI, Bekim FETAJI , Özcan ASILKAN , Mirlinda EBIBI , Halil SNOPE.....61-66



INVESTIGATION OF PEAK POWER AND TECHNOLOGY OF PHOTOVOLTAIC IN ENERGY OUTPUT ACCORDING TO SYSTEM LOSS

Savaş Evran^{1*}, Ozan Deniz²

^{1,2}Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Çanakkale Applied Sciences, Department of Energy Management, Çanakkale, Turkey.

*Corresponding Author: sevrans@comu.edu.tr

(Received: 30.03.2020; Revised: 11.04.2020 Accepted: 13.04.2020)

ABSTRACT: The aim of this study is to evaluate the effects of peak power and technology of photovoltaic (PV) in energy output from fix-angle PV system according to system loss. The maximum efficiency tests were conducted using L8 orthogonal array with three control factors including two levels based on Taguchi method. Control factors consist of Peak PV power, PV technology, and system loss. In order to organize the optimum levels and effects of the control factors in the energy output, signal-to-noise (S/N) ratio analysis was implemented. The most effective control factors in the energy output were found by analysis of variance (ANOVA). According to results obtained, the most control factors in energy output were detected as peak PV power with 65.60 % contribution, PV technology with 19.37 % contribution, and system loss with 14.94 % contribution, respectively. The increase of levels of peak PV power and PV technology leads to the increase of energy output data while increase of level of system loss causes the decrease of energy output.

Keywords: Photovoltaic, PV power, PV module, Taguchi method.

1. INTRODUCTION

Many factors in the use of photovoltaic (PV) modules can play a significant impact on energy output. For example, peak PV power, PV technology, and PV system loss may be some of these factors. In addition, environmental factor such as temperature can has important effect in energy output of PV modules. A study [1] was mentioned that temperature of the photovoltaic modules occurs important effect on the energy harvest and energy conversion efficiency of solar cells. In open literature, there are many studies including PV modules. van Dyk et all. [2] presented a study about the planning of a low-cost current–voltage calculating system to display the current–voltage characteristics of different photovoltaic modules and they analyzed overall operational efficiencies between different years. Adinoyi and Said [3] analyzed the influence of dust on the performance of solar photovoltaic modules including various technologies and they also compared modules with each other for a tracker and fixed stand based on various times. Chang [4] analyzed electric energy obtained using photovoltaic module for various azimuths and tilt angles based on different months. Fannee et all. [5] presented a study including comparison of performance analyses of photovoltaic modules. Carr and Pryor [6] compared the performance of five various photovoltaic modules based on temperate climates. Xu et all. [1] investigated the effect of dust deposition on the temperature of soiling photovoltaic glass based on lighting and windy situations according to experimental analyses. Sarver et all. [7] presented

an extensive review consisting of influence of dust on the use of solar energy. Muzathik [8] reported an new method for predicting the operating temperature of a photovoltaic module depending on a simple correlation. Schwingshackl et al. [9] analyzed wind influence on temperature of the photovoltaic modules. Jiang and Lu [10] evaluated the energy output ratio based on various surface temperatures of the photovoltaic modules and they used particle deposition densities in analyses. As can be seen from literature review mentioned, many studies based on PV modules have been published. In this study, the effects of peak power and technology of PV in energy output from fix-angle PV system were evaluated according to system loss. Numerical data were determined according to Taguchi L8 orthogonal array and optimal level of each control factor was found using S/N ratio analysis.

2. MATERIALS AND METHODS

In the tests, energy output from fix-angle PV system were used based on different factors and these data were taken from photovoltaic geographical information system (PVGIS) directly [11]. In this system, there are three different satellite-based databases. In analysis, energy output data used were taken from satellite-based databases called PVGIS-CMSAF and these data were presented in Table 1 [11].

Table 1. Energy output from fix-angle PV system

PV Technology	Peak PV Power (kWp)	System Loss (%)	Energy Output [11] (kWh)
CIS	1.0	10	128.66
CIS	1.0	14	122.94
CIS	1.1	10	141.52
CIS	1.1	14	135.23
CdTe	1.0	10	135.49
CdTe	1.0	14	129.47
CdTe	1.1	10	149.04
CdTe	1.1	14	142.42

Latitude and longitude were used to be 48.137 and 11.575 in degree. Map layers for specific photovoltaic power output and elevation of Germany were demonstrated in Figure 1 [13].

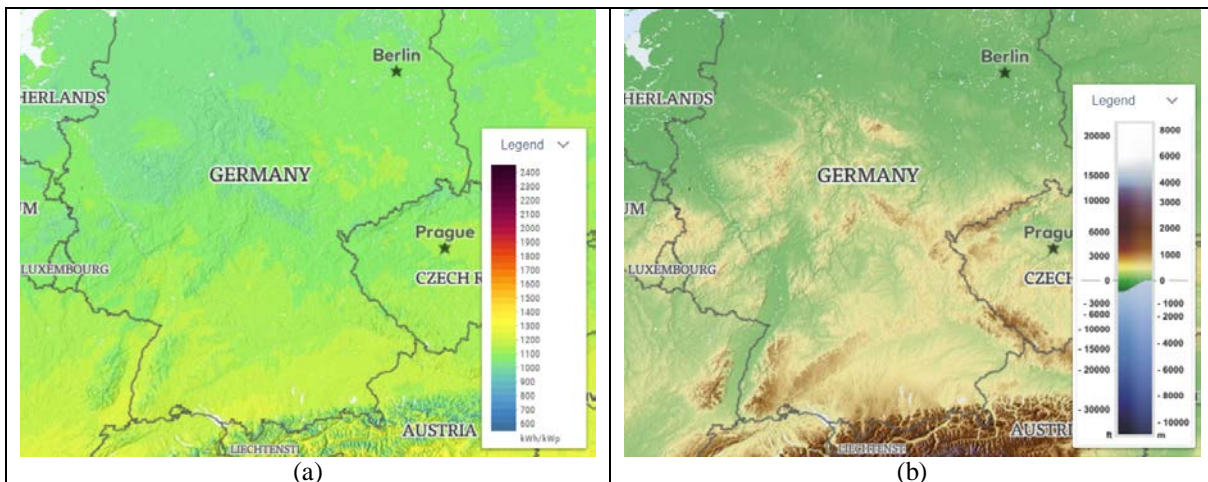


Figure 1. Map layers (a) specific photovoltaic power output and (b) elevation [13]

The tests were organized using L8 orthogonal array based on Taguchi method. The orthogonal array has three control factors, which consist of two levels. As the first control factor, two different types of thin film modules were used. These are Copper Indium Selenide (CIS) and Cadmium Telluride (CdTe). The types of thin film modules were determined as levels of the first control factor. As the second control factor, peak PV power was utilized. This control factor is that the manufacturer reports that PV array may produce based on standard analysis, which is a stable 1000 W of solar irradiation per square meter in the plane of the array, for an array temperature of 25°C [11]. As the third control factor, system loss was used and it is related to loss, such as losses in cables, power inverters, dirt performed on the modules etc. [11]. The control factors and their levels were presented in Table 2.

Table 2. Control factors and levels

Control Factors	Symbol	Levels	
		Level 1	Level 2
PV Technology	A	CIS	CdTe
Peak PV Power	B	1.0	1.1
System Loss	C	10	14

In order to calculate the maximum energy output data, the signal-to-noise ratio analysis was conducted using “higher is better” quality characteristic and it was demonstrated in Equation 1 [12].

$$(S/N)_{HB} = -10 \cdot \log \left(n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i^2)^{-1} \right) \tag{1}$$

In Equation 1, n is organized to be the number of tests for energy output in a trial and yi demonstrates ith data determined. The S/N ratio analysis was implemented based on Minitab 15 statistical software. In addition, main effect plot for S/N ratio data of control factors was performed using statistical software Minitab 15.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

This study deals with evaluation the influences of peak power and technology of PV in energy output from fix-angle PV system according to system loss. Energy output data obtained using control factors were converted to S/N ratios using Minitab 15 statistical software and these results were listed in Table 3.

Table 3. Energy output data and their S/N ratios

Test	Combination	Results	
		Energy Output [11]	S/N ratio
1	A ₁ B ₁ C ₁	128.66	42.1889
2	A ₁ B ₁ C ₃	122.94	41.7939
3	A ₁ B ₂ C ₁	141.52	43.0164
4	A ₁ B ₂ C ₃	135.23	42.6215
5	A ₂ B ₁ C ₁	135.49	42.6381
6	A ₂ B ₁ C ₃	129.47	42.2434
7	A ₂ B ₂ C ₁	149.04	43.4661
8	A ₂ B ₂ C ₃	142.42	43.0714
Overall Mean ($\overline{T_{E0}}$)		135.60	-

3.1. Analysis of Control Factors

In order to see the optimum levels and effects of control factors such as peak PV power, PV technology, and system loss in energy output from fix-angle PV system, S/N data of average means for each level of each control factor were calculated according to “larger is better” quality characteristic. Data obtained were given in Table 4.

Table 4. Response table for S/N ratios and means

Level	S/N ratio data in dB			Means in kWh		
	A	B	C	A	B	C
1	42.41	42.22	42.83	132.10	129.10	138.70
2	42.85	43.04	42.43	139.10	142.10	132.50
Delta	0.45	0.83	0.39	7.00	12.90	6.20
Rank	2.00	1.00	3.00	2.00	1.00	3.00

It can see from Table 4 that the optimum levels for peak PV power and PV technology were obtained using data at second level. However, the optimum level of system loss in energy output was found at the first level. In addition, as can be understood from Figure 2, the increase of levels of peak PV power and PV technology leads to the increase of energy output data while increase of level of system loss causes the decrease of energy output.

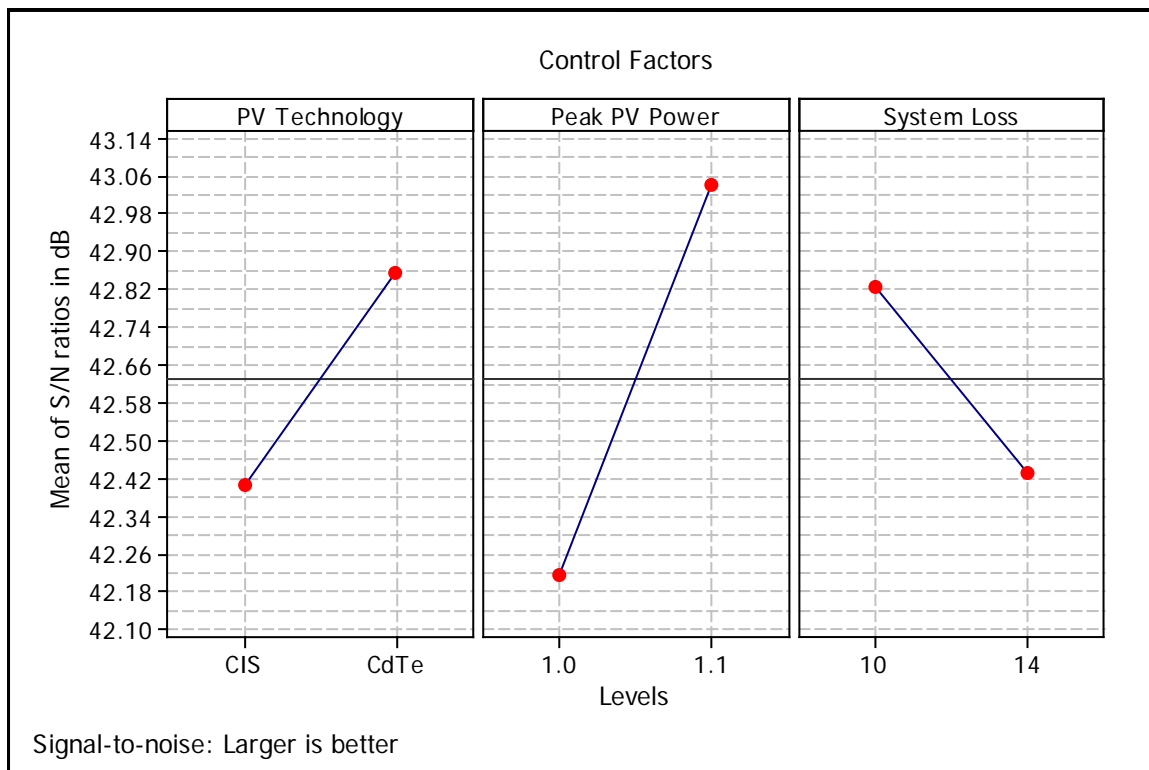


Figure 2. Main effect plot for S/N ratio data of control factors

3.2 Analysis of Variance

Each control factor has different contribution in energy output. In order to define the significant control factors and their percent contributions in energy output, analysis of variance (ANOVA) were implemented at 95 % confidence level. Results calculated for R-Sq = 99.91 % and R-Sq (adj) = 99.85 % were tabulated in Table 5.

Table 5. ANOVA results for energy output

Source	DF	Seq SS	Adj MS	F	P	% Contribution
A	1	98.49	98.49	878.11	0	19.37
B	1	333.47	333.47	2973.06	0	65.60
C	1	75.95	75.95	677.17	0	14.94
Error	4	0.45	0.11			0.09
Total	7	508.36				100.00

In order to determine significant control factors, P values were used. As can be seen from Table 5, PV technology, peak PV power, and system loss were found to be significant control factors since P = 0 is smaller than 0.05 data. In addition, the most control factors in energy output were detected as peak PV power with 65.60 % contribution, PV technology with 19.37 % contribution, and system loss with 14.94 % contribution, respectively. In analysis, error data was calculated to be 0.09 % contribution.

3.2 Estimation of Optimum Energy Output

In order to estimate the optimum energy output from fix-angle PV system for the maximum result, the significant control factors with optimum levels were used. The optimum result of energy output was carried out using A and B at the second level and C with the first level. The estimated mean of energy output can be solved using Equation 2 [12].

$$\mu_{\sigma_T} = \bar{A}_2 + \bar{B}_2 + \bar{C}_1 - 2\bar{T}_{E_0} \tag{2}$$

In Equation 2, $\bar{A}_2 = 139.1$, $\bar{B}_3 = 142.1$, and $\bar{C}_2 = 138.7$ refer to average numerical values of A and B at the second level, and C with the first level respectively and these results were given in Table 4. Also, $\bar{T}_{E_0} = 135.6$ shows the overall mean in accordance with Taguchi L8 orthogonal array in Table 3. Substituting data mentioned of various terms in Equation 2, μ_{E_0} is found to be 148.7 W. 95 % confidence intervals of confirmation test and population were solved according to Equation 3 and Equation 4 [12].

$$CI_{CT} = \left(F_{\alpha;1;n_2} V_{error} \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{R} \right] \right)^{1/2} \tag{3}$$

$$CI_{POP} = \left(\frac{F_{\alpha;1;n_2} V_{error}}{n_{eff}} \right)^{1/2} \tag{4}$$

$$n_{eff} = \frac{N}{(1 + T_{DOF})} \tag{5}$$

where, $\alpha = 0.05$ presents the risk and $n_2 = 4$ is the error data regarding the degree of freedom in analysis of variance. $F_{0.05;1;4}$ is examined to be 7.71 [12] in accordance with F ratio table at 95 % confidence interval. T_{DOF} express the total number of degrees of freedom in accordance with the significant control factors and the value was organized to be 3. R refers to the sample size of confirmation tests of energy output and the data is utilized as 1. N denotes the total number of tests performed for energy output and it was solved to be 8 regarding Taguchi’s L8 orthogonal array including 8 different combinations of control factors. V_{error} express the error value of variance in accordance with ANOVA data and this value is presented to be 0.11 in Table 5. n_{eff} was explained to be 2 value. As a result, CI_{CT} and CI_{POP} were analyzed as ± 1.13

and ± 0.65 , respectively. The predicted confidence interval in accordance with confirmation tests for energy output [12] is:

$$\text{Mean } \mu_{E_0} - CI_{CT} < \mu_{E_0} < CI_{CT} + \text{Mean } \mu_{E_0}$$

The population related to the 95 % confidence interval [12] is:

$$\text{Mean } \mu_{E_0} - CI_{POP} < \mu_{E_0} < CI_{POP} + \text{Mean } \mu_{E_0}$$

The reference and predictive results for the optimal approach in accordance with predicted confidence intervals were tabled in Table 6.

Table 6. Optimal results for reference and predicted data

Combination	Reference [11]	Predictive Result	Estimated Confidence Intervals at 95% Confidence Level
A ₂ B ₂ C ₁	149.04 W	148.70 W	147.57 < μ_{E_0} < 149.83 for CI _{CT} 148.05 < μ_{E_0} < 149.35 for CI _{POP}

4. CONCLUSIONS

In the study, effects of PV module technology, peak PV power, and system loss in energy output from fix-angle PV system were analyzed using L18 orthogonal array, which have three control factors, based on Taguchi method. Numerical data were taken from photovoltaic geographical information system (PVGIS) directly. Optimum levels and significant levels of control factors were determined using S/N ratio and ANOVA analyses, respectively. Conclusions obtained from present study are as follows:

- Compared with thin film module made of CIS, the energy output obtained using thin film module made from CdTe is higher.
- The increase of peak PV power values causes the increase of the energy output whereas the decrease of system loss leads to the increase of the energy output.
- PV technology, peak PV power, and system loss were determined as the significant control factors since P value is smaller than 0.05 value according to ANOVA. In addition, the most control factors in energy output were identified as peak PV power with 65.60 % contribution, PV technology with 19.37 % contribution, and system loss with 14.94 % contribution, respectively.
- The optimum levels of control factors were found using thin film made of CdTe, peak PV power at the second level, and system loss at the first level.
- Estimated confidence intervals for 95% confidence level were found to be $147.57 < \mu_{E_0} < 149.83$ for CI_{CT} and $148.05 < \mu_{E_0} < 149.35$ for CI_{POP}.

REFERENCES

[1] Xu L, Li S, Jiang J, Liu T, Wu H, Wang J, et al. (2020). The influence of dust deposition on the temperature of soiling photovoltaic glass under lighting and windy conditions. *Solar Energy*, 199, 491-6.

[2] van Dyk EE, Gxasheka AR, Meyer EL, (2005). Monitoring current-voltage characteristics and energy output of silicon photovoltaic modules. *Renewable Energy*, 30, 399-411.

[3] Adinoyi MJ, Said SAM, (2013). Effect of dust accumulation on the power outputs of solar photovoltaic modules. *Renewable Energy*, 60, 633-6.

[4] Chang TP, (2009). Output energy of a photovoltaic module mounted on a single-axis tracking system. *Applied Energy*, 86, 2071-8.

[5] Fanney AH, Davis MW, Dougherty BP, King DL, Boyson WE, Kratochvil JA, (2006). Comparison of Photovoltaic Module Performance Measurements. *Journal of Solar Energy Engineering*, 128, 152-9.

- [6] Carr AJ, Pryor TL, (2004). A comparison of the performance of different PV module types in temperate climates. *Solar Energy*, 76, 285-94.
- [7] Sarver T, Al-Qaraghuli A, Kazmerski LL, (2013). A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: History, investigations, results, literature, and mitigation approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 698-733.
- [8] Muzathik A, (2014). Photovoltaic modules operating temperature estimation using a simple correlation. *International Journal of Energy Engineering*, 4, 151-8.
- [9] Schwingshackl C, Petitta M, Wagner JE, Belluardo G, Moser D, Castelli M, et al, (2013). Wind Effect on PV Module Temperature: Analysis of Different Techniques for an Accurate Estimation. *Energy Procedia*, 40, 77-86.
- [10] Jiang Y, Lu L (2015). A Study of Dust Accumulating Process on Solar Photovoltaic Modules with Different Surface Temperatures. *Energy Procedia*, 75, 337-42.
- [11] <https://eceuropaeu/jrc/en/pvgis>.
- [12] Ross PJ, (1996). *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, McGraw-Hill International Editions, 2nd Edition, New York, USA.
- [13] <https://globalsolaratlas.info/map>.



International Journal of Engineering and Innovative Research

<http://dergipark.gov.tr/ijeir>

TÜRKİYE'DEKİ RÜZGÂR VE HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: SÖYLEMEZ HES VE İNTEPE RES ÖRNEĞİ

Esin ACAR¹ 

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Borçka Acarlar MYO, İnşaat Bölümü, Artvin, Türkiye.

*Sorumlu Yazar: esin.acar@artvin.edu.tr

(Received: 10.03.2020; Revised: 01.04.2020 Accepted: 13.04.2020)

ÖZET: Enerjiye olan talebin arttığı son yıllarda enerji üretim santralleri önem kazanmıştır. Bu çalışmada temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgâr elektrik santrali (RES) ve hidroelektrik santrali (HES) değerlendirilmiştir. Bu santrallerin ortak özelliklerinin yenilenebilir enerji kaynakları olmasına rağmen maliyetleri, yapım şartları, ekonomik analizleri, inşaat süreleri ve çevresel etkileri farklılık göstermektedir. Bu belirtilen farklılıklara göre kıyaslama yapılarak analizler ortaya konulmuştur.

Çalışmada kullanılan santrallerden, işletmede olan Çanakkale ilindeki İntepe Rüzgâr Santrali ile Devlet Su İşleri tarafından planlama aşamasında olan Erzurum ilindeki Söylemez Hidroelektrik Santrali hakkında bilgi toplanarak çalışmalar yapılmıştır. Projeler değerlendirildiğinde yaklaşık aynı kurulu güce sahip santrallerin enerji üretim miktarlarının farklılık gösterdiği tespit edilmiş ve bu farklılık kapasite faktörüyle açıklanmıştır. Ayrıca; projelerin verimlilik değerleri, birim maliyetleri, yatırım maliyetleri, inşaat ve üretim sırasındaki çevresel etkileri karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve aynı zamanda kurulum ve işletme maliyetleri de belirtilerek aralarındaki farklar irdelenmiştir.

Bu değerlendirmeler sonucunda hidroelektrik santralin birim enerji üretimi için maliyeti, rüzgâr santralinkinden daha düşük, yatırım maliyetinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Rüzgâr santralinin inşaat süresi daha az olduğu için daha kısa sürede işletmeye alınarak enerji katkısını daha erken sağlamakta iken enerji başına düşen birim maliyeti hidroelektrik santrale göre daha yüksektir. Projelerin verimlilik değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. İşletme ve bakım maliyetleri HES projelerinde daha düşük iken, çevresel etkilerinin RES projelerine göre biraz daha fazla olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Rüzgâr Santrali, Hidroelektrik Santrali, Çevresel Etkiler.

Comparison of Wind and Hydroelectric Energy Potential in Turkey and Evaluation of Environmental Impact: Söylemez HEPP and Intepe WPP Example

ABSTRACT: Energy production plants have gained importance in recent years when the demand for energy has increased. In this study, wind power plant (RES) and hydroelectric power plant (HEPP), which are clean and renewable energy sources, were evaluated. Although the common characteristics of these plants are renewable energy sources, their costs, construction conditions, economic analysis, construction times and environmental effects differ. Analyzes were made by comparing these differences.

From the power plants used in the study, information was collected about the İntepe Wind Power Plant in Çanakkale province and the Söylemez Hydroelectric Power Plant in Erzurum province, which is in the planning phase. When the projects are evaluated, it is determined that the energy production amounts of the plants with

approximately the same installed power differ and this difference is explained by the capacity factor. Also; The efficiency values of the projects, unit costs, investment costs, environmental effects during construction and production were compared and evaluated at the same time, and the differences were analyzed by specifying the installation and operating costs.

As a result of these evaluations, it has been concluded that the cost of the hydroelectric power plant for unit energy production is lower than that of the wind power plant and the investment cost is higher. Since the wind power plant's construction time is less, it is commissioned in a shorter time, while providing energy contribution earlier, the unit cost per energy is higher than that of the hydroelectric power plant. It has been seen that the efficiency values of the projects are very close to each other. While operation and maintenance costs were lower in HEPP projects, it was observed that their environmental impact was slightly higher than RES projects.

Keywords: Renewable Energy, Wind Power Station, Hydroelectric Power Station, Environmental Effects.

1. GİRİŞ

Enerji yaşamımızın vazgeçilmez bir unsurudur. Teknolojide ki gelişmeler ve insanoğlunun ihtiyaçları doğrultusunda enerjiye olan talep te gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle, şimdiden gelecekteki enerji sıkıntılarını yaşamamak için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Enerji tüketimine paralel olarak çevre kirliliği ve atmosferimizdeki sera gazı etkisi de hızla artmaktadır. Buna çözüm olarak, dünyamızda yenilenebilir temiz enerji kaynaklarına yönelim mevcuttur.

Bu çalışma, ülkemizin gelecekteki en büyük sıkıntılarında olacak enerji konusunun günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları ile aşılabileceğini vurgulamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgâr ve hidrolik enerjilerinin Türkiye'deki potansiyelleri ve örnek projeler ile de birbirleriyle maliyet ve çevresel etkileri açısından karşılaştırılması esas alınmıştır. Ayrıca ülkemizdeki enerji potansiyelleri belirlenmiş, rüzgâr ve hidroelektrik enerji potansiyelleri kendi içlerinde değerlendirilerek, birbirleri arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma kriterleri; yapım ve enerji üretim maliyetleri, çevreye olan zararlı etkileri, yapım süreleridir. Birçok enerji kaynağı bulunmakla birlikte, herhangi bir kaynağın diğerine tercih sebebi; ekonomik, çevreye olan zararının en az, uzun vadeli ve yenilenebilir olmasına bağlıdır.

2. METOT

Çalışmada kullanılan materyaller mevcut ve gerçekleşmesi planlanan projelere ait veri değerleri olup, hidroelektrik ve rüzgâr enerji santralleridir. Bu projelerden İntepe RES özel bir firma tarafından işletilmekte olan Çanakkale ilinde bulunan bir rüzgâr santrali ve Söylemez HES ise Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünce Planlama raporu hazır olan Erzurum ilinde bulunan bir projedir. Bu iki projenin seçilmesindeki ana amaçlardan birisi kurulu güç değerlerinin birbirlerine yakın olmasıdır. Bu santral projelerinin çevresel avantaj ve dezavantajları, maliyetleri ile mali karşılaştırmaları ve enerji üretimlerine göre ekonomik değerlendirmeleri doğrultusunda çalışmalar yürütülmüştür.

Çalışmada kurulu güç değerleri birbirine yakın projeler kullanılmış olup;

Kurulu güç değeri kurulacak olan hidroelektrik santralin üretebileceği enerji için gereken gücü ifade eder. Kurulu güç hesabı yapılırken kanal, tünel ve cebri borudan geçecek olan optimum debi değeri kullanılır [1].

Optimum debiye göre kurulu güç şu şekilde ifade edilir;

$$\text{Kurulu güç} = 9.81 \times Q_{\text{Optimum}} \times H_{\text{net}} \times \text{türbin verimi} \times \text{jeneratör verimi} \quad (1)$$

Kurulu gücün birimi kW olarak hesaplanmaktadır.

Optimum debi (Q_{Optimum}) projede optimizasyon yapılarak bulunmaktadır. Yani en ekonomik kanal ya da tünel kapasitesinin bulunması hedeflendiği için, hidroelektrik santral için kurulacak bütün tesislerin maliyetleriyle, debiye karşılık gelen kurulu güç değerleri ve enerji üretimleri arasında değerlendirme yapılarak bulunur [1].

Tesislerin maliyetleri Söylemez HES için fizibilite raporunda yer alan ve İntepe RES için proje firmasından alınan fizibilite raporuna göre yatırım maliyetlerinin ÜFE (Üretici Fiyat Endeksi) oranlarına göre arttırılmasıyla güncellenmiştir. Ekonomik değerlendirme yapılırken YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması) tarafından garanti edilen elektrik alış fiyatları kullanılmıştır. Çevresel değerlendirmeleri proje bazlı olarak ortaya konmuş ve karşılaştırma yapılmıştır.

Proje verimlilik değerleri hesaplanırken DSİ'ye ait yatırım projelerinde kullanılan ekonomik analizler kullanılmıştır. Bu analizlerde kullanılan sosyal iskonto oranı projeye ait fayda ve masrafların birbirleriyle mukayesesinin yapılabilmesi maksadıyla fayda ve masrafları müşterek zaman bazına getirecek faktörün hesabında uygulan oran (faiz haddi) dir. DSİ projelerinde maksatlara göre aşağıdaki sosyal iskonto oranları kullanılmaktadır [2];

Cazibeli sulamalar	: %5.0
Taşkın Koruma ve Kurutmalar	: %5.0
Pompajlı Sulamalar	: %9.5
Hidroelektrik Enerji Üretimi	: %9.5
İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu	: %8.0

Verimlilik hesaplarında kullanılan bugünkü değer faktörü, ekonomik analiz periyodu içinde projenin her bir yılındaki toplam yıllık giderlerin veya toplam yıllık faydaların ilgili yıl dikkate alınarak proje yatırımının başlangıcına indirgenmesini sağlayan faktördür. Bu faktör, faiz haddi ile gelir veya giderin proje başlangıcına uzaklığına göre hesaplanır [2].

Bugünkü değer faktörü;

$$\frac{1}{(1 + f)^n} \quad (2)$$

burada; f: faiz haddi ve n: faiz süresi.

Hesaplamalarda kullanılan gelir/gider oranı bugünkü değerlere getirilmiş gelir ve giderlerin oranlanması ile hesaplanmaktadır. Eğer bu oran 1 veya 1'den büyük bir sayı ise proje ekonomik yönden savunulabilir maliyettedir. Bu oran proje rantabilitesi olarak tanımlanır. Projenin (hidroelektrik) ekonomik analiz süresi 50 yıldır [2]. Rüzgâr santralinin ekonomik analiz süresi 30 yıl olarak alınmıştır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair 6094 sayılı Kanun'a göre YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) Hidroelektrik ve Rüzgâr Enerji Santrallerinin enerji satış bedelleri 7.3 ABD Doları cent/kwh alınmış ve Tablo 1.'de belirtilmiştir [3].

Tablo 1. YEKDEM Enerji satış bedelleri

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7.3
b. Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7.3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10.5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13.3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13.3

Amerikan Rüzgâr Enerjisi Birliği'nin verilerine göre çeşitli yakıt türlerinde enerji üretim birim maliyetleri olarak hidroelektrik ve rüzgâr santralının yatırım ve işletme maliyeti Tablo 2.'de verilmiştir [4-5]. Mevcut projelerin birim maliyetleri bu çizelgede yer alan hidroelektrik ve rüzgâr enerji santrallerinin birim maliyet değerlerine göre kıyaslanmıştır.

Tablo 2. Enerji kaynaklarının birim maliyet tablosu

Yakıt	Maliyet (\$ cent/kwh)
Kömür	4.8 - 5.5
Gaz	3.9 - 4.4
Hidro	5.1 - 11.3
Biomass	5.8 - 11.6
Nükleer	11.1 - 14.5
Rüzgâr	4.0 - 6.0

Kaynak: Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği

3. PROJE BİLGİLERİ

İntepe RES Çanakale İli, İntepe Beldesi, Çanakalan- Karacaviran- Kurttepe mevkiinde yer alan her biri 800 KW lık 38 adet türbinin toplam kurulu gücü 30.40 MW olup, 92.40 Gwh enerji üretmektedir [6].

Söylemez Barajı ve HES Erzurum İli, Pasinler İlçesi ile Horasan İlçeleri sınırlarında yer alan Yukarı Pasinler ve Aşağı Pasinler Ovalarını kapsamaktadır. Proje Aras nehri üzerinde Erzurum İline bağlı Karayazı ilçesi sınırları dâhilinde ve Erzurum-Muş-Varto karayolunun yaklaşık 89. km'sinde yer almaktadır. Proje sulama ve enerji amaçlı olarak planlanmıştır. Sulanacak net alan 47 363 ha'dır . Aras nehri üzerinde kurulması planlanan Söylemez Barajı ile su biriktirilerek, 6 047 m uzunluğundaki iletim tüneli ve 460 m uzunluğundaki cebri boru ile su santral binasına ulaştırılacaktır. Proje kapsamında kaya dolgu baraj, dolusavak yapısı, memba batardosu, derivasyon sistemi, enerji iletim tüneli, cebri boru, santral binası, kuyruksuyu kanalı ve şalt sahası mevcuttur. Proje, 36.145 MW Kurulu gücünde olup, 247.03 Gwh enerji üretimi mevcuttur [7].

3.1. Türkiye'nin RES ve HES Potansiyeli

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu kaynakların başında güneş, rüzgâr ve su gelmektedir. Şu an en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı su kaynaklarıdır.

Türkiye'de teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh/yıl, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel ise 216 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin

teknik hidroelektrik potansiyeli dünya teknik hidroelektrik potansiyelinin %2'sine, Avrupa teknik hidroelektrik potansiyelinin ise %18'ine tekabül etmektedir. Türkiye'nin teknik olarak değerlendirilebilir HES potansiyeli olan 216 milyar kWh/yıl'lık kısmın teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal açılardan yapılabilir kısmı 180 milyar kWh/yıl'dır. 2023 yılından sonra geliştirilecek ilave potansiyel ile toplam potansiyelin 180 milyar kWh/yıl düzeyine çıkması hedeflenmektedir [8].

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) verilerine göre; Türkiye'de işletmede olan 628 adet hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 28 233 MW ve ortalama yıllık üretimi ise 98 224 GWh olup, bu değer toplam teknik potansiyelin %62'sine karşılık gelmektedir (Tablo 3.) [8].

Tablo 3. Türkiye'deki HES Projeleri Potansiyelleri

Potansiyel	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (Gwh/Yıl)	Oran (%)
İşletmede	628	28 233	98 224	62
İnşaat Halinde	61	4 411	13 516	8
İnşaatına Henüz Başlanmayan	565	15 539	47 640	30
Toplam	1 254	48 183	159 380	100

*DSİ 2019-2023 Strateji Planı

Türkiye'nin karasal alanlarında toplam 400 000 GWh/yıl brüt rüzgâr enerji potansiyeli, 120 000 GWh yıl⁻¹ teknik yani teknolojik bakımdan uygulanabilir potansiyel ve 50 000 GWh/yıl ekonomik potansiyeli bulunmaktadır. Brüt rüzgâr potansiyeli ise 160 000 MW, teknik potansiyeli 48 000 MW, ekonomik potansiyeli ise 20 000 MW rüzgâr kurulu gücüne eşdeğerdir. Türkiye kıyı sahalarında ise 8 200 MW kurulu gücünde potansiyel bulunmaktadır [9].

3.2. HES ve RES santrallerinin karşılaştırılmasında kullanılacak yöntem

Çalışmada projelerin fizibilite raporlarından alınan kurulu güç, enerji, maliyet ve proje karakteristik bilgileri kullanılmıştır. Maliyetler daha sağlıklı bir ekonomik değerlendirme yapılabilmesi açısından güncellenmiştir. Bu güncelleme Söylemez HES için fizibilite raporunun hazırlandığı ve yapımının gerçekleştirildiği tarihteki ÜFE değeri alınarak Şubat 2020 tarihindeki ÜFE değeri ile oranlanarak yapılmıştır. İntepe RES için ise yapım maliyetleri Euro kuru üzerinden olduğu için güncel Euro değeri alınarak güncelleme yapılmıştır. Ekonomik değerlendirme de kullanılan enerji gelirleri de YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) baz alınarak hesaplanmıştır. Güncel döviz kurlarının kullanılması ile de sağlıklı bir veri analizi yapılabilmektedir.

Kurulu güç değerleri ve enerji üretim miktarları projelerin raporlarından temin edilmiştir. Ekonomik analiz yapılırken DSİ'nin proje planlamalarında baz alınan değerlendirmelerden yararlanılmış; %9.5 faiz oranına göre 49 yıllık işletme yapılarak bugünkü değerlere getirilen veriler kullanılmıştır.

Bugünkü değeri peşin parayla ederi şeklinde kısaca tanımlayabiliriz [10-11]. Bu yöntemde mukayese periyodu boyunca fayda masraf farklarının (net faydaların) bugünkü değeri hesaplanır. Bugünkü değer olarak en büyük faydayı sağlayan alternatif seçime hak kazanır. Yıllık fayda ve masraf metodu, esas itibarıyla bugünkü değer metodunun aynıdır. Ancak burada fayda ve masrafların bugünkü değerleri yerine mukayese periyodu boyunca yayılmış üniform eş değerleri ile hesap yapılır. Bu üniform eş değerlere alternatifin yıllık faydaları ve yıllık masrafı denir. Bugünkü değerler hesaplanmışsa, $(P / A, i \%, N)$ iskonto faktörüyle çarpılarak yıllık fayda ve masraflar hesaplanabilir. Nispeten ufak değerlerle çalışma imkânı verdiği için bugünkü değer metoduna tercih edilmektedir. Sulama ve enerji maksatlı bir barajın hesaplarında, enerji için kullanılan sosyal iskonto oranı için (%9.5) enerji maksadının sosyal iskonto oranı kullanılır [11].

4. DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmada kullanılan rüzgâr ve hidroelektrik santraller ülkemiz sınırları içinde yer almaktadır. Öz kaynaklarımız kullanılarak enerji üretiminin ülkemize olan katkısı bakımından önem arz eden iki projedir. Bu değerlendirmede rüzgâr ve hidroelektrik santrallerinin karakteristikleri, bölgenin özellikleri, iklim ve kaynakları, tesisler ve yapım şartları, çevresel etkileri, tesis maliyetleri ve ekonomik yapılabilişlikleri araştırılmıştır. Projelerin teknik olarak değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.'te yapılmıştır.

Tablo 4. Söylemez HES ve İntepe RES Teknik Karşılaştırma Tablosu

	Söylemez HES	İntepe RES
İli	Erzurum	Çanakkale
Kurulu gücü (MW)	36.145	30.40
Enerji Üretimi (Gwh)	247.030	92.40
İnşaat süresi	3 yıl	1 yıl
Yapılacak tesisler	Baraj gövdesi, Derivasyon tüneli, Memba batardosu, Dolusavak, Dipsavak, Su alma yapısı, İletim tüneli, Ana cebri boru, Enerji cebri borusu, Santral binası ve ENH kuyuksuyu kanalı, servis yolları, ENH	Türbinler, servis yolları,
Türbin adedi	3 adet x 12 048 kw	38 adet x 800 kw

Bu değerlendirmede rüzgâr santrallerinin yaklaşık aynı kurulu güce sahip olmasına rağmen hidroelektrik santrallere kıyasla daha kısa sürede inşa edilmesi önemli bir farklılıktır. Ayrıca RES için kullanılan ekipman ve inşaat işleri de HES'lere göre daha azdır. Yani yapı elemanları ve makine-teçhizat açısından HES projeleri daha komplike yapılarıdır. Bunun yanında yapım kolayları olarak RES'ler ön plana çıksa da HES projelerinin yıllık enerji üretim değerleri RES'lere göre çok daha fazladır. Bu çalışmada kullanılan projelerde bu enerji üretim oranı HES'te yaklaşık 2.7 kat daha fazladır. Bu durum HES projesinin yıllık gelirinin de bu oran kadar fazla olacağı anlamına da gelmektedir.

4.1. Ekonomik Karşılaştırma

Ekonomik analizler yapılırken projeye ait ünite bedelleri, ünitelerin yenileme bedelleri, işletme ve bakım bedelleri toplanarak yatırım bedelleri hesaplanır. Buna karşın projenin elektrik üretmeye başlamasıyla birlikte yıllık üreteceği elektriğin toplam geliri hesaplanır. Gelirler hesaplanırken; Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair 6094 sayılı Kanun'a göre YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) Hidroelektrik ve Rüzgâr Enerji Santrallerinin enerji satış bedelleri 7.3 ABD Doları cent/kwh alınmıştır [3].

Toplam gelirlerin, giderlere proje ekonomik ömrü boyunca oranlanmasıyla da projenin verimliliği (ranta bilitiesi) bulunmaktadır. Verimlilik özetle gelir/gider oranıdır. Bu oran 1'den yüksek olduğu takdirde proje verimli, 1'in altında kaldığı zaman ise proje verimsiz olarak değerlendirilir. Bu değerlendirme kriterleri kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde örnek projelere ait değerlendirmeler yapılmıştır.

4.2. İntepe rüzgâr santrali ekonomik analizi

Toplam 38 adet türbine sahip olan santralin yatırım bedeli ve yıllık işletme maliyeti şöyledir [6];

Toplam yatırım bedeli	: 35 046 882 Euro (2006)
Yıllık işletme maliyeti	: 900 000 Euro (2006)

1 euro: 7.04 TL (09.03.2020 kuru) olarak alındığında;

İntepe Rüzgâr Santralinin Tesis Maliyetleri

Toplam yatırım bedeli	: 228 505 671 TL (2020)
Yıllık işletme maliyeti	: 5 868 000 TL (2020)

1\$ = 6.15 TL (09.03.2020 kuru)

Elektrik birim satış bedeli: $0.073 \times 6.15 = 0.45$ Kr/Kwh

İntepe Rüzgâr santrali yıllık 92 400 000 Kwh enerji üretmektedir.

Bu durumda; Yıllık enerji geliri; $92\ 400\ 000\ Kwh \times 0.45\ Kr/Kwh = 41\ 580\ 000\ TL$ olmaktadır.

Yıllık işletme ve bakım maliyeti, 900 000 Euro olarak alındığında;

$900\ 000\ Euro \times 7.04\ TL = 6\ 336\ 000\ TL$ olmaktadır.

Projenin lisansına göre 30 yıllık işletme dönemi 1 yıllık inşaat süresi boyunca gelir/ gider oranı % 9.5 faiz oranına göre hesaplandığında;

Gelir/ Gider = 1.32 olmaktadır (Tablo 5.)

Tablo 5. İntepe RES Gelir/Gider Oranı

Yıl	Giderler				Bugünkü Değer		
	Proje Bedeli	İşletme ve Bakım	Toplam	Enerji Gelirleri	Giderler	Gelirler	Toplam Enerji
	TL	TL	TL	TL	TL	TL	(10 ⁶ kWh)
	(1)	(2)	(3)=(1)+(2)	(4)	Gider./1.095 ^{Ni}	Gelir/1.095 ^{Ni}	
¹	246730049		246730049		225324246		

2	6336000	6336000	41580000	5284293	34678176	92 400 000
3	6336000	6336000	41580000	4825839	31669567	92 400 000
4	6336000	6336000	41580000	4407159	28921979	92 400 000
5	6336000	6336000	41580000	4024802	26412766	92 400 000
6	6336000	6336000	41580000	3675619	24121248	92 400 000
7	6336000	6336000	41580000	3356729	22028537	92 400 000
8	6336000	6336000	41580000	3065506	20117385	92 400 000
9	6336000	6336000	41580000	2799549	18372041	92 400 000
10	6336000	6336000	41580000	2556666	16778120	92 400 000
11	6336000	6336000	41580000	2334855	15322484	92 400 000
12	6336000	6336000	41580000	2132287	13993136	92 400 000
13	6336000	6336000	41580000	1947294	12779120	92 400 000
14	6336000	6336000	41580000	1778351	11670429	92 400 000
15	6336000	6336000	41580000	1624065	10657926	92 400 000
16	6336000	6336000	41580000	1483164	9733266	92 400 000
17	6336000	6336000	41580000	1354488	8888827	92 400 000
18	6336000	6336000	41580000	1236975	8117650	92 400 000
19	6336000	6336000	41580000	1129658	7413379	92 400 000
20	6336000	6336000	41580000	1031651	6770209	92 400 000
21	6336000	6336000	41580000	942147	6182840	92 400 000
22	6336000	6336000	41580000	860408	5646429	92 400 000
23	6336000	6336000	41580000	785761	5156556	92 400 000
24	6336000	6336000	41580000	717590	4709184	92 400 000
25	6336000	6336000	41580000	655333	4300624	92 400 000
26	6336000	6336000	41580000	598478	3927511	92 400 000
27	6336000	6336000	41580000	546555	3586768	92 400 000
28	6336000	6336000	41580000	499137	3275587	92 400 000
29	6336000	6336000	41580000	455833	2991404	92 400 000
30	6336000	6336000	41580000	416286	2731876	92 400 000
31	6336000	6336000	41580000	380170	2494864	92 400 000
TOP. 246730049			282230895	373449887	92 400 000	
Gelir/Gider		1.32				

4.3. Söylemez hidroelektrik santrali ekonomik analizi

Söylemez HES projesi kapsamında baraj gövdesi, derivasyon tüneli, memba batardosu, dolusavak, dipsavak, su alma yapısı, iletim tüneli, ana cebri boru, enerji cebri borusu, santral binası ve kuyruksuyu kanalı tesisleri yapılacaktır. Bu tesislere ait yatırım bedelleri 2006 yılı birim fiyatları cinsinden “Söylemez HES Revize Fizibilite Raporu” ndan alınmıştır.

Yatırım bedeli : 202 048 152 TL (2006)
Yıllık işletme ve bakım maliyeti : 683 781 TL (2006)

Söylemez Hidroelektrik Santralinin Tesis Maliyetleri

2006 yılının 2020 yılına çeviri katsayısı 3.76 ‘dir. Çeviri TÜİK verilerine göre yapılmış olup; 2006 yılı Ocak ayı ÜFE değeri 123.51 ve 2020 yılı Şubat ayı ÜFE değeri 464.64 dır [12]. Bu iki değer oranlandığında çeviri katsayısı 3.76 bulunmaktadır.

Yatırım bedeli : 759 701 052 TL(2020 yılı Şubat ayına güncellenmiştir)
Yıllık işletme ve bakım maliyeti : 2 571 017 TL (2020 yılı Şubat ayına güncellenmiştir)

Projenin fizibilite raporundan alınan değerlerine göre yıllık 247.03 GWh elektrik üretecektir. Enerji geliri hesaplamalarında YEKDEM fiyatı olan 7.3 dolar cent alındığında; $0.073 \text{ cent} \times 6.15 \text{ TL}/\$ = 0.45 \text{ TL/kwh}$ olmaktadır.

Enerji geliri; $247 \text{ 030 000 Kwh/yıl} \times 0.45 \text{ TL/kwh} = 111 \text{ 163 500 TL}$ olmaktadır.

Projenin inşaat yapım süresine göre 49 yıllık işletme dönemi (ekonomik ömrü) ve 3 yıllık inşaat süresi boyunca gelir/gider oranı %9.5 faiz oranına göre hesaplandığında; Projenin inşaat yapım süresine göre 49 yıllık işletme dönemi ve 3 yıllık inşaat süresi boyunca gelir/gider oranı %9.5 faiz oranına göre hesaplandığında;

Gelir/ Gider = 1.34 olmak olup Tablo 6.'da verilmiştir.

Tablo 6. Söylemez RES projesi Gelir/Gider Oranı

Giderler				Bugünkü Değer			
Yıl	Proje Bedeli	İşletme Bakım	Toplam	Enerji Gelirler	Giderler	Gelirler	Toplam Enerji
	TL	TL	TL	TL	TL	TL	(10 ⁶ kWh)
	(1)	(2)	(3)=(1)+(2)	(4)	Gider./1.095 ^{Ni}	Gelir/1.095 ^{Ni}	
1	253,233,684		253,233,684		231,263,638		
2	253,233,684		253,233,684		211,199,670		
3	253,233,684		253,233,684		192,876,411		
4		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,788,333	77,322,473	247 030 000
5		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,633,181	70,614,131	247 030 000
6		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,491,490	64,487,790	247 030 000
7		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,362,091	58,892,959	247 030 000
8		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,243,919	53,783,525	247 030 000
9		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,135,999	49,117,374	247 030 000
10		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,037,442	44,856,049	247 030 000
11		2,571,017	2,571,017	111,163,500	947,435	40,964,429	247 030 000
12		2,571,017	2,571,017	111,163,500	865,238	37,410,437	247 030 000
13		2,571,017	2,571,017	111,163,500	790,172	34,164,783	247 030 000
14		2,571,017	2,571,017	111,163,500	721,618	31,200,715	247 030 000
15		2,571,017	2,571,017	111,163,500	659,012	28,493,803	247 030 000
16		2,571,017	2,571,017	111,163,500	601,837	26,021,738	247 030 000
17		2,571,017	2,571,017	111,163,500	549,623	23,764,145	247 030 000
18		2,571,017	2,571,017	111,163,500	501,939	21,702,415	247 030 000
19		2,571,017	2,571,017	111,163,500	458,392	19,819,557	247 030 000
20		2,571,017	2,571,017	111,163,500	418,622	18,100,052	247 030 000
21		2,571,017	2,571,017	111,163,500	382,304	16,529,728	247 030 000
22		2,571,017	2,571,017	111,163,500	349,136	15,095,642	247 030 000
23		2,571,017	2,571,017	111,163,500	318,845	13,785,975	247 030 000
24		2,571,017	2,571,017	111,163,500	291,183	12,589,931	247 030 000
25		2,571,017	2,571,017	111,163,500	265,921	11,497,654	247 030 000
26		2,571,017	2,571,017	111,163,500	242,850	10,500,141	247 030 000
27		2,571,017	2,571,017	111,163,500	221,781	9,589,169	247 030 000
28		2,571,017	2,571,017	111,163,500	202,539	8,757,232	247 030 000
29		2,571,017	2,571,017	111,163,500	184,968	7,997,473	247 030 000
30		2,571,017	2,571,017	111,163,500	168,920	7,303,628	247 030 000
31		2,571,017	2,571,017	111,163,500	154,265	6,669,980	247 030 000
32		2,571,017	2,571,017	111,163,500	140,881	6,091,306	247 030 000
33		2,571,017	2,571,017	111,163,500	128,659	5,562,836	247 030 000
34		2,571,017	2,571,017	111,163,500	117,496	5,080,216	247 030 000
35		2,571,017	2,571,017	111,163,500	107,303	4,639,466	247 030 000
36		2,571,017	2,571,017	111,163,500	97,993	4,236,956	247 030 000
37		2,571,017	2,571,017	111,163,500	89,492	3,869,366	247 030 000
38		2,571,017	2,571,017	111,163,500	81,728	3,533,668	247 030 000

39	2,571,017	2,571,017	111,163,500	74,637	3,227,094	247 030 000
40	2,571,017	2,571,017	111,163,500	68,162	2,947,117	247 030 000
41	2,571,017	2,571,017	111,163,500	62,248	2,691,431	247 030 000
42	2,571,017	2,571,017	111,163,500	56,848	2,457,928	247 030 000
43	2,571,017	2,571,017	111,163,500	51,916	2,244,683	247 030 000
44	2,571,017	2,571,017	111,163,500	47,412	2,049,939	247 030 000
45	2,571,017	2,571,017	111,163,500	43,298	1,872,091	247 030 000
46	2,571,017	2,571,017	111,163,500	39,542	1,709,672	247 030 000
47	2,571,017	2,571,017	111,163,500	36,111	1,561,344	247 030 000
48	2,571,017	2,571,017	111,163,500	32,978	1,425,885	247 030 000
49	2,571,017	2,571,017	111,163,500	30,117	1,302,178	247 030 000
50	2,571,017	2,571,017	111,163,500	27,504	1,189,204	247 030 000
51	2,571,017	2,571,017	111,163,500	25,118	1,086,031	247 030 000
52	2,571,017	2,571,017	111,163,500	22,939	991,809	247 030 000
TOP.	759,701,052			655,711,152	880,803,147	247 030 000
Gelir/Gider		1.34				

5. ÇEVRESEL ETKİLER

5.1. İntepe rüzgâr santralinin çevresel etkileri

Projede kullanılan türbinler özellikle vitessiz ve dişli kutusuz olmasından dolayı hiçbir mekanik ses üretmemektedir. Tipi itibarıyla daha düşük devirli çalıştığından, rotor kanatlarının yarattığı aerodinamik gürültü de son derece azdır. Türbinlere 200 m mesafede ses şiddeti 45 dB ‘in altındadır. Ayrıca sistem kanatları, polyester esaslı olarak imal edilmekte ve optik yansımaya yol açmayacak şekilde boyanmıştır. Üretilen enerji rüzgâr gücü ile sağlandığından, herhangi bir hammadde sarfiyatı veya artığı meydana getirmediğinden çevreye zararlı atığı bulunmamaktadır. Ayrıca göçmen kuş rotaları dışında yer almasından dolayı mevcut kuşlar üzerinde de olumsuz hiçbir etkisi bulunmamaktadır.

5.2. Söylemez hidroelektrik santralinin çevresel etkileri

Söylemez Barajı rezervuar alanına sahip olduğu için rezervuar alanında 40 667 da tarım arazisi su altında kalacaktır. Ayrıca Erzurum-Hasankale-Muş devlet karayolunun yaklaşık 31 km’lik kısmı da rezervuar alanı içinde kalacaktır. Ancak Karayolları Bölge Müdürlüğü su altından kalacak yolun yerine yeni bir yol güzergahı tespit etmiş olup, 77 km uzunluğunda yol yapmayı planlamaktadır. Bu durum çevre üzerinde olumsuz etki yaratacak olmasına rağmen baraj gölünün oluşmasıyla birlikte tarım alanlarını sulama suyu karşılayacağı için tarımın gelişmesinde önemli katkılarda bulunacaktır.

Ayrıca elektrik enerjisi üreteceği için de ülke ekonomisine büyük ölçüde yarar sağlayacaktır. Bu faydaların yanında baraj gölleri dolaylı faydalar olarak su üzerinde ulaşım olanak, su ürünleri üretimine, özellikle balıkçılığın ve avcılığın gelişmesini, mesire yerleri, toprak erozyonunun önlenmesini veya azaltılmasıyla toprak muhafazasını sağlar. İklim üzerine ve istihdama olumlu etkisi vardır, gelir dağılımının düzeltilmesine yardımcı olur, su kalitesinin ve kirlenmenin kontrolü sağlanabilir ve su sporlarının yapılmasına olanak verir [7].

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan Söylemez Hidroelektrik Santrali ile İntepe Rüzgâr Santrali kurulu güç olarak birbirine yakın iki santraldir. Ürettikleri enerji ve yatırım maliyetleri açısından

karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda önemli bir değer de kapasite faktörüdür. Kapasite faktörü mevcut kurulu gücün üreteceği maksimum enerji olarak tanımlanabilir. Hesaplanırken, üretilen enerji değeri ile kurulu gücün üreteceği maksimum enerjinin oranlanmasıyla elde edilir. İncelenen projelerde kapasite faktörleri şöyledir;

Kurulu güçlerin üreteceği maksimum enerji; kurulu güç (KW) x 8760 saat (365 gün x 24 saat) olarak hesaplandığında;

$$\text{Söylemez HES} : 36\,145 \text{ KW} \times 8760 \text{ saat} = 316\,630\,200 \text{ KWh}$$

$$\text{İntepe RES} : 30\,400 \text{ KW} \times 8760 \text{ saat} = 266\,304\,000 \text{ KWh}$$

olarak bulunur.

Bu değerler kurulu güç kapasitelerine göre üretebilecekleri maksimum enerjiyi ifade eder ve projelerin üreteceği toplam enerji miktarlarına oranlanırsa, her bir projenin kapasite faktörü bulunmuş olur.

$$\text{Söylemez HES kapasite faktörü} : 247\,030\,000 \text{ KWh} / 316\,630\,200 \text{ KWh} = 0.78$$

$$\text{İntepe RES kapasite faktörü} : 92\,400\,000 \text{ KWh} / 266\,304\,000 \text{ KWh} = 0.35$$

Buradan çıkan sonuca göre Söylemez HES projesi mevcut kurulu gücünün % 78'ini, İntepe RES projesi ise mevcut kurulu gücünün % 35'ini enerji üretmek için kullanmaktadır. Buradan HES projesinin kurulu güç kapasitesini daha iyi kullanarak enerji ürettiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Projelerin verimlilik değerleri incelendiğinde ise Söylemez HES'in enerji amaçlı gelir/gider oranı ise 1.34; İntepe RES'in gelir/gider oranının 1.32 olduğu görülmektedir. Rantabiliteye etki eden değerler projenin enerji üretimi ve yatırım maliyetleridir.

Bu sonuca göre, kapasite faktörü bir proje için tek başına yeterli değildir. Verimlilik değerinin proje değerlendirme açısından etkisi büyüktür. Çünkü kapasite faktörü yalnız enerji üretimini baz alırken, rantabilite enerji üretimine bağlı olarak enerji geliri ile yatırımın maliyetini de baz almaktadır.

Bu projelere ait birim enerji maliyetlerinin hesap edilmesi de ekonomik değerlendirme de kullanılmaktadır. Birim maliyet, projenin yatırım maliyeti ile ürettiği enerjinin oranlanmasıyla bulunur ve birimi kr/kwh 'tir. Projelerin işletme dönemleri boyunca giderlerinin bugünkü değerleri toplamının ortalama yıllık giderleriyle, üretilen toplam enerji oranlanarak birim maliyetleri hesap edilir. Bugünkü değerlere göre giderler toplamı, projenin ilk yatırım maliyeti ile işletme – bakım maliyetlerinin işletme yılları boyunca toplam değerleridir. Bu değerlerin inşaat ve işletme yıllarına göre yıllık ortalama değerleri hesaplanır.

Söylemez HES:

$$\text{Bugünkü değerlere göre giderler toplamı} = 655\,711\,152 \text{ TL}$$

$$\text{İnşaat ve işletme yılları toplamı: } 3 + 49 = 52 \text{ yıl}$$

$$\text{Yıllık gider: } 655\,711\,152 \text{ TL} / 52 \text{ yıl} = 12\,609\,830 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Üretilen toplam enerji: } 247.03 \text{ GWh} = 247\,030\,000 \text{ KWh}$$

$$\text{Birim maliyet} = 12\,609\,830 / 247\,030\,000 = 0.051 \text{ TL/Kwh} = 5,10 \text{ Kr/kwh}$$

İntepe RES:

$$\text{Bugünkü değerlere göre giderler toplamı} = 282\,230\,895 \text{ TL}$$

$$\text{İnşaat ve işletme yılları toplamı: } 1 + 30 = 31 \text{ yıl}$$

Yıllık gider: 282 230 895 TL / 31 yıl	= 9 104 222 TL/yıl
Üretilecek toplam enerji: 92.40 GWh	= 92 400 000 kwh
Birim maliyet = 9 104 222 / 92 400 000	= 0.0985 TL/kwh = 9.85 Kr/ kwh

Projelerin yıllık enerji üretimleri hesaplanırken depolamalı tesis olan Söylemez HES için fizibilite raporunda işletme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada depolanan suyun hacmi ve proje düşüsü enerji üretimine doğrudan etki etmektedir. İntepe RES de ise türbinlerin kurulu gücü ve bölgedeki rüzgârın esme hızı toplam enerji miktarını belirlemektedir. Yani her projenin enerji olarak ürettiği miktar, o projenin kaynağına bağlı olarak değişmektedir. HES’lerde su, RES’ler de ise rüzgâr kaynağı projenin önemli faktörleridir. Bu faktörlerin en iyi şekilde kullanılması da iyi bir etüt ve proje hizmetinin gerekliliğidir.

Çalışmanın esas amacını oluşturan rüzgâr ve hidroelektrik santrallerin karşılaştırılması bir çok açıdan yapılmıştır. Bu santrallerden rüzgâr santrali işletmeye alınmış olan Çanakkale İlindeki İntepe Rüzgâr Elektrik Santrali, hidroelektrik santral ise planlama raporu hazırlanan Erzurum ilinde bulunan Söylemez Hidroelektrik Santralidir. Bu iki santralin karşılaştırılmasındaki en büyük kriter kurulu güç değerlerinin yakınlığı olmuştur. Bu doğrultuda, santrallerin üretecekleri enerji miktarı, yatırım maliyetleri ve çevresel etkileri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar özet olarak tablo haline getirilerek Tablo 7.’de sunulmaktadır.

Tablo 7. Söylemez HES ile İntepe RES teknik ve ekonomik karşılaştırma özet tablosu

	Söylemez HES	İntepe RES
İli	Erzurum	Çanakkale
Kurulu gücü (MW)	36.145	30.40
Enerji Üretimi (GWh)	247.03	92.40
İnşaat süresi	3 yıl	1 yıl
Yatırım bedeli (TL)*	759 701 052	246 730 049
İşletme ve bakım gideri (TL)*	2 571 017	6 336 000
Yıllık enerji geliri (TL)*	111 163 500	41 580 000
Gelir/Gider*	1.34	1.32
Kapasite faktörü	0.78	0.35
Birim maliyet (kr/kwh) (enerji)*	5.10	9.85

* 2020 yılına güncellenmiş değerlerdir.

Bu tablo irdelendiğinde, kurulu güçleri yakın değerler olan iki farklı santralin enerji üretim miktarları, yatırım ve işleme giderleri, rantabiliteleri, kapasite faktörleri ve birim maliyetlerinin farklı olduğu görülmektedir. HES projesinin yatırım bedelinin yüksek olmasına rağmen ürettiği enerji miktarının da yüksek olmasından kaynaklı birim enerji maliyeti RES projesine göre daha düşüktür. Kapasite faktörlerinden de anlaşılacağı üzere HES projesi kurulu gücünü daha verimli ve optimum şekilde kullanmaktadır. Gelir/gider oranı değerlendirildiğinde ise RES projesinin daha rantabil olduğu hesaplanmıştır. Buradan RES’in yatırım maliyetinin daha düşük seviyede olmasından dolayı bu proje daha rantabil kalmaktadır. Hidroelektrik ve rüzgâr santralleri arasındaki genel karşılaştırma tablosu Tablo 8.’de verilmektedir.

Tablo 8. Hidroelektrik ve Rüzgâr santralleri karşılaştırma tablosu

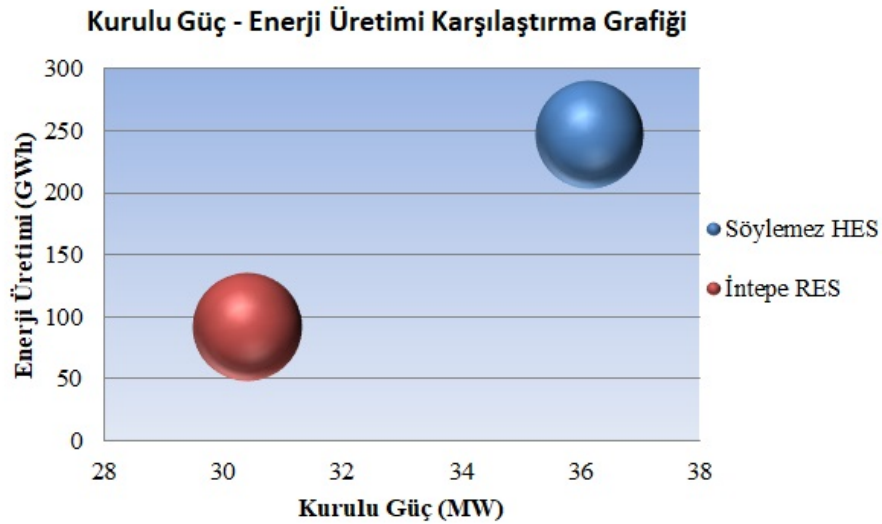
	HES	RES
Yatırım maliyetleri (TL)	yüksek	düşük
İşletme ve bakım giderleri (TL)	düşük	yüksek
İnşaat süreleri	uzun	kısa
Çevresel etkileri	düşük	daha düşük
İşletme süresi	uzun	kısa

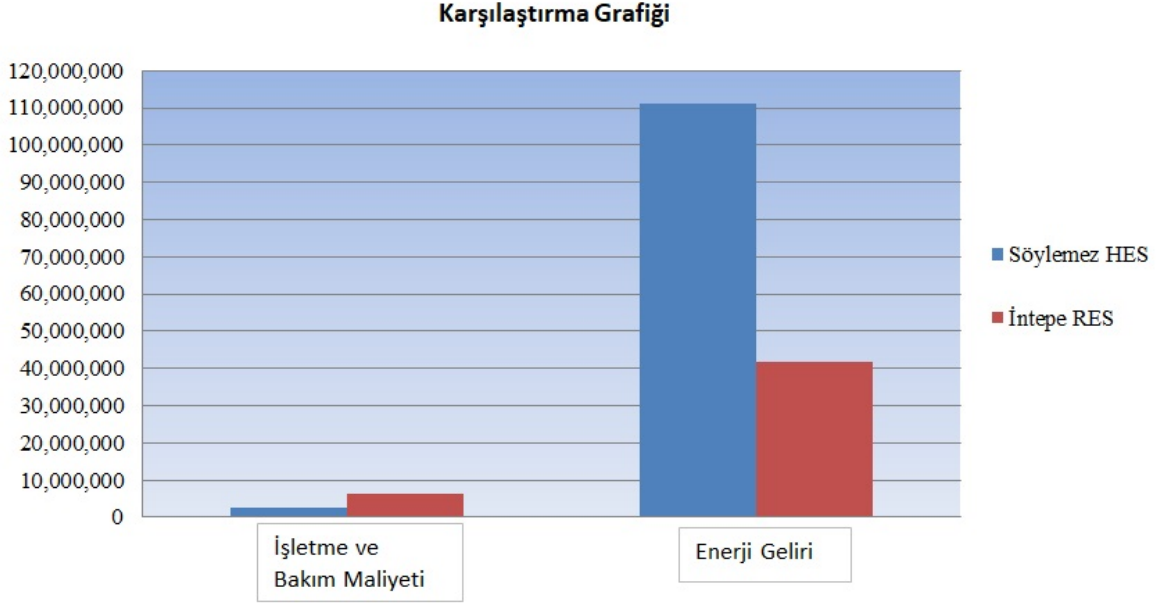
Hidroelektrik santrallerin ilk yatırım maliyetleri rüzgâr santrallerine göre daha yüksektir. Fakat işletme dönemleri boyunca da işletme-bakım maliyetleri rüzgâr santrallerinin hidroelektrik santrallere göre daha yüksektir. Hidroelektrik santraller 50 yıllık işletme süresine sahipken, rüzgâr santralleri 20–30 yıl işletmede kalır. Bu işletme dönemleri sonunda ya tamamen yenilenir, ya da sökülüp enerji üretimine son verir. Ayrıca rüzgâr santrallerinin bir başka avantajı da türbinlerin sökülüp, arazinin eski haline gelmesinin söz konusu olmasıdır. Bu durum hidroelektrik santraller için geçerli değildir.

Hidroelektrik santrallerin baraj tipleri depolamalı tesisler olduklarından, rüzgâr santrallerine göre daha güvenilir olmaktadır. Rüzgâr santrallerinde depolama yapılamamakta, rüzgâr estiği sürece enerji üretilmektedir.

7. SONUÇ

Bu çalışmada, rüzgâr ve su kaynakları kullanılarak kurulan rüzgâr ve hidroelektrik santrallerin kullanılmasının önemi açıklanmıştır. Birbirine yakın kurulu güç değerlerine sahip HES ve RES projeleri karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda enerji üretim değerleri, işletme ve bakım maliyetleri, enerji gelirleri, inşaat süresi, gelir/gider oranları, birim maliyetleri, kapasite faktörleri ve proje bedelleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalara ait grafikler Şekil 1., Şekil 2., Şekil 3. ve Şekil 4.'te verilmiştir.

**Şekil 1.** Kurulu güç ve enerji üretimi karşılaştırması



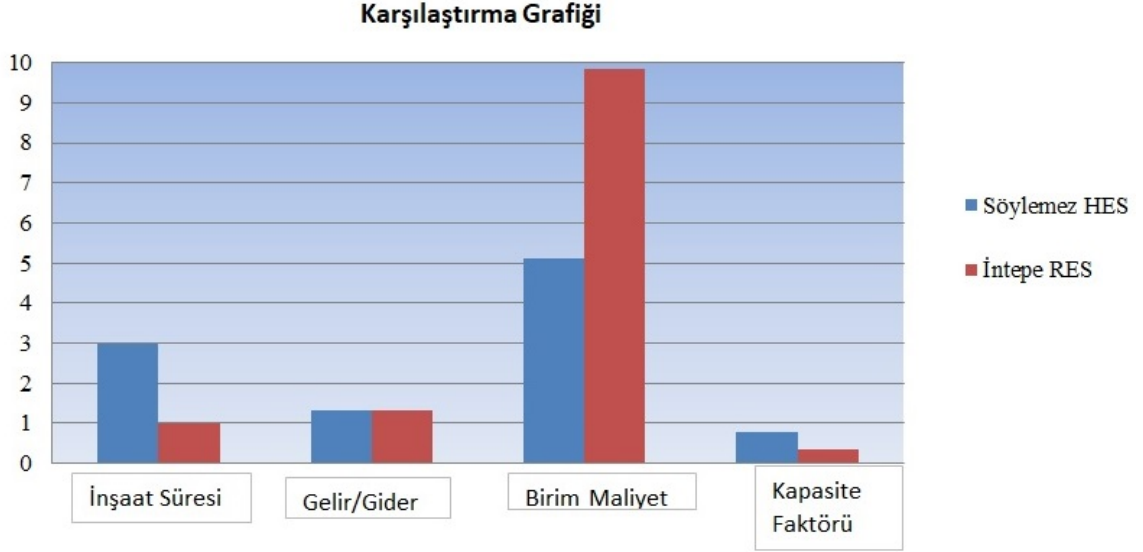
Şekil 2. İşletme bakım maliyetleri ve enerji gelirleri karşılaştırması

Projeler değerlendirildiğinde yaklaşık aynı kurulu güce sahip santrallerin enerji üretim miktarlarının farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu farklılık kapasite faktörüyle açıklanmıştır. Çalışmada kullanılan Söylemez HES'in kapasite faktörü 0.78'e, İntepe RES'in kapasite faktörü ise 0.35'e çıkmıştır. Bu sonuçlara göre Söylemez HES mevcut kurulu gücüne karşılık gelen kapasitenin %78'ini, İntepe RES ise mevcut kurulu gücüne karşılık gelen kapasitesinin %35' ini kullanarak enerji üretmektedir. Bu değerler Söylemez HES' in kaynağı olan suyun, İntepe RES'in kaynağı olan rüzgâra göre daha verimli olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

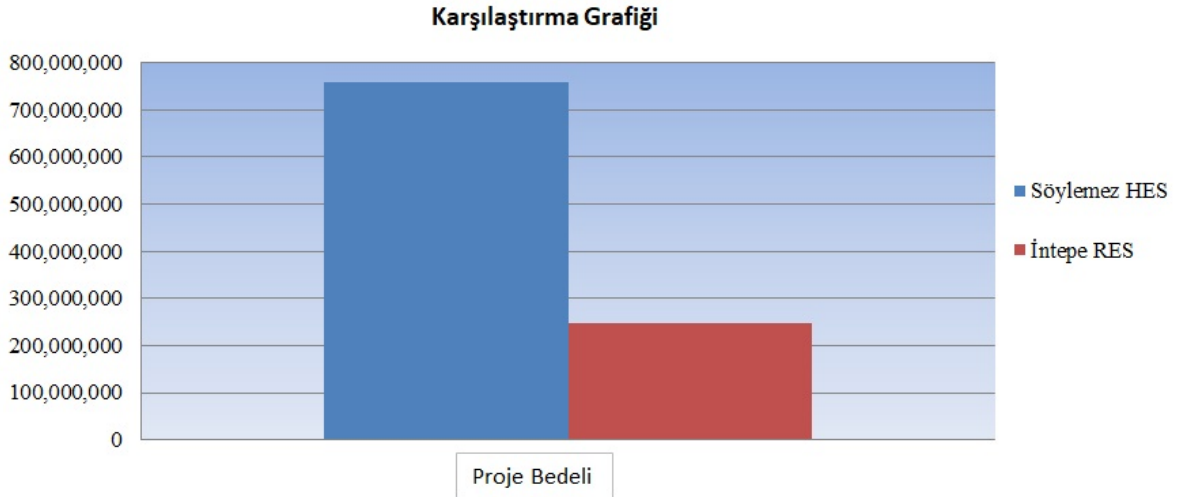
Projelerin verimlilikleri değerlendirildiğinde Söylemez HES'in enerji amaçlı gelir/gider oranı 1.34; İntepe RES'in gelir/gider oranı ise 1.32 olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan verimliliklerine göre hidroelektrik santralinin biraz daha verimli olduğu görülmektedir. Yani santrallerin ürettikleri enerjilere göre yatırım maliyetleri hidroelektrik santralinde daha düşük, rüzgâr santralinde ise daha yüksektir.

Birim maliyetleri hesaplanan santrallerde; Söylemez HES'te; 1 KWh enerji üretmek için ortalama 5.10 kr, İntepe RES'te 9.85 kr maliyet ortaya çıkmaktadır. Bu duruma göre hidroelektrik santralin birim enerji için maliyeti, rüzgâr santralinkinden daha düşüktür. Bunun nedeni hidroelektrik santralinin ürettiği enerji miktarı ile yatırım maliyeti oranının, rüzgâr santralinin ürettiği enerji ile yatırım maliyeti oranından daha düşük olmasıdır. Bir başka deyişle enerji üretimi için yatırım maliyeti hidroelektrik santralde daha küçüktür.

Yatırım maliyetleri projelerin inşaat ve işletme yılları boyunca yapıldığı için en yüksek maliyetler projelerin inşaat edilmesi aşamasında ortaya çıkmaktadır. Söylemez HES için ilk 3 yıl yatırım süresi olduğu için işletme dönemi boyunca en yüksek maliyetler bu yıllarda, İntepe RES için ise ilk 1 yıl yatırım süresi olduğu için en yüksek maliyetler bu 1 yılda yapılmaktadır. İşletme dönemleri boyunca ise işletme ve bakım maliyetleri giderler kalemini oluşturmaktadır.



Şekil 3. İnşaat süresi, gelir/gider, birim enerji maliyeti ve kapasite faktörleri karşılaştırması



Şekil 4. Proje bedelleri karşılaştırması

Yatırım maliyetleri projelerin inşaat ve işletme yılları boyunca yapıldığı için en yüksek maliyetler projelerin inşaa edilmesi aşamasında ortaya çıkmaktadır. Söylemez HES için 3 yıllık inşaat dönemi boyunca harcanan toplam değer bugünkü değerlere göre 655 711 152 TL, inşaat boyunca ise 759 701 052 TL 'dir. Yani inşaat süresi olan 3 yıl boyunca bugünkü değerlere göre toplam yatırım bedelinin % 86.3 'ü harcanmaktadır. İntepe RES için 1 yıllık inşaat dönemi boyunca harcanan toplam değer bugünkü değerlere göre 225 324 246 TL, inşaat boyunca ise 246 730 049 TL'dir. Yani inşaat süresi olan 1 yılda bugünkü değerlere göre toplam yatırım bedelinin % 91.3 'ünü harcamaktadır. Bu sonuç da hidroelektrik santrallerin ilk yatırım maliyetlerinin daha yüksek olduğunu ifade eder.

Temiz, çevresel etkilerinin çok az olduğu ve ülkemizin öz kaynakları kullanılarak kurulacak hidroelektrik ve rüzgâr santrallerinin yaygınlaşması büyük önem arz etmektedir. Bu doğrultuda hem hidroelektrik santraller, hem de rüzgâr santralleri kurulacakları bölgenin kaynaklarına göre belirleneceklerinden bir ayrım yapılamamaktadır. Bir bölgede hem iyi bir su potansiyeli, hem de iyi bir rüzgâr potansiyeli varsa bu bölgeye hidroelektrik ve rüzgâr santrali bir arada kurulabilir. Bu santraller birbirlerine olumsuz etki yaratmamakta olup, enerji ihtiyacımızı daha düzenli olarak karşılama olanağı sunmaktadır.

Ülkemizin temiz iki enerji kaynağı olan rüzgâr ve su ile elektrik enerjisinin üretiminin hızla yaygınlaşması gerekmektedir. Bu santrallerin kurulması için gerekli olan elektromekanik ekipmanlar çoğunlukla yurtdışında üretilmektedir. Türkiye’de bu ekipmanların üretilmesi hem yeni iş olanağı sağlar hem de santral kurulum maliyetlerini büyük oranda aşağıya çeker. Böylece kaynaklarımız daha verimli hale gelerek, ekonomik olarak öngörülmeleyen projeler verimli hale gelir. Bu durum ekonomik olarak uygun bulunmayan birçok projenin yapımını sağlayarak, daha verimli kaynak kullanımı sağlanmış olur.

KAYNAKLAR

- [1] Acar E, (2008). Türkiye’deki Rüzgâr ve Hidroelektrik Enerji Potansiyellerinin Karşılaştırılması ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- [2] Alparıslan E, (1985). Yatırım Projelerinin Ekonomik Analizi. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [3] 6094 sayılı Kanun, (2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun. ETKB, Ankara.
- [4] Gökçınar RE, (2008). Rüzgâr Enerjisi Fayda-Maliyet Analizi ve Hibrit Sistemler. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- [5] AWEA, (2004). American Wind Energy Association, Comperative Air Emissions of Wind and Other Fuels. <http://www.awea.com>.
- [6] Anonim, (2006). İntepe RES Fizibilite Raporu, Antalya.
- [7] Yolsu Mühendislik, (2006). Söylemez HES Revize Fizibilite Raporu. Ankara.
- [8] DSİ, (2018). Stratejik Plan 2019-2023, <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2019-2023-stratejik-planE2373ABF95A7.pdf?sfvrsn=2>.html (Erişim Tarihi: 20.01.2020).
- [9] Kaya D, (2006). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. Tübitak Marmara Araştırma Merkezi, 11-25.
- [10] Yavuz H, (1985). Su Kaynakları Geliştirilmesi Projelerinde Faydalar ve Hesaplama Yöntemleri. DSİ Yayınları, Ankara.
- [11] Genç O, (2003). Baraj Planlaması, Ekonomik Analiz, Mali Analiz ve Maliyet Ayrımı. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- [12] Anonim, (2020). ÜFE Değerleri Tablosu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=64&locale=tr.html> (Erişim Tarihi: 10.01.2020).



DRIVING 0-10V CONTROLLED MOTOR SPEED CHANGER WITH ARDUINO BASED PROPORTIONAL CONTROL LOGIC

Özdemir Deniz^{1*} Arif Emre Özgür²

¹Isparta University of Applied Sciences, Uluborlu Selahattin Karasoy Vocational School, Department of Electronics and Automation, Isparta, Turkey.

²Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Department of Mechanical Engineering, Isparta, Turkey.

*Corresponding Author: ozdemirdeniz@isparta.edu.tr

(Received: 10.02.2020; Revised: 02.04.2020 Accepted: 13.04.2020)

ABSTRACT: 0-10V control is a control protocol used in many industrial devices. The DC voltage supplied externally to the device allows some settings to be made automatically. The most known of these is the adjustment of the LED brightness known as Diming with this DC input. It is divided into many parts when it is considered as a brightness scale of 0 to 10V. 0V corresponds to an unlit lamp, while 10V corresponds to the brightest lamp can be lit. The voltage in between is used for situations between the Dimmest and brightest. Output value of 0-10V is also used for devices that can be in the form of such scales. In this study, the design of the Arduino-based 0-10V control circuit of the VFD (Variable Frequency Drive) device, which controls the speed of a compressor used in compressing the coolant in the heat pump, is explained. P (proportional) control method is used as the control method.

Keywords: Arduino, Motor Speed Changer,

1. INTRODUCTION

With the developing engineering technologies, development cards are used to reduce costs and increase the application in education [1]. There are microcontroller, input and output pins on development cards [2]. In this way, many environmental sensors can be included in development cards. Development cards differ according to their features such as microcontroller, working platform, number of input-output pins, memory [3]. One of these development boards is Arduino. Arduino is an open source code and hardware development board developed by Italian engineers [4-5]. Arduino has many models according to usage areas and number of input and output pins. Some models of Arduino development board are given in Table 1.

Table 1. Arduino models

Arduino DUE	Arduino Leonardo	Arduino Yun	Arduino DUE	Arduino Leonardo
Arduino Mega 2560	Arduino LilyPad	Arduino Industrial 101	Arduino Mega 2560	Arduino LilyPad
Arduino Esplora	Arduino Uno	Arduino 101	Arduino Esplora	Arduino Uno
Arduino Pro Mini	Arduino Mini	Arduino Tian	Arduino Pro Mini	Arduino Mini
Arduino BT (Bluetooth)	Arduino Nano	Arduino Zero	Arduino BT (Bluetooth)	Arduino Nano

Frequency inverter devices are a series of frequency inverters used to control the speeds of three-phase AC motors. There are various models with different features from single phase input of 370 W to three phase input of 970 kW. Frequency Inverters use the state-of-the-art Isolated Bipolar Circuit Transistor (IGBT) technique controlled by microprocessors [6]. This feature makes them reliable and versatile. By using a special pulse width modulation method, the frequency can easily be changed, and motors can be operated silently. Wide range of protection functions ensures perfect protection of the inverter and motor. Frequency inverters are ideal for a wide range of simple motor control applications. Today, frequency inverters can also be used for more advanced motor control applications through a comprehensive parameter list. Almost all frequency inverters can now be used in applications integrated with "Automation Systems" or in "one-unit" applications. The frequency inverter is literally the same as AC drives [7].

2. VFD MOTOR CONTROL UNIT

The installation of the system that uses the MCP4725 DAC to control the heat pump system has been designed and the task has been completed. In this control mechanism, the temperature information is read with the DS18B20 temperature sensor and a DC is produced by setting the frequency value for the VFD device with a proportional control (p control) by taking the difference of the incoming temperature information from the water temperature value designed to be taken at the heat pump output. For this, a circuit that will simulate this system was first established in the Proteus ISIS program. This circuit is shown in Figure 1.

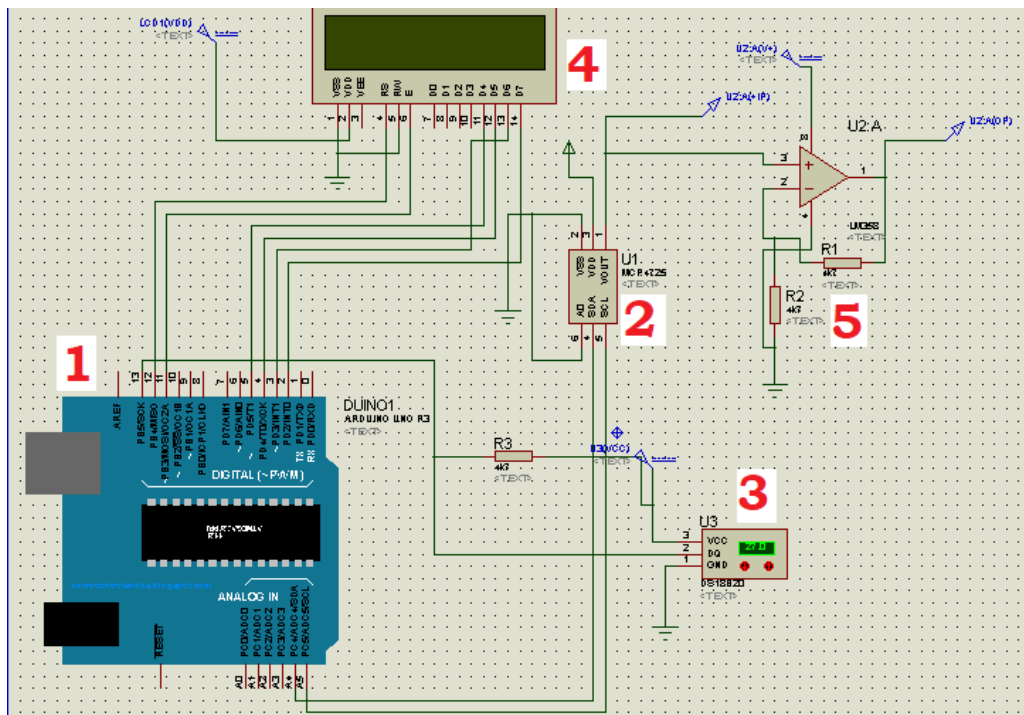


Figure 1. System simulation circuit

3. VFD CONTROL CIRCUIT DESIGN

The diagram of the VFD Circuit is given in the previous section (Figure 1). Here the circuit consists of 5 steps.

- The Arduino board controls the operation of all elements, makes the necessary calculations and ensures that the system operates at the desired values.
- MCP4725 DAC integration provides the 0-10V voltage required by the VFD device to be produced as 0-5V.
- The DS18B20 sensor measures the evaporator water outlet temperature and sends it to Arduino and enables Arduino to use the calculation to send the required voltage to VFD so that this temperature reaches the desired value.
- 2x16 LCD ensures that the required values (Temperature, voltage produced by DAC, frequency value corresponding to that voltage) is monitored on the screen.
- By operating the LM358 operational amplifier in inverted mode and using equal resistors, it provides a 2-fold increase according to the formula $(1 + R_f / (R_1))$ to increase the 0-5V value in the AC output to the 0-10V range.

After the simulation of the circuit is done here, the circuit board construction is started. For this, the circuit was first transferred to CADSOFT Eagle Layout Editor program and shown in Figure 2

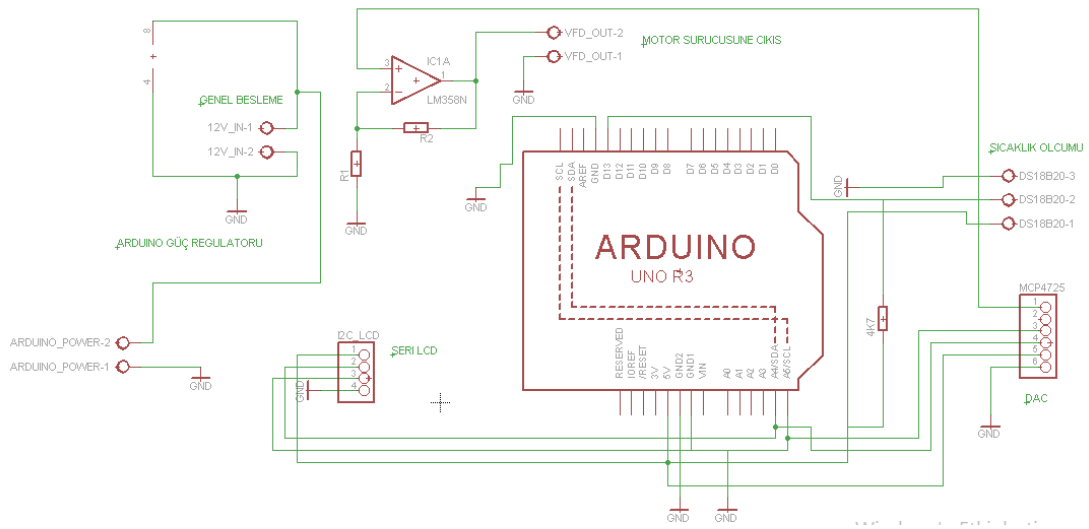


Figure 2. Transfer of vfd to cadsoft eagle layout editor program.

With the help of this software, necessary arrangements were made to transfer them to the printed circuit board and circuit paths were removed. These circuit paths are shown in Figure 3.

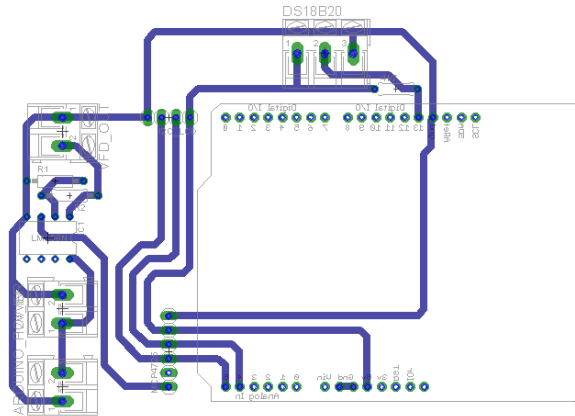


Figure 3. VFD printed circuit board.

Later, this scheme was printed with a laser printer on thin coated paper to be used as transfer paper in order to create the circuit board. This detail can be seen in Figure 4

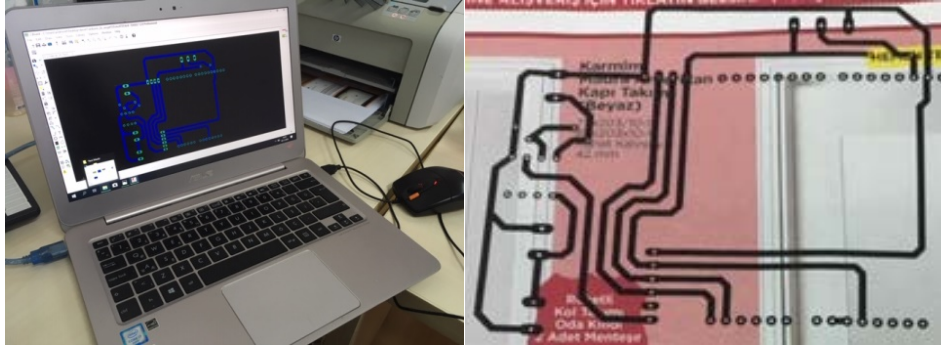


Figure 4. The circuit printed on coated paper.

The circuit diagram transferred on coated paper is attached to the copper plaque with the help of adhesive tape (so that the toner part and copper touch each other) and this time is placed in the Lamination machine heated to 200 °C to pass the toner onto the copper plaque. In the lamination machine, toners are glued to the copper plate by moving back and forth for 3-4 minutes. The lamination device used is shown in Figure 5.



Figure 5. Laminating device used for the printed circuit.

When the paper that came out of the lamination machine hot and adhered to the plaque was softened with water, the paper melted and the toners remained stuck on the plaque. While the copper plate was in this state, it was thrown into the 70% -30% Salt spirit-Peryhdrol mixture. This chemical reacted with copper and all the copper that cannot be sealed by the toner is dissolved. After this procedure, which lasts for 3-4 minutes, the card was removed from the chemical with a tong and without touching it manually, and the toner and toner were cleaned. The paths of the copper plate were removed in this way. After this stage, necessary holes were opened for the placement of the circuit elements. The visual is given in Figure 6

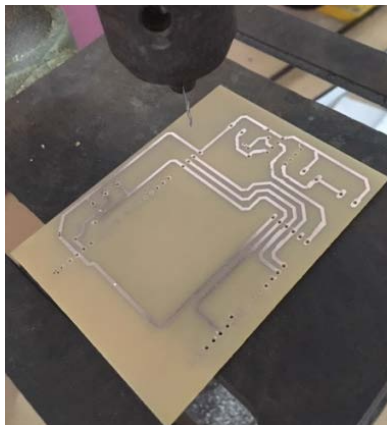


Figure 6. Opening of circuit paths in copper plate.

In the next stage, the upper element placement of the circuit was printed and the installation was started. In the assembly stage, mounting bracket, solder, paste and solder wire and side cutter were used. The visuals of the manufacturing process are given in Figure 3.50.

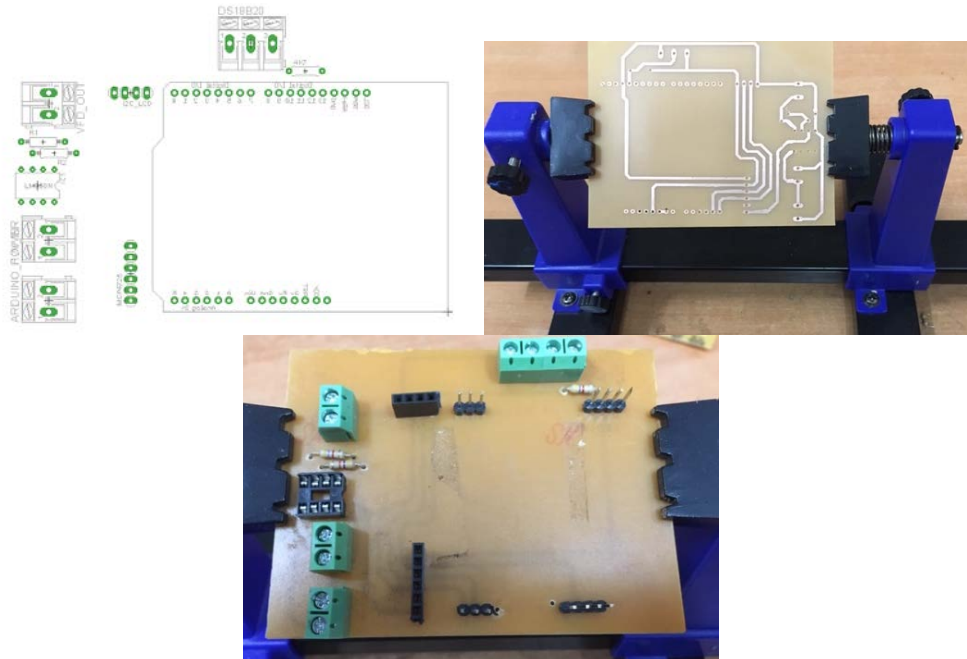


Figure 7. Sections from the VFD card manufacturing process.

After all the placements are made, the connection points reminders are written on the card with the printed circuit pencil and the assembly is completed. The final view of the finished card is shown in Figure 8.

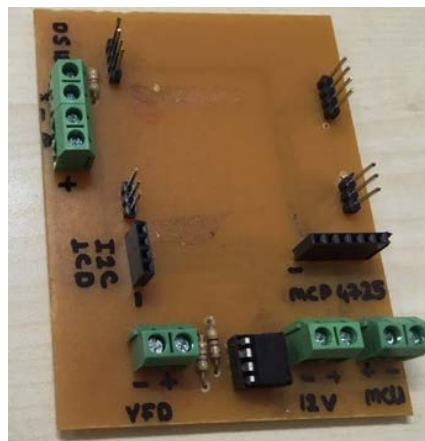


Figure 8. VFD card

After this stage, Arduino and other elements were placed on the card and the code to be written on Arduino started.

4. MODELING OF CONTROL SOFTWARE

It was previously described that certain DC voltages must be sent from the outside in order to control the VFD device remotely. By setting the parameters of the VFD device, the lowest frequency value is set to 40Hz and the highest frequency is set to 55Hz. This frequency range is considered to be 0-55Hz and 0-10V DC voltage that must be given externally to obtain this frequency is rated in a Table 2.

Table 2. DC voltage to be produced for the desired Frequency Value

Frequency Value	Volt Value
55	9,999
54,2	9,85356
53,4	9,70812
52,6	9,56268
51,8	9,41724
51	9,2718
50,2	9,12636
49,4	8,98092
48,6	8,83548
47,8	8,69004
47	8,5446
46,2	8,39916
45,4	8,25372
44,6	8,10828
43,8	7,96284
43	7,8174
42,2	7,67196
41,4	7,52652

The voltage value here will be created by the DAC integrated circuit and will be proportional to the temperature read at the evaporator outlet. The compressor will run at high frequency until it reaches the temperature read from the evaporator, the frequency value will decrease proportionally when it reaches the target temperature, and after the target temperature value is reached, the compressor will be accelerated and slowed down in small steps to keep this temperature constant. The necessary comparison for this to happen is prepared in Table 3.

Table 3. Frequency and DAC output values versus temperature values

Tset	Tan	Tfark	Kp	Frequency Value	Volt Value	DAC Value
40	20	20	0,4	55	9,999	4094,59459
40	22	18	0,4	54,2	9,85356	4035,03686
40	24	16	0,4	53,4	9,70812	3975,47912
40	26	14	0,4	52,6	9,56268	3915,92138
40	28	12	0,4	51,8	9,41724	3856,36364
40	30	10	0,4	51	9,2718	3796,8059
40	32	8	0,4	50,2	9,12636	3737,24816
40	34	6	0,4	49,4	8,98092	3677,69042
40	36	4	0,4	48,6	8,83548	3618,13268
40	38	2	0,4	47,8	8,69004	3558,57494
40	40	0	0,4	47	8,5446	3499,0172
40	42	-2	0,4	46,2	8,39916	3439,45946
40	44	-4	0,4	45,4	8,25372	3379,90172
40	46	-6	0,4	44,6	8,10828	3320,34398
40	48	-8	0,4	43,8	7,96284	3260,78624

40	50	-10	0,4	43	7,8174	3201,2285
40	52	-12	0,4	42,2	7,67196	3141,67076
40	54	-14	0,4	41,4	7,52652	3082,11302

The values in Table 3 are explained as follows.

- T_{set} : The target temperature to be reached at the evaporator outlet
- T_{an} : Instantaneous temperature (calculated and proportioned with the values that can be encountered in the table)
- T_{fark} : The value difference between target and instantaneous temperature.
- K_p : Proportional, that is, the proportion coefficient as “p” type (proportional) control is performed.
- Frequency Value: the frequency value that the compressor should operate according to the current temperature
- Volt Value: The estimated DC voltage value that must be sent to the VFD for the VFD to operate at the current frequency
- DAC value: The decimal equivalent of the 12-bit digital signal that must be sent to the DAC circuit in order to generate the signal that can give the volt value (12 bit, $2^{12} = 4096$, in this case, DAC generates voltage between 0-5V in response to the digital information sent between 0-4095 and this value is doubled with the operational amplifier. exponentially increased to the range of 0-10V).

Here the formula $FR = 47 + (T_{fark} \times K_p)$ is used for the frequency value, the formula $V = FR \times 0,1818$ for the Volt Value and the $DAC = V / (0.002442)$ for the DAC value.

After the proportional control is done in this way, serial LCD control codes and DS18B20 temperature sensor read codes are added to the coding. The information read from the sensor is matched with the T_{an} variable and coding is completed.

5. CONCLUSION

In the application work carried out, the 0-10V control circuit was designed with the Arduino Uno development board in order to reach the desired temperature of the VFD device, which controls the speed of a compressor. P control method was used as the control method. Frequency and DAC output values were checked against the temperature values in the control processes of the control card. In addition, the DC voltage to be produced according to the desired frequency value has been determined.

REFERENCES

- [1] Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform. Maker Media, Inc..
- [2] Louis, L. (2016). WORKING PRINCIPLE OF ARDUINO AND U SING IT. International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJCACS), 1(2), 21-29.
- [3] Barbon, G., Margolis, M., Palumbo, F., Raimondi, F., & Weldin, N. (2016). Taking Arduino to the Internet of Things: the ASIP programming model. Computer Communications, 89, 128-140.
- [4] Parameswaran, G., & Sivaprasath, K. (2016). Arduino based smart drip irrigation system using Internet of Things. Int. J. Eng. Sci, 5518.
- [5] Süzen, A. A., Ceylan, O., Çetin, A., & Ulusoy, A. (2017). Arduino Kontrollü Çizim Robotu. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(Özel (Special) 1), 79-87.
- [6] Dijle, M., Ertay, M. M., & Yücedağ, İ. (2016). The inverter structures used in dynamics compensation devices: STATCOM and DSTATCOM topologies. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(2), 265-279.
- [7] Inverter, Erişim Tarihi: 15.12.2019, Erişim Linki: http://www.inverter-plc.net/motor_kontrol/frekans_inverteri_nedir.htm



International Journal of Engineering and Innovative Research

<http://dergipark.gov.tr/ijeir>

ÇALIŞANLARIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ EĞİTİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tuba Gürsoy¹, Ahmet Kabul^{2*}

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta, Türkiye.

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği, Isparta, Türkiye.

*Corresponding Author: ahmetkabul@isparta.edu.tr

(Received: 25.03.2020; Revised:08.04.2020 Accepted: 13.04.2020)

ÖZET: Son yüzyılda dünyada meydana gelen sosyal ve ekonomik gelişmeler insanların çalışma şartlarının iyileştirilmesini ön plana çıkarmaktadır. İnşaat sektörü, artan nüfus ile birlikte insanların ihtiyaçlarını karşılamak için hızla gelişmektedir. Bu gelişimle oluşturduğu katma değer ve istihdam açısından ülke ekonomilerinin en önemli sektörlerinden biri haline gelmiştir. İstihdamın artması her projenin birbirinden farklı olması ve farklı iş kollarının bir arada çalışmak zorunda olması gibi nedenlerle son yıllarda yaşanan iş kazalarının önemli bir oranı inşaat sektörlerinde meydana gelmiştir. İş kazaları sonucu oluşan ölüm ve yaralanmalar iş sağlığı ve güvenliğini bu sektörde ön plana çıkarmıştır. Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin inşaat sektöründe çalışanlar üzerindeki etkisini ve önemini belirlemek üzere anket araştırmasıyla inşaat sektöründe yaşanan kazalar ile bu kazaları yaşayan kişiler hakkında eğitim, sağlık, yaş grubu, tecrübe ve çalışanların iş güvenliği bilgileri değerlendirilmiştir. Anket sonuçlarının analiziyle, çalışmada elde edilen demografik ve sosyokültürel özellikleri ile iş kazaları arasında bulunan ampirik bulgular değerlendirilerek kazaları önceden önlemek için gereken tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. Aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği bilincinin oluşturulabilmesi için eğitimin önemini vurgulamak amacıyla iş sağlığı güvenliği eğitimi baz alınarak SPSS programıyla çapraz tablolar oluşturulmuştur. İş sağlığı ve güvenliği eğitim seviyesinin artırılmasıyla iş kazaları ve hastalıkları en az seviyeye indirilerek çalışanların sağlıkları ve Ülke ekonomisine kazaların getirdiği mali yükler azaltılmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı ve güvenliği, İnşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği eğitimi.

EVALUATION OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY TRAINING

ABSTRACT: The social and economic developments that have occurred in the last century point to the need to improve working conditions. The construction sector is rapidly developing to meet the needs of the ever-growing population and has thus become one of the most significant sectors of national economies in terms of added value and employment. There is a significantly high rate of occupational accidents in the construction sector, for different reasons such as the increase in the employment rate in this sector, the differences between every project, and the necessity for different occupational branches to work collaboratively. The injuries and deaths resulting from occupational accidents have brought attention to the issue of occupational health and safety in this sector. This study evaluated occupational accidents in the construction sector and assessed victims' educational and health status, age group, experience, and knowledge of occupational safety through questionnaires administered to determine the effect and significance of occupational health and safety training for employees in the construction sector. In addition, this study analyzed the questionnaire results, evaluated the empirical findings obtained after the analysis of demographic and sociocultural characteristics and occupational accidents, and aimed to ensure that necessary precautions for preventing such accidents are taken. In addition, crosstabs were created based on occupational health and safety training using the SPSS program to indicate the importance of training for raising employees' awareness of occupational health and safety issues. When employees' awareness of occupational safety is raised, the rate of occupational accidents and diseases will be minimized, and their economic burden on employees and the national economy will be reduced.

Keywords: Occupational health and safety, Occupational health and safety training in construction sector.

1. GİRİŞ

Son yüzyılda dünyada meydana gelen sosyal ve ekonomik gelişmeler insanların çalışma şartlarının iyileştirilmesini ön plana çıkarmaktadır. Bu kapsamda iş sağlığı ve güvenliği konusu gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde önem kazanan bir konu olmuştur. İş kazası ve meslek hastalıkları istatistiklerine bakıldığında İSG konusunun önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bu istatistiklere göre yaklaşık en çok iş kazası ve meslek hastalıkları inşaat sektöründe meydana gelmektedir[4-5,14]

İş sağlığı ve iş güvenliği önlemlerinin yeterince alınmaması sonucu iş kazası ve mesleğe bağlı hastalıklar meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak bir yandan iş gücü, iş günü kayıpları ile maddi kayıplara neden olurken diğer yandan can ve uzuv kayıpları ile toplumda onarılmaz sosyal yaralar açılır. Bir iş kazası meydana geldiğinde sadece işçiyi etkilememekte, işçinin ailesini, yakınlarını, iş arkadaşlarını aynı iş kolunda çalışan diğer işçileri, işvereni, sendikaları devleti dolayısıyla bütün ülke ve toplumu etkilemektedir. Bu kazalar ve hastalıklar sonucu çalışanların yaşamını yitirmesi veya sakat kalması iş sağlığı ve güvenliği konusunun önemi daha artırmaktadır. Bununla birlikte iş kazaları ve hastalıkları Ülke ekonomilerine ağır yükler getirmektedir [9].

Günümüzde İşyerlerinde işin yürütülmesi sırasında doğan olumsuz şartlardan çalışanları korumak, üretimin devamını sağlamak ve verimliliği artırmak için yapılan çalışmaları ifade eden “iş sağlığı ve güvenliği” (İSG) kavramı, sanayinin ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak önem kazanmıştır [4]. Geniş anlamda işçi sağlığı ve güvenliği ise, sadece işyerinden değil işyeri dışından da olsa işçinin sağlık ve güvenliğini olumsuz etkileyebilecek risklere karşı önlem almayı ifade etmektedir [1].

İş kazaları ve meslek hastalıkları konusunda yapılan araştırmalar, iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin önemli olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Bununla birlikte iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin sadece çalışanlara verilmesiyle değil tüm tarafların katılımının sağlanması ve kararlılıkla uygulaması gerekmektedir. Bu şekilde verilen eğitimin teoride kalmaması uygulamaya geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. İş kazaların ve meslek hastalıklarının önlenmesi için iş yerleri iki ana başlık altından eğitimler vermektedir. Bu eğitimler; teknik eğitimler ve iş sağlığı ve güvenliği olarak sıralanabilir [6,11,16].

İnşaat projelerindeki başarı genel olarak projeyi zamanında, ucuz ve kaliteli bir şekilde bitirip işverene teslim etmek olarak görülmektedir. Bu düşünceye iş sağlığı ve güvenliği açısından başarı da bu maddelere eklenmelidir.

Ülkemizde iş kazaları ve meslek hastalıkları uzun yıllardır birçok işçinin hastalanmasına, yaralanmasına, sakat kalmasına ve hatta hayatlarını kaybetmesine yol açmaktadır. Bu tip olaylar özellikle de inşaat sektöründe daha fazla yaşanmaktadır [14]. Bunun en önemli sebebi inşaat sektörünün kendine özgü çalışma koşulları olmasındandır. İnşaat sektörünün diğer sektörlerden farklı olmasının başlıca nedeni her projenin birbirinden farklı olması ve bu yüzden her projede değişik çalışma koşullarıyla ve farklı risklerle karşı karşıya kalınmasıdır. İşçiler endüstriyel sektördeki gibi tek bir fabrikada çalışma imkânı bulamadıkları gibi sürekli bir projeden başka projeye hareket halindedirler [3].

İş sağlığı ve güvenliği ve eğitimleri konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Fakat halen iş sağlığı ve güvenliği eğitiminin öneminin bilinci ve kültürü tam olarak oluşturulamamıştır.

[8], iş kazalarının yoğun görüldüğü inşaat sektöründe çalışan işçilerin iş doyumunu düzeyi ile iş güvenliği algıları arasındaki ilişkinin ortaya konulması amaçlayan bir çalışma yapmıştır. İnşaat işçilerinin iş doyumunu ve iş güvenliği algısı düzeyini belirlemek amacıyla inşaat işçilerine anket uygulamıştır. Yapılan analizler sonucunda inşaat işçilerinin iş doyum düzeyi ile iş güvenliği algıları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. [12], iş sağlığı ve güvenliği kültürünün oluşumunda eğitimin etkisi irdelemeye çalışmıştır. Bu amaçla okullarda verilen İSG eğitimi ve güvenli okul uygulamasının ne ölçüde içselleştirildiği, öğretmen ve öğrencilerin bilgi ve pratiklerine yansımaları kıstas olarak İSG kültürü oluşturmada etkisi irdelemiştir. Anketi gerçekleştirildiği okulun öğretmen ve öğrencilerinde tam olarak bir güvenlik kültürünün oluşmadığı sonucuna varmıştır. Ancak anket sorularına verilen "kısmen" cevaplarının oranının yüksek olmasından, İSG kültürünün yeterli olmamakla birlikte oluşmaya başladığı düşünülmüştür. [13], inşaat sektöründe iş güvenliği eğitimi isimli çalışmada ilk olarak, iş sağlığı ve güvenliği konusu incelemiştir. Daha sonra genel olarak inşaat sektöründen, ülkemizdeki gelişiminden, inşaat sektöründe yaşanan kazalardan ve inşaat sektöründeki iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal düzenlemelerden bahsetmiştir. Son olarak Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği eğitiminden genel olarak ele almış ve ardından inşaat sektöründeki iş sağlığı ve güvenlik eğitimlerini değerlendirmiştir. [15], 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nda yer alan İSG eğitimlerinin etkin bir şekilde verilebilmesi için eğitim verilmesi gerekli çalışanların profilleri araştırılmış ve çalışanların İSG’ye bakış açıları ortaya koymuştur. Bu amaçla anket çalışması yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, İSG eğitimi verilecek çalışanların yaş, eğitim, bilgi, tecrübe... vb özelliklerinin çok değişkenlik gösterdiği; dolayısıyla, çalışanlara tek bir çatı altında eğitim yapılmaması, çalışanları uygun eğitim modellerine göre gruplara ayırarak çalışanların eğitilmesi gerektiğini önermiştir.

[10], iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinde görsel ve sözel eğitimin etkinliğinin karşılaştırmıştır. İSG eğitimlerinin verimini artırmak amacıyla sözel ve görsel eğitimin sonuçları incelemiştir. Bu amaçla benzer yaş, deneyim ve eğitim düzeyine sahip aynı sektörde farklı iş yerlerindeki bir grup çalışana İSG eğitimi sözel ve görsel olarak anlatılmıştır. Eğitim sonrasında kişilere uygulanan sınav sonuçları istatistiksel olarak karşılaştırmış, görsel eğitimin sözel eğitime göre başarı açısından olumlu yönde etkili olduğu sonucuna varmıştır. [2], bazı kuruluş ve işletmelerin, iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine ne derece önem verdikleri incelemiş, paydaşlara karşılıklı duygudaşlık çerçevesinde belirli süreyle verilen eğitimlerin, o işletmelerden alınan verilerin değerlendirilmesi sonucu iş kazalarını ve meslek hastalıklarını ne ölçüde azalttığı, kalite ve verimliliği artırarak karlılıklarına ne kadar katkı sağladığını tespit etmiştir. Bu doğrultuda işletmelerin eğitim sonuçları değerlendirilerek, işletmelere en az % 6.5 maddi katkı sağladığı istatistiksel tablolarla göstermiştir. Ayrıca, bilinçli çalışma ve motivasyon etkisiyle de iş kazası ve meslek hastalıklarında % 70'lere varan azalmayla, ülkelerin bütçelerine % 5'ler civarında katkı sağladığı görülmekle birlikte, birçok toplumsal yaralanmaların önlenmesiyle manevi bir huzura sebep olması gibi, eğitimin daha birçok olumlu sonuçlarını ortaya koymuştur.

2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ EĞİTİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmanın amacı, iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin çalışanlar üzerindeki etkisini belirleye bilmek amacıyla, anket araştırılması tekniğiyle inşaat sektöründe yaşanan kazalar ile bu kazaları yaşayan kişiler hakkında eğitim, sağlık, yaş grubu, tecrübe ve çalışanların iş güvenliği bilgilerini değerlendirmektir. Anket sonuçlarının analiziyle, çalışmada elde edilen demografik ve sosyokültürel özellikleri ile iş kazaları arasında bulunan ampirik bulgular değerlendirilerek kazaları önceden önlemek için gereken tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. Aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği bilincinin oluşturulabilmesi için eğitimin önemini

vurgulamak amaçlanmıştır. İş sağlığı ve güvenliği eğitim seviyesinin artırılmasıyla iş kazaları ve meslek hastalıkları en az seviyeye indirilerek Ülke ekonomisine iş kazalarının getirdiği mali yükler azaltılmış olacaktır.

Bu çalışmanın önemi, çalışanların bilinç düzeyleri iş kazaları ve meslek hastalıklarının azaltılması için önemli bir rol oynamasından dolayı iş sağlığı ve güvenliği eğitimleriyle birlikte bilinç düzeylerinin artırılmasıdır. Bu şekilde iş kazalarının ve meslek hastalıklarının tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmasa da en azından minimize edilmesi gerekmektedir. İşçi sağlığı ve iş güvenliği eğitiminin yararlarının ortaya çıkması yani iş kazaları ve meslek hastalıklarının azaltılabilmesi için çalışanların eğitimler konusunda bilinçli olması ve eğitimin önemine inanması gerekmektedir.

Bu çalışmanın kapsamı, Türkiye’de meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları istatistiklerine göre ilk sıralamalarda inşaat sektörü çalışanlarından oluşmaktadır. İnşaat sektörünün iş kazalarında ve meslek hastalıklarında ilk sıralarda gelmesinin sebebi alanın geniş ve farklı çalışma gruplarının aynı anda çalışmalarından kaynaklanmaktadır. Bu sebepten şantiye içerisinde bulunan tüm çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konusunda eğitilmiş, bilinçli ve dikkatli olması gerekmektedir.

Araştırmanın hipotezleri, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi ile iş kazaları ve hastalıklarının nasıl etkilendiğini gösterilmesi üzerine düzenlenmiştir. Bu hipotezler; çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almamasına göre iş sağlığı ve güvenliği ve meslek hastalığı hakkında yeterli bilgi düzeyine sahip olması, iş kazası ve meslek hastalığı geçirme oranı ve bu durumda sahip olduğu kanuni haklar hakkında bilgi düzeyi ilişkileri incelenmiştir.

Çalışmada nicel araştırma tekniklerinden anket yöntemi kullanılmıştır. Objektif değerlendirmeler yapabilmek için hazırlanan anketlerde, problemin ne olduğunun akılcı bir sıra içinde incelenmesi, önemli bilgileri ve temel sorunlara ait detaylı görüşleri elde etmeyi sağlayabilecek görüşleri toplayabilmek hedeflenmektedir. Anket yöntemi aracılığıyla göreceli şekilde fazla sayıdaki verinin kolaylıkla toplanması ve analiz edilmesi mümkün olmaktadır. Anket çalışmaları, araştırmacının araştırma sürecine daha hakim olmasını sağlamaktadır.

Çalışmanın kısıtlamalarına bakıldığında, anket çalışmasının uygulandığı inşaat sektörünün geniş bir alanı ve çeşitli iş gruplarını kapsadığı için zaman sıkıntısından örneklem olarak 110 işgörene ulaşılmış olması dikkat çekmektedir. Aynı zamanda anket yapılan işgörenlerin yöneltilen soruları doğru bir şekilde algılayıp cevapladıkları varsayılmıştır.

Çalışmada yapılan varsayımlar ise, araştırmaya dâhil edilen katılımcı sayısının sayısal yeterlikte olduğu ve anketin uygulandığı çalışanların anket formunu isteyerek ve doğru bir şekilde yanıtladığı kabul edilmiştir.

Anket soruları, daha önce bu alanda hazırlanmış anket çalışmaları incelenerek ve iş kazaları konusunda deneyimli uzman kişilerin görüşleri alınarak hazırlanmıştır. Bu aşamada öncelikle taslak anket soruları hazırlandıktan sonra anketi geliştirebilmek için, süreçte muhtemel karşılaşılabilecek sorunları ve eksiklikleri ortadan kaldırılabilmesi ve aynı zamanda hedeflenen sonuca güvenilir bir şekilde ulaşabilmesi amacıyla anket çalışması öncelikle 10 kişi ile yüz yüze yapılmıştır. Bu uygulamadan sonra anket soruları içerisindeki hatalar düzeltilmiş gerekli eklemeler ve çıkarmalar yapılarak anket sorularının son hali verilmiştir. Bu amaçla hazırlanan anket soruları inşaat sektöründe çalışan ve Mesleki Yeterlilik Kurumunda (MYK) sınava katılan kişilere uygulanmıştır. Anketlerin MYK’da yapılma sebebi ise farklı şantiyelerden gelen

çalışanlardan oluşan heterojen bir gruba ulaşmaktır. Yapılan anketlerin sonucunda; işçilerin kendi çalıştıkları meslek sahasında iş güvenliği ile ilgili ne kadar bilinçli ve bilgi sahibi oldukları değerlendirilmesiyle iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin daha etkili biçimde algılanması ve hayata geçirilebilmesi sağlanması hedeflenmektedir.

Çalışma verilerinin toplanması, yüz yüze olarak yapılan anket çalışmasında inşaat sektöründe 20 farklı firmada çalışan 110 kişi ile görüşülmüş ve 22 anket sorusu yöneltmiştir. Bu şekilde anket sorularının cevaplanmasında ciddiye sağlanmış ve yanlış algıların önüne geçilmiş oldu.

Anketlerin uygulanması sonucu elde edilen demografik özellikler, iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri ve bilgi düzeyleri gibi ham verilerin analizi SPSS 22 (Statistical Package for the Social Sciences) programı kullanılarak bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ankete katılanların verdikleri cevaplar betimleyici istatistikler (frekans ve yüzde dağılımı) yorumlanmış ve tablo şeklinde verilmiştir.

Anketlerin güvenilirliğinin tespiti için Cronbach Alpha (güvenilirlik) katsayısı hesaplanmış ve 0.81 bulunmuştur. Bu değer 0.70'in üzerinde olmasıyla ankette eğitimin iş sağlığı ve güvenliği üzerinde oynadığı rolü tespit etmek için sorulan soruların kendi aralarında iç tutarlılığın olduğu anlamına gelmektedir.

Ayrıca ikili değişkenler arasındaki ilişki incelenirken Ki-kare testi kullanılarak çapraz tablolarda verilmiştir. Ki-kare testinin uygulanmasıyla yapılan çaprazlamalarda, ankette sorulan farklı sorular arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığı incelenebilmiştir. Bu test sonucu elde edilen sonuçlar ikili tablolar halinde verilmiştir.

3. ANKETLERDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Araştırma kapsamında ilk olarak ulaşılabilen inşaat sektörü çalışanlarının yaş gruplarının dağılımı incelenmiştir. Yapılan araştırma göre, 110 kişi üzerinde yapılan anket çalışmasının % 7'si 18-24 yaş aralığında, % 11'i 25-29 yaş aralığında, % 23'ü 30-34 yaş aralığında, % 26'sı 35-39 yaş aralığında, % 21'i 40-44 yaş aralığında, % 8'i 45-49 yaş aralığında ve % 4'ü 50 yaş ve üzerinden oluşmaktadır.

Anket çalışmaları kapsamında çalışanların medeni durumuna göre değişimi incelendiğinde, anketlerin uygulandığı hedef kitlenin % 64'ü evli ve % 36'sı bekârdır. Bu durum anketlerin uygulandığı kesimin büyük çoğunluğunun evli olmasının dışarda bakmakla sorumlu olduğu kişilerin olduğunu ifade etmektedir.

Anketlerin uygulandığı inşaat sektöründe çalışanların eğitim durumları incelendiğinde, % 14'ü ilkökul, % 53'ü ortaokul, % 23'ü lise, % 9'u ön lisans, % 1'i lisans ve % 1'i lisansüstü eğitiminden mezun oldukları görülmektedir. Ankete katılan çalışanların büyük çoğunluğunun mecburi eğitimin 12 yıla çıkmasından önce mezun olduğu için ortaokul seviyesinde olduğu görülmektedir.

Çalışanların aynı meslek grubunda çalışma yıllarının dağılımı incelendiğinde, % 11'inin bir yıldan az, % 23'ün 1 – 4 yıl arasında, % 30'un 5 – 9 yıl arasında ve % 36'sının ise 10 yıl üzerinde aynı meslekte çalıştığı görülmektedir. Genel anlamda bakıldığında çalışanlar bir meslek grubunda uzun süreli çalıştığı ve tecrübeli oldukları görülmektedir.

Anketlerin uygulandığı kişilerin çalıştıkları iş yerindeki çalışan personel sayısı incelendiğinde, % 5'i 10 kişiden az, % 34'ü 10 – 24 arasında, % 53'ü 25 – 50 arasında, % 9'u ise 50 ve üzeri

çalışanı olan iş yerinde çalışmaktadır. İş yerlerinde çalışan sayısının genel dağılımına bakıldığında, anketler çalışan sayısının çoğunlukla 25 ile 50 çalışanın olduğu yerlerde uygulandığını göstermektedir.

Anketlerin yapıldığı çalışanların yaptıkları işten memnuniyet durumu incelendiğinde, çalışanların % 25'i yaptığı işten hiç memnun olmadığı, % 21'inin kararsız, % 45'inin memnun ve % 8'in çok memnun olduğu anlaşılmaktadır.

Verilen örneklemede çalışanların yaptıkları işle ilgili eğitim alma durumları incelendiğinde, çalışanların % 55'i yaptığı işle ilgili eğitim almış ve % 45'i ise yaptığı iş ile ilgili eğitim almadığı anlaşılmaktadır. Buna göre çalışanların küçümsenmeyecek bir kısmının yaptıkları işi usta – çırak ilişkisiyle öğrendiği görülmektedir. Çalışma alanlarıyla ilgili eğitim alanlar ise Mesleki yeterlilik belgesini genellikle Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ve Mesleki Eğitim Merkezi kuruluşlarından aldığını beyan etmiştir.

Anketlerin yapıldığı çalışanların, çalıştıkları şantiyede iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu bir departman bulunma durumu incelendiğinde, katılımcıların % 55'i iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu bir departmanın var olduğunu, % 36'sı iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu bir departmanın olmadığını, % 9'luk bir kısmı ise böyle bir departmanın olup olmadığı hakkında bilgisinin olmadığını cevabını vermiştir.

Anketin uygulandığı çalışanların ilgili alanda çalışmaya başladıktan sonra iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim alma durumu incelendiğinde, çalışanların % 77'sinin iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldığını, % 23'ünün ise iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim almadığını göstermektedir. 4857 sayılı İş Kanunu'nun 17. maddesi çalışanların eğitiminin işverenler tarafından sağlanması gerektiğini hatta bu eğitimin özellikle; işe başlamadan önce, çalışma yeri veya iş değişikliğinde, iş ekipmanının değişmesi hâlinde veya yeni teknoloji uygulanması hâlinde verilmesi gerektiğini ifade etmektedir (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2019b). Bu kanunda açıkça belirtilmesine rağmen iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim almayanların oranı küçümsenmeyecek seviyededir.

Anketin uygulandığı çalışanlara verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin çalışanlar tarafından yeterli görülme durumu incelendiğinde, çalışanların % 82'lik bir kısmı verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimini yeterli bulurken, % 18'lik gibi bir kısımda verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimini yeterli bulmamaktadır.

Anketlerin uygulandığı çalışanlara verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimi tekniklerinin nasıl olması gerektiği ile ilgili dağılımı incelendiğinde çalışanların % 35'i görsel eğitim tekniği, % 10'u işitsel eğitim tekniği, % 55'i ise uygulamalı eğitiminin daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Fakat bu sonuçlar değerlendirilirken cevap verenlerin % 23'lük bir kısmının daha önce iş sağlığı ve güvenliği konusunda hiç eğitim almadığı unutulmamalıdır.

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi düzeyi incelendiğinde, işgörenlerin % 30'u iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgi düzeyinin çok iyi olduğunu, % 41'i iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgi düzeyinin orta olduğunu, % 22'si iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgi düzeyinin az olduğunu, % 7'si ise iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgisinin hiç olmadığını düşünmektedir.

Anketlerin uygulandığı işgörenlerin çalışma esnasında koruyucu ekipmanları kullanma durumu incelendiğinde işgörenlerin % 95'i çalışma esnasında koruyucu ekipmanları kullandığını, % 5'i ise çalışma esnasında koruyucu ekipmanları kullanmadığını belirtmiştir.

Çalışanların yaptıkları işle ilgili meslek hastalıkları hakkında bilgi düzeyi incelendiğinde, verilere göre çalışanların yaptıkları işle ilgili meslek hastalığı hakkındaki bilgi düzeylerinin %18'i çok olduğunu, % 46'sı orta düzeyde olduğunu, % 28'i az olduğunu ve % 7'si ise hiçbir bilgisi olmadığını belirtmiştir.

Anketlerin uygulandığı çalışanların çalıştığı iş yerinde oluşabilecek meslek hastalığı durumunda sahip olduğu haklar konusunda bilgi durumu incelendiğinde, çalışanların % 71'inin iş yerinde oluşabilecek meslek hastalıklarında sahip oldukları hakları bildiğini ve % 29'unun bu haklar konusunda bilgi sahibi olmadığını belirtmiştir.

Çalışanların buldukları meslekte yaşanan iş kazaları hakkındaki bilgi düzeyleri durumu incelendiğinde, yaptıkları iş ile ilgili yaşanan veya haberdar oldukları iş kazalarından % 59'unun çok bilgisi olduğu, % 24'ünün orta düzeyde, % 14'ünün az düzeyde ve % 7'sinin hiç bilgisinin olmadığı anlaşılmaktadır.

Anketlerin uygulandığı çalışanların çalıştıkları şantiyede iş yeri hekimi bulunma durumu incelendiğinde, işgörenlerin çoğunluğu büyük şantiyelerde görev yaptıklarından % 71'inin çalıştığı yerde iş yeri hekiminin bulunduğu ve % 29'unun ise çalıştığı yerde iş yeri hekiminin bulunmadığı görülmektedir.

Çalışanların iş yerinde herhangi bir iş kazasıyla karşılaşması durumunda sahip oldukları kanuni haklarda bilgi düzeyi durumu incelendiğinde, çalışanların herhangi bir iş kazasıyla karşılaşma durumunda % 14'ünün kanuni haklarını iyi seviyede, % 37'sinin orta düzeyde, % 33'ünün az seviyede ve % 16'sının ise hiçbir bilgisinin olmadığı görülmektedir.

Çalışanların çalışma hayatı boyunca daha önce iş kazası geçirmiş olma durumu incelendiğinde, inşaat sektöründe çalışanlardan anket çalışmasında ulaşılabildiğimiz grubun % 75'i hiç iş kazası geçirmediğini ve % 25'i ise iş kazası geçirdiğini ifade etmiştir.

Çalışanların iş güvenliği kurallarına kendi bünyelerinde gereken hassasiyeti gösterme durumu incelendiğinde, çalışanların % 16'sı iş güvenliği kurallarında çok hassas, % 56'sının orta seviyede hassas, % 20'sinin az hassas ve % 7'sinin ise hiç dikkat etmediği anlaşılmaktadır. Çalışanlar iş güvenliği kurallarında çok dikkatli olmadıklarının sebebini işlerin hızlı bir şekilde devamlılık arz ettiği için zaman içerisinde hassasiyetlerinin azaldığı şeklinde açıklamışlardır.

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatlarını olumlu ve olumsuz yönde nasıl etkilediği durumu incelendiğinde, çalışanların % 23'ü iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili düzenlemelerin iş hayatlarını çok olumlu yönde etkilediğini, % 53'ü orta düzeyde olumlu yönde etkilediğini, % 20'si az seviyede olumlu yönde etkilediğini ve % 5'i ise hiç etkilemediğini ifade etmiştir.

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliğine dikkat etmesiyle iş verimliliğini ve kalitesini olumlu ve olumsuz yönde etkileme durumu incelendiğinde, çalışanların % 31'i çalışma ortamında iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliğini ve kalitesini çok olumlu yönde etkilediğini, % 45'i orta düzeyde, % 20'si az seviyede ve % 5'i ise hiç etkilemediğini ifade etmiştir.

4. ÇAPRAZ TABLO SONUÇLARI

İş sağlığı ve güvenliği eğitiminin önemini ortaya koymak için hazırlanan anket sonuçları verildikten sonra çalışanların anket sorularına verdikleri cevapları karşılaştırmak amacıyla çapraz tablolar oluşturularak veriler filtrelenmiştir. Bu şekilde anket çalışmasında, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumuna göre diğer soruların değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Bunun için çalışanlardan elde edilen anket sonuçlarına Ki – kare testi yapılarak değişkenler arasındaki ilişkilerin frekans değerleri saptanmıştır. Yapılan analizle elde edilen ikili ilişkiler aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile aldığı eğitimi yeterli bulma arasındaki ilişki Çizelge 1’de verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile aldığı eğitimi yeterli bulma arasında anlamlılık değeri 0.049 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 1’den görüldüğü gibi anket sorunlarını cevaplayanlardan % 77’si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 89’u aldığı eğitimi yeterli bulurken, % 11’i ise aldığı eğitimi yetersiz bulmaktadır. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanların % 23’ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 56’sı aldığı eğitimi yeterli bulurken % 44’ü aldığı eğitimi yetersiz bulmaktadır. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonucuna göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların çoğunluğunun aldıkları eğitimi yeterli bulduğu görülmektedir.

Tablo 1. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile aldığı eğitimi yeterli bulma durumu arasındaki ilişki

		Aldığınız eğitimi yeterli buluyor musunuz?	
		Evet	Hayır
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evet	% 89	% 11
	Hayır	% 56	% 44
Toplam		% 82	% 18

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile aldığı eğitimin daha faydalı olabilmesi için eğitim tekniği arasındaki ilişki Çizelge 2’de verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği alıp – almama durumu ile aldığı eğitimin daha faydalı olabilmesi için eğitim tekniği arasında anlamlılık değeri 0.041 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 2’den görüldüğü gibi anket sorunlarını cevaplayanlardan % 77’i iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 33’ü görsel, % 8’i işitsel ve % 59’u ise uygulamalı eğitimin daha faydalı olacağını düşünmektedir. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanlardan % 23’ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 40’ı görsel, % 20’si işitsel ve % 40’ı ise uygulamalı eğitimin daha faydalı olacağını düşünmektedir. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonuçlarına göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların çoğunluğunun uygulamalı eğitimin daha faydalı olacağı daha sonra sırasıyla görsel eğitimin ve çok az oranda işitsel eğitimin faydalı olacağı kanaatinde olduğu görülmektedir.

Tablo 2. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile aldığı eğitimin daha faydalı olabilmesi için eğitim tekniği arasındaki ilişki

		İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin daha faydalı olabilmesi için eğitim tekniği nasıl olmalı?		
		Görsel	İşitsel	Uygulamalı
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evet	% 33	% 8	% 59
	Hayır	% 40	% 20	% 40
Toplam		% 35	% 10	% 55

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi düzeyi arasındaki ilişki Çizelge 3’de verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi düzeyi arasında anlamlılık değeri 0.043 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 3’ten görüldüğü gibi anket sorularını cevaplayanlardan % 77’si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 12’si az seviyede, % 49’u orta düzeyde, % 39’u çok iyi seviyede iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi sahibi olduğu ve eğitim alanlar arasında iş sağlığı ve güvenliği hakkında hiç bilgi sahibi olmayan çalışan bulunmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanların % 23’ünün iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunların % 32’sinin iş sağlığı ve güvenliği hakkında hiç bilgi sahibi olmadığı, % 56’sının az seviyede bilgi sahibi olduğu ve % 12’sinin ise orta düzeyde bilgi sahibi olduğu ortaya çıkmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi almayıp ta çok seviyede bilgi sahibi olan çalışan bulunmamaktadır. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonuçlarına göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların büyük çoğunluğunun iş sağlığı ve güvenliği hakkında orta düzeyde bilgi sahibi olduğu görülmektedir. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi almayanların büyük çoğunluğunun ise hiç bilgisinin olmadığı ve bir kısmının ise diğer çalışanlardan veya sosyal medya araçlarından belirleyemediğimiz seviyede bilgi sahibi olduğu görülmektedir.

Tablo 3. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi düzeyi arasındaki ilişki

		İş sağlığı ve güvenliği hakkında bilginiz düzeyiniz nedir			
		Hiç	Az	Orta	Çok
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evet	--	% 12	% 49	% 39
	Hayır	% 32	% 56	% 12	--
Toplam		% 7	% 22	% 41	% 30

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile meslek hastalıkları hakkında bilgi düzeyi arasındaki ilişki Çizelge 4’de verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği alıp – almama durumu ile meslek hastalığı hakkında bilgi düzeyi arasında anlamlılık değeri 0.048 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 4’ten görüldüğü gibi anket sorularını cevaplayanlardan % 77’si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 29’u az seviyede, % 47’si orta düzeyde, % 24’ü çok iyi seviyede meslek hastalıkları hakkında bilgi sahibi olduğu ve eğitim alanlar arasında meslek hastalıkları hakkında hiç bilgi sahibi olmayan çalışan bulunmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanların % 23’ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 32’si meslek hastalığı hakkında hiç bilgi sahibi olmadığını % 24’ü az seviyede ve % 44’ü ise orta düzeyde bilgi sahibi olduğu ortaya çıkmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi almayıp ta çok seviyede bilgi sahibi olan çalışan bulunmamaktadır. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonuçlarına göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların büyük çoğunluğunun meslek hastalığı

hakkında orta düzeyde bilgi sahibi olduğu görülmektedir. İş sağlığı güvenliği eğitimi almayanların çoğunluğunun meslek hastalıkları hakkında az seviye veya hiç bilgi sahibi olmadığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile meslek hastalığı hakkında bilgi düzeyi arasındaki ilişki

		Meslek hastalığı hakkında bilgi düzeyiniz nedir.			
		Hiç	Az	Orta	Çok
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evet	--	% 29	% 47	% 24
	Hayır	% 32	% 24	% 44	--
Toplam		% 7	% 28	% 46	% 18

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile çalıştığı iş yerinde meslek hastalığı oluşması durumunda sahip olduğu haklar hakkında bilgi düzeyi arasındaki ilişki Çizelge 5’de verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile çalıştığı iş yerinde meslek hastalığı oluşması durumunda sahip olduğu haklar hakkında bilgi düzeyi arasında anlamlılık değeri 0.049 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 5’den görüldüğü gibi anket sorunlarını cevaplayanlardan % 77’si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 82’si çalıştığı iş yerinde meslek hastalığı oluşması durumunda sahip olduğu haklar hakkında bilgi sahibi iken % 18’i ise bilgi sahibi değildir. Benzer şekilde anket sorunlarını cevaplayanların % 23’ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 32’si çalıştığı iş yerinde meslek hastalığı oluşması durumunda sahip olduğu haklar hakkında bilgi sahibi iken % 68’i bilgi sahibi değildir. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonucuna göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların büyük bir çoğunluğunun çalıştığı iş yerinde meslek hastalığı oluşması durumunda sahip olduğu haklar hakkında bilgi sahibi olduğu görülmektedir.

Tablo 5. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile çalıştığı iş yerinde meslek hastalığı oluşması durumunda sahip olduğu haklar hakkında bilgi durumu arasındaki ilişki

		Çalıştığı iş yerinde meslek hastalığı oluşması durumunda sahip olduğu haklar hakkında bilgi durumu	
		Evet	Hayır
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evet	% 82	% 18
	Hayır	% 32	% 68
Toplam		% 71	% 29

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile meslekte yaşanan iş kazaları hakkında bilgi düzeyi arasındaki ilişki Çizelge 6’da verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile meslek hastalığı hakkında bilgi düzeyi arasında anlamlılık değeri 0.038 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 6’dan görüldüğü gibi anket sorularını cevaplayanlardan % 77’si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 7’si az seviyede, % 21’i orta düzeyde, % 72’si çok iyi seviyede meslekte yaşanan iş kazaları hakkında bilgi düzeyine sahip iken eğitim alanlar arasında meslekte yaşanan iş kazaları hakkında hiç bilgi sahibi olmayan bulunmamaktadır. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanların % 23’ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 32’si meslekte yaşanan iş kazaları hakkında bilgi sahibi olmadığını, % 36’sı az seviyede ve % 32’si ise orta düzeyde bilgi sahibi olduğu ortaya çıkmaktadır. İş sağlığı ve

güvenliği eğitimi almayıp ta çok iyi seviyede bilgi sahibi olan çalışan bulunmamaktadır. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonuçlarına göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların büyük çoğunluğunun meslekte yaşanan iş kazaları hakkında bilgi sahibi olduğu görülmektedir. İş sağlığı güvenliği eğitimi almayanların çoğunluğunun meslek hastalıkları hakkında az veya orta seviyede bilgi sahibi olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 6. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile meslekte yaşanan iş kazaları hakkında bilgi düzeyi arasındaki ilişki

		Meslekte yaşanan iş kazaları hakkında bilgi düzeyi			
		Hiç	Az	Orta	Çok
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evete	--	% 7	% 21	% 72
	Hayır	% 32	% 36	% 32	--
Toplam		% 7	% 14	% 24	% 55

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile iş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşma durumunda sahip olunan kanuni haklarla ilgili bilgi düzeyi arasındaki ilişki Çizelge 7’de verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile iş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşma durumunda sahip olunan kanuni haklarla ilgili bilgi düzeyi arasında anlamlılık değeri 0.039 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 7’den görüldüğü gibi anket sorunlarını cevaplayanlardan % 77’si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 39’u az seviyede, % 44’ü orta düzeyde, % 18’i çok iyi seviyede iş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşma durumunda sahip olunan kanuni haklarla ilgili bilgi düzeyine sahip olduğu ve eğitim alanlar arasında iş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşma durumunda sahip olunan kanuni haklarla ilgili bilgi sahibi olmayan çalışan bulunmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanların % 23’ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 72’si iş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşma durumunda sahip olunan kanuni haklarla ilgili bilgi sahibi olmadığını, % 12’si az seviyede ve % 16’sı ise orta düzeyde bilgi sahibi olduğu ortaya çıkmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış çok iyi seviyede bilgi sahibi olan çalışan bulunmamaktadır. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonuçlarına göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların büyük çoğunluğunun iş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşma durumunda sahip olunan kanuni haklarla ilgili bilgi sahibi olduğu görülmektedir. İş sağlığı güvenliği eğitimi almayanların büyük çoğunluğunun iş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşma durumunda sahip olunan kanuni haklarla ilgili bilgi sahibi olmadığını ortaya çıkmıştır.

Tablo 7. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile iş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşma durumunda sahip olunan kanuni haklarla ilgili bilgi düzeyi arasındaki ilişki

		İş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşma durumunda sahip olunan kanuni haklarla ilgili bilgi düzeyi			
		Hiç	Az	Orta	Çok
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evete	--	% 39	% 44	% 18
	Hayır	% 72	% 12	% 16	--
Toplam		% 16	% 33	% 37	% 14

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile çalışma hayatı boyunca daha önce hiç iş kazası geçirmiş olma durumu arasındaki ilişki Çizelge 8’de verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile çalışma hayatı boyunca daha önce hiç iş kazası geçirmiş olma durumu arasında anlamlılık değeri 0.049 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 8’den görüldüğü gibi anket sorularını cevaplayanlardan % 77’si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 22’si çalışma hayatı boyunca daha önce iş kazası geçirmiş iken % 78’i ise iş kazası geçirmemiştir. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanların % 23’ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 36’sı çalışma hayatı boyunca daha önce iş kazası geçirmiş iken % 64’ü iş kazası geçirmemiştir.

Tablo 8. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile çalışma hayatı boyunca daha önce hiç iş kazası geçirmiş olma durumu arasındaki ilişki

		Çalışma hayatı boyunca daha önce hiç iş kazası geçirmiş olma durumu	
		Evet	Hayır
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evet	% 22	% 78
	Hayır	% 36	% 64
Toplam		% 25	% 75

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile çalışanların iş güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti göstermesi durumu arasındaki ilişki Tablo 9’da verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile çalışanların iş güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti göstermesi durumu arasında anlamlılık değeri 0.040 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 9’dan görüldüğü gibi anket sorunlarını cevaplayanlardan % 77’si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 18’i az seviyede, % 65’i orta düzeyde, % 18’i çok iyi seviyede çalışanların iş güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti gösterdiğini düşünürken ve eğitim alanlar arasında iş güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti göstermediğini düşünen bulunmamaktadır. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanların % 23’ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 32’si iş güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti göstermediği, % 28’i az seviyede, % 28’i ise orta düzeyde ve % 12’si ise çok iyi seviyede iş güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti göstermektedir. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonuçlarına göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların büyük çoğunluğunun iş sağlığı ve güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti gösterdiği görülmektedir.

Tablo 9. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile çalışanların iş güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti göstermesi durumu arasındaki ilişki

		Çalışanların iş güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti göstermesi durumu			
		Hiç	Az	Orta	Çok
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evet	--	% 18	% 65	% 18
	Hayır	% 32	% 28	% 28	% 12
Toplam		% 7	% 20	% 56	% 16

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını etkilediğini düşünme durumu arasındaki ilişki Çizelge 10’da verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını etkilediğini düşünme durumu arasında anlamlılık değeri 0.047 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05’ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 10’dan görüldüğü gibi anket sorularını cevaplayanlardan % 77’si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 2’si iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını etkilemediğini

düşünürken % 18'i az seviyede, % 59'u orta düzeyde, % 21'i çok iyi seviyede iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını etkilediğini düşünmektedir. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanların % 23'ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 12'si iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını etkilemediğini düşünürken, % 28'i az seviyede, % 32'si ise orta düzeyde ve % 28'i ise çok iyi seviyede iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını etkilediğini düşünmektedir. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonuçlarına göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların büyük çoğunluğunun iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını olumlu yönde etkilediğini düşündükleri görülmektedir.

Tablo 10. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını etkilediğini düşünme durumu arasındaki ilişki

		İş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını etkilediğini düşünme durumu			
		Hiç	Az	Orta	Çok
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evet	% 2	% 18	% 59	% 21
	Hayır	% 12	% 28	% 32	% 28
Toplam		% 5	% 20	% 53	% 23

Anketlerin uygulandığı çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliği ve kalitesi düzeyini artırma durumu arasındaki ilişki Çizelge 11'de verilmiştir. Anket sonuçlarına göre, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alıp – almama durumu ile iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliği ve kalitesi düzeyini artırma durumu arasında anlamlılık değeri 0.046 bulunmuştur. Bulunan bu değer 0.05'ten küçük olması göz önüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 11'den görüldüğü gibi anket sorularını cevaplayanlardan % 77'si iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış ve bunlardan % 2'si iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliği ve kalitesi düzeyini etkilemediğini düşünürken % 15'i az seviyede, % 53'ü orta düzeyde, % 29'u çok iyi seviyede iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliği ve kalitesini etkilediğini düşünmektedir. Benzer şekilde anket sorularını cevaplayanların % 23'ü iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış ve bunlardan % 12'si iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliği ve kalite düzeyini etkilemediğini düşünürken, % 36'sı az seviyede, % 16'sı ise orta düzeyde ve % 36'sı ise çok iyi seviyede iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliği ve kalitesini etkilediğini düşünmektedir. Çalışanlar üzerinde yapılan anket sonuçlarına göre iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların büyük çoğunluğunun iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliği ve kalite düzeyini olumlu yönde etkilediğini düşündükleri görülmektedir.

Tablo 11. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alma ile iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliği ve kalitesi düzeyini artırma durumu arasındaki ilişki

		İş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesinin iş verimliliği ve kalitesi düzeyini artırma durumu			
		Hiç	Az	Orta	Çok
İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitim aldınız mı?	Evet	% 2	% 15	% 53	% 29
	Hayır	% 12	% 36	% 16	% 36
Toplam		% 5	% 20	% 45	% 31

5. SONUÇLAR

İnşaat sektörü, ülkemizde son yıllarda oldukça hızlı bir ivmeyle sürekli gelişerek büyüyen bir sektördür. İnşaat sektöründeki bu büyüme paralel olarak işyeri ve çalışan sayılarında yaşanan artışla meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları iş sağlığı ve güvenliğini ön plana çıkarmıştır. SGK istatistiklerine son yıllarda yaşanan iş kazalarının önemli bir oranı inşaat sektöründe meydana gelmiştir. İş kazaları ve meslek hastalıkları konusunda yapılan araştırmalar iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin önemli olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Bu amaçla inşaat sektöründe yaşanan kazalar ile bu kazaları yaşayan kişiler hakkında eğitim, sağlık, yaş grubu, tecrübe ve iş güvenliği bilgilerini iş sağlığı ve güvenliği eğitimleriyle değerlendirebilmek için bu sektörde çalışanlarla anket yapılmıştır. Anket sonuçlarının analiziyle, çalışmada elde edilen demografik ve sosyokültürel özellikleri ile iş kazaları arasında bulunan ampirik bulgular değerlendirilmiştir. Aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği bilincinin oluşturulabilmesi için eğitiminin önemini vurgulamak amacıyla iş sağlığı güvenliği eğitimi baz alınarak SPSS programıyla çapraz tablolar oluşturulmuştur.

Hazırlanan anketler 110 kişi üzerinde uygulanmış ve sonuçlar yorumlanarak verilmiştir. Anketlerin uygulandığı çalışanların yaş ortalaması 30 – 45 yaş grubunda ve eğitim durumları ortaokul düzeyindedir. Çalışanların % 55'i yaptığı iş ile ilgili eğitim almışken % 77'i ise iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almıştır. Analiz sonuçlarına göre yaptığı iş ile ilgili eğitim alanların hepsi iş sağlığı güvenliği eğitimlerinde almıştır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerini çalışanların % 82'i yeterli bulurken % 55'i eğitimin uygulamalı olmasının daha verimli olacağını düşünmektedir.

Çalışanların konuyla ilgili bilgi düzeyleri orta ve çok seviye olanlar toplamı dikkate alındığında; iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi düzeyi % 71, meslek hastalıkları hakkında bilgi düzeyi % 64, alanlarıyla ilgili yaşan iş kazaları hakkında bilgi düzeyleri % 79 ve iş yerinde herhangi bir kazayla karşılaşmaları durumunda kanuni hakları hakkında bilgi düzeyi % 51 olarak görülmektedir.

Anketlerin uygulandığı çalışanların % 75'i hiç iş kazası geçirmemiştir ve çalışma esnasında orta ve çok seviyede iş güvenliği kurallarına gereken hassasiyeti toplam % 72'i göstermektedir. Yine aynı şekilde iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını olumlu yönde etkilediğini % 76'ı düşünürken iş sağlığı ve güvenliğine dikkat edilmesi iş verimliliği ve kalitesini artırdığını benzer oranda çalışan düşünmektedir.

İş sağlığı ve güvenliği eğitiminin önemini belirleyebilmek için eğitimi alan (% 77) ve almayanlar (% 23) dikkate alınarak çapraz tablolar oluşturulmuştur. İş sağlığı ve güvenliği eğitim alanların % 89'u eğitimi yeterli bulurken % 55'i eğitim tekniğinin uygulamalı olmasının daha verimli olacağını düşünmektedir.

İş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanların orta ve çok seviyelerinin toplamı dikkate alınarak; % 88'i iş sağlığı ve güvenliğinde bilgi sahibi olduğu, % 64'ü meslek hastalıklarında bilgi sahibi olduğu, %79'u çalıştıkları meslekte ilgili iş kazalarında hakkında bilgi sahibi olduğu ve % 51'i herhangi bir iş kazasıyla karşılaşması durumunda sahip olduğu kanuni haklarda bilgi sahibi olduğu görülmektedir.

Yine aynı şekilde iş sağlığı ve güvenliği eğitimi alanlardan % 72'si çalışma esnasında iş güvenliği kurallarına yeterli hassasiyeti gösterdiğini, % 76'sı iş sağlığı ve güvenliğinin iş hayatını olumlu yönde etkilediğini ve iş verimliliğinin ve kalitesinin arttığını düşünmektedir.

Anket çalışmaları analizi sonucunda iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin daha kontrollü bir şekilde verilmesi ve gerekli denetlemelerin yapılmasıyla iş kazaları ve meslek hastalarının büyük oranda önüne geçilebileceği kanaati oluşmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Akyiğit, E., (2001). İş Kanunu Şerhi. Seçkin Yayınları, Ankara.
- [2] Ay, F., (2018). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Eğitimin Önemi. Üsküdar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 141S, İstanbul.
- [3] Baradan, S., (2006). Türkiye İnşaat Sektöründe İş Güvenliğinin Yeri Ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8/1, 87 – 100.
- [4] Ceylan, H., (2011). Türkiye'deki İş Kazalarının Genel Görünümü ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması. International Journal of Engineering Research and Development, 3(2), 18 – 24.
- [5] Ceylan, H., (2014). Türkiye'de İnşaat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazalarının Analizi. International Journal of Engineering Research and Development, 6 (1), 1 – 6.
- [6] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığını, (2019). Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmeliği. Erişim Tarihi: 18.01.2019. <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.18371&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch>
- [7] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığını, (2019). Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu. Erişim Tarihi: 18.01.2019. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5510.pdf>
- [8] Demir, E., (2018). İnşaat İşçilerinin İş Doyumu Düzeyleri İle İş Güvenliği Algıları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. Üsküdar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 86S, İstanbul.
- [9] Güngör, E. (2008). İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramının Toplam Kalite Yönetimi Açısından İrdelenmesi ve Talaşlı Üretim Sanayisinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Üzerine Bir Araştırma. Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 161S, İstanbul.
- [10] Hışır, H., (2018). İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinde Görsel ve Sözel Eğitimin Etkinliğinin Karşılaştırılması. Üsküdar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 55S, İstanbul.
- [11] Kılıç, İ., Demir, S., (2012). İşverenin İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi Verme Yükümlülüğü Üzerine Bir İnceleme. Çalışma İlişkileri Dergisi, 3(1), 23 – 47.
- [12] Pınar, S. A., (2018). Mesleki ve teknik lise öğretiminde iş sağlığı ve güvenliği kültürünün gelişmesinde eğitimin etkisi. İzmir Ekonomi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 97S, İzmir.
- [13] Saygılı, U. M., (2016). İnşaat Sektöründe İş Güvenliği Eğitimi. Beykent Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 63s, İstanbul.
- [14] SGK (Sosyal Güvenlik Kurumu), (2019). “2018 İstatistik Yıllıkları”, SGK Yayını, Ankara.
- [15] Temel, B.A. (2015). Trabzon İl Merkezindeki Şantiyelerde Çalışan İşçilerin Profilleri İle İş Sağlığı ve Güvenliği Hakkındaki Bilgi Düzeylerinin Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 79 S, Trabzon.
- [16] Yıldırım, E., (2010). İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğinde Eğitimin Rolü ve İşgörenlerin İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Eğitimi Konusundaki Bilinç Düzeylerini Ölçmeye Yönelik Bir Araştırma. İstanbul Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 193S, İstanbul.



International Journal of Engineering and Innovative Research

<http://dergipark.gov.tr/ijeir>

MACHINE LEARNING BASED SECURITY ANALYSIS: ALARM GENERATION AND THREAT FORECASTING

Fatma Bozyiğit^{1*}, Okan Türksever², Ozan Türksever², Deniz Kılınç¹

¹ İzmir Bakırçay University, Faculty of Engineering and Architecture, Computer Engineering, Izmir, Turkey.

² Software Engineer, Logsign, İstanbul, Turkey.

*Corresponding Author: fatma.bozyigit@bakircay.edu.tr

(Received: 01.01.2020; Revised: 05.03.2020 Accepted: 13.04.2020)

ABSTRACT: Log files keep activity records of each process performed have an important place in terms of security. Systems that provide infrastructure for applications such as network security mainly work on log management. Recently, when the security mechanisms of popular applications are examined, it has been observed that they aim to strengthen their infrastructures with machine learning (ML) methods, but in some respects, they have shortcomings. In this study, we aim to develop an alarm and security reporting system using ML methods. Our study differs from the others since it considers five separate feature (IP reputation, web reputation, malware destination access, botnet) and includes them into ML model.

Keywords: Log Analysis, Security Management, Alarm System, Machine Learning.

1. INTRODUCTION

Log data is the recordings produced by information systems for various purposes (security, error recovery, performance, control, etc.) [1]. Log management, which is performed by system administrators for fault detection, have become widely used for security issues, information analysis, and compliance with standards in recent times. Moreover, storing the log data is obligated by the law of 5651, “İnternet ortamında yapılan yayınların düzenlenmesi ve bu yayınlar yoluyla işlenen suçlarla mücadele edilmesi” and ISO 27001 which is the standards of the IT sector.

Logging is critical task for detection of cyber-attack and event management. Cyber security specialists reveal the security flaws in the system by analysing the log records. More recently, Security Information and Event Management (SIEM) has been joined by the broad use of log management technology that focuses on collecting an extensive variety of logs. SIEM approach is seen as a more advanced system than logging, since it offers more detailed and real time configuration and reporting options. One of the most important features of SIEM is the correlation technique that helps to identify possible attacks by establishing meaningful connections between independent events with the help of the security policies and rules [2]. SIEM has composed of two main functions; security information management (SIM) and security event management (SEM) [3]. SIM provides the collection, reporting and analysis of log data; primarily from host systems and applications, and secondarily from network and security devices, to support regulatory compliance reporting, internal threat management and resource access monitoring. SEM processes log and event data from security devices, network devices, systems and applications in real-time to provide security monitoring, event correlation and incident responses.

Traditional SIEM systems push security notifications by conducting static rule-based model through previous safety threats. However, this approach causes missing different types of attack which have not appeared before. Generating specific rule sets is necessary to detect dissimilar cyber-attacks considering the factors such as change in network characteristics, usage behavior's, and users' tendency. Another point to be noticed in current SIEM systems is that they do not use the analysis results of log file to explore future threats.

In this study, we propose to detect users having unexpected actions on a network by using a novel hybrid approach consisting of non-static rules and ML methods. We also aim prediction of the network attacks which may occur in the future. For this aim, we trainee base models with the use of dataset including log files of many applications to detect the current network anomalies and unpredictable problems which are revealed using current security issues. The proposed ML approaches are compared in terms of Root Mean Square Error (RMSE) and it is concluded that our study is promising in future network attack predictions.

This paper is organized as follows. In Section 2, related works are presented. Section 3 gives information about the methods used for security analysis of log files. Section 3 gives information about proposed ML methods in our study. In Section 4, some experiments are implemented on the data set and the results are discussed. Section 5 concludes the paper and gives information about our future work.

2. RELATED WORKS

One of the most noticeable points derived from existing literature is that current SIEM infrastructures contain some limitations. A contribution to the existing literature to eliminate these limitations is realized by AlSabbagh and Kowalski [4]. They develop a new network analysis and incident management system to support the companies where socio-technical security operations are performed [4]. To eliminate the drawbacks and constraints of the SIEM infrastructure the researchers calculate the risk management maturity level by considering different metrics.

Some studies in the literature claim that the user information must be analyzed along with data obtained through log analysis. One of these studies is carried out by Deliang. He states that cyber profile creation is the most important step for the web applications to obey privacy and security policies [5]. Accordingly, the user information is also considered beside log analysis for system threats and problem identification.

In case of considerable number of alarms arising, users in the network must focus on the most important alarms and ignore non-critical alarms. This situation (warning the users with inappropriate security alerts) can lead to time consumption and performance decrease. Thus, specification of the appropriate security alerts is the critical sub task in security systems. One of the studies on alarm classification is conducted by Schlegel et al. [6]. Researchers identify the significance level of automatically generated alarms using Market Basket Analysis method.

In the past several years there has been extensive research into detection and information gathering against external threats. However, a few numbers of study have been utilized for insider threat which is widely known as the most dangerous attack. Insider has many advantages since knowing internal organization. Focusing on insider threats may cause the increase in the false generated alarms. One of the studies aiming to find a solution to this issue is carried out

by Ambre and Shekocar [7]. The researchers aim to decrease the unnecessary alarms to detect insiders as soon as possible.

3. PROPOSED APPROACHES

3.1. K-Means Algorithm

The K-means clustering is one of the simplest and most popular unsupervised ML algorithms. Unsupervised algorithms reveal information from datasets using only input vectors without referring to tagged attributes [8]. To achieve this goal, the number of clusters in the data set is determined first. Clusters represent the collection of the data points due to certain similarities. Assignment of samples to clusters is done by determining the distances from cluster centers.

The general architecture of the K-means clustering algorithm is demonstrated with the flow diagram in Figure 1.

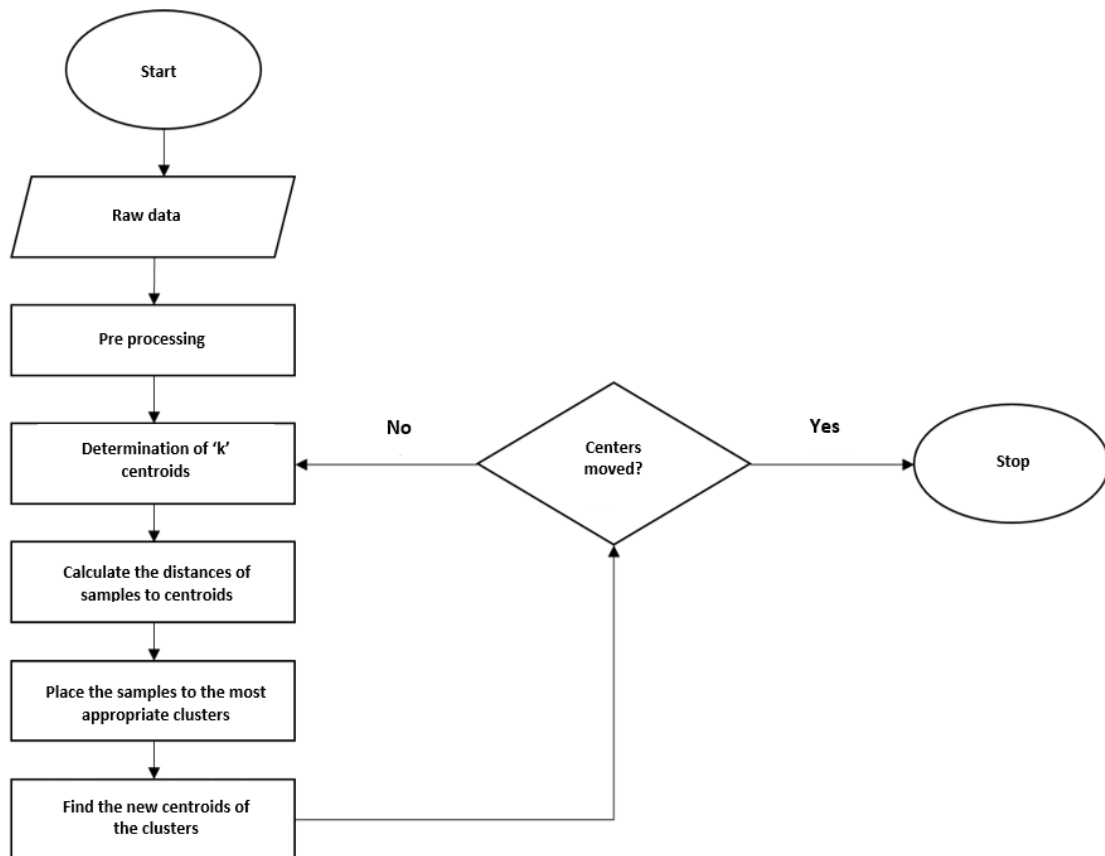


Figure 1. Flowchart of K-means algorithm

3.2. Gaussian Mixture Model

Gaussian Mixture (GM), which has similar properties with the K-mean, is one of the most widely used clustering methods. According to researches, GM method has some advantages over K-means. Firstly, K-means cluster the data without considering the variance, while GM model uses the variance to reveal the distribution patterns of the data in a clearer manner [9]. To summarize, K-means model is that it places a circle (or, in higher dimensions, a hypersphere) at the center of each cluster, with a radius defined by the most distant point in the cluster. This works fine for when the data is circular. However, when data takes on different shape, K-

means does not perform well. In contrast, Gaussian mixture models can handle even very oblong clusters.

4. EXPERIMENTAL STUDY

4.1. Experimental Dataset

The experimental dataset of our study is constructed collecting data from more than one hundred information system components (network, operating system, database, and so on). First collected data is normalized and split into columns to make the analyse process easier. During this process, legacy category and priority level of the events are tagged. Figure 2 shows the examples of the categorized samples.

EventMap.Contex	EventMap.Type	EventMap.SubTyp	Priv.use	Message	Legacy Category	Category	Priority Level
22	Security	Attack	Block	Ping of death dropped	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
23	Security	Attack	Block	IP spoof dropped	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
25	Security	Attack	Detect	Possible SYN flood attack detected	Attack	Intrusion Detec- tion	WARNING
27	Security	Attack	Block	Land attack dropped	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
48	Security	Attack	Block	Out-of-order command packet dropped	Debug	Network Access	DEBUG
81	Security	Attack	Block	Smurf Amplification attack dropped	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
82	Security	Attack	Detect	Possible port scan detected	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
83	Security	Attack	Detect	Probable port scan detected	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
143	Security	Attack	Info	Add an attack message	Attack	Firewall Event	ERROR
165	Security	Attack	Block	Forbidden E-Mail attachment disabled	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
177	Security	Attack	Detect	Probable TCP FIN scan detected	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
178	Security	Attack	Detect	Probable TCP XMAS scan detected	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
179	Security	Attack	Detect	Probable TCP NULL scan detected	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
229	Security	Attack	Block	IP spoof detected on packet to Central Gateway, packet dropped	Attack	DHCP Relay	ERROR
248	Security	Attack	Block	Forbidden E-Mail attachment deleted	Attack	Intrusion Detec- tion	ERROR
267	Security	Attack	Block	TCP Xmas Tree dropped	Attack	Intrusion Detec- tion	ALERT
428	Security	Attack	Block	Source routed IP packet dropped	Debug	Intrusion Detec- tion	WARNING
437	Security	Attack	Block	E-Mail fragment dropped	Attack	Intrusion Detec- tion	ERROR
446	Security	Attack	Block	FTP: PASV response spoof attack dropped	Attack	Intrusion Detec- tion	ERROR
522	Security	Attack	Block	Malformed packet detected, IP packet dropped	Debug	Network Access	ALERT

Figure 2. Attributes of sample data.

Finally, the attributes of the samples in the dataset are combined with each other with respect to generate new features (Figure 3).

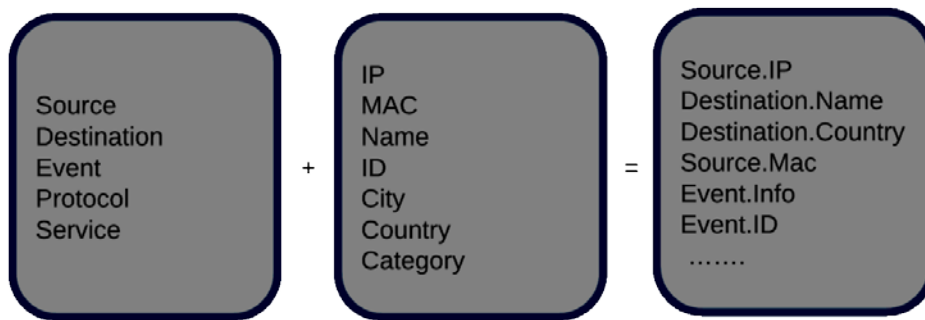


Figure 3. Combination of attribute names.

4.2. Evaluation Results

In this study, our goal is to reveal possible threats on the system and to minimize the number of false alarms received during the day. Static rules (not specific for company’s network architecture) can cause excessive alarm triggers, performance loss occurs accordingly. Considering this situation, False Positive alarms, generated by using static rules, is examined. The results are visualized as in Figure 4.

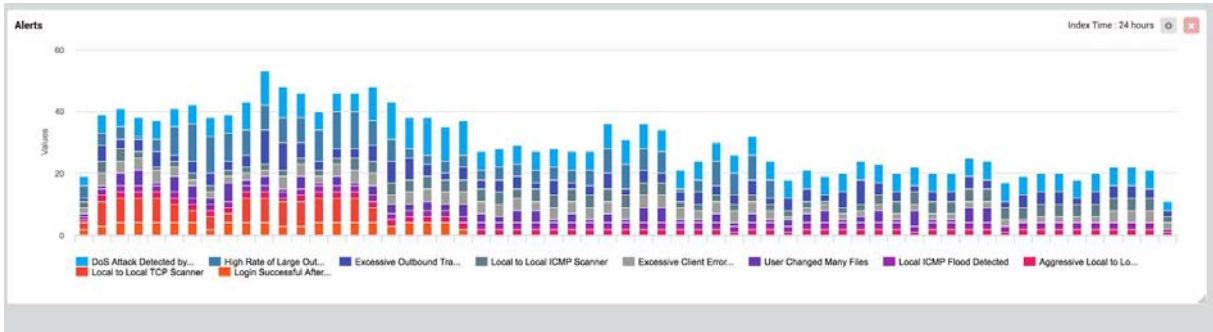


Figure 4. Analysis of False Positive alarms

The threshold value for the alarms tagged as False Positive is dynamically set to minimize the number of security threats. This dynamic architecture determines the alarms to be triggered with respect to change of the user actions within 24 or 48 hours. As a result, the number of the false alarms decreases by 70% to ensure more accurate notification system.

In the second part of our study, K-Means and Gaussian Mix clustering algorithms are performed on the experimental data set. Using the obtained results, we identify the users who behave differently from what it should be. K-means algorithm split the samples into two category such as “frequently seen situations” and “rare cases” (Figure 5). If any log that are newly introduced to the system has different characteristics from the rare cases, they are included in the "rarely seen" cluster and a security alarm is triggered.

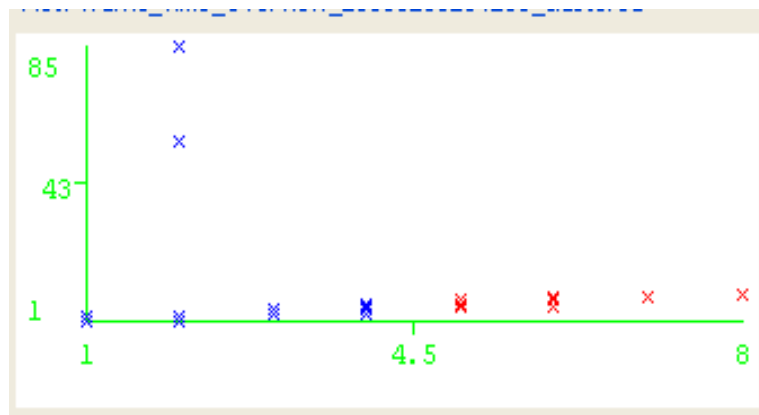


Figure 5. K-means clustering (k=2)

When the results Figure 6 illustrates are evaluated, it is concluded that K-means is not an appropriate alternative for our study, and the GK model performs better on the experimental dataset.

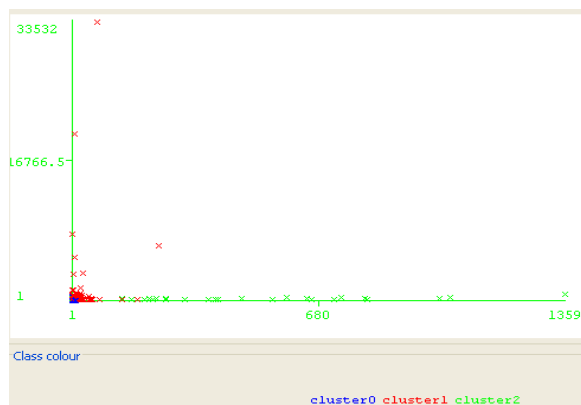


Figure 6. GK clustering (k=3)

Figure 7 and Figure 8 show some of the system interfaces.

Figure 7. System Interface

Figure 8. System Interface

5. CONCLUSION

The most important problem in traditional security mechanisms is the use of static rules for the detection of different attacks. However, this common approach can be inefficient due to the change of network characteristics, usage differences, and user tendencies. Considering the deficiencies in the existing systems, we aim to identify the users performing unusual actions on a network by using a novel hybrid approach consisting of non-static rules and ML methods. We also utilize prediction of the network attacks which may occur in the future. In the experimental studies based on the K-means and the GM clustering algorithms, it is observed that GM gives more accurate results to detect of unusual events in the network.

REFERENCES

- [1] Jansen, B. J., Spink, A., & Taksai, I. (2009). Handbook of research on web log analysis. London: Information Science Reference.
- [2] T.C. Resmi Gazete. Retrieved from <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/11/20071130-6.htm>, Aralık, 2019.
- [3] Miller, D. (2011). Security information and event management (SIEM) implementation. McGraw-Hill.
- [4] AlSabbagh, B., & Kowalski, S. (2016, August). A Framework and Prototype for A Socio-Technical Security Information and Event Management System (ST-SIEM). In 2016 European Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC) (pp. 192-195). IEEE.
- [5] Deliang, C., Xing, L., & Qianli, Z. (2016, May). A comparative study on user characteristics of fixed and wireless network based on DHCP. In 2016 IEEE Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (pp. 327-330). IEEE.
- [6] Schleburg, M., Christiansen, L., Thornhill, N. F., & Fay, A. (2013). A combined analysis of plant connectivity and alarm logs to reduce the number of alerts in an automation system. Journal of process control, 23(6), 839-851.
- [7] Ambre, A., & Shekokar, N. (2015). Insider threat detection using log analysis and event correlation. Procedia Computer Science, 45, 436-445.
- [8] Li, T., & Yan, L. (2017, June). Siem based on big data analysis. In International Conference on Cloud Computing and Security (pp. 167-175). Springer, Cham.
- [9] Rasmussen, C. E. (2000). The infinite Gaussian mixture model. In Advances in neural information processing systems (pp. 554-560).



EVALUATION OF EFFECTS OF ORIENTATION ANGLE AND MOUNTING POSITION OF PV MODULES IN ENERGY OUTPUT FOR DIFFERENT LONGITUDES

Savaş Evran^{1*} , Ozan Deniz² 

^{1,2}Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Çanakkale Applied Sciences, Department of Energy Management, Çanakkale, Turkey.

*Corresponding Author: sevrans@comu.edu.tr

(Received: 05.04.2020; Revised: 10.04.2020 Accepted: 13.04.2020)

ABSTRACT: This study focuses on influences of orientation angle and mounting position of PV modules on energy output for different longitudes in August. Analyses were carried out using L8 orthogonal array, which has three control factors with two levels, according to Taguchi technique. Orientation angle and mounting position of PV modules and longitude were considered as control factors. Effects and the optimum levels of control factors in PV energy output were evaluated using analysis of Signal-to-Noise (S/N) ratio whereas importance and percentage contribution rates of control factors on PV energy output were determined using analysis of variance (ANOVA) at 95 % confidence level. According to results, the optimum energy output was obtained using the first levels of PV orientation angle, PV modules mounting position, and longitude. PV orientation angle, PV mounting position, and longitude are the significant control factors due to $P < 0.05$ value. Also, the most effective control factors are found to be PV mounting position which has 95.23 % contribution, longitude which has 2.98 % contribution, and PV orientation angle which has 1.67 % contribution, respectively.

Keywords: Orientation Angle, Mounting position, PV Module, Longitude.

1. INTRODUCTION

The need for renewable energy has been increasing all over the world in recent years. Some of renewable energy resources are solar energy, wind energy, biomass energy, tidal power, geothermal energy [1]. Solar energy is known as one of the cleanest energy resources and it is generally referred to as “alternative energy” to sources including fossil fuel energy such as oil and coal [2]. A lot of studies have been presented due to the excessive use of solar energy. In literature, there are also many studies including PV modules. Sreenath et al. [3] investigated the formation of glare and its effect from the offered solar PV plant mounted in an airport. Shukla et al. [4] presented a study on building integrated photovoltaic applications for sustainable building based on South Asian countries. Hussein et al. [5] determined performance analyses of photovoltaic modules in accordance with various tilt angles and orientations. Kern and Harris [6] presented a study consisting of the optimal tilt of a solar collector. Xu et al. [7] investigated the optimal tilt angle of a photovoltaic panel soiled. Gunerhan and Hepbasli [8] examined the optimal tilt angle for solar collectors in accordance with building applications. Wilson and Paul [9] evaluated the influences on convection occurring using a photovoltaic panel based on a computational fluid dynamic model. Chang [10] analysed theoretical electric energy output using photovoltaic modules in accordance with various tilt and azimuths angles in Taiwan. In literature, there are different studies with PV modules. In this study, effects of orientation angle and mounting position of PV modules on energy output for different longitudes in August using

L8 orthogonal array, which have three control factors with two levels, according to Taguchi technique were evaluated.

2. MATERIALS AND METHODS

In analyses, the effect of mounting position of photovoltaic modules was evaluated in energy output. This factor is related to air temperature directly. The map layers regarding specific photovoltaic power output and the air temperature of areas for Turkey were presented in Figure 1 [11].

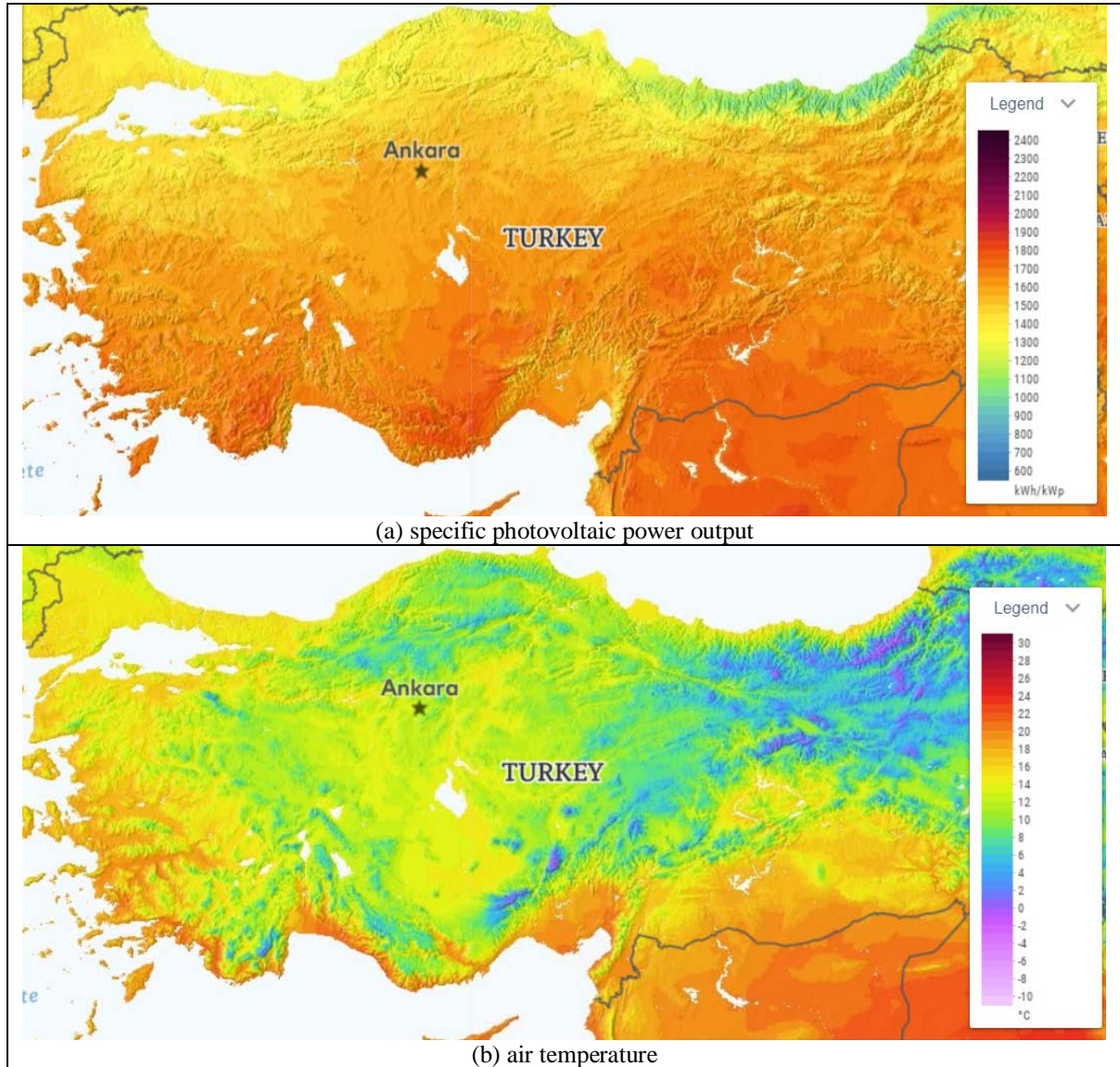


Figure 1. Map layers (a) specific photovoltaic power output and (b) air temperature [11].

Statistical analysis was conducted using Taguchi’s L8 orthogonal array design and this array contains three control factors with two levels. Longitudes for areas in Turkey, mounting position of PV modules, and orientation angle of PV modules were accepted as control factor in determining energy output. Latitude value for every area was considered as 38.6 in degree while longitude values were used to be 27.5 and 41.5 in degree. For second control factor, mounting position of PV modules were assumed as free-standing and building-integrated systems. In free-standing system, the PV modules are fixed on a rack consisting of air flowing

easily behind the modules [12]. In building-integrated system, PV modules are totally constructed into the structure of the wall or roof of a building and so air movement behind the modules was not occurred [12]. For third control factor, orientation angle of PV modules was considered as 0 and 5 in degree. In addition, this angle was generally used as azimuth and it is the angle of PV modules relative to South [12]. East, South, and West were determined as -90°, 0°, and 90° [12]. Control factors used and their levels in analyses were presented in Table 1.

Table 1. Control factors and levels

Control Factors	Symbol	Level 1	Level 2
Longitude	A	27.5	41.5
Mounting Position	B	free-standing	building-integrated
Orientation Angle	C	0	5

In analyses, data for PV energy outputs were obtained using control factors with different levels. These data were used from photovoltaic geographical information system (PVGIS) [12]. In system, there are many different solar radiation databases with hourly time resolution. However, in this study, analyses were performed using satellite-based database named as PVGIS-CMSAF, which is old default satellite-based database of PVGIS 4 for areas such as Europe, Africa and some areas of South America [12]. Energy output data obtained for different control factors including various levels were shown in Table 2 [12].

Table 2. PV energy output

Longitude (degree)	Mounting Position (-)	Orientation Angle (degree)	PV Energy Output [12] (kWh)
27.5	free-standing	0	168.63
27.5	free-standing	5	167.79
27.5	building-integrated	0	160.55
27.5	building-integrated	5	159.75
41.5	free-standing	0	167.32
41.5	free-standing	5	165.99
41.5	building-integrated	0	159.52
41.5	building-integrated	5	158.30

In order to obtain the highest energy output data, statistical analysis were carried out using “The higher is better” quality characteristic based on Taguchi Method and the approach was given in Equation 1 [13].

$$(S/N)_{HB} = -10 \cdot \log \left(n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i^2)^{-1} \right) \tag{1}$$

In here, n represents the number of analyses for energy output in a trial and yi shows ith data. In order to see effects of control factors in energy outputs, the S/N ratio analysis was employed using Minitab 15 statistical software [14].

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

This study deals with influences of orientation angle and mounting position of PV modules on energy output for different longitudes in August based on L8 orthogonal array design with three control factors at two levels. PV energy outputs obtained from photovoltaic geographical information system and their S/N ratio data for “The higher is better” quality characteristic were tabulated in Table 3.

Table 3. Results and S/N ratio data

Test	Designation	Results	
		PV Energy Output [12] (kWh)	S/N ratio η (dB)
1	A ₁ B ₁ C ₁	168.63	44.5387
2	A ₁ B ₁ C ₂	167.79	44.4953
3	A ₁ B ₂ C ₁	160.55	44.1122
4	A ₁ B ₂ C ₂	159.75	44.0688
5	A ₂ B ₁ C ₁	167.32	44.4710
6	A ₂ B ₁ C ₂	165.99	44.4016
7	A ₂ B ₂ C ₁	159.52	44.0563
8	A ₂ B ₂ C ₂	158.30	43.9896
Overall Means (\bar{E}_s)		163.48	-

3.1. Examination of control factors

In order to find the optimal levels of PV orientation angle, PV mounting position, and longitudes in energy output, average means and their S/N ratio data in accordance with each control factor at two levels for energy output data were calculated by Minitab R15 statistical software. The results were shown in Table 4.

Table 4. Response table for S/N ratio and mean

Level	S/N ratio in dB			Mean (kWh)		
	A	B	C	A	B	C
1	44.30	44.48	44.29	164.20	167.40	164.00
2	44.23	44.06	44.24	162.80	159.50	163.00
Delta	0.07	0.42	0.06	1.40	7.90	1.00
Rank	2	1	3	2	1	3

Table 4 shows that the optimal control factors were obtained for the first levels. In order to see effects of PV orientation angle, PV mounting position, and longitudes, average S/N ratio data for control factors at two levels based on energy output data were plotted in Figure 2. According to Figure 2, the increase of levels of PV orientation angle, PV mounting position, and longitudes causes the decrease of energy output in system.

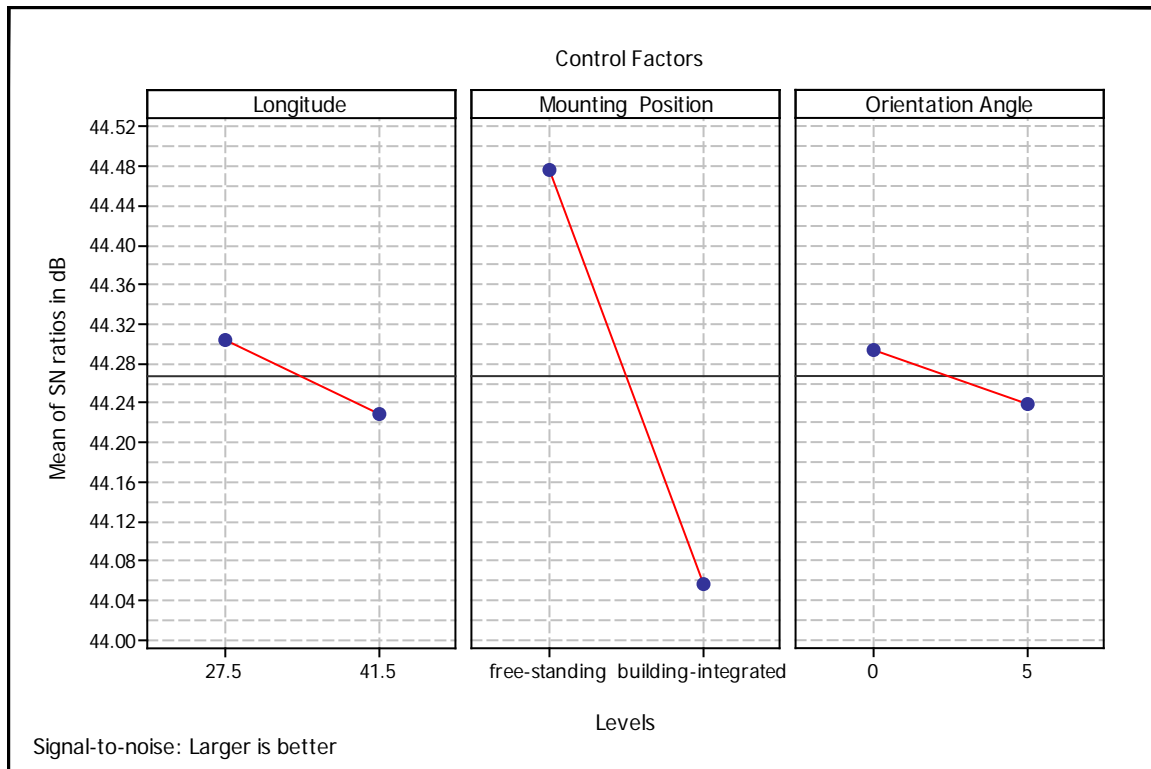


Figure 2. Effects of control factors in energy output

3.2. Analysis of Variance for energy output

In this study, three different control factors which have two levels were used and each control factor has various % effects in energy outputs. In order to calculate the % influences and the significant levels of PV orientation angle, PV mounting position, and longitude, variance analysis (ANOVA) was employed at 95 % confidence level. ANOVA results for R-Sq = 99.88 % and R-Sq (adj) = 99.79 % was presented in Table 5.

Table 5. Analysis of Variance for energy output

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	% Effect
A	1	3.906	3.906	3.906	99.80	0.001	2.98
B	1	124.899	124.899	124.899	3191.29	0.000	95.23
C	1	2.195	2.195	2.195	56.07	0.002	1.67
Error	4	0.157	0.157	0.039			0.12
Total	7	131.156					100

As can be seen from Table 5, PV orientation angle, PV mounting position, and longitude are the significant control factors due to $P < 0.05$ value. Also, the most effective control factors are found to be PV mounting position which has 95.23 % influence, longitude which has 2.98 % influence, and PV orientation angle which has 1.67 % influence, respectively.

3.3. Prediction of optimal energy output

In order to predict the optimal energy output for the highest data, the significant levels among PV orientation angle, PV mounting position, and longitudes were selected. Therefore, energy output data based on the optimal levels of control factors (A, B, C) were determined. The

optimal result of response was calculated using control factors at the first levels. The predicted mean of energy output may be calculated based on Equation 2 [13].

$$\mu_{E_s} = \bar{A}_1 + \bar{B}_1 + \bar{C}_1 - 2\bar{T}_{E_s} \tag{2}$$

In here, $\bar{A}_2 = 164.20$, $\bar{B}_2 = 167.40$, and $\bar{C}_2 = 164.00$ express the average means of PV orientation angle, PV mounting position, and longitude at the first levels for energy outputs. These data were given in Table 4. \bar{T}_s is calculated as 163.48 and it is the average mean based on Taguchi’s L8 orthogonal array. This data was given in Table 3. Substituting data given of different terms in Equation 2, μ_{E_s} is calculated be 168.64 kWh. Confirmation analysis and population at 95 % confidence intervals were solved in accordance with Equation 3 and Equation 4 [13].

$$CI_{CA} = \left(F_{\alpha;1;n_2} V_{error} \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{R} \right] \right)^{0.5} \tag{3}$$

$$CI_{POP} = \left(\frac{F_{\alpha;1;n_2} V_{error}}{n_{eff}} \right)^{0.5} \tag{4}$$

$$n_{eff} = \frac{N}{(1 + T_{DOF})} \tag{5}$$

In here, $n_2 = 4$ is the error value for the degree of freedom in ANOVA and $\alpha = 0.05$ express the risk. $F_{0.05;1;4}$ is solved as 7.71 [13] based on data of F ratio table for 95 % confidence interval. R express the sample size of confirmation analysis of response and this value is determined to be 1. N demonstrates the sum of number of analysis carried out for response and numerical value of this term was taken as 8. T_{DOF} presents the sum of the number of degrees of freedom (DF) for the important control factors in analysis of variance and numerical value of this term was solved as 3. Therefore n_{eff} was calculated as 2. V_{error} illustrates the error value for Adj MS in analysis of variance and numerical value of this term is given as 0.039 in Table 5. Numerical data for CI_{CT} and CI_{POP} were calculated as ± 0.672 and ± 0.388 , respectively. The estimated confidence interval for confirmation analyses [13] is:

$$\text{Mean } \mu_{E_s} - CI_{CT} < \mu_{E_s} < CI_{CT} + \text{Mean } \mu_{E_s}$$

The 95 % confidence interval of population [13] is:

$$\text{Mean } \mu_{E_s} - CI_{POP} < \mu_{E_s} < CI_{POP} + \text{Mean } \mu_{E_s}$$

The comparison of reference and predictive results for optimum result at estimated confidence intervals is presented in Table 6.

Table 6. Optimal results for reference and predicted data

Test	Reference [12]	Predictive Result	Predicted Confidence Intervals for 95% Confidence Level
A ₁ B ₁ C ₁	168.63 kWh	168.64 kWh	$167.968 < \mu_{E_s} < 169.312$ for CI_{CT} $168.252 < \mu_{E_s} < 169.028$ for CI_{POP}

4. CONCLUSIONS

In this study, the effects of orientation angle and mounting position of PV modules on energy output for different longitudes in August were investigated. Analyses were performed using L8 orthogonal array, which has three control factors with two levels, according to Taguchi

technique. Impacts and the optimal levels of control factors in PV energy output were determined using analysis of Signal-to-Noise (S/N) ratio whereas importance and percentage contribution rates of control factors on PV energy output were examined using analysis of variance (ANOVA) at 95 % confidence level. According to this study, the following conclusions can be summarized:

- The optimum energy output was obtained using the first levels of PV orientation angle, PV modules mounting position, and longitudes.
- The increase of PV orientation angle and longitudes leads to decrease of energy output.
- Compared with PV mounting position which has building-integrated system, energy output of PV mounting position with free-standing system is higher.
- PV orientation angle, longitudes, and PV mounting position are significant control factors due to $P < 0.05$ value. Also, the most effective control factors are found to be PV mounting position which has 95.23 % effect, longitude which has 2.98 % effect, and PV orientation angle which has 1.67 % effect, respectively.
- Predicted energy output data at 95 % confidence intervals of confirmation analyses were calculated as $167.968 < \mu_{E_s} < 169.312$ for CI_{CT} and $168.252 < \mu_{E_s} < 169.028$ for CI_{POP} .

REFERENCES

- [1] Alrikabi, N. (2014). "Renewable energy types". *Journal of Clean Energy Technologies*, 2, 61-64.
- [2] Solangi, K.H., Islam, M.R., Saidur, R., Rahim, N.A., Fayaz, H. (2011). "A review on global solar energy policy". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2149-2163.
- [3] Sreenath, S., Sudhakar, K., Yusop, A.F., Cuce, E., Solomin, E. (2020). "Analysis of solar PV glare in airport environment: Potential solutions". *Results in Engineering*, 5, 100079.
- [4] Shukla, A.K., Sudhakar, K., Baredar, P., Mamat, R. (2018). "BIPV based sustainable building in South Asian countries". *Solar Energy*, 170, 1162-1170.
- [5] Hussein, H.M.S., Ahmad, G.E., El-Ghetany, H.H. (2004). "Performance evaluation of photovoltaic modules at different tilt angles and orientations". *Energy Conversion and Management*, 45, 2441-2452.
- [6] Kern, J., Harris, I. (1975). "On the optimum tilt of a solar collector". *Solar Energy*, 17, 97-102.
- [7] Xu, R., Ni, K., Hu, Y., Si, J., Wen, H., Yu, D. (2017). "Analysis of the optimum tilt angle for a soiled PV panel". *Energy Conversion and Management*, 148, 100-109.
- [8] Gunerhan, H., Hepbasli, A. (2007). "Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications". *Building and Environment*, 42, 779-783.
- [9] Wilson, M.J., Paul, M.C. (2011). "Effect of mounting geometry on convection occurring under a photovoltaic panel and the corresponding efficiency using CFD". *Solar Energy*, 85, 2540-2550.
- [10] Chang, T.P. (2009). "Output energy of a photovoltaic module mounted on a single-axis tracking system". *Applied Energy*, 86, 2071-2078.
- [11] <https://globalsolaratlas.info/map>
- [12] <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- [13] Ross, P.J. *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, McGraw-Hill International Editions, 2nd Edition, New York, USA, 1996.
- [14] MINITAB. Software (Minitab Inc State College, PA, USA) (www.minitab.com)



International Journal of Engineering and Innovative Research

<http://dergipark.gov.tr/ijeir>

ASSESSMENT OF MOBILE LEARNING PERFORMANCE

Majlinda FETAJI¹, Bekim FETAJI², Özcan ASILKAN^{*3}, Mirlinda EBIBI², Halil SNOPECE¹

¹ Faculty of Contemporary Sciences and Technologies, South East European University, Tetova, North Macedonia

² Faculty of Informatics, Mother Teresa University, Skopje, North Macedonia

³ Faculty of Computer Sciences and IT, University of Metropolitan Tirana, Tirana, Albania

*Corresponding Author: osilkan@umt.edu.al

(Received:27.03.2020; Revised: 13.04.2020 Accepted: 15.04.2020)

ABSTRACT: Although the application of mobile devices to educational curricula can be easier than in computers, many obstacles might also be encountered. Therefore, measurement of the performance of mobile learning process and further improvements by incorporating and assessing learners style should be seriously taken under consideration. The purpose of this research study is to assess mobile learning performance by proposing an improved methodology. The study pays attention to the instructional strategies that imply different settings and approaches when using mobile devices in the learning process, based on the case study insights from different universities.

Keywords: Assessment, Education, Learning Personalization, Mobile Learning, Performance.

1. INTRODUCTION

The innovations and rapid advances in mobile technologies have significantly increased since 2007 with the presentation of the iPhone followed by iPad. The exciting benefits of having all important information accessible everywhere in real time have given rise to the huge investments on internet technologies and mobile devices, like tablets and smart phones. Needless to say, the biggest advantage of mobile learning over e-learning is the mobility that minimizes the dimensional constraints of time and location, thus provides flexibility, convenience and the comfort to learn at any place, any time.

As a result of rapid increase in the usage of mobile phones and internet in the recent decade, mobile learning became almost the most popular and preferred method among the learners.

The remarkable popularity of mobile learning systems also leded researchers to measure the effectiveness of these systems. Chen suggested that the theory has been validated by its successful application within the classroom stating that “The absolute objectivity of any methodology is illusory” [1]. Many researchers perceived the mobile learning as a higher level development of e-learning [2-4] and considered as part of distance education [8].

Time to transmit the data to mobile devices is often longer then to computers, thus it might impact the patience of learners. It is one of the reasons that might have initiated skepticism about effectiveness of using mobile devices in learning process which needs to be seriously investigated.

This study addressed the following research questions: *What are the opportunities and potentials of enhancing the accessibility of learning information in real time? What kind of*

communication levels and knowledge transfer exist between learners and educational institutions, by means of the mobile devices? How to measure and improve the mobile learning performance?

We examined the learning theories, learning styles and instructional strategies, followed by analyzing their influences on the individual learning processes. Results helped us define the fundamental requirements of personalized mobile learning experience which concluded with the customization of the educational processes based on the personalized mobile learning.

2. EXPERIMENTAL STUDY

With the main focus on the integration of mobile devices in the education curricula, this study started with a theoretical research by reviewing the secondary data from literature review, followed by an empirical research to collect primary data through custom-designed questionnaires that were presented to university students.

According to Hu [6] and Sukic [4], there is a lack of research studies on educational aspects of the use of mobile technologies. Efficiency, effectiveness and usability of mobile learning applications as well as overall performance should be investigated by researchers. Therefore, we tried to investigate the performance of mobile solutions used through the research as an experimental case study, to determine the factors that influence the development of efficient mobile learning applications.

Based on previously defined personalization criteria, we have designed a personalized mobile learning model for the “Software Engineering” course using “Google Classroom”. For the research study needs, a case study was initiated and students from various faculties (like Computer Sciences, Public Administration, etc.) have been included in the study within two particular courses where they used mobile devices in the learning process.

According to Chen [1], the theory of “multiple intelligences” (also known as Gardner's theory), implies that there are eight kinds of intelligences owned by each individual: logical-mathematical, naturalist intelligence, intrapersonal and interpersonal, spatial, body-kinesthetic, linguistic and musical. According to this theory, “specific pedagogies should be devised to allow each of the abilities to be expressed, and different intelligences represent not only different content domains but also learning modalities”.

In our study we suggest the adaptation of the Gardner’s learning modalities and learner’s preferences in the field of mobile learning and represent each type of intelligence with appropriate type of mobile learning content that has to be represented and covered in mobile learning application as shown in the Table 1.

Table 1. Relationship between intelligence, mobile learning content type and technology [1]

Intelligence	Content type	Technology
Linguistic	Prose, Textual Explanation	HTML, Word
Logic-Math	Bulleted List	HTML list
Spatial	Diagrams, Graphics, Movies	Flash, iMovie, Power Point
Musical	Sound Effects, Sound Track	Flash, Audio
Intrapersonal	Self-Guided Problem Analysis, Journals	HTML forms with script
Interpersonal	Discussions – problems, cases, questions	Threaded discussion
Naturalist	Categories and Metaphors	HTML lists, Flash
Bodily- Kinesthetic	Hands-on Exercises Simulations	Scripts Virtual Environ.

The instructional strategies of Inquiry-based Learning, Project-based Learning, Task based learning and Problem-based learning have been investigated with a conclusion of Task Based Learning being the most appropriate strategy for mobile learning [3].

We recommend that the personalization requirements should be designed such that they represent the inherent knowledge in a form that is reusable and accessible to course developers using personalized mobile learning development platforms and learners using personalized mobile learning services.

In the study, we analyzed the students' learning styles by following the guidelines of Felder and Silverman [5]. The index of learning styles (ILS) through using the ILS Questionnaire as discussed in Felder was used in the research. After we presented the questionnaires to learners and received the results, we have mapped them with intelligence type and mobile learning content type, together with the corresponding instructional strategy with an aim to personalize the mobile learning experience.

Students' learning styles have been defined from the responses to questionnaires that covered questions on their preferences, previous knowledge, hobbies, interests, etc.

Based on their learning modalities and preferences, we defined the personalization criteria, focused on different adaptation types: adaptation to students' behaviour; adaption to learning objective; adaptation to students' knowledge level, learning modalities and preferences, with the aim of adopting an appropriate way of learning, navigation and assessment.

As an example, if the majority of students were found to be of reflective type of learners (learners that prefer to develop critical thinking, self-awareness and analytical skills) then that would need to be combined with the instructional strategy-project based learning or problem based learning and organize the mobile learning content according to the Table 1, respecting the correlation between the type of intelligence majority of students exhale with the type of content that needs to be provided to them. On the other hand, if the majority of students were found to be of active type of learner (that prefer hands on approach and actively doing something while they learn and investigate) then combined with "task based learning" instructional strategy and further in correlation with the content that suits the majority type of excellence in a particular type of intelligence.

The mobile learning performance methodology as estimation calculation approach we have based on improving as outlined by Lord, method of iteration for solving equations method known as the Newton-Raphson method. The improved equation is shown below:

$$IT(\Omega) = \sum_{i=1}^N I_{i+1}(\Omega) \quad E(\Omega) = \frac{1}{\sqrt{IT(\Omega) + 0.1}} \quad (1)$$

The Information Test (IT) with $i = 0$ for the incorrect response, and $i = 1$ if the response is correct and the calculated mobile learning skill ability level (Ω) after users answer n questions:

$$\Omega_{n+1} = \Omega_n + \frac{\sum_{i=1}^n S_{i+1}(\Omega_{n+1})}{\sum_{i=1}^{n-1} I_{i+1}(\Omega_{n-1})} \quad (2)$$

$$S_i(\Omega) = [0.9 - P_i(\Omega)] \frac{P'_{i+1}(\Omega)}{P_i(\Omega)[u_i - P_i(\Omega)]} \quad (3)$$

The standard error $S(\Omega)$ and information test $IT(\Omega)$ calculate the ability level Ω by summing the values of the variable functionality (VF) at the candidate's ability level to obtain the test information. The importance of performance measurement is based on the fact that it seeks to bring together diverse body of knowledge and to ensure that the key issues are identified, by focusing on the process of performance measurement of mobile learning.

The most important element of testing is the collection of test items. The item test represents the parameters that are connected with the variable response factor (VRF) selected to model the data included in the pool and to measure the ability levels (Ω) of the learners.

The difficulty of an item is a location index and defines the item functions along the ability scale.

The main aspect of variable response factor (VRF) is the exponential function, curve of characteristics (CC) [2]. CC expresses the difficulty level by measuring and provides the probability of answering a question correctly by a learner with certain skill level (Ω).

The simplest VRF (variable response factor) model is the "1-parameter logistic" (1PL). This item parameter represents and calculates "the difficulty" and the equation for this model we have adopted and modified from Georg Rasch model [3] and used in mobile learning as provided below:

$$P(\Omega) = \frac{1}{1 + e^{-1(\Omega-d)}} \quad (4)$$

where d is the calculated difficulty parameter, Ω is the ability level and e is the constant 2.718.

The variable functionality (VF) is a very important value of VRF models, and it provides information about the learner's ability determined in an adaptive assessment. For selecting a question appropriate to the learner, VF for all the questions in the assessment should be calculated and the question with highest value of VF is presented to the learner.

$$I_i(\Omega) = P_i(\Omega)(1 - P_i(\Omega)) \quad (5)$$

where $P_i(\Omega)$ represents the correct response to item i probability for ability level Ω [3].

Throughout the study, 73 students out of 87 (in total 83.90%,) entered a pre-test and post-test questionnaire. The main purpose was to measure the increase in their skills before and after the use of the mobile learning.

The results from these questionnaires showed a positive relationship between the post-test and pre-test, $T(1,62) = 79.989$, $p < 0.001$, and there were no significant differences between genders $T(1,62) = 3.076$, $p = 0.079$.

Table 2. Anova results for gender and their interactions according to training condition found from post- test

Variation	The sum of squares	diff	MeanSquare	T Value	S
all	59.649	2	59.989	1.392	0.319
gender	450.477	3	601.012	9.003	0.007
all * gender	49.879	6	60.072	0.978	0.326
errors	2798.204	29	39.754		
Total	53187.330	40			

Table 3. Ancova results for gender and their interactions according to training condition found from post- test

Variation	The sum of squares	diff	MeanSquare	T Value	S
all	453.276	2	453.786	17.021	0.001
gender	84.911	2	84.911	2.995	0.084
Post-Test	2207.208	2	2207.208	79.998	0.001
all post-Test	134.962	6	134.962	4.899	0.028
error	1711.647	29	30.012		
Total	6069.809	41			

* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ (These are standard values for threshold levels)

6. CONCLUSIONS

This study tried to propose a personalized conceptual methodology to measure mobile learning performance by comparing and evaluating the various levels of mobile learning effectiveness, based on the methods defined by Gardner, Felder and Silverman. Various measurements were also realized by using an improved Newton-Raphson iterative method and other mathematical formulas to measure mobile learning skill levels and assess learners' learning ability levels together with other parameters like d (difficulty level) and Ω (ability level).

The opportunities for improving accessibility to information in real time when needed, communication level between learners, knowledge transfer and with this the level of learning at educational institutions through use of mobile devices was evaluated as positive with quite high impact. Mobile learning had a substantial impact on the above mentioned factors.

REFERENCES

- [1] Chen, J., (2004). "Theory of Multiple Intelligences: Is it a scientific theory?", Teachers College Record, Vol 106 (1), 17-23.
- [2] Fetaji, B., Ebibi, M., Fetaji, M., (2011). "Assessing Effectiveness in Mobile Learning by Devising MLUAT (Mobile Learning Usability Attribute Testing) Methodology" International Journal Of Computers And Communications, pp. 178-187, ISSN: 2074-1294, Issue 1, Volume 5, 2011
- [3] Ebibi, M., Fetaji, B., Fetaji, M., (2012). "Expert Based Learning (EXBL) Methodology for Developing Mobile Expert Learning Knowledge Management Software System", TTEM Journal for Techniques and Technologies Education Management, ISSN: 1840-1503, Publisher DRUNPP Sarajevo, Bosnia & Herzegovina, Volume 7, number 2, 2012. Pp: 864-875.
- [4] Sukic, C., Ebibi, M., Fetaji, B., (2011). "Education in the digital environment and improving e-learning", WCIT2011, World Conference on Information Technology, Antalya, Turkey, 2011.

- [5] Felder, R.M., Silverman, L.K., (1987). "Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education", Presented at the 1987 Annual Meeting of the American Institute of Chemical Engineers, New York, Nov. 1987.
- [6] Hu, W., (2011). "Math That Moves: Schools Embrace the iPad", New York Times, January 4, 2011.
- [7] Fetaji, M., Fetaji, B., (2008). "Usability testing and evaluation of a mobile software solution: A case study" – IEEE conference, ITI, Dubrovnik, Croatia, 23-26 June 2008, pp (501 - 506).
- [8] Kukulska-Hulme A., Pettit J., (2009). "Practitioners as Innovators: Emergent Practice in Personal Mobile Teaching, Learning, Work, and Leisure, in the book (Ally, 2009).