

ISESH2019

**INTERNATIONAL SCIENCE
AND ENGINEERING APPLICATIONS
SYMPOSIUM ON HAZARDS
2019**

PROCEEDING BOOK

Editor: Dr. İnan KESKİN

25-27 '19
SEPTEMBER

www.ish.info



AFAD

MACCAFERRI



ISESH2019

e-ISBN: 978-605-87089-9-0

The Proceedings of International Science and Engineering Applications Symposium on Hazards 2019 September 25-27, 2019, Karabuk University, Karabuk, Turkey.

Edited by

Dr. İnan KESKİN (Chairman)

Copyright

© 2019, ISESH2019, Karabuk University
Karabuk, Turkey
<http://isesh.info/>
isesh@karabuk.edu.tr

The symposium papers to be cited can be referenced by using the following expression:

International Science and Engineering Applications Symposium on Hazards 2019

This proceeding includes the original papers submitted to ISESH2019. It is accessed in free of charge. All scientific and linguistic responsibilities of the published articles belong to their authors.

HONORARY CHAIRMEN / ONURSAL BAŐKANLAR

Prof. Dr. Refik Polat
Dr. Mehmet GÜLLÜOĞLU

Rector of Karabük University
Head of AFAD

ORGANISING COMMITTE CHAIRMEN / DÜZENLEME KURULU BAŞKANI

Dr. İnan KESKİN
Dr. Gazanfer ERBAY

Karabük University
Director of Karabük AFAD

ORGANISING COMMITTE / DÜZENLEME KURULU

Dr. Emrah DOĞAN Sakarya University Dis. Man. Application And Reserch Center
Dr. Haluk AKGÜN Middle East Technical University
Dr. Tülay EKEMEN KESKİN Karabük University
Dr. Hakan SERHAT SOYHAN Sakarya University Fire Application and Reserch Center
Dr. Halil İbrahim YUMRUTAŐ Karabük University
Dr. Kasım YILMAZ Karabük University
Bora BALUN Karabük AFAD

SCIENTIFIC COMMITTE / BİLİM KURULU

Dr. Abolfazl Nazari GİGLOU University of Idaho, US
Dr. Abdullah Can ZÜLFİKAR Gebze Teknik University, Turkey
Dr. Ahmet Necati YELGİN Karabük University, Turkey
Dr. Ali ATEŞ Düzce University, Turkey
Dr. Ali POLAT AFAD, Turkey
Dr. Alias Abdul RAHMAN Universiti Teknologi, Malaysia
Dr. Anne DEDERICH Lund University, Sweden
Dr. Ayfer ERKEN DoĐuŐ University, Turkey
Dr. AyŐe ÇAĞLAYAN Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Turkey
Dr. Bagya PACKİALAKSHMİ Sathyabama Institute of Science and Technology, India
Dr. Biswajeet PRADHAN University of Technology Sydney, Australia
Dr. Cem KIRLANGİÇOĞLU Sakarya University, Turkey
Dr. Derya DENİZ Özyegin University, Turkey
Dr. Djillali BENOVAR University of Bab Ezzouar (USTHB, Algeria)
Dr. Emrah DOĞAN Sakarya University, Turkey
Dr. Erkan ÇELEBİ Sakarya University, Turkey
Dr. Ertuğrul ESMERAY Karabük University, Turkey
Dr. Farrokh MAHNAMFAR Sakarya University, Turkey
Dr. Fatih GÖKTEPE Bartın University, Turkey
Dr. Fatih SAKA Karabuk University, Turkey
Dr. Filip BİLJECKİ National Singapore University, Australia
Dr. Halil İbrahim YUMRUTAŐ Karabuk University, Turkey

Dr. Hasan ÇETİN	Çukurova University, Turkey
Dr. Hassan RHİNANE	Université Hassan II de Casablanca, Morocco
Dr. Hamid Reza POURGHASEMI	Shiraz University, Iran
Dr. Ihab HİJAZİ	Najah University, Palestine
Dr. İlker KALKAN	Kırıkkale University, Turkey
Dr. İnan KESKİN	Karabuk University, Turkey
Dr. İsmail Rakıp KARAŞ	Karabuk University, Turkey
Dr. Işık YILMAZ	Cumhuriyet University, Turkey
Dr. Ivin Amri MUSLİMAN	Universiti Teknologi, Malaysia
Dr. Jong Han LEE	Inha University, Republic of Korea
Dr. Kalle RAJATIE	Lahti University, Finland (retired)
Dr. Mallikarjuna R. VEERABALLY	Gokaraju Rangaraju Institute of Eng. & Tech., India
Dr. Markiv TARAS	Lviv Polytechnic National University, Ukraine
Dr. Mehmet Emin ARSLAN	Düzce University, Turkey
Dr. Mehmet EMİROĞLU	Düzce University, Turkey
Dr. Mehmet Fatih DÖKER	Sakarya University, Turkey
Dr. Mohammad Manzoor NASERY	Kabul, Afghanistan
Dr. Moneeb GENEDY	University of New Mexico, USA
Dr. Muayad Mohammed KASSIM	Kirkuk University, Iraq
Dr. Muhammet ÇELİK	AFAD, Turkey
Dr. Muhammed Zeynel ÖZTÜRK	Niğde Ömer Halis Demir University, Turkey
Dr. Nazım NERİMAN	University of Ishik, Irak
Dr. Osman GENÇEL	Bartın University, Turkey
Dr. Osman SÖNMEZ	Sakarya University, Turkey
Dr. Rahulreddy CHENNAREDDY	University of New Mexico, USA
Dr. Sabahattin AYKAÇ	Gazi University, Turkey)
Dr. Sakari HALMEMEİS	LAMK University, Finland (retired)
Dr. Salvatore SANTUCCIO	University of Camerino, Italy
Dr. Salim T. YOUSIF	University Of Mosul, Iraq
Dr. Serkan SUBAŞI	Düzce University, Turkey
Dr. Simo Hostikka	AALTO University, Finland)
Dr. Simon SCHNABL	University of Ljubljana, Slovenia
Dr. Shivam TRİPATHİ	Purdue University, USAM
Dr. Sohaib EBUJAYYAB	Karabuk University, Turkey
Dr. Şenol GÜRİSOY	Karabuk University, Turkey
Dr. Şükrü ERSOY	Yıldız Teknik University, Turkey
Dr. Uznir UJANG	Universiti Teknologi, Malaysia
Dr. Tülay EKEMEN KESKİN	Karabuk University, Turkey
Dr. Vincenzo Michele SELLITTO	MSBIOTECH, Italy
Dr. Veysel IŞIK	Ankara University, Turkey
Dr. Wael M. ELSADEK	South Valley University, Egypt
Dr. Yasin DÖNMEZ	Karabuk University, Turkey
Dr. Zehra Şule GARİP	Karabuk University, Turkey
Dr. Züheyr KAMACI	Süleyman DEMİREL University, Turkey

SECRETARIAT / SEMPOZYUM SEKRETERYASI

Öğr.Gör. Kürşat M. KARAOĞLAN

Karabuk University, Turkey

PREFACE

International Science and Engineering Applications Symposium on Hazards 2019” was held on 25-26-27 September 2019 at Karabük University.

In today’s world, disasters of different origin are causing major damages where people live. As a result of this, various of losses (economic and moral) occurs. The aim of ISESH2019; is to contribute to the literature internationally within the scope of disaster preparedness, prevention and management by evaluating various hazards of different origin in the light of science and engineering.

The symposium was performed in 11 session such as Disaster Management, Earthquake Risk Mitigation Policies, Fire, Geotechnical Earthquake Engineering, Hydro-Meteorological Disasters, Natural Hazards Caused by Earthquakes, Seismic Hazard Analysis, Seismic Design and Analysis of Structures, Seismic Safety of Historical Structures, Seismic Design Codes, Soil Problems, Urban Planning in Earthquake Prone Regions, Wood structures and seismic behavior etc. The symposium became a scientific feast where many scientists and experts from different fields shared their knowledge, ideas and experiences with a wide international participation.

I appreciate Karabük University, AFAD, Sakarya University and Maccaferri for their great efforts and supports

Assoc. Prof. Dr. İnan KESKİN
Chair of Symposium
September 2019

Evaluation of Soil Structure-Interaction Effects on the Seismic Responses of 2D Reinforced Concrete Frame Structures by means of Static Pushover Analysis

Mukhtar Ahmadi¹, Erkan Çelebi²

¹ Sakarya University, Institute of Natural Science, Sakarya, Turkey, 05538365210,
mu317050@gmail.com

² Sakarya University, Department of Civil Engineering, Sakarya Turkey, +90 (264) 295 54 54,
ecelebi@sakarya.edu.tr

Abstract: In this paper, the seismic performance results based on the nonlinear static analysis of 2D reinforced concrete (RC) moment resisting frames (MRFs) are evaluated in view of the latest Turkish Earthquake Code (TEC-2018) as a case study by considering soil-structure interaction (SSI). The numerical applications of this work based on displacement base analysis covers RC buildings of 2, 4 and 8 stories which was designed with respect to TEC-2018. Different soil types for Adapazari region ranging from very stiff to very soft soils according to TEC-2018 soil classification are considered in order to better realize the SSI effects. The compliance of the supported soil for each single square type footings was considered according to the spring stiffness coefficients condensed at a single point on the foundation-soil interface. The stiffness parameters of springs for each degree of freedom are calculated by means of impedance functions for rigid footings at the ground surface, suggested by seismic evaluation and retrofit of concrete buildings (ATC-40). Non-linear pushover analysis and performance evaluations are performed by SAP2000 computer package. The results obtained from SSI models are compared with fixed base models in terms of roof displacement-base shear force relationships, inter-story drifts, periods and ground columns damage levels.

1. Introduction

It is realized that the determination of inelastic deformation capacity of structures plays an important role in understanding the seismic behavior of structures. Plastic deformation of structural members can be computed through static pushover analysis. In performance-based analysis procedure, it is common in practice to assume the structures to be fixed in their bases and disregard the interaction between super-structures and underlying soil. This assumption is only realistic when the buildings are founded on solid rock or when the relative stiffness of the foundation soil is high compared to the superstructure. Furthermore, the response of structures to ground shaking is influenced by the interaction between the structure, the foundation and the geologic media underlying and surrounding the foundation. A seismic soil-structure interaction analysis evaluates the collective behavior between these three linked systems under seismic loads [1]. In addition, in most situations the foundation soil is flexible, therefore, in order to be able to evaluate the real behavior of the structure against the seismic loads, the foundation soil should be defined as a part of the structural system and analyzed together with the superstructure. Moreover, the SSI phenomenon is a very important issue in seismic analysis and design of structures,

especially for structures that are built on less favorable geotechnical conditions in high seismic regions. This may change the seismic responses of the structures to a considerable extent [2].

Furthermore, many studies have been devoted to study the effects of SSI on seismic responses of RC structures through displacement based (pushover) analysis procedure. These studies generally have used simplified code based methods (e.g., FEMA-356, 2000; FEMA-440, 2005; ATC-40, 1996; TEC-2007; TEC-2018) for accounting the interaction effects between the super structure and the supporting soil. In non-linear static analysis methods contained in these seismic codes the soil-foundation surface is represented by means of modified stiffness and damping characteristics. Joy et al. [3] evaluated the SSI effects on seismic performance of RC frames through non-linear static analysis. Different ground conditions (hard, medium and soft) were assumed under the foundation and soil-foundation interaction was represented by discrete elastic springs. The result for compliance base and fixed base conditions were compared in terms of base shear force and seismic displacement demand. Dok and Kirtel [4] studied the effects of non-homogenous soil profile on seismic behavior of 5 and 8 story RC structures. The interaction surface between non-homogenous soil and foundation was characterized by individual springs for each vibration mode and seismic evaluation was carried out using single-mode pushover analysis method. It was shown that SSI increases the displacement demand and inter-story drifts ratios significantly comparing to the fixed base conditions.

The main objective of this paper is to evaluate the effect of soil-structure interaction on the seismic behavior of RC frames subjected to design earthquake motion (DD-2) and analyzed according to TEC-2018 [5] regulations. Furthermore, it is aimed to put additional light on the importance of including SSI in numerical analyses of structures. Non-linear static analysis is carried out considering different 2D RC moment resisting frames, assuming different geological ground conditions for Adapazari region. The compliance of soil profile is represented by equivalent springs and the stiffness parameters of springs for each mode of vibrations are calculated by means of impedance functions for rigid footings at the ground surface, suggested by ATC-40 [6].

2. Implementation of SSI in Displacement Based Analysis Procedure

Displacement based analysis procedure is widely used to estimate the seismic performance of the structures. In this method, the structural behavior is represented by base shear force versus roof displacement relationship that is calculated through pushover analysis. In a pushover analysis method static lateral loads are applied under certain pattern on the structure and increases the loads until the structure reaches preset target lateral displacement criterion. The best way to evaluate the seismic performance of structure is to combine the structural capacity with seismic demand. For example, TEC-2018 provides detailed procedure regarding the determination of structural capacity, seismic demand and performance point. Based on TEC-2018 the seismic capacity of the building is obtained through pushover analysis, assuming that the first mode of vibration is predominant in response of the structures. The seismic demand curve is obtained by reducing the design elastic spectrum by 5% damping ratio. Finally the performance point also called inelastic displacement demand is determined as the intersection point of the capacity curve and the demand curve. The static pushover analysis procedure is summarized in Figure 1.

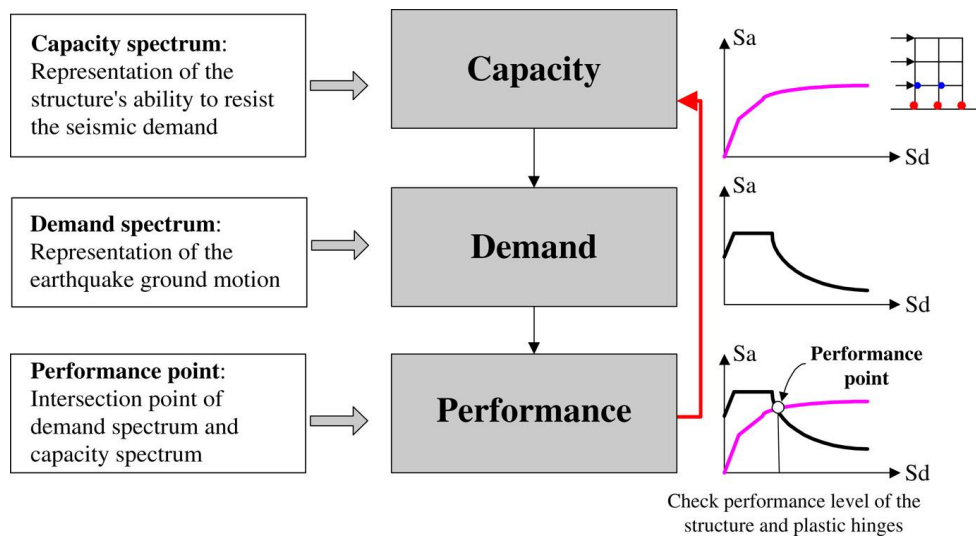


Figure 1. Static pushover analysis procedure[7]

Generally, the methods described above are applied for fixed base condition, however in order to incorporate the SSI effects, pushover analysis is implemented to a model with flexible base, and then the pushover curve of the model with SSI system is constructed [8]. After obtaining the pushover curve of the SSI model, the methods mentioned above can be used to predict the performance of the model with compliant base. Static pushover analysis of a structures with foundation springs is schematically illustrated in Figure 2.

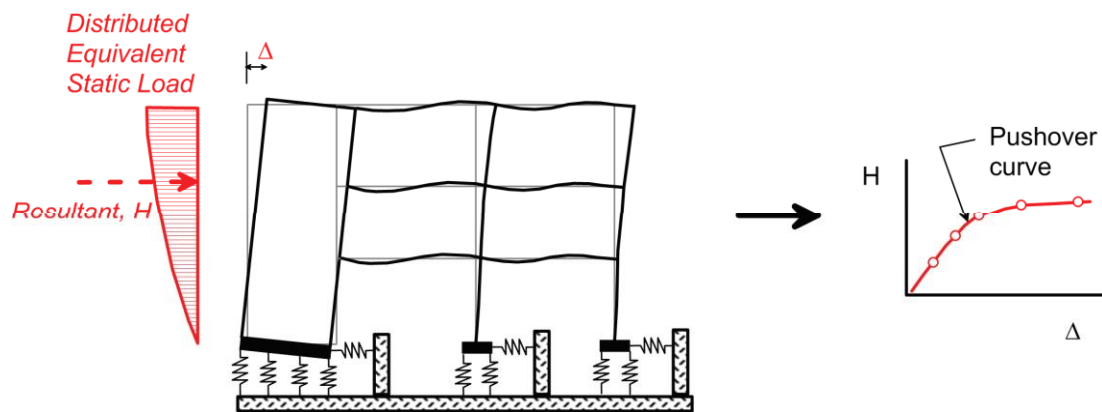


Figure 2. Schematic demonstration of a pushover analysis and development of a pushover curve for a structure with a flexible base [8].

The flexible base model in this study is constructed based on the procedure given in ATC-40 guideline. As stated by ATC-40, soil-foundation springs for nonlinear static analysis can be generated by means of static stiffness equations for rigid rectangular foundation at the ground surface [9]. Based on ATC-40, the way in which these springs are implemented in a pushover analysis model is either using uncoupled springs in which soil-foundation interaction is represented by individual springs for each vibration mode of foundation or by distributing springs across the extent of the foundation which is also known as Winkler model.

Basically, in practice for a rigid foundation assumption, uncoupled spring model is utilized to represent the interaction between foundation and soil. In this case two steps of calculation

is required. First, static stiffness for each individual spring is calculated using Table 1, for surface foundation. Then, the embedment modifier is determined for each stiffness term. The product of these two terms gives the stiffness of an embedded foundation. However, if the foundation depth is less than 3m (10 feet) or there is no basement considered for the building, embedment effects can be ignored [10]. In other cases the embedment modifier values are calculated using equation given by [9] for embedment modification.

Table 1. Elastic solution for static stiffness of rectangular rigid footings at the ground surface [8].

Degrees of Freedom	Gazetas (1991)
Translation along z-axis	$K_{z, \text{sur}} = 2GL/(1-\nu) \left[0.73 + 1.54(B/L)^{0.75} \right]$
Translation along y-axis	$K_{y, \text{sur}} = 2GL/(2-\nu) \left[2 + 2.5(B/L)^{0.85} \right]$
Translation along x-axis	$K_{x, \text{sur}} = K_{y, \text{sur}} - 0.2/(0.75-\nu)GL(1-B/L)$
Rocking about y-axis	$K_{yy, \text{sur}} = G/(1-\nu)(I_y)^{0.75} \left[3(L/B)^{0.15} \right]$
Rocking about x-axis	$K_{xx, \text{sur}} = G/(1-\nu)(I_x)^{0.75} (L/B)^{0.25} \left[2.4 + 0.5(B/L) \right]$
Rocking about z-axis	$K_{zz, \text{sur}} = GJ_t^{0.75} \left[4 + 11(1-B/L)^{10} \right]$

Notes:

- The axis should be oriented such that $L \geq B$
- I_x = area moment of inertia of soil-foundation contact surface about x axis.
- I_y = area moment of inertia of soil-foundation contact surface about y axis.
- $I_t = I_x + I_y$ is the polar moment of inertia of soil-foundation contact surface.
- G = Soil shear modulus
- ν = Poison ratio of the soil

2. Numerical examples

Three different 2D RC moment resisting frames consist of 2, 4 and 8 story are selected as reference structures and are modeled using SAP2000 software package. The selected RC buildings were designed according to the minimum requirements of TEC-2018. The story heights of the case studies are 3m and the column spacing is 4m. As concerns the material properties of the structures, compressive strength of concrete and steel strength are selected as 25MPa (C25) and 420MPa (S420), respectively. Typical fixed base models and section properties are as illustrated in Figure 2.

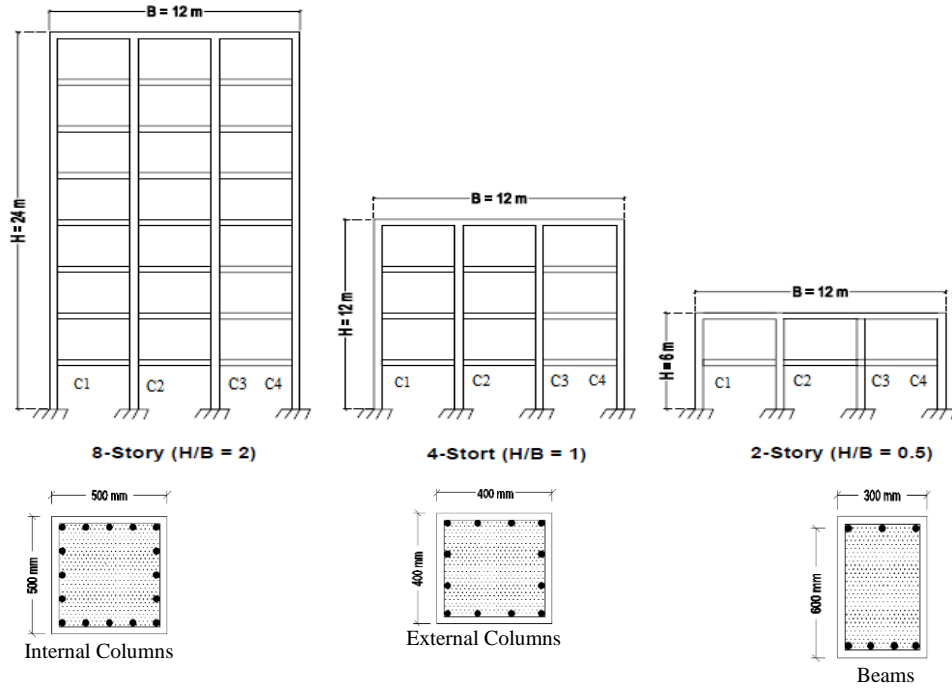


Figure 2. Typical fixed base models and member cross section details

Concrete and steel models are considered as per TEC-2018 and structural elements (columns and beams) are modeled as frame element in SAP2000. The nonlinearities for columns and beams are modeled by considering the series of hinge concepts defined in SAP2000. Coupled P-M3 hinge which yield based on the interaction of axial force and bending moments at the hinge location is assigned for columns and pure bending moment (M3) hinge is considered for beams in SAP2000. Plastic hinge properties are computed automatically by SAP2000 depending on defined steel and concrete model, the element section properties and on the provisions of FEMA-356 [10].

As concerns the soil properties, five different soil deposits (classified as soil type ZA, ZB, ZC, ZD and ZE according to TEC-2018) for Adapazari region are considered in order to better understand significant SSI effects. The local soil properties for ZA, ZB and ZC are specified as per TEC-2018 soil classification. While mechanical soil properties for ZD and ZE are obtained from geotechnical studies, after 1999 Kocaeli earthquake, at points B and A in Adapazari region, respectively [11]. Mechanical properties of selected local soil types are tabulated in Table 1.

Table 2. Mechanical properties of selected soils

Local Soil types	Test site	V_s [m/sec]	ρ_s [kN/m ³]	G_s [kN/m ³]	ν_s
ZA	-	1500	20	4500000	0.49
ZB	-	800	20	1280000	0.49
ZC	-	400	20	320000	0.49
ZD	Adapazari _Site B	185	20	68450	0.49
ZE	Adapazari _Site A	85	20	14450	0.49

To develop flexible base model, single isolated footings with 1.5x1.5 m dimensions are assumed under each column. These footings are considered as rigid foundation at the

surface of the half-space. The soil-foundation interaction is represented by individual springs for each foundation degree of freedom (Figure 3). Since this paper deals with 2D analysis, the spring stiffness only for three modes of foundation vibrations (translation along x and z axis and rotation about y axis) are computed by means of impedance functions given in Table 1. The SSI models of 2, 4 and 8 story buildings with foundation springs are demonstrated in Figure 3.

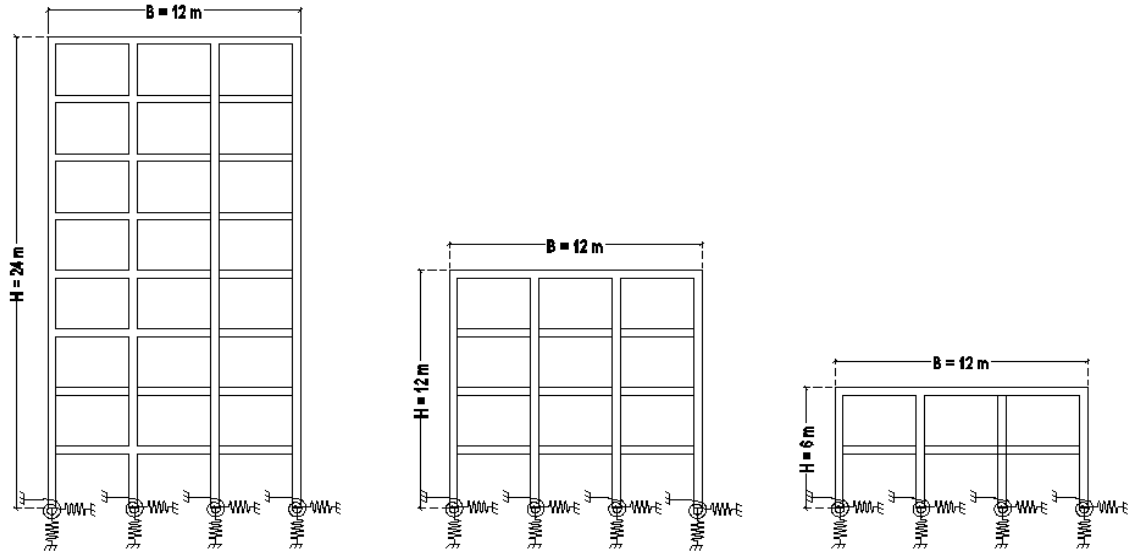


Figure 3. Flexible base models

The performance assessment for both flexible and fixed base models are performed in view of TEC-2018 regulations by subjecting the buildings to design earthquake hazard level (DD-2). The design response acceleration spectrum which represent the design earthquake ground motion level (DD-2) are obtained from Turkish earthquake hazard map [5] by considering 5% damping ratio. Using the procedure given in this seismic code, the design response spectrum curve is then converted to seismic demand curve which is a plot of acceleration versus displacement (see Figure 1).

Single-mode pushover analysis and performance evaluations of the case study buildings are also performed by SAP2000 software package with two types of support condition as fixed base and flexible base (Figure 2 and 3) with five types of soil profile. Pushover curve for each analysis cases are obtained. This curve is then converted to the capacity curve using the first mode of structures according to the procedure given in TEC-2018. The performance point of the buildings are then determined by combining the seismic demand curve with the seismic capacity curve of the buildings. After obtaining the inelastic displacement demand (performance point) of the buildings, the pushover analysis is repeated up to this displacement demand. Consequently, the seismic responses such as inter-story drift ratios, pushover curves and plastic rotations of the ground columns corresponding to this seismic displacement demand are determined for both fixed base and SSI models.

3. Results and Discussion

The obtained results through single-mode pushover analysis of all models including fixed base and flexible base buildings are presented in the figures (Figure 4-5) and tables (Table

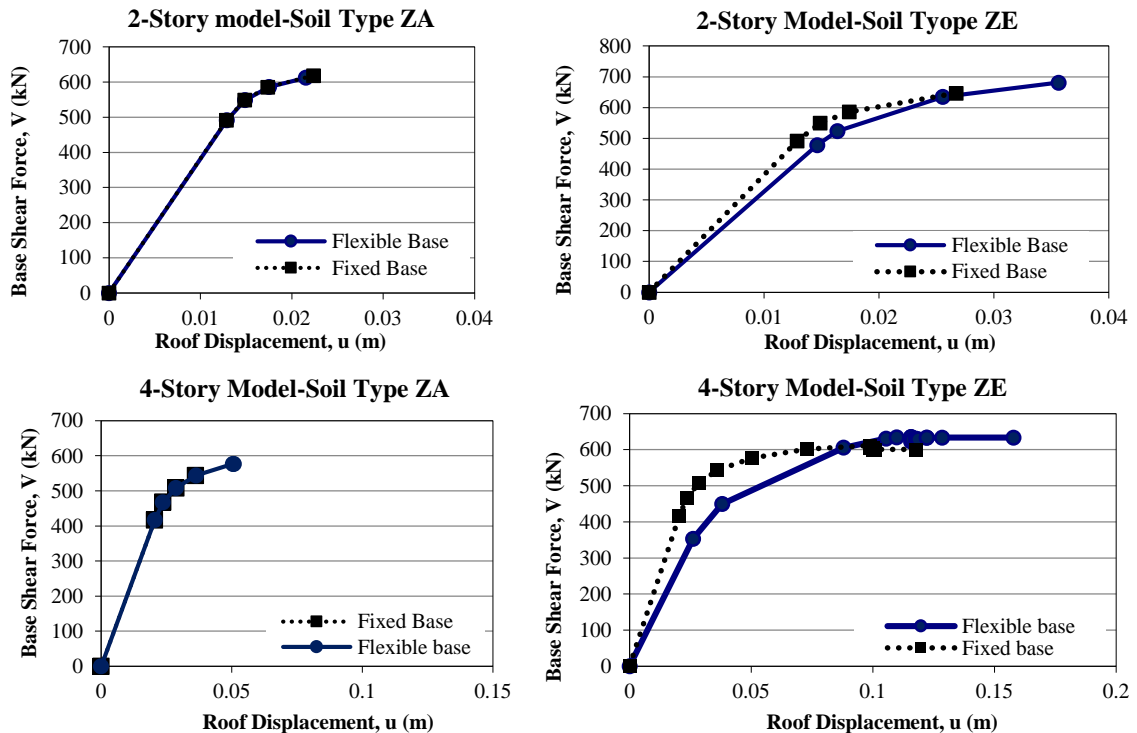
3, 4, 5, 6). The seismic responses such as pushover curve, inter-story drift ratio and performance level of ground columns are discussed comparatively for both support conditions (fixed base and flexible base). Only the result for soil type ZA and ZB are given here because of brevity.

Depending on the soil types and the height of the structures, as it is apparent from Table 2, the SSI elongates vibration period of 2, 4 and 8 story RC frame buildings. These effects are negligible for stiffer soil profile (ZA, ZB, and ZC), however, it is significant when the structure is founded on very soft soil (ZD and ZE). These may result due to stiffness degradation in soil profile. The effects of SSI on vibration periods of 3 different models founded on various soil types are shown in details in Table 2.

Table 3. Effects of SSI on natural period of 2D, RC moment resisting structures

Model	Soil Types	Vibration in period of the buildings, T_1 (s)				
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
2-Story	Fixed base	0.2179	0.2179	0.2179	0.2179	0.2179
	SSI	0.2183	0.2193	0.2232	0.2403	0.2954
	Variation	0.04%	0.14%	0.53%	2.24%	7.75%
4-Story	Fixed base	0.4113	0.4113	0.4113	0.4113	0.4113
	SSI	0.4118	0.4132	0.4187	0.4431	0.5267
	Variation	0.05%	0.19%	0.74%	3.18%	11.54%
8-Story	Fixed base	0.8938	0.8938	0.8938	0.8938	0.8938
	SSI	0.8946	0.8967	0.9052	0.9444	1.0996
	Variation	0.08%	0.29%	1.14%	5.06%	20.58%

The changes in displacement demands due to SSI are very little for soil type ZA, while it increases as the soil profile become softer for all models. However, base shear force due to SSI decreases since some amount of earthquake energy dissipate through sub-soil. The changes in roof displacement demand and base shear demands are represented by pushover curves and are presented only for soil type ZA and ZE (Figure.3).



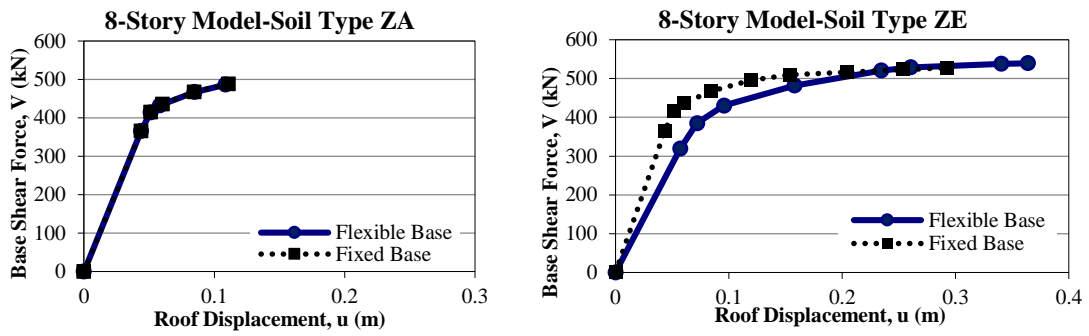


Figure 4. Pushover curve of 2, 4 and 8 story buildings for soil type ZA and ZE

Story drift is calculated by dividing the difference in horizontal deflection of two adjacent floor to the height of the story. The variation in inter-story drift ratio of 2, 4 and 8 story frame buildings for soil type ZA and ZE are presented in Figure 5. As it is apparent from Figure 5, the SSI slightly changes the inter-story drift ratio for soil type ZA compared to fixed base condition. However, this change is more significant for soft soil profile (soil type ZE) and intensify at the first story.

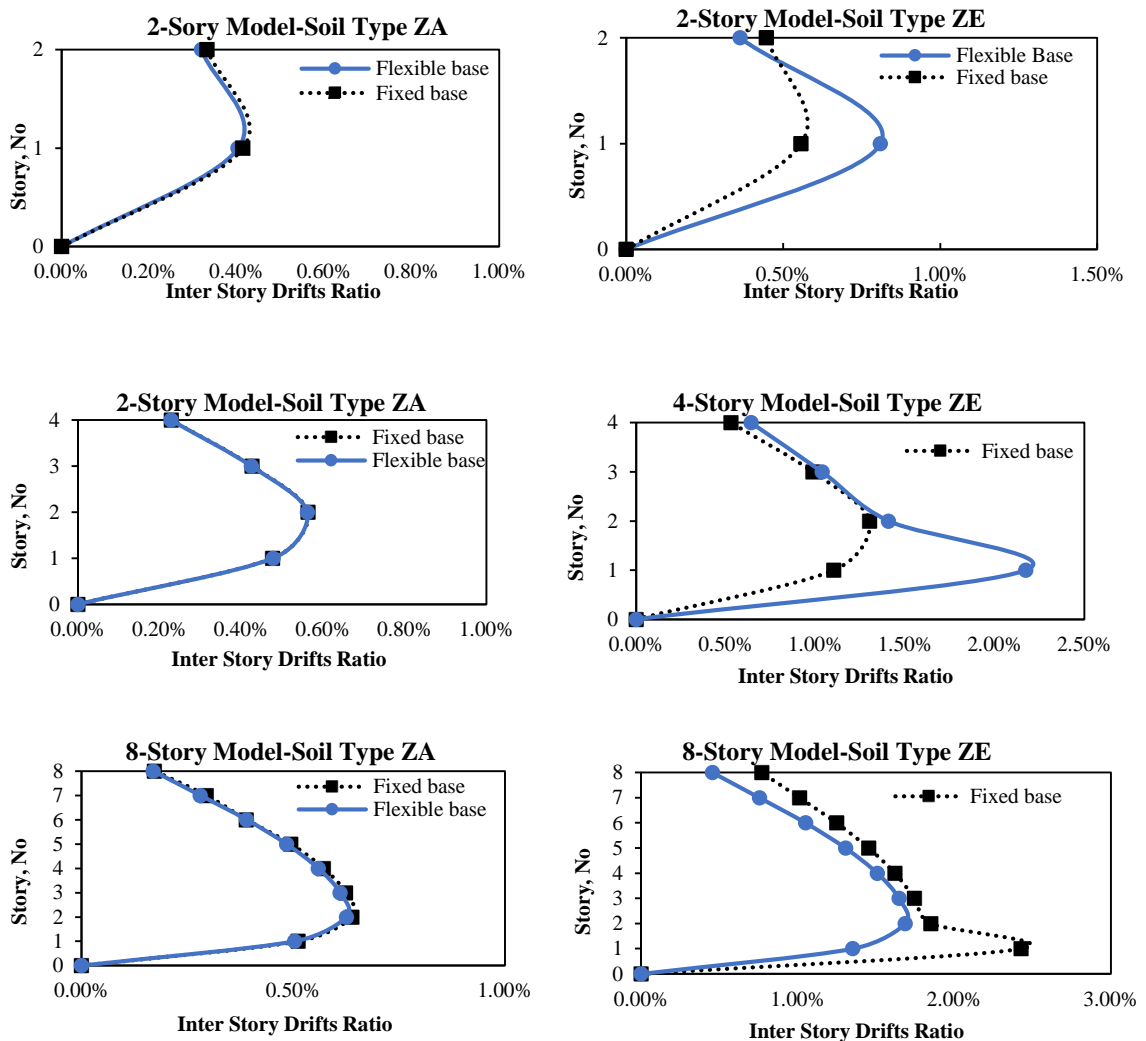


Figure 5. Inter-story drift ratio of 2, 4 and 8 story buildings for soil type ZA and ZE

Soil-structure interaction increases the seismic displacement demand of RC frames (Table 4, 5 and 6). For stiffer soil this increase is negligible but in case of the soft soil profile, it changes the configuration of internal forces such as bending moments and axial forces in a structural member to a considerable extent. The redistribution of internal forces in turn changes the plastic hinge formation in the frame elements which may reduce or increase the plastic rotations and consequently the performance level in some particular elements. For this reason, even if the performance level of the ground columns are affected by SSI in positive way (Table 4, 5 and 6), it negatively affects the overall performance of the RC frames. In addition, as the soil become softer the lateral displacement and consequently inter-story drift ratio increases significantly which can reduce the serviceability of the buildings even if the superstructure remain undamaged. The changes in performance level of ground columns due to SSI effects for 2, 4 and 8 story models are presented in Table 4, 5 and 6 respectively.

Table 4. Displacement demand and performance level of ground floor columns for 2-story model

Soil Type	Support Condition	Seismic Demand (m)	Column Performance Levels			
			C1	C2	C3	C4
ZA	Fixed	0.022	LD	MD	MD	LD
	Flexible	0.022	LD	MD	MD	LD
ZB	Fixed	0.029	MD	MD	MD	MD
	Flexible	0.028	MD	MD	MD	MD
ZC	Fixed	0.046	MD	MD	MD	MD
	Flexible	0.046	MD	MD	MD	MD
ZD	Fixed	0.031	MD	MD	MD	MD
	Flexible	0.035	MD	MD	MD	MD
ZE	Fixed	0.027	MD	MD	MD	MD
	Flexible	0.047	MD	LD	MD	LD

Table 5. Displacement demand and performance level of ground floor columns for 4-story model

Soil Type	Foundation Type	Seismic Demand (m)	Column Performance Level			
			C1	C2	C3	C4
ZA	Fixed	0.053	MD	MD	MD	MD
	Flexible	0.053	MD	MD	MD	MD
ZB	Fixed	0.051	MD	MD	MD	MD
	Flexible	0.052	MD	MD	MD	MD
ZC	Fixed	0.094	MD	MD	MD	MD
	Flexible	0.095	MD	MD	MD	MD
ZD	Fixed	0.110	MD	MD	SD	SD
	Flexible	0.119	MD	MD	MD	MD
ZE	Fixed	0.125	MD	MD	Collapse	Collapse
	Flexible	0.152	MD	MD	Collapse	SD

Table 6. Displacement demand and performance level of ground floor columns for 8-story model

	Foundation Type	Seismic Demand (m)	Column Performance Level			
			C1	C2	C3	C4
ZA	Fixed	0.111	LD	LD	LD	LD
	Flexible	0.109	LD	LD	LD	LD
ZB	Fixed	0.110	LD	LD	LD	LD
	Flexible	0.107	LD	LD	LD	LD
ZC	Fixed	0.200	MD	MD	MD	MD
	Flexible	0.204	MD	MD	MD	MD
ZD	Fixed	0.231	MD	MD	SD	MD
	Flexible	0.243	MD	MD	MD	MD
ZE	Fixed	0.293	SD	MD	Collapse	Collapse
	Flexible	0.364	MD	MD	SD	Collapse

Where in Table 3 to 5: LD = Limited Damage, MD = Moderate Damage, SD = Sever Damage

Conclusions

In this paper, the effects of SSI on the seismic performance of 2D RC moment resisting frames are presented. These effects generally decrease the seismic responses of RC buildings in terms of internal forces such as base shear and bending moments. However, the earthquake responses such as lateral displacement demand, vibration period and inter-story drifts increase especially for weak ground conditions. In addition, the SSI changes the configuration of internal forces such as bending moment and axial forces, which in turn changes the plastic hinge formation in structural element. Furthermore, the performance evaluations according to the fixed base consideration may result to unexpected damages and collapse of the structural system. Therefore, the soil-foundation system should also be included in performance calculations.

As a result, the changes in soil properties alter the seismic performance of structures, these changes are more significant for higher structures and for softer soil profile. For this reason, it is recommended that the SSI effects should be considered for performance evaluation of the RC buildings particularly when it is founded on soft soils. In addition, it is concluded that only performance assessment of some particular structural members may mislead to estimate the overall performance of the buildings. Therefore, to estimate the seismic performance of the buildings more precisely, seismic responses of all structural members should be calculated specially for weak ground conditions.

References

- [1] J. P. Stewart, R. B. Seed, and G. L. Fenves, "Empirical Evaluation of Inertial Soil-Structure Interaction Effects," PEER-98/07, 1998.
- [2] S. H. R. Tabatabaiefar, "Determining seismic response of mid-rise building frames considering dynamic soil-structure interaction," *PHD: thesis*, University of Technology Sydney, Sydney Australia, 2012.
- [3] P. V. Joy, B. Kuriakose, and M. Mathew, "Pushover Analysis of Buildings Considering Soil-Structure Interaction," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 857, pp. 189–194, Nov. 2016.
- [4] G. Dok and O. Kirtel, "Soil structure interaction in nonlinear pushover analysis of shear wall frame RC structures nonhomogeneous soil condition," *Sakarya Turkey*, 2018, pp. 741–748.
- [5] TEC-2018, Turkish Earthquake Code, Disaster and Emergency Management Authority, Ankara, Turkey, 2018.
- [6] ATC-40, Applied Technology Council, "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", Vol 1. Washington, DC. USA, 1996.
- [7] X.-K. Zou and C.-M. Chan, "Optimal seismic performance-based design of reinforced concrete buildings using nonlinear pushover analysis," *Engineering Structures*, vol. 27, no. 8, pp. 1289–1302, Jul. 2005.
- [8] "NEHRP Consultants Joint Venture; Soil-Structure Interaction for Building Structures (NIST GCR 12-917-21),". U.S. Department of Commerce National Institute of Standards and Technology, September, 2012.
- [9] G. Gazetas, "Formulas and Charts for Impedances of Surface and Embedded Foundations," *Journal of geotechnical engineering*, vol. 117.9, pp. 1363–1381, 1991.
- [10] FEMA 356, Federal Emergency Management Agency "Pre-standard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings," USA, 2000.
- [11] T. Youd, A. Onalp, H. Durgunoğlu, J. Steward, "CPT Liquefaction investigations," Adapazari, Turkey, 2000.
- [12] SAP2000 "Integrated finite element analysis and design of structures basic analysis reference manual, Computers and Structures," Inc. California, USA, 2016.

Korozyona Maruz Kalmış Betonarme Köprünün Deprem Performansının İncelenmesi

Earthquake Performance Evaluation of Reinforced Concrete Bridge Exposed to Rebar Corrosion

Gökhan Barış Sakcalı¹, İsa Yüksel²

¹ Araş. Gör., (Bursa Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldırım Yerleşkesi, İdari Bina, 16330 Yıldırım, Bursa, [Tel:0224 3003512](mailto:gokhan.sakcali@btu.edu.tr), gokhan.sakcali@btu.edu.tr)

² Prof. Dr. (Bursa Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldırım Yerleşkesi, İdari Bina, 16330 Yıldırım, Bursa, [Tel:0224 3003309](mailto:isa.yuksel@btu.edu.tr), isa.yuksel@btu.edu.tr)

Özet : Betonarme köprü ayakları ve tabliyeleri maruz kaldıkları yıpratıcı ortamlar nedeniyle ciddi derecede korozyona maruz kalabilmektedirler. Bu çalışmada, Harşit Çayı üzerinde inşa edilmek üzere projelendirilmiş bir betonarme köprü orta ayaklarının çeşitli donatı korozyonu senaryoları altında yapısal performansının değişimi ele alınmıştır. Bunun için önce köprü taşıyıcı sistemi modellenmiş ve köprü orta ayaklarına iki farklı korozyon senaryosu uygulanmıştır. Ardından, köprünün yapısal performansının değerlendirilmesi için, EC-8' e göre 7 farklı deprem kaydı kullanılarak her bir senaryo için dinamik analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarından korozyonlu elemanların moment ve dönme kapasitelerinin azaldığı görülmüştür. Korozyon seviyesi arttıkça betonarme köprü orta ayaklarının yapısal performansında düşüş görülmüştür. Ayrıca, korozyonlu elemanlarda dönme istemi artmıştır. Bu durum ise deprem sırasında köprüde olağandan daha fazla hasar olacağı şeklinde değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dinamik analiz, hasar, köprü, performans.

Abstract : Reinforced concrete bridge piers and deck slabs can be exposed to severe rebar corrosion when they exposed to corrosive environments. In this study, the change in structural performance of the mid-piers of a reinforced concrete bridge projected to be built on Harşit River under various rebar corrosion scenarios was discussed. For this, the bridge structural system was first modeled and two different corrosion scenarios were applied to the bridge mid-piers. Subsequently, dynamic analyses were performed for each scenario using 7 different earthquake acceleration records according to EC-8 to evaluate the structural performance of the bridge mid-piers. As corrosion levels increased, structural performance of reinforced decreased. In addition, the rotation demand has increased in corroded elements. This situation was evaluated as more damage than usual on the bridge mid-piers during the earthquake.

Keywords: Bridge, damage, dynamic analysis, performance

1. Giriş

Donatı korozyonunun belirgin sonuçları donatı çubuğunda en kesit kaybı, donatı-beton arayüzünde aderans kaybı ve donatı mekanik özelliklerinde bozulmalar, betonda çatlama ve dökülmelerdir. Bu sonuçlar betonarme elemanların taşıma gücünü korozyonun etki düzeyi ve süresi ile orantılı olarak azaltmaktadır. Taşıma gücündeki bu azalmaya bağlı olarak betonarme yapıların deprem performansı zaman içinde değişecektir. Bu çalışmada, devam etmekte olan kapsamlı bir çalışmanın ilk bulgularına yer verilmiştir. Donatı korozyonunun örnek vaka için seçilen gerçek bir betonarme köprünün orta ayaklarına muhtelif donatı korozyonu senaryoları uygulanarak, bu senaryolar altında köprünün dinamik analizi yapılmış ve orta ayakların nasıl etkilendiği araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metod

Betonarme elemanlarda donatı korozyonu donatı çeliğinde meydana gelen kütle kaybının oranı ile ifade edilmektedir (Denklem 1). Burada Δw kütle kaybını, Φ_0 donatının başlangıçtaki çapını ve $\Phi(t)$ t anındaki donatı çapını ifade etmektedir [1]. Korozyona uğrayan bir donatı çubuğunun mekanik özelliklerindeki değişimler için kullanılan bağıntılar literatürden alınmış olup, Denklem (2-5)' de verilmiştir. Burada σ gerilmeyi, ϵ donatı çeliğinin birim şekil değiştirmesini, E donatı çeliğinin elastisite modülünü alt simgeler ise 0, y ve u sırasıyla başlangıç, akma ve nihai değerleri ifade eder [2].

$$\Delta w = \frac{\Phi_0^2 - \Phi(t)^2}{\Phi_0^2} \times 100 \quad (1)$$

$$\sigma_y = \left(1 - 1.24x \frac{\Delta w}{100}\right) * \sigma_{y0} \quad (2)$$

$$\sigma_u = \left(1 - 1.07x \frac{\Delta w}{100}\right) * \sigma_{u0} \quad (3)$$

$$E_s = \left(1 - 0.75x \frac{\Delta w}{100}\right) * E_{s0} \quad (4)$$

$$\epsilon_u = \left(1 - 1.95x \frac{\Delta w}{100}\right) * \epsilon_{u0} \quad (5)$$

Tablo 1. Korozyon senaryoları

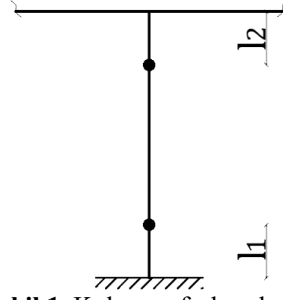
Senaryo	Başlangıç çap (mm)	Korozyon sonrası çap (mm)	Kütle kaybı (%)	Akma day., f_y (MPa)	Kopma day., f_u (MPa)	Maks. birim ş. değ., ϵ_{su}	Elastisite modülü, E (MPa)
%0 (referans)	16	16	0	420	550	0.1	200000
	26	26	0	420	550	0.1	200000
%15 Kor.	16	13.9700	23.77	296.23	410.14	0.0537	164352
	26	23.9700	15.00	341.85	461.69	0.0707	177491
%30 Kor.	16	11.7532	46.04	180.23	279.06	0.0102	130941
	26	21.7532	30.00	263.76	373.45	0.0415	155001

Köprü modelinde beton sınıfları kolonlarda C30, prekast kirişlerde C40 ve tabliye betonunda C25 olarak projesinden okunmuştur. Çelik donatı sınıfı ise S420' dir. Köprü ayağının korozyona uğramış halini temsil etmek üzere korozyonsuz durum hariç iki ayrı korozyon senaryosu öngörülmüştür. Köprü orta ayağında 26 mm çaplı boyuna donatı ve 16 mm enine donatı çubukları kullanılmıştır. 26 mm çaplı boyuna donatı çubuğu baz alınarak Denklem 1'e göre hesaplanan %0 (referans) %15 ve %30 kütle kaybına karşılık gelen toplam üç korozyon senaryosu planlanmıştır (Tablo 1). Köprü taşıyıcı sistemi modellenerek her bir senaryo için doğrusal olmayan dinamik analize tabi tutulmuştur. %15 ve %30 kütle kaybı durumlarında kabuk betonda çatlama ve dökülmeler beklendiğinden analizlerde kabuk betonun taşıma gücü ihmal edilmiştir. Orta ayaklar ve kirişler çubuk eleman olarak modellenmiş ve sadece eğilmeden dolayı doğrusal olmayan davranış olacağı varsayılmıştır. Orta ayaklarda tanımlanan PMM türü plastik mafsal özelliklerinin sayısal değerleri bu elemana ait normal kuvvet ile kesme kuvvetinin tasarım değerleri üzerinden bulunmuş, enine donatılar da göz önüne alınmıştır. Belirlenen moment-dönme ilişkileri orta ayakların alt ve üst uçlarına PMM mafsalı olarak tanımlanmıştır. Bunun için önce Denklem 6' da verilen plastik mafsal boyları belirlenmiştir [5]. Kolonda plastik mafsal yerleri Denklem 7 ve 8' e göre hesaplanarak Şekil 1' de görüldüğü gibi atanmıştır [6].

$$l_p = 0.08L + 0.022f_y d_b \geq 0.044f_y d_b \quad (6)$$

$$l_1 = \frac{l_p}{2} \quad (7)$$

$$l_2 = H_{kiriş} - \frac{l_p}{2} \quad (8)$$



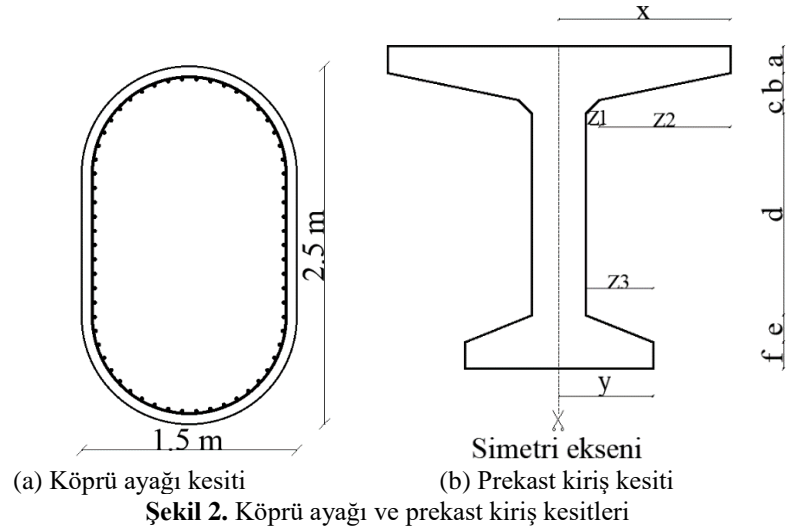
Şekil 1. Kolon mafsalsal yerleşimi

Dinamik davranışı belirlemek için zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi uygulanmıştır. Analiz SAP2000 bilgisayar programıyla yapılmış olup, bu bildiride sadece köprünün boyuna doğrultudaki davranışı irdelenmiştir. Doğrusal olmayan dinamik analizde doğrudan integrasyon (direct integration) yöntemi kullanılmıştır. Analizlerde sönüm oranı %5 olarak kabul edilmiştir. Dinamik analizler için 7 farklı deprem ivme kaydı seçilmiş ve ölçeklendirme uygulanmıştır. Köprünün projesinde, oturduğu zeminin A sınıfı zemin olduğu ve a_g değerinin 0.1g alındığı görülmektedir. Dolayısıyla deprem kayıtları A sınıfı zeminlerden elde edilen kayıtlar içinden seçilmiştir. A sınıfı zeminler için ele alınan deprem kayıtları ve ölçekleme sonrası PGA değerleri de Tablo 2’ de gösterilmiştir. A sınıfı zeminler için zemin kayma dalgası hızı 800 m/sn’ den büyük olması istendiğinden, zemin kayma dalga hızı 804 ile 2016 m/s aralığında olan kayıtlar seçilmiştir. Tablo 2’ de M_w moment büyüklüğünü, R derinliği, V_s zemin kayma dalga hızını ve PGA maksimum yer ivmesini tanımlamaktadır.

Tablo 2. Kayma dalga hızı $V_s > 800$ m/sn olan A grubu zeminden alınmış kayıtlar

Deprem	İstasyon	Zemin Sınıfı	M_w	R (km)	V_s (m/s)	Ölçek. Kats.	Ölçek. Sonr. PGA (g)
San Fernando	Pacoima Dam (upper left abut.)	A	6.61	1.81	2016	0.13	0.47
Loma Prieta	Gilroy Array #1	A	6.93	9.64	1428	0.26	0.35
Iwate, Japan	IWT010	A	6.90	16.27	825	0.34	0.36
Northridge-01	Pacoima Dam (downstr)	A	6.69	7.01	2016	0.30	0.50
Chi-Chi,Taiwan	CHY102	A	7.62	37.72	804	2.07	0.37
Kocaeli, Turkey	Izmit	A	7.51	7.21	811	0.34	0.34
Kobe, Japan	Kobe University	A	6.90	0.93	1043	0.27	0.27

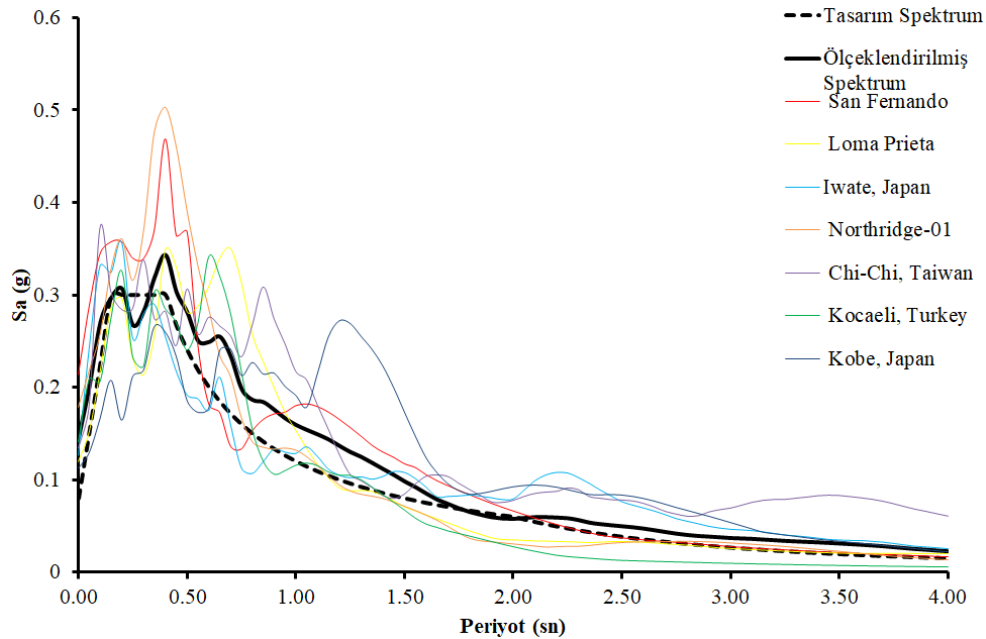
Programda oluşturulan köprü modelinde, ayaklar ve prekast kirişler çubuk elemanlarla modellenirken prekast kiriş üzerindeki tabliye kabuk eleman olarak modellenmiştir. Köprü ayakları ve prekast kirişlere ait kesitler Şekil 2’ de, kirişe ait boyutlar Tablo 3’ de verilmiştir.

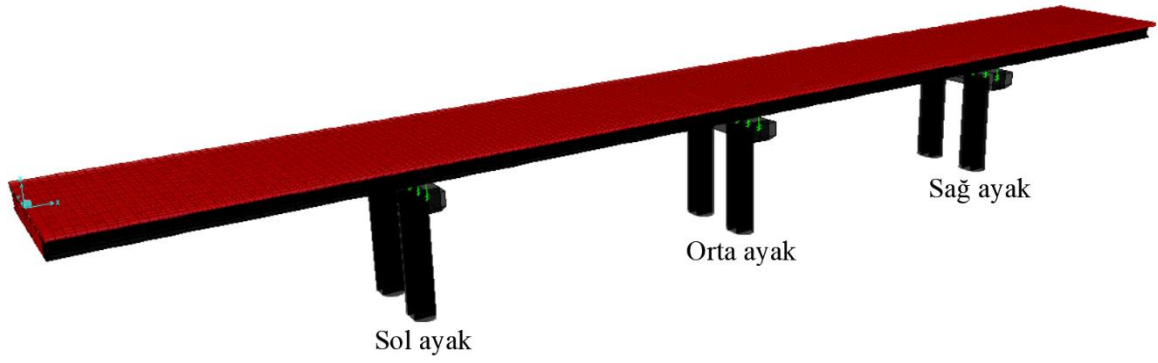


Tablo 3. Prestekast kiriş boyut bilgileri (cm)

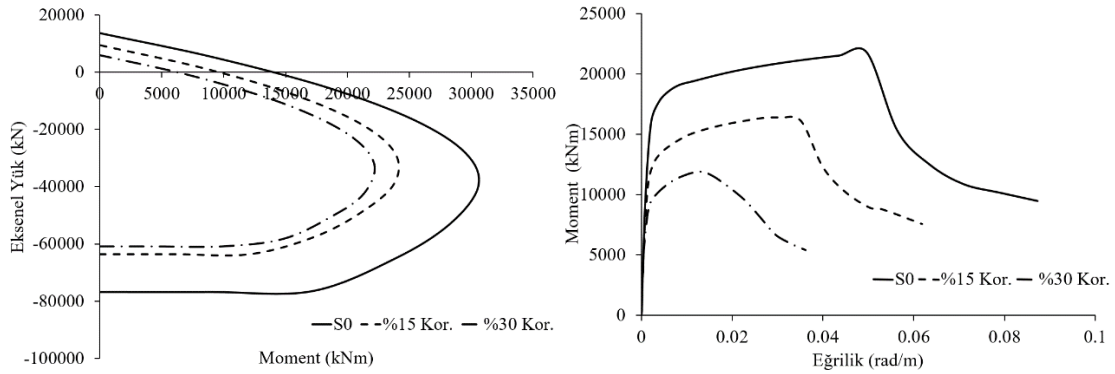
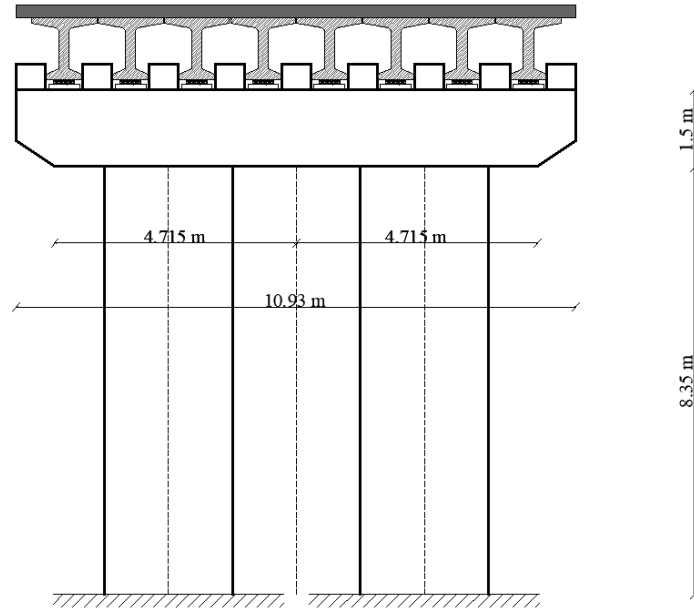
a	b	c	d	e	f	x	y	z1	z2	z3
10	10	5	75	10	10	63.75	35	5	48.75	25

Orta ayak kolonları için belirlenen moment-eğrilik ilişkisi FEMA-356 [3] da ifade edilen moment dönme ilişkisine dönüştürülmüştür. Plastik mafsal özelliği idealleştirilmiş kuvvet-deformasyon grafiği biçiminde belirlenmiştir. Kabul kriterleri ise EC-8 [4]' e göre belirlenmiştir. Seçilen kayıtlar Eurocode-8 (EC-8)' e (Eurocode, 2005) göre 0.2T ile T arasında tasarım spektrumuna göre ölçeklendirilmiştir. Ölçeklendirmede zaman tanım alanında ölçeklendirme yöntemi kullanılmıştır. Ölçeklendirme sonucunda elde edilen ölçekleme katsayıları Tablo 2' de verilmiştir. Ölçeklendirme sonucunda oluşan ortalamaya ait spektrum eğrisi, yönetmelikte öngörülen tasarım spektrumu ve deprem kayıtlarına ait SRSS' leri alınmış spektrum eğrileri Şekil 3' de verilmiştir.





Çalışma kapsamında ele alınan köprünün Sap2000 [7] programında oluşturulan model Şekil 4'te; orta ayaklarının görünüşü Şekil 5'de verilmiştir. Köprünün net uzunluğu 92.1 m'dir. Şekil 4'te görülen orta ayaklara sırasıyla sol, orta ve sağ ayak ismi verilmiştir.



Şekil 6. Köprü ayağındaki bir kolona ait M-N ve M-κ ilişkileri

Köprü ayağına ait korozyonlu ve korozyonsuz durumlar için elde edilen etkileşim diyagramları ve moment-eğrilik ilişkileri Şekil 6’ da verilmiştir. Ayrıca, köprü ayaklarının çatlamış kesit rijitlikleri korozyonsuz, %15 korozyonlu ve %30 korozyonlu durumlar için sırasıyla 0.310I, 0.263I ve 0.226I olarak belirlenmiştir.

Elastomer mesnetlerin köprülerin deprem davranışını ciddi derecede değiştirdiği bilinmektedir. Bu çalışmada elastomer mesnet özellikleri yaylar ile sağlanmıştır. Bu yay elemanlara ait bilgiler hesaplanıp Tablo 4’ de gösterilmiştir. Burada, K_1 elastomerin düşey rijitliğini, K_2 ve K_3 yatay rijitliğini, K_{R1} burulma rijitliğini, K_{R2} ve K_{R3} dönme rijitliklerini, E_c sıkışma elastisite modülünü, G kayma modülünü, t_r elastomer tabakanın toplam kalınlığını, A bir elastomer mesnedin yüzey alanını, I_{11} burulma sabitini, I_{22} ve I_{33} ise efektif mesnet atalet momentini temsil etmektedir [8].

Tablo 4. Tanımlanan yay eleman bilgileri (kN/m)

$K_1 = \frac{EA}{t_r}$	$K_2 = \frac{GA}{t_r}$	$K_3 = \frac{GA}{t_r}$	$K_{R1} = \frac{GI_{11}}{t_r}$	$K_{R2} = \frac{E_c I_{22}}{t_r}$	$K_{R3} = \frac{E_c I_{33}}{t_r}$
869846	1263	1263	21.75	8876	8876

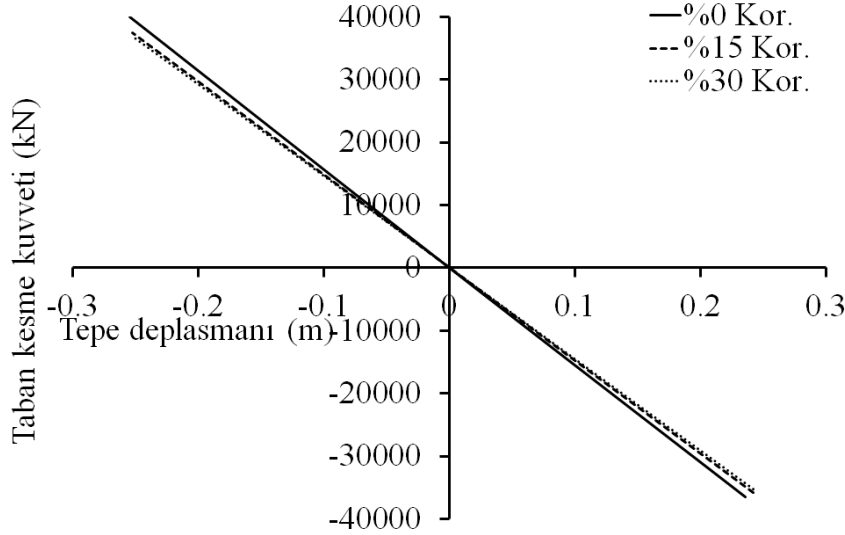
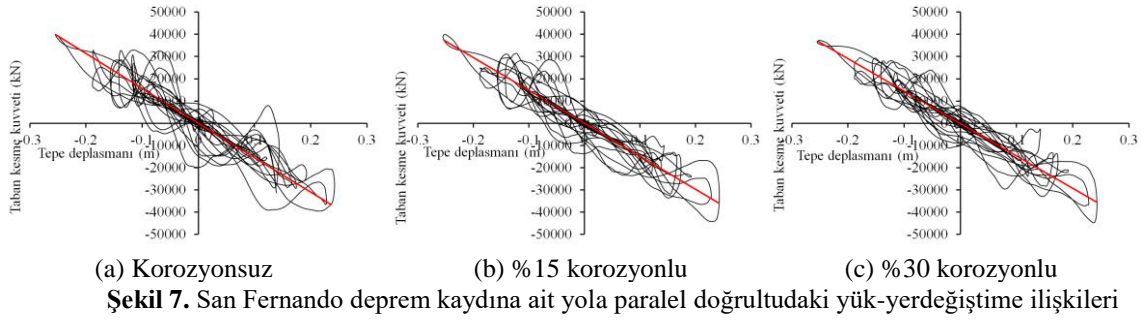
3. Bulgular ve Tartışma

Orta ayakların analizinde bulunan maksimum tepe deplasmanları ve taban kesme kuvvetleri Tablo 5’ de verilmektedir. En büyük tepe deplasmanı sol ayakta 164 mm olarak meydana gelmiş olup, bu değer kolon boyuna bölünmesiyle elde edilen ötelenme oranı %1.66 olarak gerçekleşmiştir. Korozyonsuz durum ile karşılaştırıldığında genel olarak korozyon hasarı nedeniyle ayakların tepe deplasmanlarında beklediği üzere artış görülmüştür. Korozyon seviyesi arttıkça deplasman da artmaktadır. Ayakların tabanına etkiyen en büyük kuvvetlerde ise korozyon düzeyine göre düzenli bir artış görülmemektedir. Bunun yerine plastik mafsallaşmanın oluşum yeri, düzeyi gibi parametreler devreye girmekte ve taban kesme kuvvetleri bundan etkilenmektedir.

Tablo 5. Analiz sonuçları

Senaryo	Tek Bir Kolonda Maksimum Taban Kesme Kuvveti (kN)			Maksimum Tepe Deplasmanı (mm)		
	Sol Ayak	Orta Ayak	Sağ Ayak	Sol Ayak	Orta Ayak	Sağ Ayak
%0 Kor.	2953	3030	3085	86	49	43
%15 Kor.	2825	2697	2607	138	63	58
%30 Kor.	2232	3094	2758	164	111	101

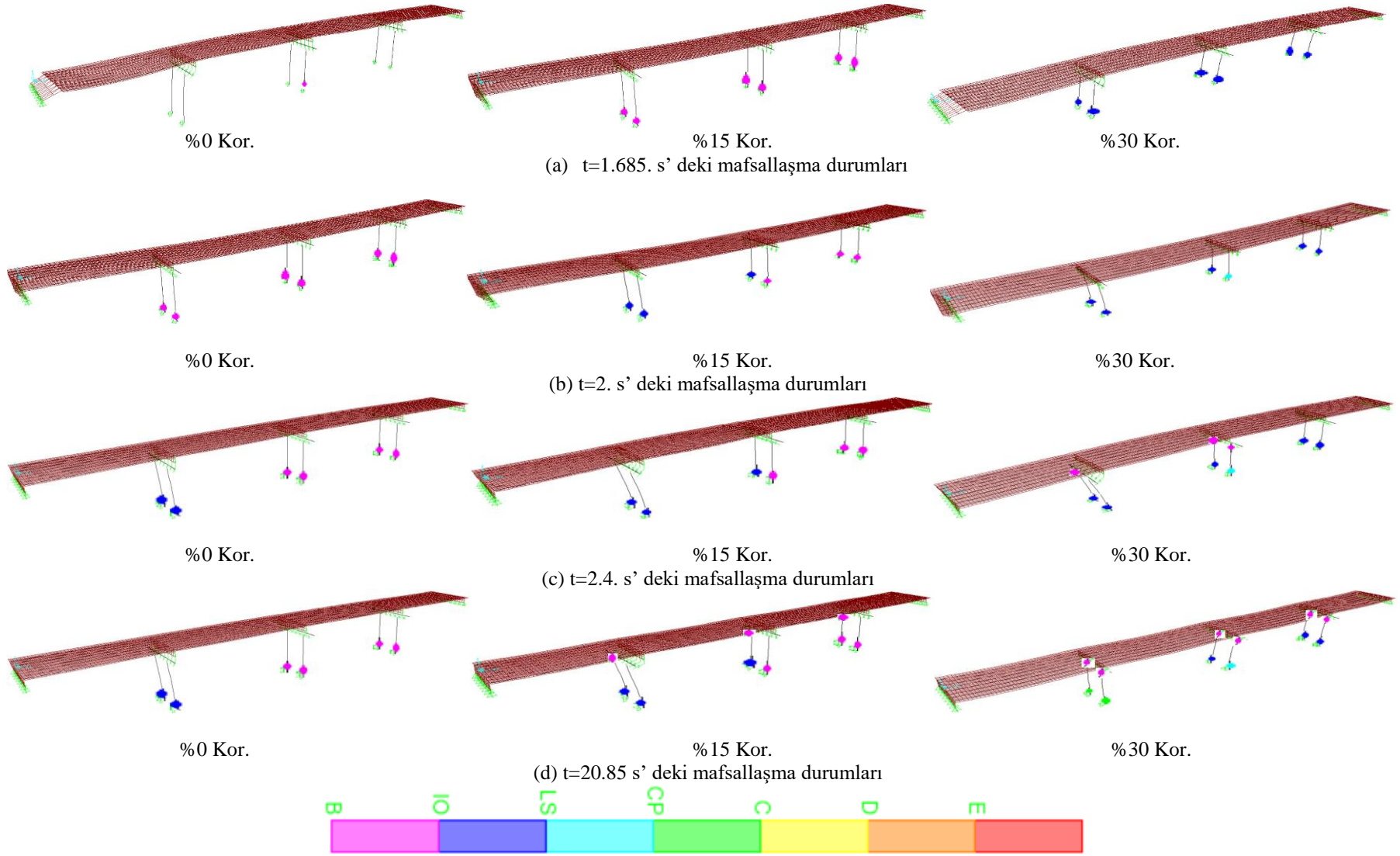
Şekil 7’ de yük-yerdeğiştirme ilişkileri ve Şekil 8’ de bunların idealleştirilmesiyle elde edilen idealleştirilmiş yük-yerdeğiştirme ilişkisi topluca verilmiştir. Görüleceği gibi, %30 ve %15 korozyonlu senaryoda sistem rijitliği korozyonsuz (%0 Kor.) senaryoya göre sırasıyla yaklaşık %5.8 ve %7.2 oranlarında azalmıştır. Bu da gösteriyor ki, korozyon nedeniyle zaman içinde yapıda meydana gelen hasarlar deprem etkisi altında olacak hasarların daha erken ve daha çok meydana gelmesine neden olmaktadır.



Eurocode' da hasar sınır durumu DL(Limit State of Damage Limitation-Sınırlı hasar), SD (Limit State of Significant Damage-Belirgin hasar) ve NC (Limit State of Near Collapse-Göçme öncesi) olarak tanımlanmaktadır. Ancak kullanılan programda sınır değerler IO (Immediate Occupancy), LS (Life Safety) ve CP (Collapse Prevention) olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, sınır değerleri Eurocode' a göre tanımlamak için IO' ya karşılık DL, SD' ye karşılık LS ve NC' ye karşılık ise CP sınır değerleri tanımlanmıştır. Aşağıda Tablo 2'de gösterilen San Fernando depreminin ölçeklendirilmiş kaydı altında köprü ayaklarında görülen hasar durumları açıklanmıştır.

Korozyonsuz durumun ilk mafsallaşma anı ve aynı ana ait diğer senaryodaki mafsallaşma durumları Şekil 9.a' da gösterilmiştir. Bu anda korozyonsuz senaryoda kolon alt uçlarının %16.67' si B ile IO seviyesi arasında (sınırlı hasar) kalırken kolon üst uçlarında hasar oluşmamıştır. Aynı zaman adımında, %15 Kor. senaryosunda ise orta ayakların alt uçlarının tamamı B ile IO seviyesi arasında (sınırlı hasar) kalırken, %30 Kor. senaryosunda tamamı IO ile LS seviyesi arasında (belirgin hasar) kalmaktadır. Bu durum, aynı deprem etkisi altında korozyon seviyesi arttıkça meydana gelen hasar seviyesinin arttığını göstermektedir.

Şekil 9.b' de depremin 2. saniyesinde yapıda meydana gelen mafsallaşmalar incelenmiştir. Korozyonsuz senaryoda orta ayakların alt uçlarının tamamı B ile IO seviyesi arasında kalırken, %15 Kor. senaryoda %50' si B ile IO seviyesi arasında ve %50' si IO ile LS seviyesi arasında kalmaktadır. Ayrıca, %30 Kor. kolon alt uçlarının birinde LS ile CP arasında kalırken diğer kolonların alt uçları B ile IO seviyesinde kaldığı görülmüştür.



Şekil 9. San Fernando deprem kaydına ait köprülerin mafsallaşma durumları

Şekil 9.c' nin korozyonsuz senaryonun son hasar meydana geldiği an gösterilmiştir. Korozyonsuz durumda 2,4. saniyeden sonra yapıda daha fazla hasar meydana gelmezken %15 ve %30 Kor. senaryolarda hasar seviyelerinin arttığı görülmektedir. 3,645. saniyeden sonra hiçbir senaryonun hasar durumlarında bir değişim olmamıştır.

Şekil 9.d' de korozyonlu ve korozyonsuz durumlar için mafsallaşma durumları verilmiştir. Korozyonsuz durumda köprü ayaklarının üst uçlarında beklendiği şekilde mafsallaşma olmazken; alt uçlarında %67.7' si B ile IO seviyesi arasında kalırken, %33.3' ü IO ile LS seviyesi arasında olduğu gözlenmiştir.

%15 korozyonlu yapıda köprü ayaklarının hem üst ucunda hem de alt ucunda mafsallaşma başlangıçları gözlenmiştir. Köprü ayağının üst uçlarının yarısında hiç hasar meydana gelmezken, yarısında ise B ile IO seviyesi arasında (sınırlı hasar) kaldığı görülmüştür. Köprü ayağı alt ucunda ise %50' si IO ve LS seviyelerinde olduğu, %50' sinin ise IO ve B seviyesinde kaldığı gözlenmiştir. Ancak, bu iki senaryoda da hiçbir elemanın CP sınırını aşmadığı görülmektedir.

%30 korozyonlu yapıda ise köprü ayağı üst uçlarının tümünün IO ile B aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Köprü ayağı alt ucunda ise %33'ünün CP ile C seviyeleri arasında olduğu, %17' sinin LS ile CP seviyeleri arasında olduğu ve %50' sinin IO ile LS seviyeleri arasında olduğu gözlenmiştir.

Korozyonun köprünün mod şekillerine etkisine de bakılmıştır. Köprünün 1. moduna ait periyot değerinde belirgin bir değişim olmadığı gözlenmiştir. Bunun sebebi, ilk mod şeklinde yapıda etkin olan kısmın köprü ayaklarından ziyade tabliye kısmıdır. Benzer durum 8, 9 ve 10. mod şekillerinde de görülmektedir. Ancak diğer mod şekillerine ait periyot değerleri incelendiğinde korozyon seviyesi arttıkça periyodun az da olsa uzadığı gözlenmiştir. Örneğin; ikinci moda ait korozyonsuz durumda periyot 0.469 s iken, %15 korozyonlu durumda periyot %0.5 artarken %30 korozyonlu durumda periyot %0.8 arttığı görülmüştür.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, Harşit Çayı üzerinde yapılmak üzere projelendirilmiş gerçek bir betonarme köprünün sadece orta ayaklarında seçilen senaryolara göre korozyon oluştuğu varsayılarak doğrusal olmayan dinamik analiz yapılmış ve boyuna doğrultu için elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre donatı korozyonu kesit düzeyinde moment-dönme ve normal kuvvet-moment etkileşim diyagramları üzerinde dikkate değer kayıplara neden olmuştur. Bu durum ve korozyonun diğer sonuçları birlikte değerlendirildiğinde eleman düzeyinde meydana gelen hasarların korozyonsuz duruma göre hem daha erken ve hem de daha fazla ortaya çıktığı görülmüştür. Korozyon düzeyi arttıkça beklenen hasarlarda artışlar görülmüştür. Ayrıca, deprem sırasında korozyonsuz senaryoda eleman dönme istemlerinin az olduğu ve korozyon arttıkça eleman dönme istemlerinin arttığı görülmüştür. Buna karşın, korozyona uğramış elemanlarda dönme kapasitesinin azaldığı görülmektedir. Bu iki durumun korozyona uğrayan bu köprü ayağında erken mafsallaşmaya neden olduğu görülmüştür. Bunlara ek olarak, koroyona maruz kalan bu köprü ayağında eğilme rijitliği azalmış, bu durum ise yapıdaki deplasmaların referans duruma kıyasla artmasına neden olmuştur. Bu çalışmada yalnızca köprünün orta ayaklarının durumu incelenmiş olup köprünün diğer elemanlarının ve bütün olarak yapısal performansının da incelenmesi gereklidir.

Referanslar

- [1] Berto L, Seatta A, Simioni P, Vitaliani R., "Nonlinear static analyses of RC frame structures: influence of corrosion on seismic response", *Proceedings of the 8th. World Congress on Computational Mechanics (WCCM8) and 5th. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2008)*, June-July, Venice, Italy, 2008.
- [2] Murcia-Delso J, Stavridis A, Shing PB., "Bond strength and cyclic bond deterioration of large diameter bars", *ACI Struct J.*, 110(4):659–669, 2013.
- [3] Federal Emergency Management Agency (FEMA-356)., "Prestandard and commentary for seismic rehabilitation of buildings" Washington (DC), 2000.
- [4] Standard, B., Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. *Part, 1, 1998-1*, 2005.
- [5] Priestley MJN, Seible F, Calvi GMS., "Seismic design and retrofit of bridges", New York: John Wiley & Sons, 1996.
- [6] Mehmet I, and Hayri BO., "Effect of Plastic Hinge Properties in Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Buildings", *Engineering Structures*, 28: 1494- 1502, 2006.
- [7] CSI. SAP2000 V-20. Integrated finite element analysis and design of structures basic analysis reference manual. Berkeley (CA, USA): *Computers and Structures Inc*; 2018.
- [8] Faraz S, *Betonarme köprü modellenmesi üzerine bir çalışma*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

Improvement of Earthquake Performance of Tall Buildings with Using Diagonals

Barbaros ATMACA¹, Mustafa BAŞAR², Şevket ATEŞ³

¹ (Karadeniz Technical University, Department of Civil Engineering, 61080, atmaca@ktu.edu.tr)

² (Karadeniz Technical University, Department of Civil Engineering, 61080, mstafabasar@outlook.com)

³ (Karadeniz Technical University, Department of Civil Engineering, 61080, sates@ktu.edu.tr)

Abstract Decreasing construction areas and increasing population density in city centers triggers the preference of tall buildings especially in metropolitan areas. Tall buildings must have sufficient lateral rigidity to meet the effect of lateral forces caused by wind and earthquake. Various structural systems are available to be used in the construction of tall building. In these structures, lateral stiffness is provided with shear-walls and columns when shear walls-frame system is preferred. In recent years, diagonal elements have been used to increase the lateral stiffness of tall buildings, especially those with a shear walls-frame system. In this study, the effect of using diagonal elements on the lateral stiffness of tall buildings with shear walls-frame system was investigated. In this context, 5 different structural systems have been formed by using different diagonal arrays in the shear walls-frame system. In order to determine the dynamic characteristics finite element models of the systems were created by using SAP2000 program. Three different scaled ground motions were used in time history analysis. Frequency, roof acceleration and displacement of the models obtained from analysis compared to each other. It is seen that using diagonal elements in shear walls-frame system decrease displacement and acceleration of the models significantly.

Keywords: Tall building, lateral rigidity, shear walls-frame system, diagonal element, modal analysis, time history analysis, scaled ground motions.

1. Introduction

Turkey is located on the Alpine-Himalayan earthquake zone which is the one of the most active earthquake zones in the world. In this case, it causes many earthquakes in our country. The fact that most of the population of the country is concentrated in and around the earthquake zone and that the structures are not sufficient earthquake resistant has caused many losses of life and property in the past. To date, ten different earthquake regulations have been used in Turkey. The earthquake data, materials, construction technologies, and analysis methods that increased during the period in which these regulations were in force were renewed over time. The fact that about 47% of Turkey's population resides in major cities and that about 77% of these regions are at risk of earthquakes so that many people will be affected in a possible earthquake [1]. Decreasing construction areas and increasing population in metropolitan areas are the factors that lead to the preference of tall buildings. In the future, it is inevitable that tall buildings will be considered as one of the most engineering structures to be preferred, especially in cities where the population is increasing rapidly. According to [2] building specified as a tall

building is depending on earthquake design class (DTS). Accordingly,

- DTS= for 1, 1a, 2, 2a height of building higher than 70 m
- DTS= for 3, 3a height of building higher than 91 m
- DTS= for 4, 4a height of building higher than 105 m

are described as tall building. The main philosophy to the selection of tall buildings structural system is that it should be symmetrical, simple and orderly in the plan as stated in [2]. As the height of the building increases, the impact of the horizontal loads such as wind and earthquakes to the building is likely to increase. Sufficient levels of lateral rigidity of such structures are required to meet these effects within safety limits. There are some examples in Turkey preferred shear walls-frame system as a structural system for tall buildings such as Kombassan Tower (120m), Kule Plaza (163m). In addition, the lateral rigidity of the tall building is tried to be increased by adding diagonal elements to the shear walls-frame system. In recent years, there have been some studies on the effect of diagonal elements used structural systems on tall buildings. [3] made some evaluations on the seismic performance of steel frames with diagonal elements in their paper. They stated that steel has a ductile material and the structural system must be ductile too in the same way. [4] selected in both directions high ductility level steel frame structure system used diagonal element. The structure performance of this frame system was evaluated by conducting nonlinear static push over analysis. [5] and [6] selected steel structure as an application. The selected structure reinforced different arrange of diagonal elements. The effect of these different arrangements was examined and compared with each other.

In this study, the effect of the use of diagonal elements on lateral rigidity of tall buildings with shear walls-frame system was examined. In this context, a 29-storey building model with shear walls-frame structural system was chosen as an example in 1:50 scale. 5 different building models were determined by placing different diagonal elements in the structural system of this model. To determine the dynamic behavior of building models, finite element models were created using the SAP2000 program. In order to obtain the dynamic characteristics of the models, modal and time history analysis were conducted. Three scaled ground motions were used for time history analysis. The frequency, roof acceleration and displacements of the models obtained as a result of the analysis were compared with each other.

2. Description of Selected Model

In this study, a 29-story building model with shear walls-frame system with diagonal in 1:50 scale selected as an application (Fig. 1). The height of the sample model is 1.8 m and the dimension of base area is 40x40 cm (Fig. 2). The ground floor height of the structure is 120 mm, while the heights of the other floors are 60 mm. The selected model is formed by combining columns, beams, shear-walls and diagonal elements obtained using balsa wood (Fig. 3). The cross-sectional dimensions of these elements are given in Table 1. The material properties of balsa wood are very variable. Therefore shaking table result used for adjusts the material properties of balsa wood and damping ratio of structure then totally 5 different models were created using the properties of the Model-5. The differences between the models only the arrangement of diagonal elements the number and size of other structural elements such as columns, beams and shear-walls are same. Created building models are shown in Fig 4.

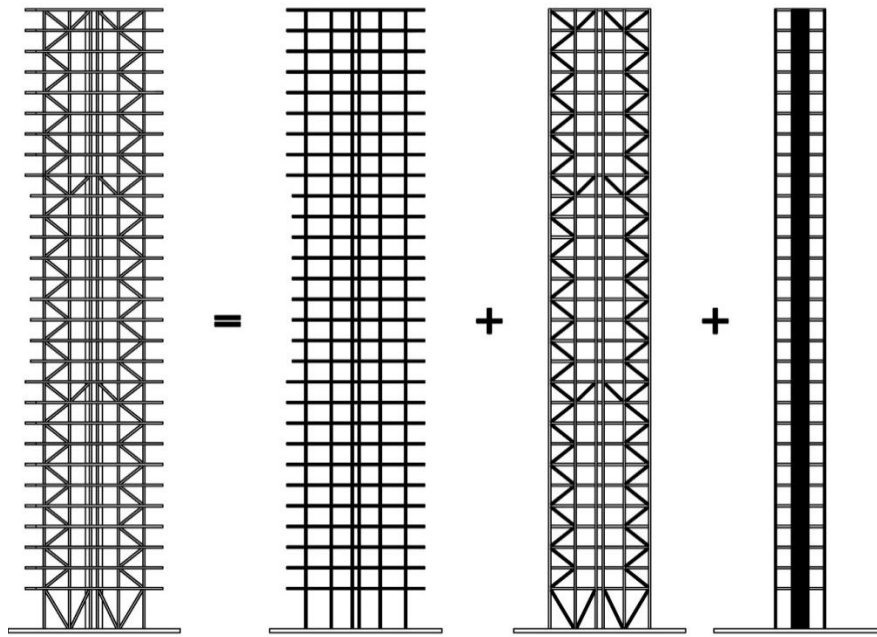


Figure 1. Structural system of selected model (Model-5)

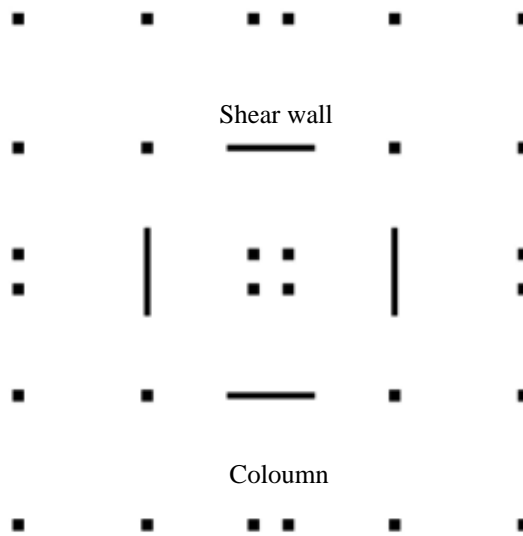


Figure 2. Base area of the models

Table 1. The cross-sectional dimensions of structural elements

Structural Elements	Width (mm)	Depth (mm)	Area (mm ²)
Column	6	6	36
Beam	6	6	36
Shear wall	3	50	150
Diagonal	6	6	36

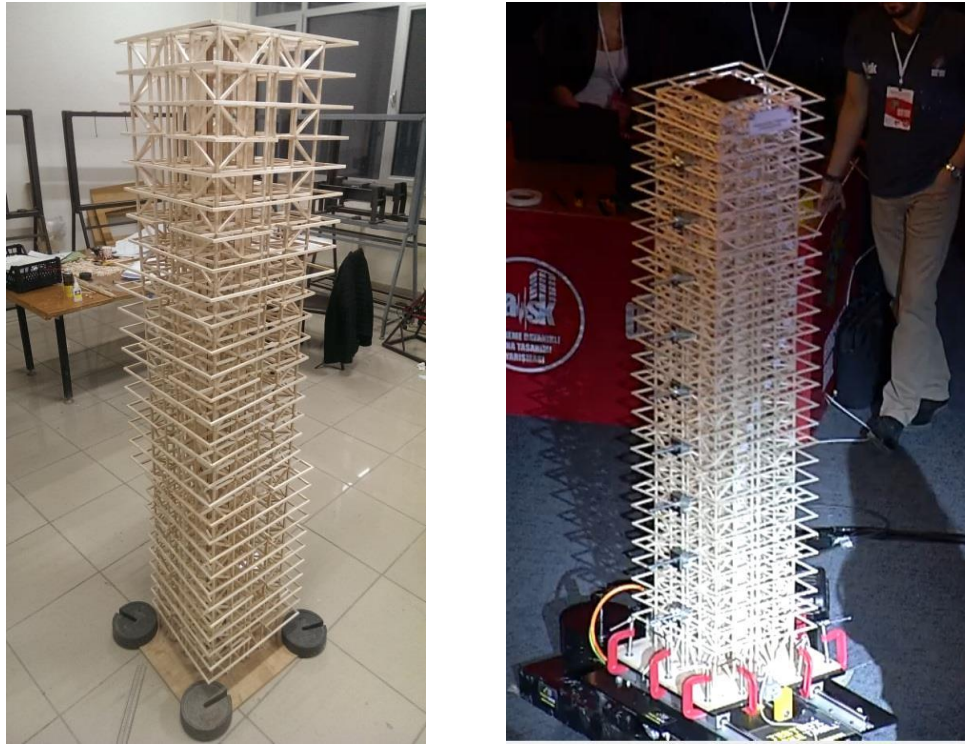


Figure 3. Selected model made with balsa wood (Model-5)

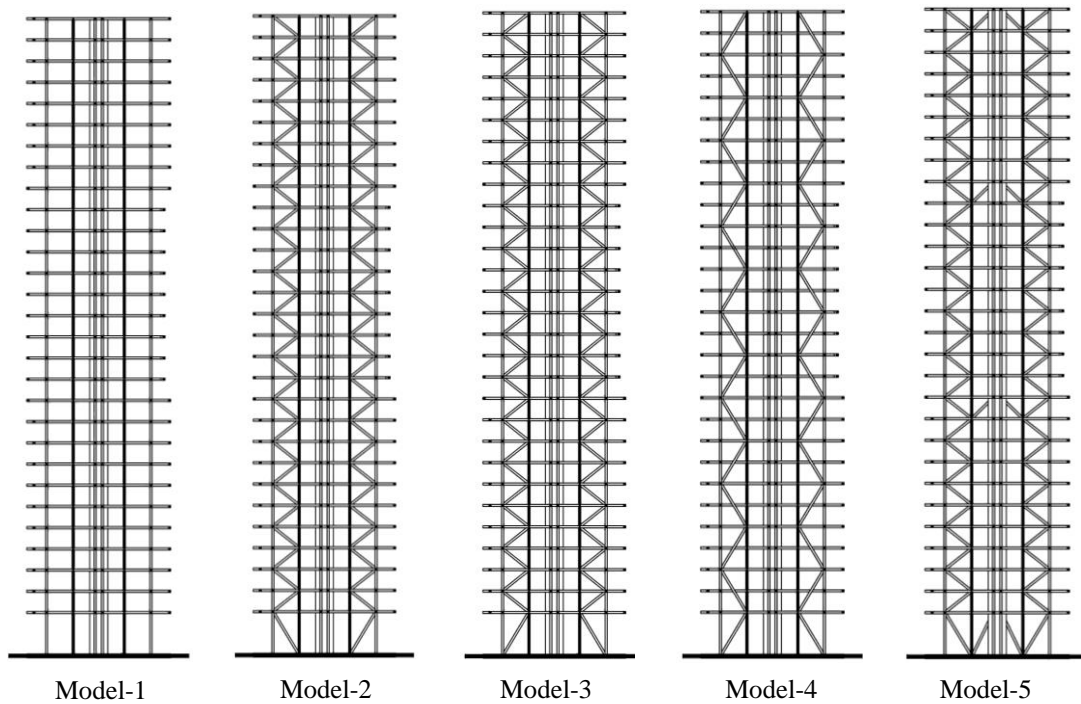


Figure 4. Created building models

3. Finite Elements Models

3D FEM of created building models were constituted with the help of SAP2000 (2008) in order to obtain the structural behavior of the models (Fig. 5). The columns, beams and diagonals elements of models were represented by frame elements whereas shear-walls represented by area elements. As a boundary condition, all translations and rotations are fixed at the base of the models. Modal and time history analyses were used to determine the frequency and dynamic response of models. Three different scaled ground motions were used in time history analysis (Fig. 6, 7, 8). The weight of models is summation of the dead loads of structural elements and additional loads. A total of 16.4 kg of additional load was applied to the building, 1.6 kg on each three floors and 2.0 kg on the roof. The material properties of balsa wood taken into account in FEM are given Table 2.

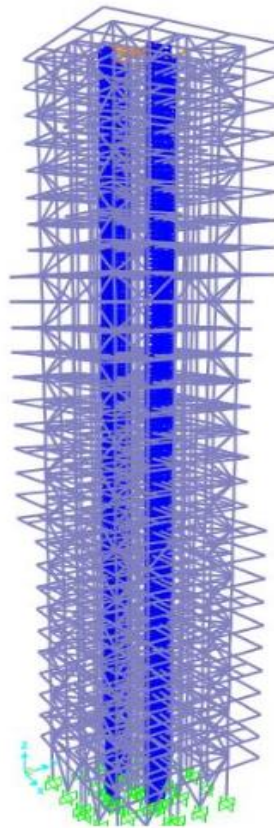


Figure 5. Created building models

Table 2. Material properties of balsa wood

Material Properties of Balsa Wood		Unit
Weight per unit volume	1.5	kN/m ³
Modulus of Elasticity	1.69E9	MPa
Poisson's Ratio	0.223	-

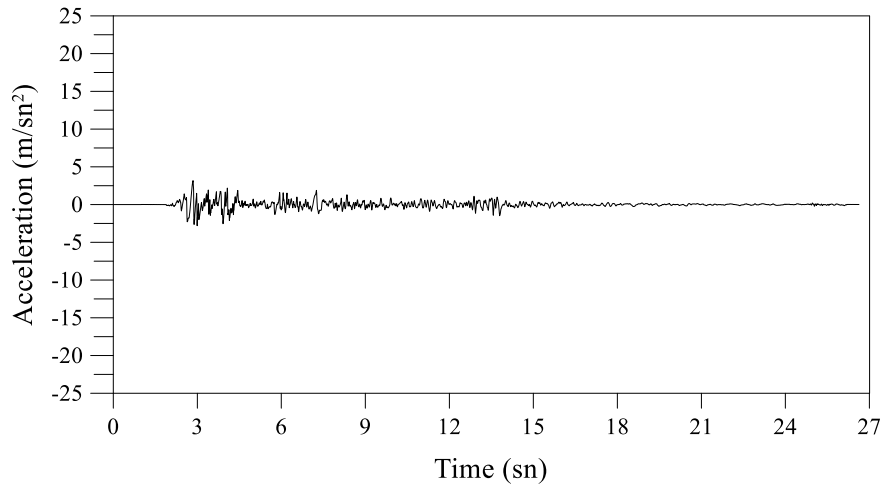


Figure 6. Scaled ground motions 1 (SGM-1)

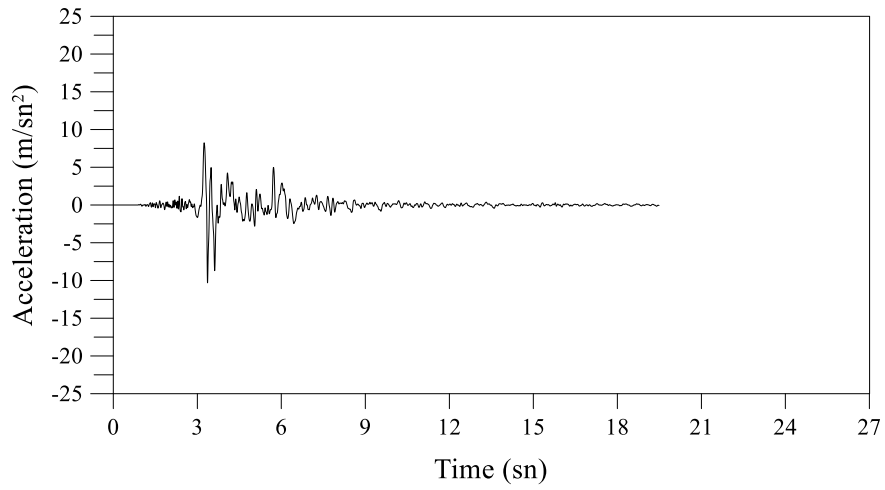


Figure 7. Scaled ground motions 2 (SGM-2)

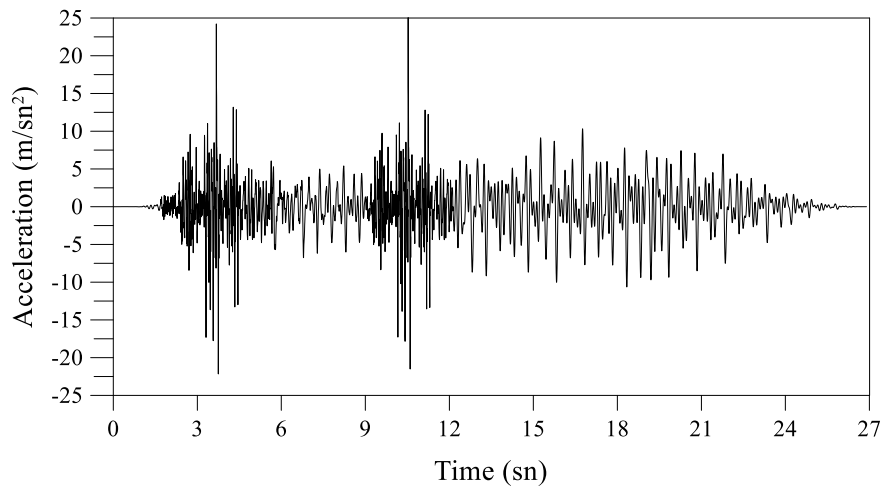


Figure 8. Scaled ground motions 3 (SGM-3)

4. Discussion

In this study, 5 different building model which have 29-story with shear walls-frame system with different diagonal arrangement in 1:50 scale selected as an application in order to determine the effects on dynamic performers of tall buildings. For this reason FEM of building models created with SAP2000 and modal and time history analyses were performed. The result of roof displacement and acceleration obtained from shaking table test and time history analysis of FEM of Model-5 is compared each other in Table 3 and Table 4, respectively. The result of roof displacement and acceleration was not obtained at shaking table test under SGM-3. These result shows that roof displacement and acceleration obtained from shaking table test and time history analysis of FEM are very close to each other. The first three mode frequency of created five models obtained from FEM is given in Table 5. The result of roof displacement and acceleration obtained from time history analysis of FEM of five created building models are compared each other in Table 6 and Table 7, respectively. It is seen that using diagonal elements in shear walls-frame system decrease displacement and acceleration of models. The maximum displacement and acceleration of roof obtained Model-1 which has shear walls-frame without using diagonal elements. Some condition especially in tall buildings which structural system consists of only shear walls, column and beam may not be sufficient to resist the lateral forces caused by wind and earthquake.

Table 3. The roof displacement of Model-5

Result from	Roof Displacement (mm)		
	SGM-1	SGM-2	SGM-3
FEM	8.69	37.24	34.51
Shaking Table	8.90	39.90	-

Table 4. The roof acceleration of Model-5

Result from	Roof Acceleration (g)		
	SGM-1	SGM-2	SGM-3
FEM	0.99	3.28	4.61
Shaking Table	1.10	3.00	-

Table 5. The Frequency of models

Models	Frequency of Mode-1 (Hz)	Frequency of Mode-2 (Hz)	Frequency of Mode-3 (Hz)
Model 1	3.65	3.66	6.05
Model 2	4.48	4.49	11.50
Model 3	4.49	4.50	11.11
Model 4	4.51	4.52	11.17
Model 5	5.06	5.08	14.73

Table 6. The roof displacement of models

Result from	Roof Displacement (mm)		
	SGM-1	SGM-2	SGM-3
Model 1	20.71	68.54	61.70
Model 2	14.19	53.99	39.43
Model 3	14.06	53.63	39.60
Model 4	13.84	52.91	39.88
Model 5	8.69	37.24	34.51

Table 7. The roof acceleration of models

Result from	Roof Acceleration (g)		
	SGM-1	SGM-2	SGM-3
Model 1	1.42	3.87	5.56
Model 2	1.29	3.93	4.18
Model 3	1.25	3.94	4.09
Model 4	1.29	3.89	4.10
Model 5	0.99	3.28	4.61

5. Conclusion

In this study, the effect of the use of diagonal elements on the lateral stiffness of tall buildings with shear walls-frame system was investigated. In this context, 5 different structural systems have been formed by using different diagonal arrays in the shear walls-frame system. In order to determine the dynamic characteristics of the systems, finite element models of the systems were created by using SAP2000 program. Three different scaled ground motions were used in time history analysis. Frequency, roof acceleration and displacement of the models obtained from analysis compared to each other. It is seen that using diagonal elements in shear walls-frame system decrease displacement and acceleration of models. Some condition especially in tall buildings which structural system consists of only shear walls, column and beam may not be sufficient to resist the lateral forces caused by wind and earthquake.

Acknowledgements

Shaking table test result obtained from the competition organized by Turkish Natural Catastrophe Insurance Pool (DASK). We thank competition team member of Domino Hotel: Ali HAMZA, Onur GÜLLÜK, Zeynep TAN and Meryem KARAKURT.

References

- [1] Birinci, F. “Seismicity Turkey and building stock conversion of regulatory and fiscal policy regarding urban complicate the elements”, *2. Turkey Earthquake Engineering and Seismology Conference*, Hatay, 2013.
- [2] Regulations, Turkey Building Earthquake Regulation, Annex - *Principles for Design of Buildings Under Earthquake Impact*, pp. 7-16, 2018.
- [3] Ay, Z, Çelik, İ.D ve Kımıllı, N.A “Some assessments on seismic performance of braced steel frames”, *Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology*, Vol. 26(1), pp. 7-17, (2010)
- [4] Türk, B. “Evaluation the seismic performance of a special concentrically braced frame”, İstanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology (2016).
- [5] Çavdar Ö. “Dynamic of cross-member steel structures in different shapes investigation of behavior”, *7th Steel Structures Symposium with International Participation*, Gaziantep, (2017)
- [6] Türker K ve Lekesiz İ. “The effect of bracing type on seismic performance of a typical industrial steel structure”, *Dokuz Eylul University-Faculty of Engineering Journal of Science and Engineering*, Vol. 19(57), pp. 821-834, (2017)

Lessons Learned From Past Earthquakes for Horizontally Curved Bridges

Esra Namlı¹, Prof. Dr. Turgut Öztürk²

¹ *Emay International Engineering and Consultancy Inc., Kısıklı Cad. No:27 Altunizade-Üsküdar/İstanbul, (+90-216)4000400, enamli@emay.com*

² *Istanbul Technical University, Faculty of Civil Engineering, Maslak 34467 Sarıyer/İstanbul, (+90-2122853855), ozturktug@itu.edu.tr*

Abstract - Transportation has an important and wide impact on the economy, social and cultural structure of countries. Highways and railways are part of the transportation system network where bridges and viaducts are the most critical structures of this system. Therefore, bridge damages not only result in direct losses, but also have social and economic impacts. The temporary loss of the function of the bridge is defined as direct loss, while the closure of traffic lanes after the damages in bridges and viaducts due to earthquake ground motion, the reduction of traffic volume, or the complete closure of the bridge are indirect losses. If the bridge is severely damaged, this road can be completely closed and if the process is long, it can have significant effects on the regional economy. The major damage types that cause bridge closure are; unseating of the superstructure, column shear collapse, foundation collapse, bearing collapse and insufficient column bending capacity. Seismic behavior of bridges in curved alignment plane contain additional potential damages due to their complex geometries, although similar damages were observed for curved and straight bridges as examined in past earthquakes. In this study, the damages observed in horizontally curved bridges in the past earthquakes will be investigated and the lessons to be learned according to the results obtained from past earthquakes on the curved bridges will be examined.

1. Introduction

Transportation systems from past to present and the bridges that are a part of it have been one of the most important factors determining the level of civilization of the country as well as providing the transportation network in the countries. Damages in bridges after major earthquake ground movements not only affected transportation but also indirectly affected social-economic conditions of countries according to damage level. Therefore, it is of great importance to determine the seismic behavior of bridges and to design them according to that criterias. By examining the damage types occurring in the past earthquakes, a number of studies have been carried out in order to develop bridge designs in this aspect.

With the increasing population, the coincidence of urban and suburban roads has led to the need for different intersection solutions. Therefore, the use of horizontally curved bridges have become widespread for their aesthetic and economic advantages which exhibit geometric compatibility. On the other hand, due to their geometric irregularities, curved bridges are more sensitive to earthquake ground movements than straight bridges. Although similar damages were observed for both bridge types, more complex and destructive damage types were encountered due to the geometry of the curved bridges. For this reason, many studies have been carried out in order to understand the seismic behavior of horizontally curved bridges and to take necessary measures in the designs to be made.

Particularly as a result of the heavy damages in the bridges after the 1971 San Fernando earthquake, the behavior of these bridges under the influence of large ground movements became more remarkable. In the following years, the 1989 Loma prieta earthquake, the 1992 Petrolia Earthquake, the 1994 Northridge earthquake, the 2008 Wenchuan earthquakes brought more attention to the importance of the damage to the bridge in many horizontal curve alignments. The main damage types in bridges are; unseating of the superstructure, column shear collapse, foundation collapse, bearing collapse and insufficient column bending capacity. In this study, the damages observed in the bridges after the major earthquakes will be mentioned and information will be given about the determination of the seismic behavior of the horizontally curved bridges.

2. Observed Curved Bridge Damages and Reasons During Past Earthquakes

Transportation has an important and wide impact on the economy, social and cultural structure of the countries. Highways and railways are part of the transportation system network and bridges and viaducts are the most critical structures of this system. Therefore, bridge damages not only result in direct losses, but also social and economic impacts. Direct costs are defined as the state of post-earthquake functionality of the bridge, while repairing the bridge will restore its past function [1]. Indirect losses include the closure of traffic lanes, the decrease in traffic volume, or the complete closure of the bridge after damages in bridges and viaducts due to the earthquake ground motion. If the bridge is severely damaged, this road can be completely closed and if the process is long, it can have significant effects on the regional economy.

Some of the damage types that cause bridge closure are; unseating of the superstructure, column shear collapse, foundation collapse, bearing collapse and insufficient column bending capacity.

Seismic behavior of bridges in the curve alignment includes additional potential damages, although similar damages were observed when the straight bridges and curved bridges were examined in the past earthquakes.

2.1. 1971 San Fernando Earthquake

2.1.1. 1971 San Fernando Earthquake features

San Fernando earthquake occurred at the northern part of the metropolitan Los Angeles which had a huge population of 8 million. The magnitude of the shock was 6.6 and it was generated by thrust faulting. San Fernando valley was thrusting under the Gabriel mountains and this earthquake rearrange these pressures. The relative motion across the fault plane was generated by the rock above moving upward along the fault and the rock beneath moving downward along the fault that was reverse thrust faulting and shown in Figure 1[2].

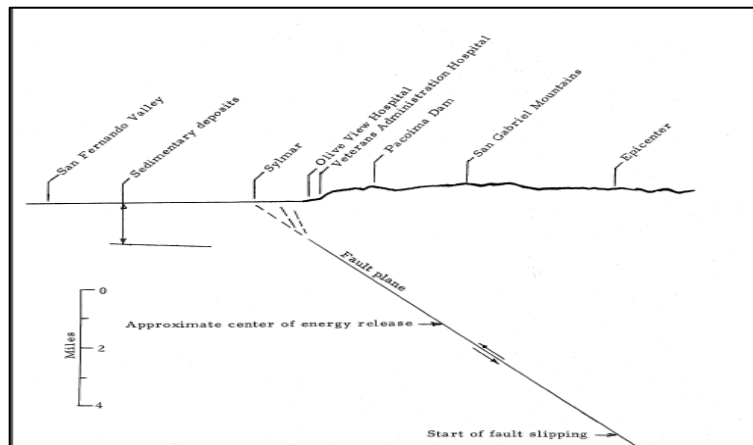


Figure 1. Schematic N-S cross section showing inferred faulting [2]

2.1.2. 1971 San Fernando Earthquake bridge damages

According to the reports released after the earthquake 450 homes, 60 apartment buildings, 400 commercial buildings had severe damage; 600 homes, 200 apartment buildings and 450 commercial buildings had significant damage; and some 20000 structures had minor damage. Also 42 bridges had appreciable damage and 5 of the bridges had collapsed [2].

The major damage had occurred at the Golden State Freeway(Interstate 5)-Antelope Valley Freeway(California SR14 Interchange) Interchange. South Connector Overcrossing along this interchange, which was a curved nine-span reinforced concrete highway bridge with diaphragm abutment collapsed [3]. The bridge was completed at the time of San Fernando Earthquake. The bridge superstructure was divided into 5 separate segments by using 4 expansion joints. There were three tie bars used at each expansion joints in order to prevent the longitudinal deflection of the superstructure because of the creep and temperature effects (Figure 2).

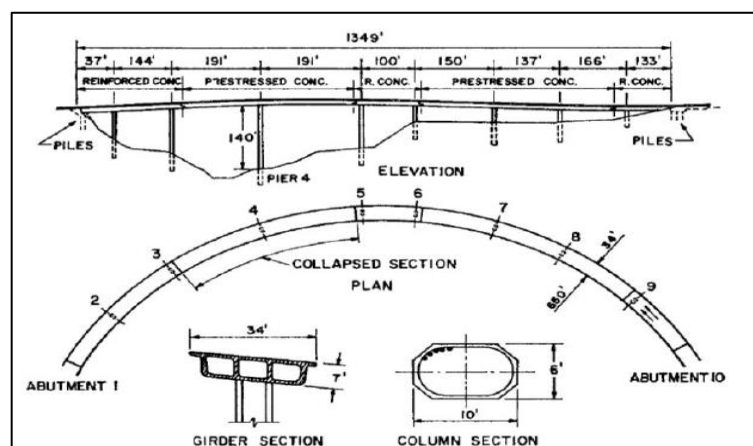


Figure 2. The structural system of the SR14/I-5 South Connector Overcrossing [3]

According to the damage survey reports, as a result of the strong amplitude vibrations during earthquake the deck separation at expansion joint 2 initiated in the longitudinal direction. Therefore, it lead the tie bars at the expansion joints to be yielded and failed.

The failure of the restrainers caused the span four to fall off from its support because of unseating of the hinge locations the superstructure between expansion joints 1 and 2 (span 3 and 4) and the column 4 collapsed as seen in Figure 3 [4].



Figure 3. The collapsed sections of South Connector Overpassing after the San Fernando Earthquake [4]

The southbound SR14/I-5 Separation and Overhead structure was a 10-span curved concrete box-girder bridge with seat-type abutment and single column bent. The structure was constructed in five segments with four intermediate expansion joints. It was under construction at the time of the 1971 San Fernando earthquake [5;6]. The damage of the superstructure occurred as a result of the settlement of the falsework.

Golden State (I-5) and foothill freeway interchange (Interstate 210) interchange consisted many overcrossings and bridges as seen in Figure 4 [2]. At the time of the earthquake many structures were completed but not open to traffic. Many collapses and failures occurred in the interchange.

2.1.3. Lessons learned from 1971 San Fernando Earthquake

The main structural elements damaged after San Fernando Earthquake are can be listed as follows; Expansion joints, Columns, Column caps, Abutment walls&wing walls.

The bridges damaged or collapsed during the earthquake had commonly in span hinges with gaps and tie bars. Because of inadequate seat width of the deck at the expansion joints during the strong ground motion the displacement of the deck followed by falling of the spans. The reasons of the column damages were ; inadequate ties both in size and spacing. For column caps they were mainly poor of reinforcement for tying column bents to the deck/superstructure. Confinement reinforcements should be increased to prevent that type of the damage. In addition, column foundations had inadequate anchorage of main reinforcement bars that had caused the foundation failures. Also, behind the abutment the backfill should be improved in order to prevent the settlement during the shock. Thus, Abutment walls & wing walls need to be strengthened to better engage forces transmitted through backfill earth pressures [7].

2.2. 1994 Northridge Earthquake

2.2.1. 1994 Northridge Earthquake Features

The Northridge earthquake M_w 6.7 occurred on January 17, 1994, beneath the San Fernando Valley. The mainshock hypocenter was at 19 km depth in the lower crust and it had a thrust faulting focal mechanism. After the mainshock, eight aftershocks of magnitude $M \geq 5.0$ and 48 aftershocks of magnitude $4 \leq M \leq 5$ occurred which form a diffuse spatial distribution around the mainshock rupture plane. The fault mechanism and the location of the Northridge Earthquake can be seen in Figure 4 [8]. San Fernando 1971 and 1994 Northridge Earthquakes differ mainly in the dip direction of the faults and the depth of faulting. The 1971 north-northeast trend of left-lateral faulting (Chatsworth trend) was not activated in 1994 [9].

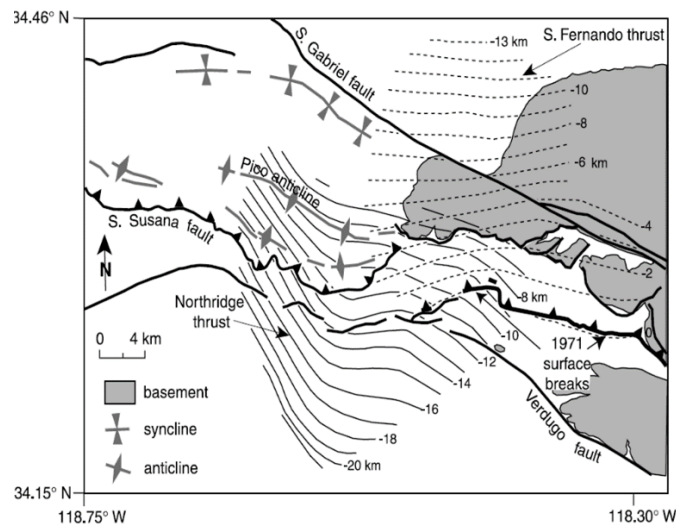


Figure 4. Map view of interpretation of fault planes [8]

2.2.2. 1994 Northridge Earthquake Bridge Damages

During Northridge earthquake in 1994 ($M_w = 6.7$), seven major highway bridges collapsed and 157 bridges suffered from heavy damages [5]. Two out of collapsed bridges were horizontally curved in plane.

These curved bridges were the parts of Golden State Freeway(Interstate 5)-Antelope Valley Freeway(California SR14 Interchange) Interchange, called Southbound Separation and Overhead Ramp and North Connector Overcrossing Ramp (Figure 5).

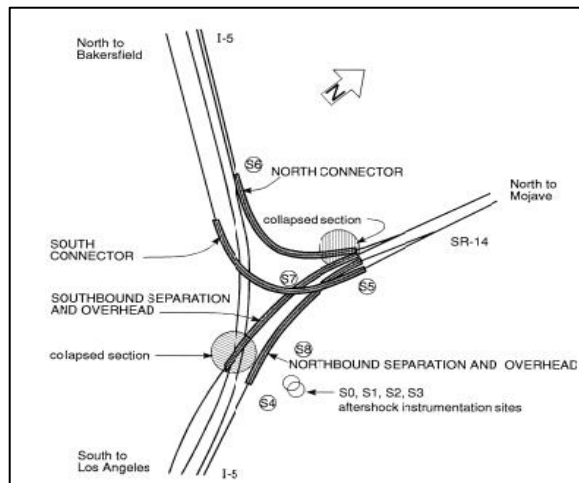


Figure 5. Plan view of SR14/I-5 Interchange and the observed damaged and collapsed regions of the bridges after earthquake [4]

These bridges had been designed before 1971 but constructed after 1971 after San Fernando Earthquake.

Southbound Separation and Overhead bridge was a 10-span curved concrete box-girder bridge with seat-type abutment and single column bent. The structure was composed of five segments with four in-span expansion joints. Since the structure was under construction during 1971 San Fernando earthquake the damages were mostly settlement of the falsework (Figure 6) [5;6].

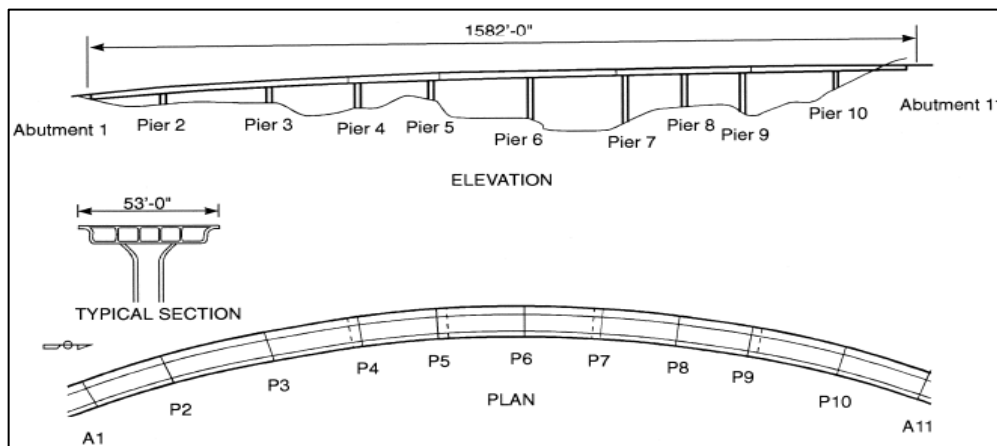


Figure 6. Plan and elevation view of Southbound Separation and Overhead Bridge [5;6]

In the Northridge Earthquake the Pier 2 with a short and stiff column had failed and crushing of this pier followed with the collapse of the spans 1,2 and 3 because of seat loss of the hinges. Pier 3 had also failed due to the collapse of the spans. The collapse mechanism of the bridge during the Northridge Earthquake can be summarised as seen in Figure 7 [7].

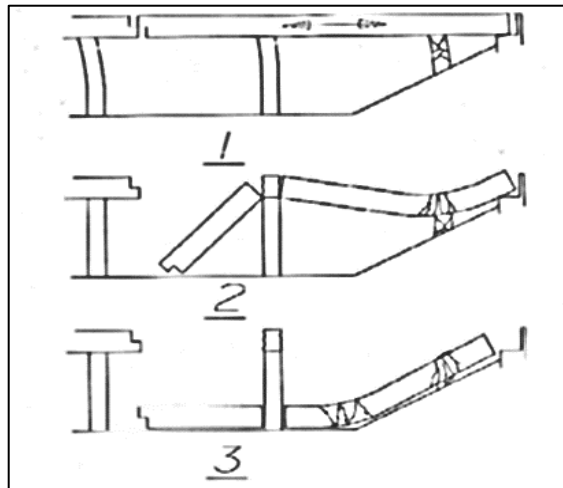


Figure 7. Failure mechanism of . SR14/I-5 Interchange Southbound Separation and Overhead bridge during Northridge Earthquake

The other bridge collapsed during the Northridge earthquake was the North Connector Overcrossing. The structure had a curved concrete box-girder deck with 10 spans, seat-type abutment, and single column bent [6](Figure 8).

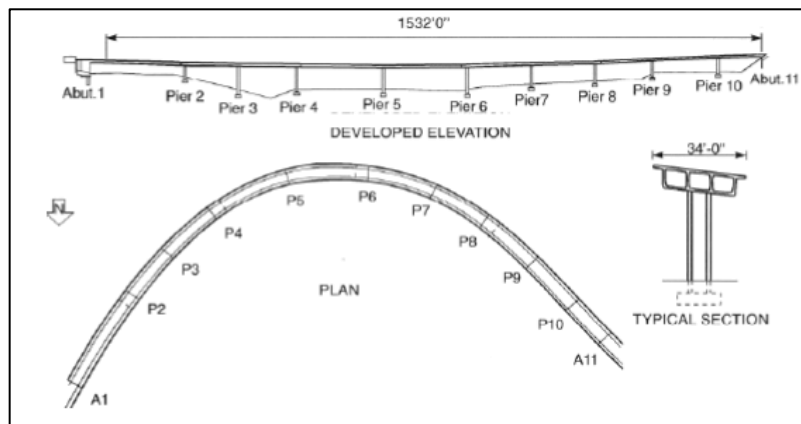


Figure 8. Failure mechanism of . SR14/I-5 Interchange Southbound Separation and Overhead bridge during Northridge Earthquake [6]

The bridge was composed of five segments with four in-span hinges. In the Northridge earthquake, similar collapse mechanism had been observed like the Southbound Separation and Overhead bridge. Pier 2 was shorter and stiffer than the adjacent piers. The collapse of the frame between abutment 1 and pier 3 had been initiated by the failure of Pier 2 [5] because of its short height and consequently large stiffness. After the failure of Pier 2, the simply supported span between abutment 1 and the first hinge collapsed.

2.2.3. Lessons learned from 1994 Northridge Earthquake

The main structural elements damaged after Northridge are; Expansion joints, Columns, Column caps, superstructure. The bridges damaged or collapsed during the earthquake had commonly in span hinges with gaps and tie bars.

Because of inadequate seat width of the deck at the expansion joints during the strong ground motion the displacement of the deck followed by falling of the spans. The shorter but stiffer columns relatively to the adjacent pier columns generally failed and it was followed by other collapses. Columns inadequate ties both in size and spacing. For column caps they were mainly poor of reinforcement for tying column bents to the deck/superstructure. Confinement reinforcements should be increased to prevent that type of the damage.

2.3. 2008 Wenchuan Earthquake

2.3.1. 2008 Wenchuan Earthquake Features

The Wenchuan earthquake with a magnitude of 8.0 according to CEA occurred in Sichuan Province, China on May 12, 2008. The earthquake killed 69,227 people and 17,923 people were still missing by October 8, 2008. The hypocenter of the earthquake was close to In Yinxiu Town (Figure 9) almost all buildings were destroyed and about 7,700 people, nearly 80% of the residents, were dead or missing [10].

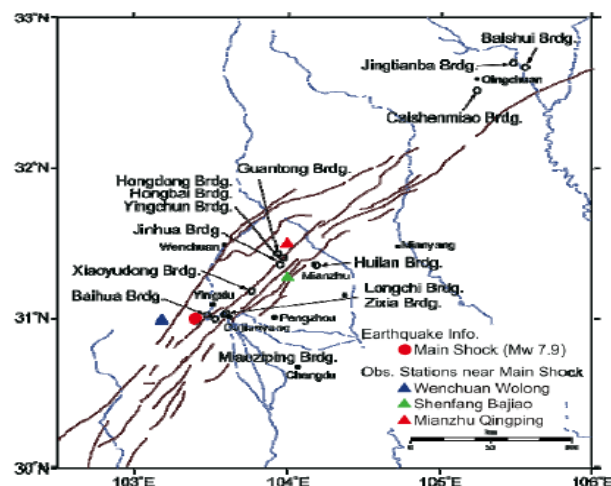


Figure 9. Longmen Shan Fault and location of bridges [10]

The rupture of the Longmen Shan Fault (Fig. 9) induced the Wenchuan earthquake [10]. Large scale thrusting of the Tibetan Plateau towards the east of the rigid block of Sichuan Basin resulted in the NE-SE dip-slip reverse fault [11; 12]. The fault zone extended from Yingxiu Town, Wenchuan County, to Mianzhu City, Beichuan County, and to Qingchuan County. The epicenter was located at Yingxiu Town. Extensive damage occurred in nearly 300 km long and 50 km wide regions along the fault [13].

2.3.2. Wenchuan Earthquake Bridge Damages

During the 2008 Wenchuan, many highway bridges damages were observed and reported China earthquake [10; 14; 15; 16]. The curved bridges, especially with high pier columns, exhibited complex dynamic behavior when they were subjected to vertical and horizontal ground motions simultaneously [14].

The reasons of this problem was defined as because of the mass eccentricity. It might have caused more complex behavior by generating additional bending moments and torsional effect.

Baihua Bridge was one off the bridges that suffered from damage during the Wenchuan Earthquake. The bridge was an 18-span reinforced structure composed of straight and curved segments (Figure 10). The spans of the curved segment were supported by tall two-column bent and lateral beam that provided the lateral restraint between the columns. There were five intermediate expansion joints at the bents and two exterior joints at two seat-type abutments. At both ends of each segment, the bridge superstructure rested on the bent cap beam, while the intermediate piers did not have any cap beam.

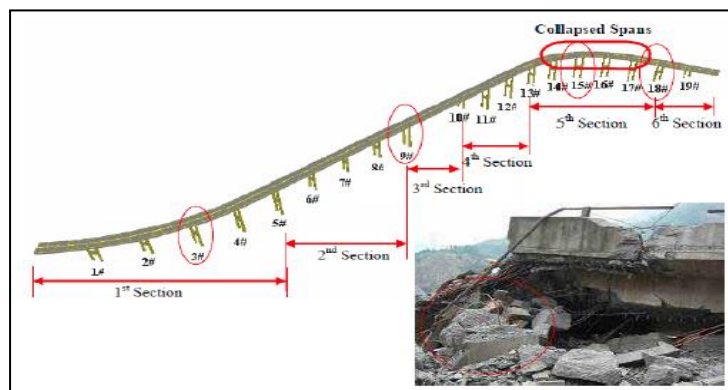


Figure 10. Schematic of Baihua Bridge before the earthquake and column shear and flexural failure at bent 15 [15]

During the earthquake, the four span continuous curved section had been collapsed completely. The first failure mechanism was stated that, as a consequence of transverse displacement of the bridge, lateral beam-column connections failed because of inadequate lateral confinement. Since the capacity at the connection of the column and lateral beam decreased in larger drift the bridge collapsed. The dislocation of the girders from the seat in the longitudinal direction because of insufficient seat length and connection failure of the rubber pads supported the girders could be the other possible failure mechanism of the bridge. It is also stated that the curved alignment of the bridge could cause the complicated behaviour as seen in Figure 11 [10].



Figure 11. Possible failure mechanism of Baihua Bridge and collapse of the bent 5 [10]

The other bridge damaged during Wenchuan Earthquake was the structures in the Huilan Interchange which consisted of a viaduct and four ramps (Figure 12).

The ramps had circular reinforced concrete columns with low transverse volumetric ratio where some of them were fixed at their top to the box-girder and the others were connected to the superstructure via rubber bearings.

During Wenchuan earthquake, flexural-shear failure in the circumferential direction of the short columns in the ramp bridge, including crushing of the concrete core, buckling of the longitudinal reinforcements, and rupturing of the transverse hoops, occurred at the top of the pier. The column failure led to fracture at the bottom of the box-girder. The low confinement of the column might be one of the major causes of damage to the columns, which were fixed at the top.

The large uplift of the deck at the abutment resulted in damage to the rubber bearings under the box-girder and separation of the abutment and box-girder [4].



Figure 12. Huilan Köprüsü hasarlı P2 Ortaayağı ile hasarsız P3 Ortaayağı ve kesme hasarı oluşan ortaayak

2.3.3. Lessons Learned from Wenchuan Earthquake

The main structural elements damaged after Wenchuan Earthquake the Northridge are can be listed as follows; Columns, Cap beams, Curved box girder superstructure.

The dislocation of the girders from the seat in the longitudinal direction because of insufficient seat length and connection failure of the rubber pads supported the girders caused collapse of the bridges. In addition, the capacity at the connection of the column and lateral beam decreased in larger drift because of insufficient confinement. Lastly it was reported that the curved alignment of the bridges could cause the complicated seismic response of the bridges during earthquake.

Conclusions

In this study, the damages observed in horizontally curved bridges in the past earthquakes will be investigated and the lessons to be learned according to the results obtained from past earthquakes on the curved bridges will be examined and summarized. In the scope of this study the destructive earthquakes; 1971 San Fernando, 1994 Northridge and 2008 Wenchuan are studied based on the damages and collapses occurred at the horizontally curved bridges. The major damage types that cause bridge closure are; unseating of the superstructure, column shear collapse, foundation collapse, bearing collapse and insufficient column bending capacity. Researches have shown that although the similar damages had been observed for straight and curved bridges, the curved ones should be investigated precisely as they have potential risk because of the geometrical irregularities.

The seismic response of the curved bridges should be investigated in the vicinity of the lessons taken from past earthquakes and these effects should be taken into consideration at both design and construction stages of the horizontally curved bridges.

References

- [1] Mackie, K. & Stojadinović, B., “Fragility Basis for California Highway Overpass Bridge Seismic Decision Making”, Berkeley: Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 2005.
- [2] Paul C. Jennings, “Engineering Features of the San Fernando Earthquake of February 9, 1971”, EERL 71-02, Pasadena California, June 1971.
- [3] Tseng, W. & Penzien, J., “Seismic Response of Long Multiple-Span Highway Bridges”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Volume 4, p. 25-48, 1975.
- [4] Reihaneh Sarraf Shirazi, “Seismic Response and Analytical Fragility Functions for Curved Concrete Box-Girder Bridges”, University of Nevada, Reno, 2015.
- [5] Moehle, J. P., “Preliminary report on the seismological and engineering aspects of the January 17, 1994 Northridge earthquake”, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1994.
- [6] Buckle, I., “The Northridge, California Earthquake of January 17, 1994: Performance of Highway Bridges”, National Center for Earthquake Engineering Research, MCEER, Buffalo, 1994.
- [7] Kevin J. Thompson, “Major Earthquakes in California and the Development of Seismic Safety in Bridge Design ”, Caltrans: California Department of Transportation, California, March 2007.
- [8] Carena S., Suppe J., “Three-Dimensional Imaging of Active Structures Using Earthquake Aftershocks: The Northridge Thrust California”, Journal of Structural Geology, 24: 887-904, April 2002.
- [9] Hauksson E., Jones L. M., Hutton K., “1994 Northridge Earthquake Sequence in California: Seismological and Tectonic Aspects”, JGR Solid Earth- Papers on Seismology, 10 July 1995.
- [10] Kawashima, K., Takahashi, Y., Ge, H., Wu, Z., & Zhang, J., “Reconnaissance Report on Damage of Bridges in 2008 Wenchuan, China, Earthquake”, Journal of Earthquake Engineering, 13:7, 965-996, 2009.
- [11] Densmore, A.L., Ellis, M.A., Li, Y., Zhou, R., Hancock, G.S. and Richardson, N., “Active tectonics of the Beichuan and Pengguan faults at the eastern margin of Tibetan Plateau, Tectonics, Vol. 26, TC4005, 2007.
- [12] Lekkas, E.L., “Wenchuan earthquake, Sichuan, China-geotechnical regime and damage Macro-distribution, Proc. 14th WCEE, Paper No. S31-015, Beijing, China, 2008.
- [13] Li Qiao and Zhao Shichun (editors), “Analysis of seismic damage of engineering structures in Wenchuan earthquake”, Southwest Jiatong University, China, 2008.
- [14] Qiang, H. et al., “Seismic damage of highway bridges during the 2008 Wenchuan earthquake”, Earthquake Engineering And Engineering Vibration, 8(2), p. 263-273, 2009.
- [15] Yen, P. et al., “China Earthquake Reconnaissance Report: Performance of Transportation Structures During the May 12, 2008, M7.9 Wenchuan Earthquake”, McLean: U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Administration, Research, Development, and Technology, Turner-Fairbank Highway Research Center, 2011.
- [16] Sun, Z. et al., “Lessons Learned from the Damaged Huilan Interchange in the 2008 Wenchuan Earthquake”, ASCE, Journal of Bridge Engineering, 17(1), p. 15-24, 2012.

The Vernacular architecture in centre of Italy after the big Earthquake

Salvatore Santuccio¹

¹ Assoc. Prof. (Università di Camerino, Scuola di Architettura e Design "E. Vittoria", Italy, salvatore.santuccio@unicam.it)

Abstract: - In 2016 a series of strong earthquakes hit central Italy, destroying many towns, some even completely. These towns mostly consisted of very old buildings made of local stone that crumbled under the shock. The quality of these towns was defined by the buildings in the urban space and the vernacular architecture of the individual houses. Before the earthquakes, VERNADOC Italia had studied precisely this quality with survey campaigns organized by the authors with students at the School of Architecture in Ascoli Piceno. After the terrible event and the destruction of many of these homes, the problem arose as to how to reconstruct these towns and in particular how to prevent them from becoming depopulated, since they are mostly located in the mountains in disadvantaged circumstances with respect to Italy's larger production and economic system. The residents immediately exhibited a desire to recreate the urban spaces and houses that were present before the earthquake, reconstructing the town 'where and how it was' because the vernacular architecture of those places was a symbol of the places themselves. This reconstruction, however, is very difficult and economically very expensive. To support it, a real willingness to economically revive those places is needed. This is more a political and social problem than an architectural one. In Italy, however, there have been interesting examples of regenerating semi-abandoned mountain towns, for example, Riace in Calabria, where the town has been reborn by integrating migrants from Africa and Asia. This essay describes the problem of reconstruction using direct evidence of these events and involving the mayors and residents of the destroyed towns. With respect to images, those made in the affected towns during the VERNADOC camps alternate with images of the destruction caused by the earthquakes to recount the serious loss of architectural and environmental quality.

Key Words: Vernacular architecture, Earthquake, Reconstruction, Drawing, Symbols.

1. The 2016 earthquake and the survey in the historical centres

In 2016 a strong earthquake hit central Italy, destroying many towns, some even completely. The tremors occurred for several days and were succeeded by more significant events for more than six months. The first earthquake occurred on 24 August 2016 at 3:36 am with a magnitude of 6.0 and an epicentre in the Tronto Valley between Accumuli and Arquata del Tronto; it strongly damaged historical cities such as Amatrice. On 26 October 2016, another two earthquakes were registered, the first at 19:11 with a magnitude of 5.4 and the second at 21:18 with a magnitude of 5.9, both centred on the Umbria-Marche border and affecting many towns in the Province of Macerata, some of which, such as Visso and Ussita, are very important.

The strongest tremor was recorded on 30 October 2016 with a magnitude of 6.5 and an epicentre between the towns of Norcia and Preci. Finally, on 18 January 2017, a new set of four earthquakes of magnitude greater than 5 occurred with an epicentre in Abruzzo. This entire series of events provoked 41,000 evacuees, along with 388 wounded people and 303 deaths. In addition, it damaged an exceedingly large area of small mountain towns stretching up to 150 kilometres.

Many of these towns boast a thousand-year history. Amatrice is recorded in the Farfa register beginning in 1012 [1]; Visso certainly existed in the Roman era¹; Norcia is a small pre Roman city conquered by the Romans in the third century BC²; Arquata del Tronto, albeit with uncertain origins, belonged to the Flavi family in the first century AD.

In sum, this entire area developed in the Medieval era with a compact, articulated urban morphology characterized by stone houses with wooden beams, along with important defensive bastions, sighting towers, and imposing cathedrals and civic buildings. Both residential and public buildings therefore combine to create great historical and cultural value, an undeniable vulnerability that was at the base of very serious damage in the area³.

VERNADOC Italia documented these historical towns in central Italy well before the earthquake occurred, in collaboration with the School of Architecture at the University of Camerino in Ascoli Piceno. These extremely detailed surveys were shown to be essential in managing the knowledge of the buildings destroyed following the earthquake and imagining their reconstruction.

In 2015–2016 a survey campaign was made of the Medieval buildings in the high Macerata area⁴. Three types of buildings were studied: castles, fortresses, and sighting towers. The castles in the following towns were studied: Pitino, Torricchio, and Castelsantangelo sul Nera. The fortresses in Varano and Santa Lucia were studied. Finally, the guard tower in Visso was studied, along with towers in Carpignano, Castelraimondo, Castelfantellino, and Smeducci. As mentioned above, these are found near Macerata and were built by the duchies of Spoleto and Camerino.

In addition, the entire urban layout of Visso, a small historical town on the slopes of the Sibillini Mountains, was analysed. The survey of the city entailed the division of the whole area into urban sectors classified according to the degree of importance i.e., the presence of highly valuable architectural objects, leading to the following three sets: urban sectors in the ‘centre’, ‘primary periphery’, and ‘secondary periphery’.

For each sector, surveys were made with direct and indirect methods and a laser scanner was used to survey the two squares of the centre, Piazza Pietro Capuzi and Piazza Martiri

¹ The oldest and surest archaeological evidence recording the existence of a settlement in the Roman era is a funerary epigraph of a freedman dated between the first and second centuries AD. The freed slave evidently pertained to the Horatia tribe situated near Spoleto.

² The city’s foundation probably dates to the fifth century as the work of the Sabinis, who in the zone of Norcia identified today with the toponym Capo la terra, were located in the most northerly outpost of the territory they controlled. The name Norcia is likely related to the Etruscan name Northia after the Roman god Fortuna. The city was conquered by the Romans at the beginning of the third century BC, obtained Roman citizenship in 268 BC, combined with the Quirina tribe, and allied with Rome in the war with Carthage.

³ ‘According to an estimate by the National Association of Italian Municipalities (Associazione Nazionale Comuni Italiani, ANCI), around 200,000 buildings were damaged or made unusable in the areas of central Italy hit by the earthquake’. See Agi (Agenzia Italia) Cronaca, 12 December 2016, at [hOps://www.agi.it/cronaca/terremoto_centro_italia_i_numeri_del_sisma-1213113/news/2016-11-02/](https://www.agi.it/cronaca/terremoto_centro_italia_i_numeri_del_sisma-1213113/news/2016-11-02/)

⁴ The study of defensive architecture in the duchy of Camerino produced ten investigations differentiated by type: castles, fortresses, towers, and defensive walls. Two- and three-dimensional reproductions of the data were made. For the 2D data, the scale of representation ranged from 1:500 to 1:10. Descriptive sheets were created with bibliographic and archival references. This type of documentation led to a historical framework of each architectural object. The 3D data were processed to create 3D printouts, which was very laborious in terms of both modelling and printing.

Vissani. Following the initial inspections, the research proceeded at the University of Camerino in Ascoli Piceno, where the data were processed through the use of graphical software and traditional representation techniques. These two survey campaigns were enriched with a very careful study of some architectural details such as doors and decorative elements made using the manual survey techniques characteristic of the VERNADOC culture.

After the 2016 earthquakes, a large part of the works that had been surveyed were destroyed or strongly damaged. The city of Visso experienced enormous damage and, in particular, many buildings in the two abovementioned squares collapsed. With regard to the towers and defensive walls, many experienced serious damage and, in particular, the towers in Castelfantellino di Ussita and Castelsantangelo sul Nera practically disappeared from the urban landscape of their respective towns.



Figure 1. Piazza Pietro Capuzi, in Visso represented before earthquake (January 2016) and after (February 2017).

These tragic events demonstrated the importance of surveying the buildings and cities and the survey campaigns were made available to those charged with reconstructing the damaged towns.

At the same time, new plans were made to survey the heavily damaged historical centres such as Visso with the idea of comparing the situations before and after on paper. In less damaged towns, the idea was to acquire data on the current state in order to understand the historical heritage and preserve its memory in case of possible future developments.



Figure 2. Damages in historical centre of Visso: Prospective views of point cloud in rgb by laser scanner and drone, 2017.

In Visso, a thorough survey campaign made with drones, a Topcon laser scanner, and traditional methods produced a vast amount of data that, when compared with pre-earthquake data, constituted an essential basis for reflecting on the reconstruction of the historical centre.

2. Detect to rebuilt

Many towns declared themselves open to the VERNADOC camps in their urban territories. These included Offida and Grottammare, which were identified as the next areas of study for VERNADOC camps in Italy, based on the experience made in Montepandone, a town also affected by the earthquake, albeit marginally.



Figure 3. Historical gates in Montepandone drawn by students of school of architecture of Ascoli during the Montepandone Vernadoc camp 2019.



Figure 4. Elevation of a building of Montepandone drawn by Watanyoo Chompoo' Shivapakwajjalert during the Montepandone Vernadoc camp 2019.

Indeed, in 2019 in Montepandone the second VERNADOC camp in the Marche Region⁵ was held; the experience was considered a very important opportunity for its future. At the end of it, the town's mayor declared: 'the surveys were used by the administration, gathered in a publication, and will be used again for graphical operations to develop tourism. In addition, these works will be used as a memory archive for future generations.'⁶ . But Montepandone also made a substantial survey campaign of the historical centre composed of the VERNADOC experience and also with the use of terrestrial photogrammetry, direct surveys, and drones. The same procedure was followed by the City of Offida, which also conducted a preventive knowledge campaign by surveying the building and architectural consistency of its historical centre.

In this case, a survey was made using a Topcon laser scanner and terrestrial photogrammetry. A VERNADOC campaign was also used for some important decorative details on buildings in the centre, which constitute a specific quality of this small city. The

⁵ The first VERNADOC camp in the Marche Region took place in Amandola, 7–21 March 2015.

⁶ Interview cited in A. Coccia, Italian Vernadoc, studenti da tutto il mondo a Montepandone. Stracci: "Utile per le future generazioni", in Riviera Oggi, 17 January 2019, see [hOps://www.rivieraoggi.it/2019/01/17/277332/italianvernadoc-studenti-da-tutto-il-mondo-uni-a-montepandone-stracci-utile-per-le-future-generazioni/](https://www.rivieraoggi.it/2019/01/17/277332/italianvernadoc-studenti-da-tutto-il-mondo-uni-a-montepandone-stracci-utile-per-le-future-generazioni/)

most interesting case of post-earthquake surveys, however, regarded Arquata del Tronto⁷. Here, the earthquake caused an array of problems and very specific possible solutions, and two universities — Camerino and Roma Tre — contributed to studying both the documentation and possible reconstruction.

Figure 5. Elevation of Piazza del Popolo in Offida, 2018.

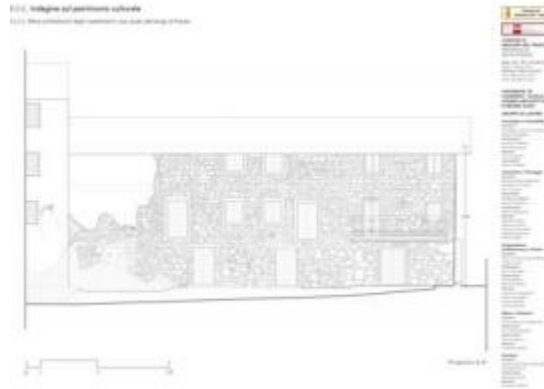


Figure 6. Survey of damaged center of Pretare, a hamlet of Arquata del Tronto, 2018.

The Municipality of Arquata del Tronto encompasses many small hamlets⁸, some of which experienced absolutely irreparable damage. The best known is Pescara del Tronto, for which the impossibility of rebuilding it where and as it was publicly declared to be impossible. In the newspaper *Manifesto* on 1 September 2017 we read this terrible sentence: ‘Pescara was the village most affected after Amatrice: the tuff and sandstone houses were literally flattened by the reinforced concrete roofs. Of nearly 200 residents, 49 did not survive the earthquake. Many remained under the rubble for hours before being rescued; others managed to flee in time only to see everything crumble. Now, passing near Pescara, one sees nothing, only rubble: a town demolished in the night by the first earthquake and then pulverized by the tremors in October and January. It is impossible to bring it back to life...’ [2]. The mayor of the Municipality of Arquata, which oversees Pescara del Tronto, clearly declared: ‘We already knew that Pescara would never be rebuilt where it was before. Of course we hoped to the last minute that something would change, but the technicians have confirmed that it is not possible to recreate everything where it was’ [2]. But for the other hamlets and the town of Arquata itself, the situation is slightly different although very compromised. Indeed, some hamlets such as Colle, Spelonca, and Trisungo, while experiencing enormous damage, are still considering how and where to rebuild, and the same can be said, while with greater caution, with regard to the administrative town of Arquata. The reconstruction that should take place in these places is not what has been adopted as yet. Indeed, as of today, only small emergency homes have been built, complicating the relationship among the residents and only postponing the debate on how to rebuild these places. As a resident of Trisungo declared: ‘I miss my town

⁷ An extensive bibliography exists regarding Arquata del Tronto. Some important recent texts regarding this city include: E. Giorgi, G. Paci, *Storia di Ascoli dai Piceni all’età Tardoan;ca*, Ascoli Piceno, Librati, 2014. S. Scacchia, *Un gioiello marchigiano a pochi passi da noi. Un tesoro immerso tra due parchi.*, in *L’Araldo Abruzzese*, Anno CVIII, no. 2, 29 January 2012, p. 14.

⁸ The hamlets in the Municipality of Arquata del Tronto are: Borgo, CamarAna, Capodacqua, Colle, Faete, Pescara del Tronto, Piedilama, Pretare, Spelonga, Trisungo, Tufo, and Vezzano. These are small, sparsely populated mountain villages, but in cases such as Pescara del Tronto, Spelonca, and Trisungo, are rich in ancient architectural buildings of great prestige, some of which were destroyed in the earthquakes.

so much. I get up in the morning and hear the sound of the bells, the chatter of passers-by under my house, the sound of the fountains flowing, the river, and the scent of burning wood in fireplaces...'[2].

This need was, up to today, gathered only by addressing documentation on the current state, making a survey campaign with drones and laser scanners in order to trace the certain borders of the transfiguration of these historical centres and aiming to understand if and how to restore the urban quality present before the earthquake.

3. Conclusions: to rebuild buildings and to rebuild people

The theme is obviously very complex and affects not only the building texture of the towns, but also the awareness of their inhabitants and the psychological repercussions they have undergone⁹.

There are two main issues involving these places. On the one hand, consideration of the opportunity to rebuild means, first, understanding the extent of the damage and if possible, comparing it to the prior documented state. This means understanding how much of the old town still exists, how much can be restored, and how much, once rebuilt, risks creating a historical, perhaps useful, imitation in which the drawings of building details acquired over the years play a very important role¹⁰. The historical imitation would be based on restoring that vernacular architecture that constituted the overall quality of these towns, but also focusing on the vitally important seismic safety of the new buildings. This attitude boasts illustrious precedents. Perhaps the best known example is the total reconstruction where and as it was of the historical centre of Warsaw, which was razed to the ground by the Nazis during the Second World War¹¹. Many people oppose this solution with justified and historically based reasons, instead trusting the historical tradition of the seventeenth-century reconstruction in southern Italy. Here, the towns destroyed by the earthquake of 1693 were rebuilt, often in different places, producing works of Sicilian baroque art such

⁹ 'In a destroyed territory in which the face and style of daily life has changed, psychological support should be a focus of rebirth. [...] No one has assumed the responsibility of scrutinizing the psychological risks that can be triggered in the health of individuals affected by traumas such as the violent earthquake of 2016, ensuring an itinerant team that could periodically visit the people demonstrating a need. Various types of intervention are possible. The development of trauma could be based on the memory and narration of people through experiential or expressive laboratories.

¹⁰ Massimiliano Tonelli already writes some days after the earthquake: 'There are three possible choices for postearthquake reconstruction. Building 'where and how it was' (a hundred-year motto from Venice when the bell tower of San Marco crumbled), building 'where but not how it was', or building somewhere else and therefore creating a new city that only preserves the residents and name of the old town'. M. Tonelli, *Terremoto e ricostruzione. Vogliono trasformare Amatrice in un outlet?*, in *Artribune*, 28/8/2016.

¹¹ 'From the start of the rebuild, the city's own rubble was utilised in the reconstruction process, and original fragments of Old Town buildings were recovered. Rubble from the former ghetto district was used to produce new bricks for the modern quarter, while architectural details from demolished buildings in the Old Town were put on to the reconstructed facades,' explains Małgorzata Popiołek, an expert in heritage conservation at the Technical University of Berlin. While much of this work was done by construction workers and specialised builders, Małgorzata says local people were required to help clear the vast amounts of debris. 'The entire nation builds its capital' became the city's rallying cry. When the rubble that was to hand would not suffice, more material was imported from neighbouring ruined cities. And to ensure it was all put back in roughly the right place, Bellotto's cityscapes were used as references for key locations'. See *The Guardian*, *Story of cities #28: how postwar Warsaw was rebuilt using 18th century paintings*, 20 May 2016 at <https://www.theguardian.com/cities/2016/apr/22/story-cities-warsaw-rebuilt-18th-century-paintings>.

as Noto, Ragusa, Granmichele, Modica, Scicli, etc.¹², defining the reconstruction itself as an opportunity for contemporary architectural culture.

The answer is not simple and should vary according to the different situations. Regardless, any type of restoration that centres on rebuilding a system of urban and social relationships similar to those that have characterized these small villages necessarily requires knowledge that starts with careful surveys.

The second main issue, which is related to the first and no less important is the progressive depopulation of these places. The younger generations especially are discouraged by the reconstruction and tend to leave such places for more certain, more secure situations where the new generations can grow. This area thus sees a progressive increase in defections, it sees people closing their houses, and economic and production activities and take shelter in faraway places. These towns are left only to elderly people; this is another serious risk that neither architecture nor surveys can provide for.

Provisions for revitalization can be made on different levels to counter this abandonment and tediousness. One of the most interesting, which has also been discussed in the Marche Region, is the approach taken in Riace, Calabria, wherein the mayor, Mimmo Lucano, has experimented with integrating refugees and migrants in city life, offering them housing and work in exchange for reactivating some of the town's production activities and rebuilding a social life.

The resource of new residents and their desire for participation may be a flywheel in rebuilding towns undergoing abandonment, thus inverting this trend and favouring an urban reconstruction based on the fundamental graphical record of architectural quality.

References

- [1] Giorgi, U. Bazzani (Eds.), *Il regesto di Farfa*/compiled by Gregorio di Catino and published by R. Società romana di storia patria, Rome, 1879, 1914.
- [2] M. Di Vito, *Ricostruzione impossibile, addio Pescara del Tronto*, in *Il Manifesto*, 1.9. 2017.

¹²See Giuffrè M. (2007). *Barocco in Sicilia*, Verona, Arsenale; Nobile M. R., & Piazza S. (2009). *Architettura del Settecento in Sicilia, Storie e protagonisti del tardo Barocco*, Palermo, Edizioni d'arte Kalós; Trigilia L. (2007). *Un viaggio nella valle del barocco, Pantalica, Siracusa e le città del val di Noto 'patrimonio dell'umanità'*, Catania, Sanfilippo.

Betonarme Binalardaki Döşeme Boşluğunun Deprem Davranışı ve Maliyetine Etkisi

The Effect of Slab Gap in Reinforced Concrete Buildings on Earthquake Behaviour and Cost

Samet Oğuzhan DOĞAN¹, Şenol GÜRSOY²

¹Karabük Üniversitesi, Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 78050 Karabük, Türkiye, oguzhan_dogan_1@windowslive.com

²Karabük Üniversitesi, Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 78050 Karabük, Türkiye, sgursoy@karabuk.edu.tr

Özet: - Türkiye’de betonarme binalarda meydana gelen depremlerde kabul sınırlarının ötesinde yapısal hasarların oluştuğu görülmüştür. Maruz kaldıkları depremlerde betonarme binalarda oluşan söz konusu yapısal hasarların çoğunun deprem yönetmeliğinde tanımlanan yapı düzensizlikleri nedeniyle meydana geldiği görülmektedir. Bu çalışmada betonarme binalardaki döşeme boşluklarının konumlarının ve büyüklüğünün deprem davranışı ve kaba inşaat maliyetine etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Bu amaçla örnek olarak seçilen bina modellerinde farklı konumlarındaki ve büyüklükteki döşeme boşluklarının bina kaba inşaat maliyetine (beton ve demir metrajları) ve deprem performansına etkileri 2007 Türkiye Deprem Yönetmeliğinde önerilen Z3 zemin sınıfına göre Sta4-CAD programı yardımıyla elde edilmiştir. Yapısal çözümlerden elde edilen bulgular irdelendiğinde, betonarme binalarda bırakılan döşeme boşluklarının bina deprem davranışını olumsuz olarak etkilediği ve kaba inşaat maliyetlerini önemli derecede değiştirdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bina Kaba İnşaat Maliyeti, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Betonarme Döşeme Boşlukları, Sta4-CAD

Abstract: - Reinforced concrete buildings in earthquake in Turkey formation of structural damage was observed that beyond the acceptable limit. It is seen that most of the structural damages in the reinforced concrete buildings during the earthquakes they are exposed to occur due to the structural irregularities defined in the earthquake regulations. In this study, the effects of location and size of slab cavities in reinforced concrete buildings on earthquake behaviour and rough construction cost are examined comparatively. With this purpose, rough construction costs (concrete and iron metering) and earthquake performance effects of the slab gap in different locations and in magnitude in the models building selected as example building are obtained by means Sta4 CAD program according to the class Z3 proposed 2007-Turkey Earthquake Regulations. When the findings obtained from the structural analysis are examined, it is seen that the slab gap left in the reinforced concrete buildings negatively affect the earthquake behaviour of the building and significantly change the rough construction costs.

Keywords: The Building Rough Construction Cost, Earthquake Resistant Design of Structure, Reinforced Concrete Slab Gap, Sta4-CAD

1. Giriş

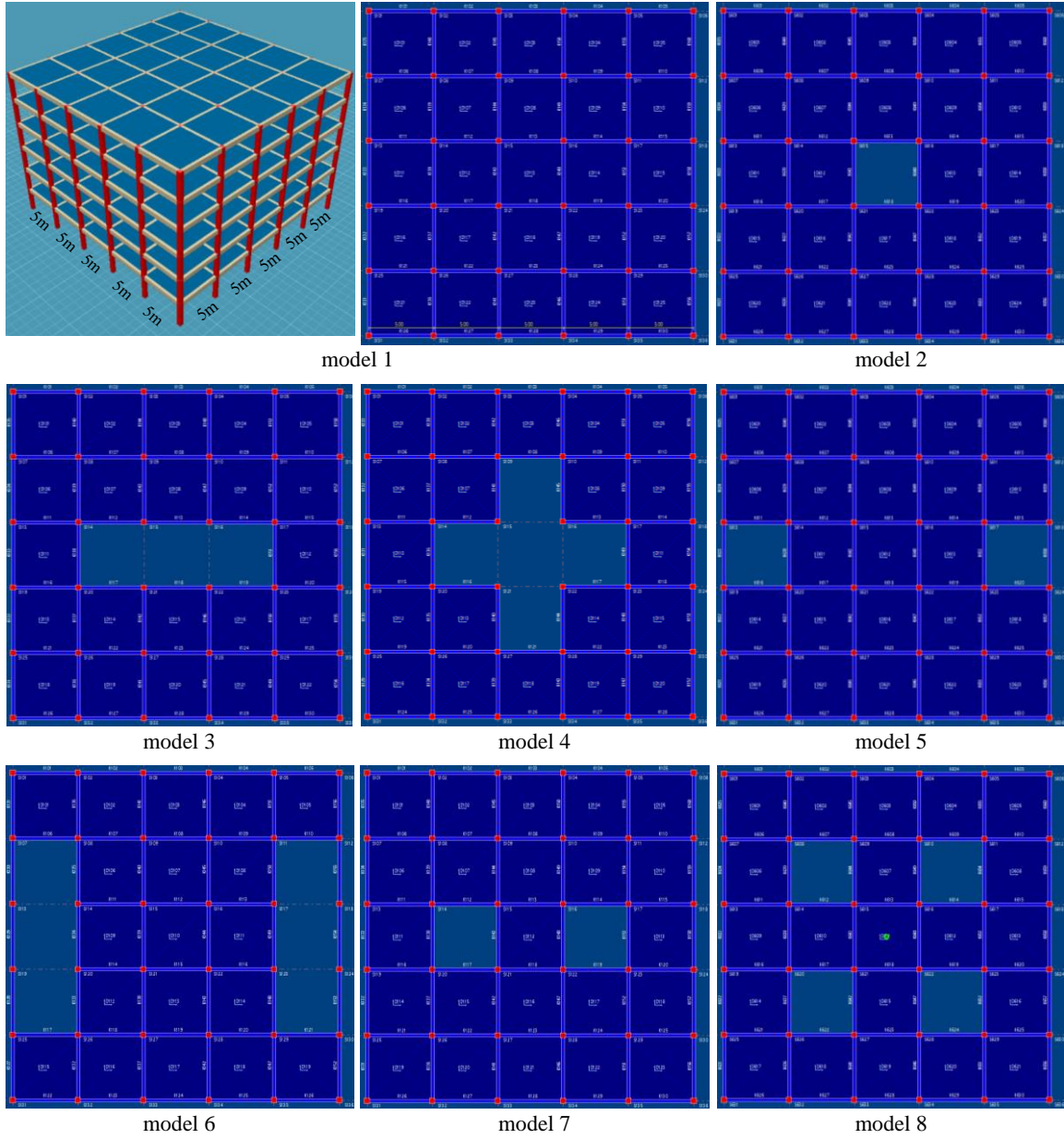
Bugünkü mimari tasarımlardaki tercihler genellikle mekânların estetik, ekonomik ve çok fonksiyonlu olarak kullanılması şeklindedir. Bunların sonucu olarak da maalesef asimetrik, düzensiz geometriye sahip ve depremlere karşı yeterli rijitliğe sahip olmayan yapılar ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle yapıların mimari tasarım sürecindeki yanlış geometri seçimleri, estetik ve görünüş kaygıları nedenleriyle yapılan hatalar yapıyı depremlerde önemli ölçüde riske atmaktadır. Hatta bazen depremlerde hasar gören yapıların hasar nedenleri incelendiğinde oluşan yapısal hasarların direk mimari tasarımla bağlantılı olduğu görülmektedir. Diğer taraftan mimari tasarımlarda olabildiğince özgür davranmak, normal koşullarda dahi taşıyıcı sistem düzenlemesinde emniyetli çözümü zorlaştırmaktadır. Bu hususa deprem etkileri de eklendiğinde taşıyıcı sistem davranışında çok daha önemli sorunlarla karşılaşmaktadır.

Bugün Türkiye’de dünya mimarisinden esinlenerek farklı tasarımlar yapılmaktadır. Ancak yapılan bu mimari tasarımlar maalesef ülkemizin şartları göz önünde bulundurulmadan gerçekleştirilmekte ve simetrik ve/veya asimetrik büyük döşeme boşlukları bırakılmaktadır. Bu tür yapı düzensizliklerinin önlenmesi için Türkiye’de farklı zamanlarda yürürlükte bulunan deprem yönetmeliklerinde gerçekleştirilecek tasarımlar için bazı hüküm ve önerileri bulunmaktadır [1, 2, 3].

Bu bildiriye, betonarme binalarda planda döşeme boşluğu konumlarındaki ve büyüklüğündeki değişimin, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelikte (TDY) önerilen Z3 yerel zemin sınıfı dikkate alınarak, binaların deprem davranışlarına ve kaba inşaat maliyetlerine etkileri Sta4-CAD programı yardımıyla karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Bu amaçla, örnek olarak seçilen betonarme bina modellerine farklı konumlarda ve büyüklüklerde döşeme boşlukları açılmış ve döşeme boşluklarının konumlarındaki değişimin bina kaba inşaat maliyetlerine (beton ve demir metrajları) ve deprem davranışına etkileri araştırılmaktadır. Çalışmanın sonunda seçilen betonarme bina modellerinin yapısal çözümlerinden elde edilen bulguların karşılaştırılmasıyla planda döşeme boşluğu konumuna bağlı olarak, daha emniyetli ve ekonomik tasarımları için bazı sonuç ve öneriler sunulmaktadır.

2. Sayısal Uygulama, Bulgular ve İrdelemeler

Bu çalışmada örnek olarak seçilen betonarme bina modellerinde döşeme boşlukları planda farklı konumlarda ve büyüklüklerde dikkate alınarak yapısal çözümlerleri Sta4-CAD programıyla gerçekleştirilmiştir. Sayısal uygulamada dikkate alınan betonarme modellerinin kat planları Şekil 1’de verilmektedir. Bu şekillerde görülen bütün modellerde açıklıklar (5 m) ve kat yükseklikleri (3 m) eşit olarak seçilmiştir. Bugün yürürlükte bulunan “*Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*” yönetmeliğine göre [4], dikkate alınan bütün modellerin C30 beton sınıfına ve S420 çelik sınıfına göre tasarlandığı kabul edilmektedir. Ayrıca, bu sayısal uygulamada dikkate alınan bütün bina modellerinde kolon ve kiriş boyutları sabit ve bütün katlarda döşeme kalınlığı 15cm olarak seçilmiştir. Diğer taraftan TDY’ye göre dikkate alınan bütün modellerin 1. derece deprem bölgesinde inşa edileceği kabul edilmektedir. Bu bildirinin sayısal uygulamasında dikkate alınan betonarme modellerinin yapısal çözümlerinde kullanılan diğer tasarım parametreleri de Çizelge 1’de özetlenmektedir.



Şekil 1. Dikkate alınan betonarme bina modellerinin kat planlarından görünümür

Çizelge 1. Bina modellerinin diğer tasarım parametreleri.

Bina önem katsayısı (I)	1
Taşıyıcı sistem davranış (süneklik) katsayısı (R)	4
Hareketli yük katılım katsayısı	0,3
Z3 yerel zemin sınıfı için spektrum karakteristik periyotları (s)	$T_A=0,15 \mid T_B=0,60$
Temel zemini emniyet gerilmeleri (kN/m ²)	250
Temel zemini yatak katsayıları (kN/m ³)	50000
Kirişlerin en kesit boyutları (cm)	30x50
Kolonların en kesit boyutları (cm)	40x40
Döşeme kalınlıkları (cm)	15
Kat yükseklikleri (m)	3
Hareketli yük (kN/m ²)	2

Bu çalışma kapsamında dikkate alınan bina modellerinin Sta4-CAD programıyla 2007 Türkiye Deprem Yönetmeliğinde önerilen Z3 yerel zemin sınıfı için gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden elde edilen 1 m²'ye düşen donatı (demir) miktarları Çizelge 2'de verilmektedir. Bu çizelgeden görüldüğü gibi bütün bina modelleri için 1 m²'ye düşen en düşük donatı miktarı değerlerinin model 1'den elde edildiği görülmektedir. Ayrıca dikkate alınan bina modellerinde boşluk oranı arttıkça 1 m²'ye düşen donatı miktarı değerleri de artmaktadır. Bu durum beklenilenin aksine boşluklu bina modellerinin m²'si azalmasına karşın 1 m²'ye düşen donatı miktarının arttığını göstermektedir. Elde edilen bu bulgular model 1'in diğer bina modellerine göre daha ekonomik olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2. Bina modellerinin 1m²'ye düşen donatı miktarı değerleri.

Modeller	1 m ² 'ye düşen donatı (demir) miktarı (kg)
model 1	21,343
model 2	21,521
model 3	22,156
model 4	22,664
model 5	21,865
model 6	24,716
model 7	21,861
model 8	22,727

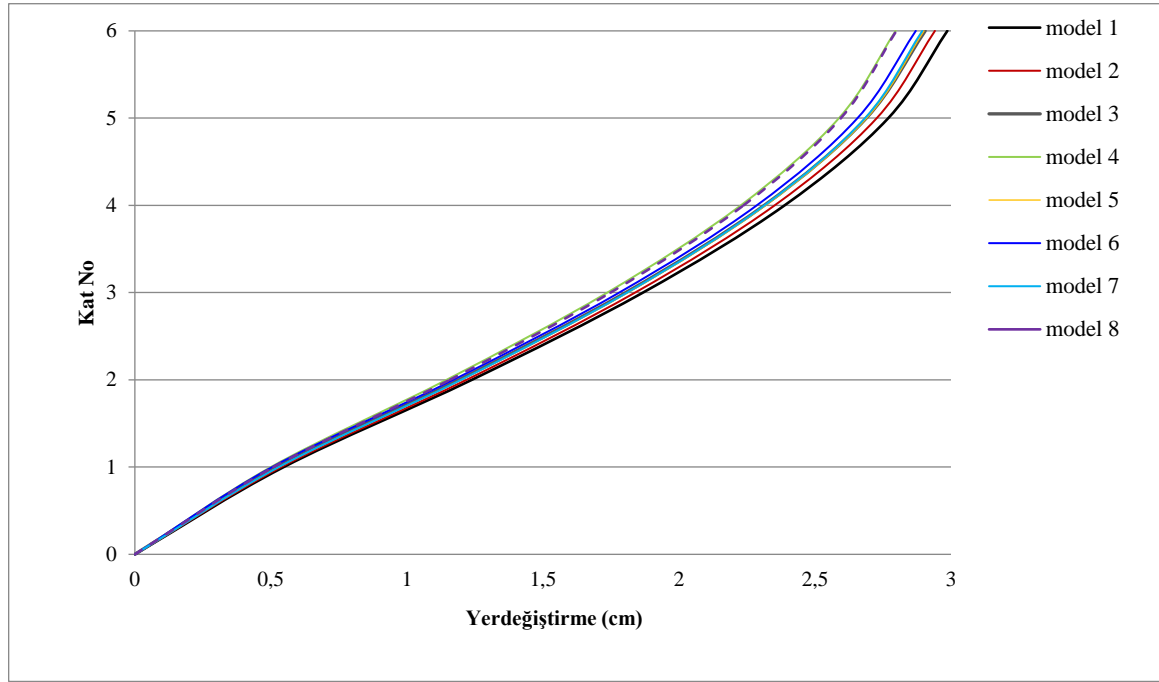
Burada çizelgede görülen gri renkli tonlamanın yetersiz yapısal elemanlara sahip bina modelini temsil ettiğini dolayısıyla yetersiz olan bu yapısal elemanların boyutlarını artırmak gerektiğini, bu durumda söz konusu bina modelinin donatı miktarının daha da artacağını belirtmek uygun olacaktır.

Bu çalışmada dikkate alınan bina modellerinin Sta4-CAD programıyla Z3 yerel zemin sınıfı için gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden elde edilen taban kesme kuvvetleri ve bina modellerine ilişkin 1. doğal titreşim periyotları (T1) Çizelge 3'de verilmektedir. Bu çizelgeden elde edilen en büyük periyot değeri model 1'den hesaplanmaktadır. Diğer bir ifadeyle dikkate alınan bina modellerinin periyot değerleri boşluk oranının artmasıyla model 1'e (boşluksuz modele) göre azalmaktadır. Ayrıca, boşluk oranına bağlı olarak dikkate alınan bina modellerinde taban kesme kuvveti değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu bulgu da oluşturulan döşeme boşluğunun betonarme binaların deprem emniyeti açısından oldukça önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 3. Bina modellerinin maksimum taban kesme kuvvetleri ve 1. doğal titreşim periyotları.

Bina modelleri	Farklı yerel zemin sınıflarına göre taban kesme kuvvetleri		Bina modellerinin 1. doğal titreşim periyodu (T1)
	V _{tx}	V _{ty}	
model 1	537,67	537,67	0,73
model 2	527,42	527,42	0,72
model 3	504,49	497,09	0,71
model 4	473,50	473,50	0,69
model 5	516,63	516,44	0,71
model 6	449,68	468,43	0,71
model 7	517,11	517,09	0,71
model 8	496,20	496,20	0,69

Bu çalışmada dikkate alınan bina modellerinin Sta4-CAD programıyla Z3 yerel zemin sınıfı için gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden bina yükseklikleri boyunca (kat seviyelerinde) elde edilen yer değiştirme dağılımları Şekil 2’de verilmektedir. Bu şekilden görüldüğü gibi model 1’den elde edilen yer değiştirme değerleri bu çalışmada dikkate alınan diğer bina modellerinden daha büyük olmaktadır.



Şekil 2. Dikkate alınan bina modellerinin kat seviyelerindeki maksimum yerdeğiştirme değerleri.

3. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, TDY-2007’de önerilen Z3 zemin türüne göre betonarme binalarda oluşturulan döşeme boşluklarının bina deprem davranışlarına ve kaba inşaat maliyetlerine etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen yapısal çözümlerden elde edilebilen başlıca sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmektedir:

- Z3 yerel zemin sınıfına göre 1 m^2 'ye düşen en düşük demir metrajı değerleri model 1’den elde edilmektedir. Ayrıca dikkate alınan bina modellerinde döşeme boşluk oranı arttıkça 1 m^2 'ye düşen donatı miktarı değerlerinin arttığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuç model 1’in bu yönüyle diğer bina modellerine göre daha ekonomik olduğunu göstermektedir.
- Yapısal çözümler sonucu kat seviyelerinde model 1’den elde edilen yer değiştirme değerleri dikkate alınan diğer bina modellerinden daha büyük olmaktadır. Diğer taraftan dikkate alınan bina modellerinde döşeme boşluğuna bağlı olarak yer değiştirme değerlerinin model 1’e göre azaldığı görülmektedir. Ayrıca oluşturulan döşeme

boşluğunun yapı merkezinden uzaklaştıkça yer değiştirme değerlerinin azaldığı görülmektedir.

- Döşeme boşluğu olan bina modellerinin periyot ve taban kesme kuvveti değerlerinin döşeme boşluğu olmayan modele (model 1'e) göre azaldığı görülmektedir. Ayrıca yetersiz yapısal elemanlara sahip bina modelinin taban kesme kuvveti değerlerinin en küçük olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuç oluşturulan döşeme boşluklarının betonarme binaların performansını azalttığını göstermektedir.
- Yapısal analizlerden elde edilen bulgular döşeme boşluk oranının artmasıyla bina kaba inşaat maliyetinin arttığını ve deprem performanslarının azaldığını ortaya koymaktadır.
- Bu çalışmanın bulgularının tartışılması aktif deprem kuşağında bulunan Türkiye'de inşa edilecek binaların tasarımında döşeme boşluklarının yapı maliyeti açısından da önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- [1] ABYYHY, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1998.
- [2] TDY-2007, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [3] TBDY, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2018.
- [4] TS-500, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.

Insight into earthquake hazard analysis of Fethiye

Ebru Harmandar¹

¹ *Muğla Sıtkı Koçman University, Department of Civil Engineering, Kötekli, Muğla*
Phone: 0 252 211 57 12
Fax: 0 252 211 19 12
E-mail: ebruharmanda@mu.edu.tr

Abstract - Fethiye is an important region located in the eastern part of the Mediterranean Basin. This region is the most active part of the south-western Anatolia extensional tectonic regime, has effected by earthquakes, submarine landslides and tsunamis throughout the history due to the existence of the complex active plate boundary zone. The active area has been exposed to ground motion that could damage vulnerable structures. Therefore, a detailed assessment of seismic hazard is necessary for the prevention of potential damage. In this context, probabilistic seismic hazard analysis is performed by R-CRISIS-18.3 using the parameters computed from Seismic Hazard Harmonization for Europe (SHARE) project. Spatial distribution of Peak Ground Acceleration (PGA) for the earthquake level that corresponds to the average return period of 475 years is calculated. The results are discussed and compared with the values obtained from the Revision of Turkish Seismic Hazard Map Project (UDAP-Ç-13-06). These results of probabilistic seismic hazard analysis will provide the basis for the preparation of seismic risk maps as future work.

1. Introduction

The Aegean is one of the most seismically active areas of the Eastern Mediterranean region, characterized by nearly north–south stretching [1, 2]. The Aegean Arc to the south and the strike-slip Pliny-Strabo Trench to the southeast are bounded by this terrain [3, 4, 5]. The western Anatolia extensional region on land is bounded by the northeast continuation of the Pliny-Strabo Trench characterized by NE–SW-trending faults [5, 6]. Rhodes Transform Fault (RTF) and Fethiye–Burdur Fault Zone (FBFZ) are the line with a projection of the Pliny trench along the Rhodes Island and southwest Turkey [7].

The destructive earthquakes have occurred in these trenches for many years. Thus, earthquake hazard and risk analyses are valuable for this region [8]. Quantifying the earthquake hazard for this region provides conscious and economic preparedness against earthquake and post-disaster response.

The purpose of this study is to perform a probabilistic seismic hazard analysis for Fethiye (Figure 1). It is aimed to provide the seismic hazard curve and the hazard map for the identified region in terms of Peak Ground Acceleration for %10 probability of exceedance in 50 years for bedrock level.

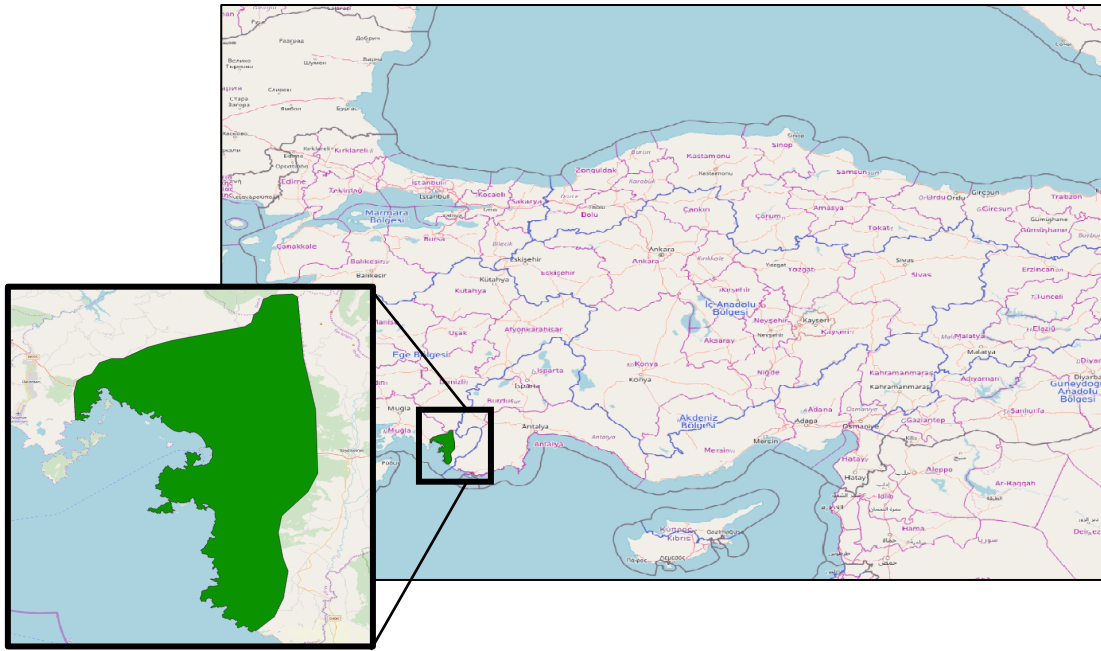


Figure 1. Location of Fethiye

2. Probabilistic Seismic Hazard Analysis

Earthquake disaster happens primarily due to the collapse of ground shaking structures. Estimation of the seismic hazard is the most effective mode to minimize this disaster. Seismic hazard analysis evaluates ground shaking in terms of ground motion. The most preferred way to estimate the seismic hazard is probabilistic seismic hazard analysis throughout the world.

Probabilistic seismic hazard analysis characterizes the level of ground motion to which a region may be subjected to within time period [9, 10]. This approach aims to produce ground shaking that may occur at a specified region in future dealing with uncertainties related to location, size and resulting ground motion. Here in, seismic hazard is expressed as the probability exceeding various ground-motion levels at a site given all possible earthquakes.

In this study, probabilistic seismic hazard analysis is handled by program R-CRISIS-18.3. R-CRISIS is the newest version of CRISIS that deals with seismic model for probabilistic hazard assessment, calculation of stochastic scenarios for risk evaluation and accounting the epistemic uncertainty using logic-tree computations.

2.1. Source Zonation

Seismic source models around Fethiye region, considered in this study, are based on area source model of ‘Seismic Hazard Harmonization in Europe’ (SHARE) project. The seismic sources throughout Turkey are shown in Figure 2. 12 seismic sources contributing to the earthquake hazard of Fethiye are selected. 4 of them are assigned as subduction source zones, and the others as active shallow zones.

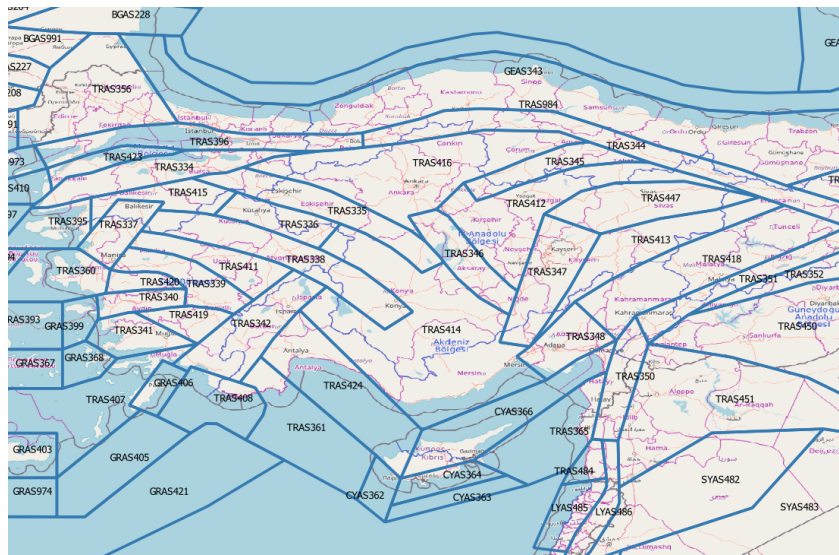


Figure 2. Seismic source zonation used in the probabilistic seismic hazard analysis [11, 12]

The seismic characteristics of the 12 area sources were modeled by the Gutenberg-Richter (GR) magnitude-frequency distribution.

2.2. Ground Motion Prediction Equations

Construction of a ground motion logic tree is essential for reducing the uncertainties in probabilistic seismic hazard analysis. One of the branches of the logic tree is related with ground motion prediction equations. In this study, ground motion prediction equations proposed by [13], [14], [15] and [16] for active shallow zones; [16], [17], [18], and [19] for subduction zones are used.

3. Results

Probabilistic seismic hazard calculations are performed using R-CRISIS based on the Cornell–McGuire method considering the total-probability theorem. The preliminary results are produced in terms of Peak Ground Acceleration for %10 probability of exceedance in 50 years for rock sites (Figure 3).

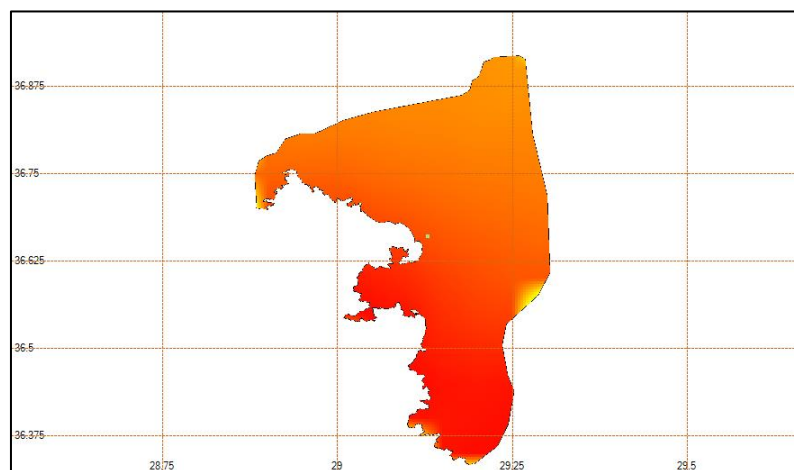


Figure 3. Seismic hazard map of Fethiye for the Peak Ground Acceleration corresponding to an exceedance probability of 10 % in 50 years (Values are in range of 0.30 g and 0.70 g)

September 25-27, 2019 Karabük/Turkey

The highest PGA values are observed in southern parts and the south-western region, and lower values are observed in the northern parts of Fethiye. The reason for this may be that the distance of the subduction zone area zones are close to the southern part of region.

These preliminary results are compared with the values obtained from the Revision of Turkish Seismic Hazard Map Project (UDAP-Ç-13-06). The PGA values corresponding to an exceedance probability of 10 % in 50 years are 0.6 g for this study and 0.4 g for UDAP-Ç-13-06. The obtained values are generally similar to the results of UDAP-Ç-13-06. In some regions, it differs due to the consideration of different uncertainty parameters.

Conclusions

The results presented in this study will provide the basis for the preparation of seismic risk maps for Fethiye. Thus, it will be useful for engineers, stakeholders, national state, local governments for the requirement of seismic hazard and risk estimates due to the risk mitigation (e.g. planning, design, construction, emergency response preparedness, economic forecasts). Consequently, further studies are needed to improve seismic hazard analysis and this will enable risk analysis for Fethiye.

References

- [1] Bozkurt, E., "Neotectonics of Turkey—a synthesis", *Geodinamica acta*, vol. 14.1-3, pp. 3-30, 2001.
- [2] Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. "Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study". In: *Biddle, K.T. and Christie, N. (eds), Strike slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation*. Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists Publications 37, 227–264, 1985.
- [3] Karabacak, V., "Geological, geomorphological and archaeoseismological observations along the Cibyra Fault and their implications for the regional tectonics of SW Turkey", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20.4: 429-447, 2011.
- [4] Le Pichon, X., Angelier, J., Aubouin, J., Lybérís N., Monti, S., Renard, V., Got, H., Hsü, K., Marty, Y., Mascle, J., Mathews, D., Mitropoulos, D., Tsofliés, P. and Chorónis, G., "From subduction to transform motion: a sea beam survey of the Aegean trench system", *Earth Planet and Science Letters*, 44, 441–450. 1979.
- [5] Barka, A.A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C., "The Isparta Angle: its importance in neotectonics of the eastern Mediterranean region", *IESCA-1995 Proceedings*, 1, 3–17, 1997.
- [6] Hall, J., Aksu, A., Yaltırak, C. and Winsor, J.D., "Structural architecture of the Rhodes Basin: a deep depocentre that evolved since the Pliocene at the junction of Hellenic and Cyprus Arcs, eastern Mediterranean", *Marine Geology*, 258, 1–23, 2009.
- [7] Yolsal-Çevikbilen, S., and Tuncay T., "Earthquake source parameters along the Hellenic subduction zone and numerical simulations of historical tsunamis in the Eastern Mediterranean", *Tectonophysics*, 536, 61-100, 2012.
- [8] Polat, O., Ceken, U., Uran, T., Gok, E., Yilmaz, N., Beyhan, M., Koc, N., Arslan, B., Yilmaz, D. and Utku, M., "IzmirNet: a strong-motion network in metropolitan Izmir, Western Anatolia, Turkey", *Seismol. Res. Lett.*, 80, 831-838, 2009.
- [9] Cornell, C. A., Howells, D. A., Haigh, I. P., and Taylor, C., "Probabilistic analysis of damage to structures under seismic loads", *Dynamic waves in civil engineering*, 473-

- 488, 1971.
- [10] McGuire, R. K., "FORTRAN computer program for seismic risk analysis", 76-67. US Geological Survey, 1976.
- [11] Giardini, D., Jochen, W., and Laurentiu D., "Mapping Europe's seismic hazard." *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 95.29, 261-262, 2014.
- [12] Woessner, J., Laurentiu, D., Giardini, D., Crowley, H., Cotton, F., Grünthal, G., ... and Hiemer, S., "The 2013 European seismic hazard model: key components and results", *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(12), 3553-3596, 2015.
- [13] Akkar, S. and Bommer, J. J., "Empirical equations for the prediction of PGA, PGV and spectral accelerations in Europe, the Mediterranean and the Middle East", *Seismological Research Letters*, 81:2,195-206, 2010.
- [14] Cauzzi, C. and Faccioli, E., "Broadband (0.05 to 20 s) prediction of displacement response spectra based on worldwide digital records", *J Seismol*, 12, 453-475, 2008.
- [15] Zhao, J. X., Zhang, J., Asano, A., Ohno, Y., Oouchi, T., Takahashi, T., Ogawa, H., Irikura, K., Thio, H. K., Somerville, P. G., Fukushima, Y. and Fukushima, Y., "Attenuation relations of strong ground motion in Japan using site classifications based on predominant period", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 96:3,898-913, 2006.
- [16] Chiou, B. S.-J. and Youngs, R. R., "An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra", *Earthquake Spectra* 24:1,173-215, 2008.
- [17] Atkinson, G. M. and Boore, D. M., "Empirical ground-motion relations for subduction zone earthquakes and their application to Cascadia and other regions", *Bull Seismol Soc Am*, 93,1703- 1729, 2003.
- [18] Youngs, R. R., Chiou, B. S.-J., Silva, W. J. and Humphrey, J. R., "Strong ground motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes", *Seism Res Lett*, 68,58-73, 1997.
- [19] Lin, P.-S. and Lee, C.-T., "Ground-motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes in northeastern Taiwan", *Bull Seismol Soc Am*, 98,220-240, 2008.

Betonarme Yapıların Sismik Davranışlarına Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi

Investigation of Infill Walls Effect on Seismic Behavior of Reinforced Concrete Structures

Özlem Çavdar¹, Gülfem Çisem Köse Sunca², Fezayil Sunca³

¹ Gümüşhane Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ozlem_cavdar@hotmail.com

² Trabzon Büyükşehir Belediyesi, Etüd ve Projeler Dairesi Başkanlığı, gckose@hotmail.com

³ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, fsunca@cumhuriyet.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, kat içinde farklı oran ve düzende yerleştirilen dolgu duvarların betonarme yapıların sismik davranışlarına olan etkileri araştırılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'ne uygun olarak tasarımı gerçekleştirilen binaların performansları zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemiyle tespit edilmiştir. Analizler için 11 adet deprem kaydı, yakın ve uzak fay etkileri, depremlerin büyüklüğü, zemin cinsi ve Ülkemizin faylanma mekanizması gibi parametreler dikkate alınarak seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtları, basit ölçeklendirme yöntemi kullanılarak TBDY-2018'de verilen yatay elastik deprem spektrumuyla uyumlu olacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Analizlerde 3 farklı oranda dolgu duvar dikkate alınmıştır. Bu dolgu duvarlar diyagonal (eşdeğer) basınç çubuğu olarak analizlerde dikkate alınmıştır. Yapının sonlu eleman modelinde SAP2000, kesit analizlerinde ise RESPONSE2000 programı kullanılmıştır. Analizler sonucunda, her bir dolgu duvar oranı için binalardan elde edilen mod şekilleri, periyot değerleri, görelî kat ötelenmeleri ve bina performans seviyeleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Abstract: In this study, the effects of infill walls with different ratios on the seismic performance of reinforced concrete buildings are investigated. The performance levels of the buildings which are designed according to Turkish Earthquake Code (TEC-2018) are determined by using nonlinear time history analysis. For the nonlinear analysis, 11 ground motion records are selected by considering several parameters such as near and far fault effects, the magnitude of earthquakes, soil type and faulting mechanism. The selected ground motion records are scaled by using simple scaling method accordance with the horizontal elastic design spectrum which is defined in TEC-2018. In the analyses, 3 different infill wall ratios are taken into consideration and these infill walls are modeled as equivalent compression strut. The SAP2000 program and RESPONSE2000 program are used for the finite element models of the structures and cross-section analysis, respectively. As a result of the analyses, mode shapes, periods, story drift ratios levels obtained for the different infill walls ratios are given in tables and figures comparatively.

1. Giriş

Günümüzde yapıların tasarım ve analizlerinde, yapısal olmayan eleman olarak tanımlanan dolgu duvarların yapı davranışına etkileri genellikle ihmal edilmektedir. Bununla birlikte, dolgu duvarlar yapılardaki mod şekli, sönüm ve periyot gibi dinamik karakteristikleri

etkileyen özelliklere sahiptir [1]. Ayrıca dolgu duvarların yatay rijitliğe katkısının hesaplarda dikkate alınmaması durumu güvenli tarafta kalındığı düşüncesini doğursa da dolgu duvarların kat içerisindeki dağılımı ve oranı; burulma düzensizliği, kısa kolon, zayıf kat düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği gibi bazı olumsuzluklara neden olabilmektedir [2]. Bu sebeple, gerçek yapı davranışını elde edebilmek için dolgu duvarlar, yapıların tasarım ve analiz aşamasında göz önüne alınmalıdır.

Bu çalışmada, farklı oran ve düzendeki dolgu duvarların betonarme yapıların sismik performanslarına olan etkilerini araştırmak üzere öncelikle betonarme bir yapının tasarımı TBDY-2018 [3]'de verilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Yapının tasarımında doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Tasarımı yapılan betonarme binada 3 farklı oranlarda ve düzende dolgu duvarlar dikkate alınarak TBDY-2018'de belirtilen koşullara uygun olarak seçilen ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan 11 adet yer hareketi kaydı, yerel zemin özellikleri, yakın ve uzak fay etkileri, Ülkemizin faylanma mekanizması gibi parametreler dikkate alınarak seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtları, yatay elastik deprem spektrumuyla uyumlu olacak şekilde basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirilmiştir. Yapının sonlu eleman modeli ve analizleri için Structural Analysis Program (SAP2000) [4], kesit analizleri ve moment eğrilik ilişkileri için RESPONSE2000 [5] programı kullanılmıştır. Analizler sonucunda, her bir dolgu duvar oranı için binalardan elde edilen mod şekilleri, periyot değerleri, göreceli kat ötelenmeleri ve bina performans seviyeleri karşılaştırılmıştır ve dolgu duvarlar oranlarının yapısal davranışı önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.

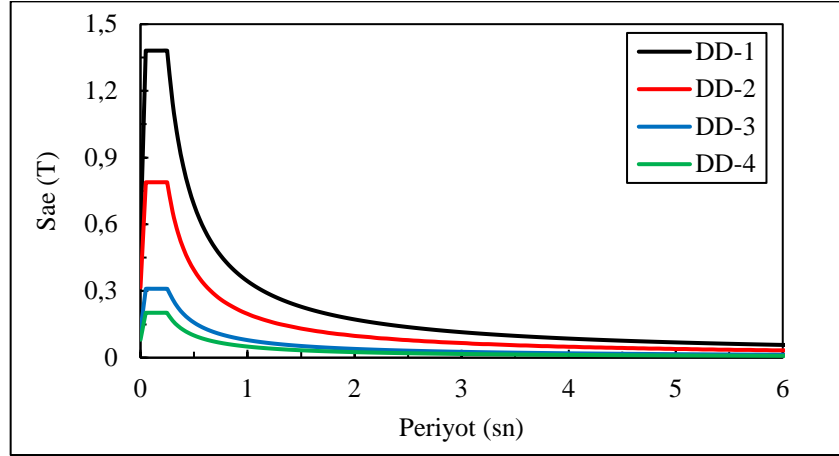
2. Sayısal Uygulama

2.1. İncelenen Binanın Tasarımı

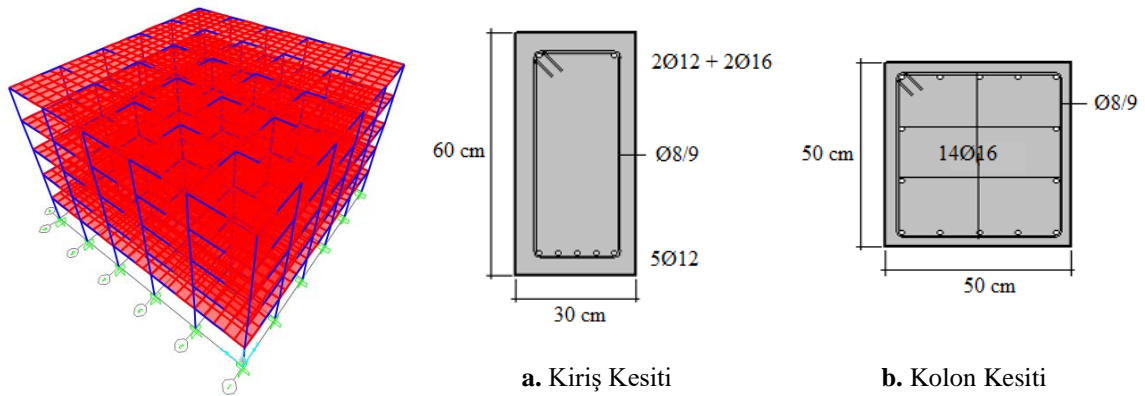
Seçilen konut binasının tasarımı TBDY-2018 ve Türk Standardı 500 [6]' e göre gerçekleştirilmiştir. Bina her iki doğrultuda da simetrik olup 4.5 m'lik 5 açıklıktan oluşmaktadır. Kat yüksekliği tüm katlarda aynı olup 3m'dir. Toplam 5 kattan oluşan binanın zemin üstünden toplam yüksekliği 15 m'dir. Konut amacıyla kullanılacak binanın taşıyıcı sisteminin süneklik düzeyi yüksek moment aktaran betonarme çerçevelerden oluşturulması öngörülmüştür. Binanın tasarımında, doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Analizlerde, beton sınıfı C30/37, donatı çeliği sınıfı B420C olarak dikkate alınmıştır. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler yönetmeliğinden [7] döşemelerde sabit yük $g = 2\text{kN/m}^2$, hareketli yükler çatı katıda dahil olmak üzere $q = 2\text{kN/m}^2$ alınmıştır. Ayrıca, dolgu duvar yükü 6kN/m olarak dikkate alınmış ve ilgili kırılganlığa aktarılmıştır. Uygulama amacıyla tasarımı ve değerlendirmesi yapılacak binanın İstanbul ili, Eyüp İlçesinde ve ZB zemin sınıfında bulunduğu düşünülmüştür. Bu bilgiler ışığında, TBDY-2018'de verilen deprem yer hareketi düzeyleri için elde edilen yatay elastik spektrum eğrileri Şekil 1'de verilmiştir.

Binanın sonlu eleman modeli üç boyutlu olarak SAP2000 programında oluşturulmuş olup incelenen bina her iki doğrultuda da simetrik olması sebebiyle tek doğrultudaki deprem etkileri göz önüne alınmıştır. Analizlerde sönüm oranı %5 olarak dikkate alınmıştır. Kolonlar ve kirişler çubuk eleman olarak modellenmiş olup, döşemeler düzlem içi ve dışı yerdeğiştirmelere ilişkin serbestlik derecelerini içerecek şekilde kabuk eleman ile

modellenmiştir ve rijit diyafram olarak hesaba katılmıştır. Ayrıca bina taşıyıcı sistem elemanlarına ait etkin eğilme rijitlikleri TBDY-2018’de verilen değerler esas alınarak SAP2000 programına atanmıştır. İncelenen binanın 3 boyutlu sonlu eleman modeli Şekil 2’de verilmiştir. Analizler neticesinde döşeme kalınlığı 15cm olarak belirlenmiş olup diğer taşıyıcı sistem elemanları için belirlenen kesit ve donatı detayları Şekil 2 ile sunulmuştur.



Şekil 1. Deprem düzeyleri için yatay elastik tasarım spektrumu

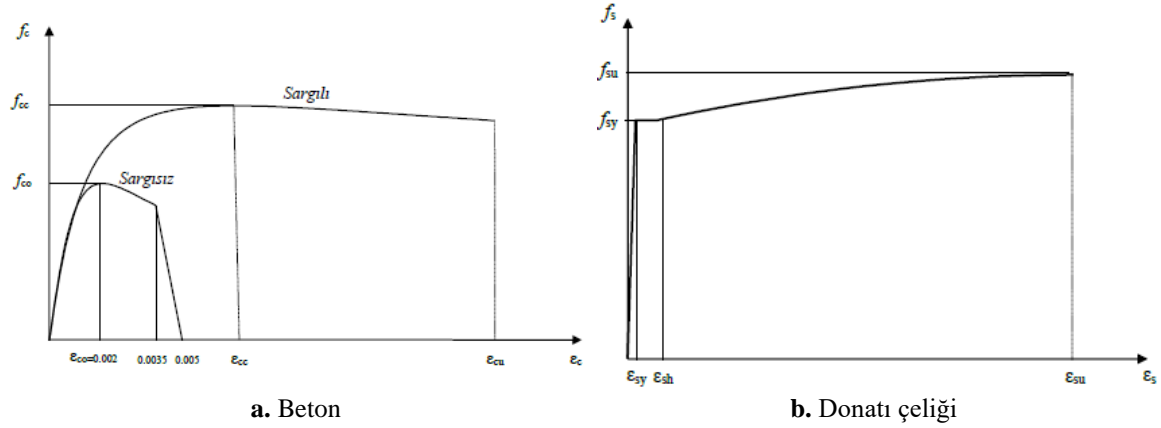


Şekil 2. İncelenen binanın sonlu eleman modeli ve taşıyıcı sistem elemanlarına ait kesit detayları

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile tasarımı yapılmış konut binasının zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile performans değerlendirmesi yapılmıştır. Binanın doğrusal olmayan analizleri için SAP2000 programı, taşıyıcı sistem elemanlarının kesit analizleri ve moment-eğrilik ilişkilerinin elde edilmesi için RESPONSE2000 programı kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları sonlu eleman modellerinde çubuk eleman olarak tanımlanmıştır. Beton ve donatı malzeme modelleri TBDY-2018 EK5A ile verilen esaslar kullanılarak tanımlanmıştır. Bu malzeme modellerine ait gerilme-şekildeğiştirme grafikleri Şekil 3’de sunulmuştur.

Uygulama amacıyla seçilen binanın performans değerlendirmesinde yığılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Zaman tanım alanında hesap yönteminde, plastik mafsallar kolon ve

kirişlerin en çok zorlanan uç bölgelerine atanmıştır. Kolonlar hem eğilme hem de aksel kuvvete maruz kalmaları nedeniyle her iki uca plastik mafsallarak P-M2-M3 mafsalları atanmıştır. Kirişlerde ise aksel yük düzeylerinin düşük olması ve eğilmeye çalışmaları nedeniyle iki uca plastik mafsallarak M3 mafsalları atanmıştır.



Şekil 3. Betonun ve donatı çeliğinin gerilme-şekil değiştirme ilişkisi

2.2. Dolgu Duvar Özelliklerinin Belirlenmesi ve Modellenmesi

Dolgu duvarlar modellenirken malzemenin elastisite modülü ve basınç dayanımı için literatürde birçok değer önerilmektedir. Bu çalışmada dolgu duvarların elastisite modülü ve basınç dayanımı için Kaltakçı vd. tarafından 2003 ve 2004 [8-9] yıllarında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda belirlenen değerler kullanılmıştır. Burada tuğla elemandan oluşan dolgu duvar elastisite modülü (E_m) 5750 MPa, basınç dayanımı (f_m) ise 1.85 MPa olarak hesaplarda kullanılmıştır.

Dolgu duvarlar diyagonal (eşdeğer) basınç çubuğu ile modellenmiştir. Bu çubukların kalınlığı seçilen duvar kalınlığı olarak dikkate alınırken çubukların genişliği FEMA 306 [10], Mainstone ve Weeks [11], Mainstone [12] tarafından önerilen Denklem 1-3'deki bağıntılar ile hesaplanmaktadır.

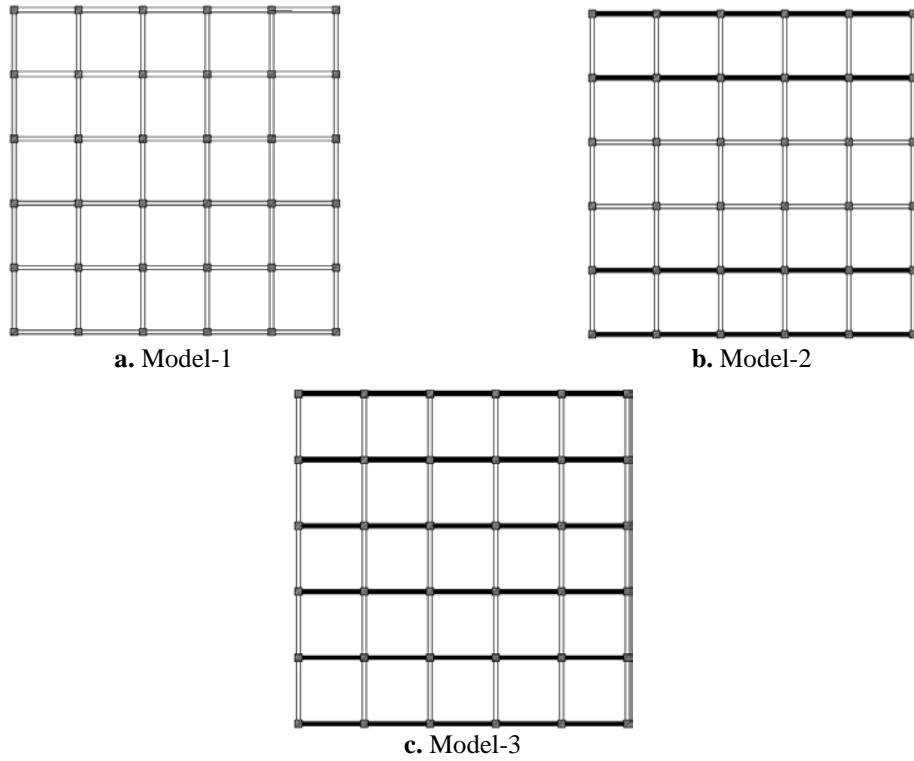
$$w = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (1)$$

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{1/4} \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h_{inf}}{L_{inf}} \right) \quad (3)$$

Burada w çubuk genişliğini (mm), h_{col} kolon boyunu (mm), r_{inf} dolgu duvarı köşegen uzunluğu, (mm), E_{me} ve E_{fe} dolgu duvarı ve çevresindeki beton elastisite modülü, t_{inf} dolgu duvar kalınlığını, h_{inf} dolgu duvar yüksekliğini, θ dolgu duvar diyagonal açısını, I_{col} kolonun atalet momentini temsil etmektedir.

Gerçekleştirilen hesaplar neticesinde diyagonal basınç çubuğunun kalınlığı 0.60m olarak belirlenmiştir. Analizlerde bu çubuğun sadece aksel kuvvete çalışması için dolgu duvarın iki ucu mafsallı olarak dikkate alınmıştır. Öte yandan yatay yüklerin etkidiği yöne göre eşdeğer basınç çubuğunun yönü değiştirilmesi gerekmektedir. Depremlerin etki süreleri boyunca yön değiştirmeleri nedeniyle bu çalışmada her açıklık için çarpaz iki adet diagonal basınç çubuğu kullanılmıştır [13]. Ayrıca eşdeğer basınç çubuklarının aksel yük taşıma kapasiteleri hesaplanarak çubukların ortasına aksel yük mafsallı tanımlanmıştır [14]. Analizlerde 3 farklı duvar konumu dikkate alınmış ve bu duvarlara ait konum ve oranlar Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Analizlerde dikkate alınan dolgu duvar oran ve düzenleri

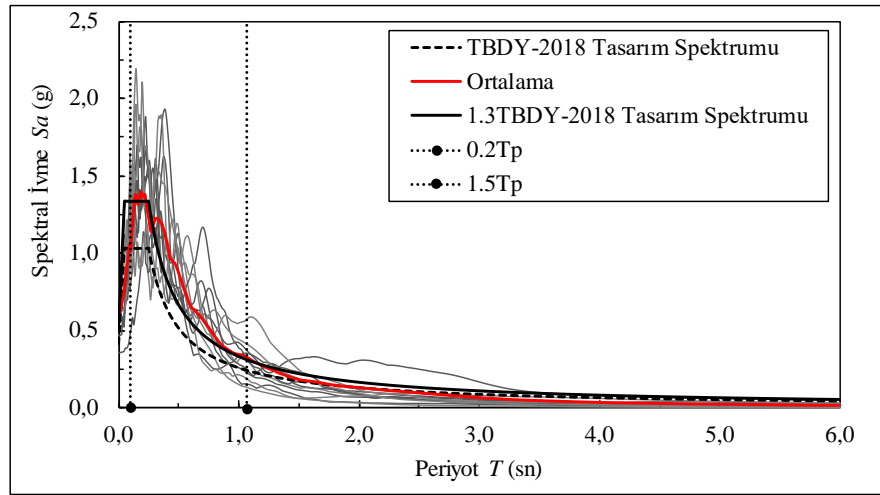
2.3. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

TBDY-2018’e göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde en az 11 deprem kaydının kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple incelenen bina modeli için 11 adet ivme kaydı seçilmiş ve ölçeklendirilmiştir. Analizlerde kullanılacak olan deprem kayıtları, TBDY-2018’de verilen esaslar dikkate alınarak Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research Center <http://peer.berkeley.edu/smcat>) [15], kuvvetli yer hareketi veri bankasından seçilmiştir. Deprem kayıtları seçilirken yakın fay etkilerini ortadan kaldırmak için fay kırılma mesafesi 10-30 km arasında seçilmiştir [16-17]. Ülkemizin genel faylanma yapısı doğrultu atımlı olması sebebiyle ivme kayıtlarında bu özellik göz önünde bulundurulmuştur. Deprem büyüklükleri 5.0 – 7.6 olarak göz önüne alınmıştır [18]. Bu hususlar dikkate alınarak seçilen ivme kayıtlarına ait özellikler Tablo 1’de verilmiştir. Ölçeklendirme de basit ölçeklendirme yöntemi kullanılmış olup DD-2 tasarım deprem için elde edilen yatay elastik tasarım spektrumuna

göre ölçeklendirme yapılmıştır. Ölçeklendirilen ivme kayıtlarına ait tepki spektrumları Şekil 5’de ve ölçek katsayıları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Seçilen ivme kayıtlarının özellikleri ve ölçek katsayıları

No	RSN	Deprem	Yıl	Büyüklik	Mekanizma	R _{rup} (km)	Ölçek Fak.
1	33	Parkfield	1966	6.19		15.96	1.42
2	221	Livermore-02	1980	5.42		11.4	1.88
3	239	Mammoth Lakes-03	1980	5.91		18.13	1.54
4	248	Mammoth Lakes-06	1980	5.94		12.39	1.46
5	250	Mammoth Lakes-06	1980	5.94	Doğrultu Atımlı	16.03	0.72
6	265	Victoria Mexico	1980	6.33		14.37	0.84
7	548	Chalfant Valley-02	1986	6.19		21.92	1.74
8	1633	Manjil İran	1990	7.37		12.55	0.65
9	6876	Joshua Tree, CA	1992	6.1		29.4	1.9
10	6878	Joshua Tree, CA	1992	6.1		21.97	2.14
11	6915	Darfield	2010	7.0		24.47	0.75



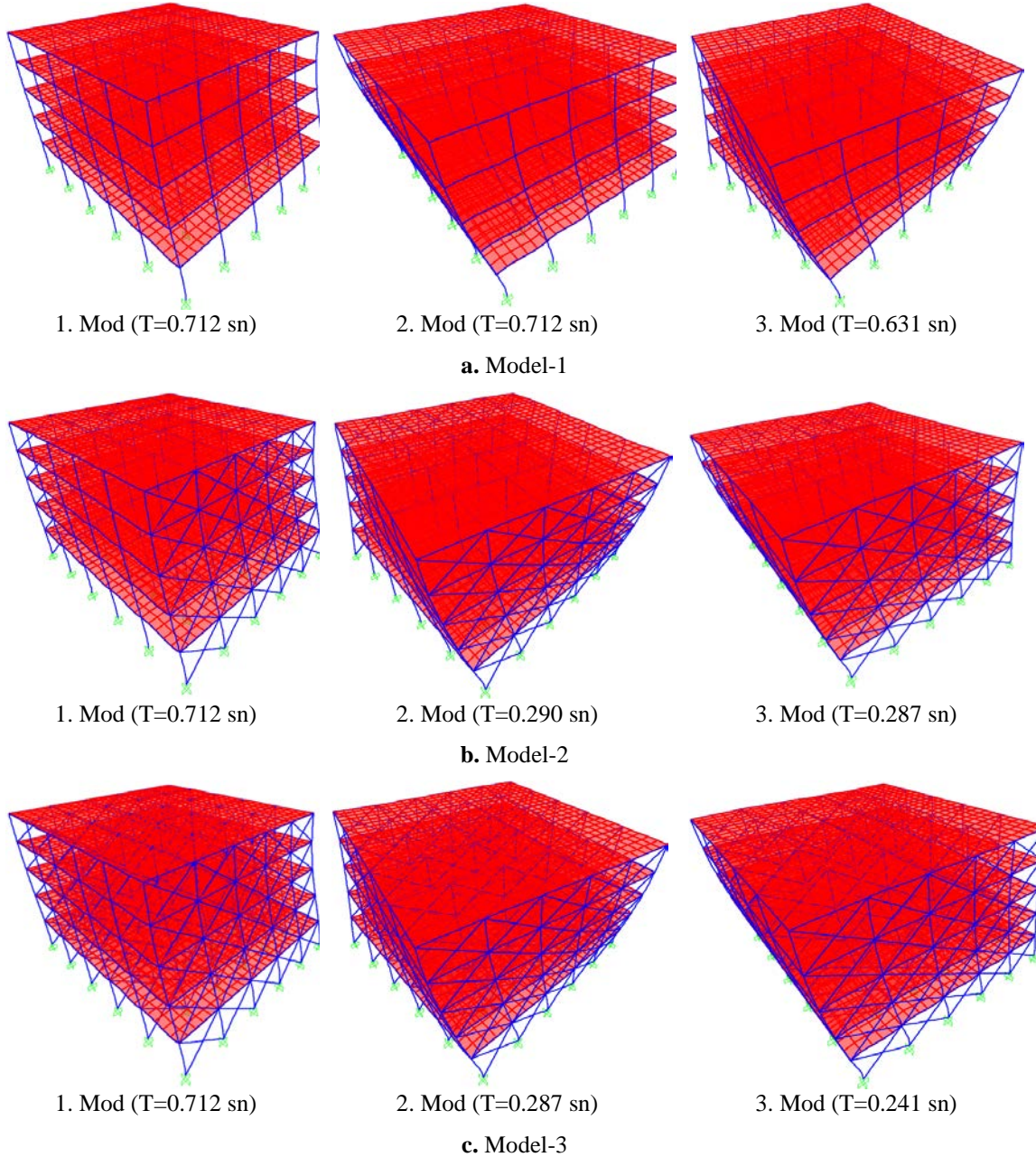
Şekil 5. Ölçeklendirilen ivme kayıtlarına ait tepki spektrumları

3. Bulgular ve İrdelemeler

Çalışmanın bu bölümünde farklı dolgu duvar oran ve konumlarının betonarme yapıların davranışlarına olan etkilerinin belirlemek amacıyla TBDY-2018’e göre tasarımı yapılan konut binasının zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile elde edilen bulgular ve tartışmalar verilmiştir. Gerçekleştirilen modal analizler sonucunda dolgu duvarların, binaların mod şekillerine ve doğal titreşim periyotlarına etkileri incelenmiştir. Ayrıca dolgu duvar konum ve oranlarının yapının sismik davranışına olan etkilerini belirlemek amacıyla görel kat ötelenmeleri ve dolgu duvarların binaların sismik performansına olan etkileri incelemek için TBDY-2018’e göre binanın performans seviyeleri seçilen dolgu duvar düzenleri için belirlenmiştir.

3 farklı dolgu duvar düzeni dikkate alınarak gerçekleştirilen modal analizler sonucunda seçilen betonarme binanın ilk üç moduna ait mod şekilleri ve periyot değerleri Şekil 6 ile

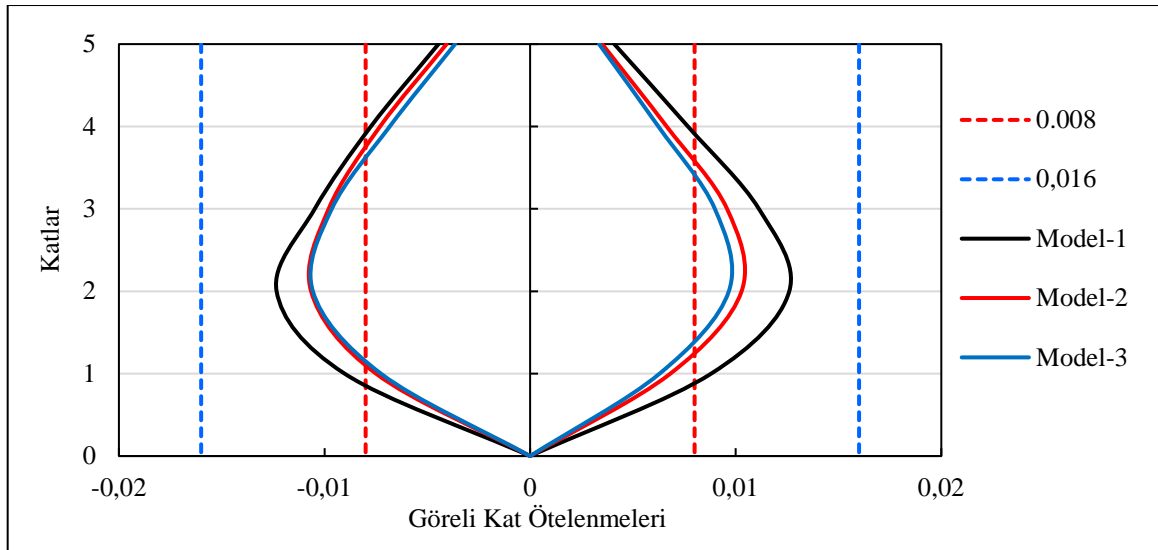
sunulmuştur. Tasarlanan binada duvarların yerleştirildiği x-doğrultusundaki hakim periyot değerleri incelendiğinde, yapıda en büyük periyot değerinin 0.712 sn olarak dolgu duvarın bulunmadığı Model-1 için elde edilirken, en küçük periyot değerinin 0.241 sn olarak tüm akslarda dolgu duvarların bulunduğu Model-3’de elde edilmiştir. Ayrıca incelenen doğrultuda dolgu duvar oranının artması ile periyot değerlerinde ciddi azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yapılarda dolgu duvar oranının artması ile yapılarda büyük bir rijitlik artışı olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. Farklı dolgu duvar düzenleri için gerçekleştirilen modal analiz sonuçları

3 farklı dolgu duvar düzeni dikkate alınarak gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizler sonucunda seçilen betonarme bina için görel kat ötelenmeleri elde edilmiştir ve Şekil 7 ile

sunulmuştur. Görelî kat ötelenmeleri incelenirken seçilen her bir ivme kaydı için elde edilen değerlerin ortalamaları dikkate alınmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen binanın her iki doğrultuda da simetrik olması nedeniyle görelî kat ötelenmeleri sadece x-doğrultusu için incelenmiştir. Ayrıca elde edilen bu görelî kat ötelenmeleri TBDY-2018’de verilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Şekil 7’den görüleceği üzere incelenen tüm duvar konum ve oranları için görelî kat ötelenmelerinin ortalaması, dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının tamamen bitişik olması durumu için TBDY-2018’de verilen 0.008 sınırını aşmaktadır. Öte yandan görelî kat ötelenmelerinin ortalaması dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının birbirinde esnek bağlantılarla ayrıldığı durumu için TBDY-2018’de verilen 0.016 sınırının ise altında kalmaktadır. Ayrıca yapıdaki dolgu duvarlar, görelî kat ötelenmelerini önemli ölçüde etkilemektedir ve dolgu duvar oranının artmasıyla görelî kat ötelenmelerinde ciddi azalmalar meydana gelmektedir.



Şekil 7. Seçilen duvar oran ve düzenleri için görelî kat ötelenmelerinin karşılaştırılması

Seçilen 11 adet ivme kaydı ile gerçekleştirilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucunda dikkate alınan 3 farklı dolgu duvar oranı için binaların performans seviyeleri belirlenmiştir. TBDY-2018 esaslarına göre taşıyıcı sistem elemanlarındaki doğrusal olmayan davranış yığılı plastik davranış modeli ile idealleştirilmiştir. Yığılı plastik mafsal davranış modeli kullanılarak taşıyıcı sistem elemanlarının performans düzeyi belirlenirken yönetmelik gereği kesitlerdeki plastik dönmeler kullanılmıştır. Zaman tanım alanında hesaplamalar sonucu 11 adet ivme kaydı için elde edilen bu plastik dönmelerin ortalaması TBDY-2018’de verilen sınır değerler ile karşılaştırılmış ve binaların performans seviyelerine karar verilmiştir. Binaların performans seviyeleri belirlenirken taşıyıcı sistem elemanlarına ait moment-eğrilik ilişkileri ve kesit analizlerinde RESPONSE2000 programı kullanılmıştır.

TBDY-2018’de hasar durumları 4 farklı hasar düzeyi ile tanımlanmıştır; Sınırlı Hasar Performans Düzeyi, Kontrollü Hasar Performans Düzeyi, Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi ve Göçme Durumu. TBDY-2018’e göre incelenen binanın sağlaması gereken performans düzeyi, kontrollü hasar performans düzeyidir. Gerçekleştirilen

analizler neticesinde, dolgu duvarların dikkate alınmadığı Model-1’de bazı kolonların göçme bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple Model-1’in performans seviyesi göçmedir. Ancak diğer modeller incelendiğinde kolonların sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olduğu görülmüştür. Bu sebeple Model-2 ve Model-3 kontrollü hasar performans düzeyini sağlamaktadır. Buradan anlaşılacağı üzere sisteme ilave edilen dolgu duvarların taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen hasarları ciddi oranda azalttığı görülmüştür.

Sonuçlar

Bu çalışmasının amacı, farklı oran ve düzendeki dolgu duvarların betonarme yapıların sismik performanslarına olan etkilerini araştırmak üzere öncelikle betonarme bir yapının tasarımı TBDY-2018’de verilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Yapının tasarımında doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Tasarımı yapılan betonarme binada iki farklı oranda ve düzende dolgu duvarları dikkate alınarak TBDY-2018’de belirtilen koşullara uygun olarak seçilen ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan 11 adet yer hareketi kaydı takımı, yakın ve uzak fay etkileri, ülkemizin faylanma mekanizması gibi parametreler dikkate alınarak seçilmiştir.

İncelenen binada gerçekleştirilen modal analizler sonucunda, dolgu duvar oranının artması ile periyot değerlerinde ciddi azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yapılarda dolgu duvar oranının artması ile yapılarda büyük bir rijitlik artışı olduğunu göstermektedir. Yapıdaki dolgu duvarlar görelî kat ötelenmelerini önemli ölçüde etkilemektedir ve dolgu duvar oranının artmasıyla görelî kat ötelenmelerinde ciddi azalmalar meydana geldiği görülmüştür. Dolgu duvarların dikkate alınmadığı Model-1’de taşıyıcı sistem elemanlarında hasarların dolgu duvarlı modellere göre daha fazla olduğu analizler neticesinde görülmüştür ve Model-1’de bazı kolonların göçme bölgesinde olması sebebiyle Model-1’in performans seviyesi göçmedir. Dolgu duvarların dikkate alındığı diğer modeller incelendiğinde ise kolonların sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olması sebebiyle bu modeller kontrollü hasar performans düzeyini sağlamaktadır. Buradan anlaşılacağı üzere sisteme ilave edilen dolgu duvarların taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen hasarları ciddi oranda azalttığı görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler neticesinde, taşıyıcı sistem elemanlarına ait iç kuvvetler hesaplanırken dolgu duvarlar yatay yüklerin karşılanmasında rol almaktadır. Dolayısıyla taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında kullanılacak iç kuvvetlerini azaltması nedeniyle dolgu duvarların katkıları tasarım aşamasında ihmal edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak, dolgu duvarlar sisteme sağladığı rijitlik nedeniyle yerdeğiştirme hesaplarında büyük rol oynamaktadır. Bu sebeple yerdeğiştirme hesabında dolgu duvarlar mutlaka hesaba katılmalıdır.

Kaynaklar

- [1] Köse, M.M. ve Karşlıoğlu, Ö., “Dolgu Duvarların Bina Doğal Modal Periyot ve Mod Şekline Olan Etkileri”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim 2007.

- [2] Aydın, A., “Boşluklu Dolgu Duvarlara Sahip Betonarme Binaların Deprem Davranışının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 71s, 2015.
- [3] TBDY, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 416 s., 2018.
- [4] SAP2000, 2015. Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA.
- [5] RESPONSE2000, 2000. Sectional Analysis Program, University of Toronto, Version: 1.0.5, Toronto.
- [6] TS 500, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, TSE- Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 75 s., 2000.
- [7] TS498, “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1987.
- [8] Kaltakçı, M. Y. ve Köken A., “Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Tersinir Tekrarlı Yükler Altında Davranışı”, TÜBİTAK Projesi, 2003.
- [9] Kaltakçı, M. Y. ve Korkmaz, H. H., 2004. Bant Pencereci Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Tersinir Tekrarlı Yükler Altında Davranışı, S.Ü BAP.
- [10] FEMA-306, “Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings. Basic Procedures Manual”, the American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.,2005.
- [11] Mainstone R.J and Weeks G.A., “The influence of bounding frame on the racking stiffness and strength of brick walls,” *2nd International BrickMasonry Conference*, Watford, England, 12-15 April. 165-171, 1970.
- [12] Mainstone R.J, “On the stiffness and strength of infilled frames,” *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, vol. 4, pp. 57-90, 1971.
- [13] Öztürkoğlu, O., “Kısmi Boşluklu Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Doğrusal Olmayan Davranışının İncelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 202s, 2016.
- [14] Özkaya, E., “Binalarda Yumuşak Kat Oluşumunda Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 88s, 2018.
- [15] PEER, “Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Ground Motion Database”, <http://ngawest2.berkeley.edu/>, 2014.
- [16] Adanur, S., Altunişik, A.C., Bayraktar, A. ve Akköse, M., “Comparison of near-fault and far-fault ground motion effects on geometrically nonlinear earthquake behavior of suspension bridge”, *Natural Hazards*, vol. 64, pp. 593-614, 2012.
- [17] Çavdar, Ö., “Probabilistic sensitivity analysis of suspension bridges to near-fault ground motion”, *Steel and Composite Structures*, vol. 15, pp. 15-39, 2013.
- [18] Ergun, M. and Ates, S., “Comparing of the effects of scaled and real earthquake records on structural response”, *Earthquakes and Structures*, vol. 6, no. 4, pp. 375-392, 2014.

Darbe Etkisi Altında Bulunan Çelik Kirişlerin Sonlu Eleman Modellemesinde Çözüm Ağı Sıklığının İncelenmesi

Inspecting the Mesh Size Effects in Finite Element Modeling of Steel Beams under Impact Loading

Mohammad Manzoor Nasery¹, Elif Ağcakoca², Zeynep Yaman³

¹ Karadeniz Technical University, Department of Civil Engineering, 61080, Trabzon, Turkey, mnasery@ktu.edu.tr

² Sakarya University, Department of Civil Engineering, 54050, Sakarya, Turkey, elifd@sakarya.edu.tr

³ Sakarya University, Department of Civil Engineering, 54050, Sakarya, Turkey, zdyaman@sakarya.edu.tr

Özet : - Bu çalışmada, darbe yüklemesine maruz kalan çelik kirişlerin, deneysel davranışının sonlu elemanlarla modellemesinde kullanılan çözüm ağı sıklığının etkileri incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında dikdörtgen kutu profil çelik kiriş, zayıf ekseninden darbe yüklemesi deneyine tabi tutulmuştur. İkinci aşamada, darbe yüklemesine maruz bırakılan çelik kutu profil kirişin üç boyutlu sonlu eleman modelleri Abaqus programı yardımıyla hazırlanmıştır. Sonlu eleman modelinde darbe yükü, malzeme özellikleri, sınır şartları gerçek deney koşullarına uygun olarak modellenmiştir. Sayısal çalışma sırasında, altı farklı çözüm ağı sıklığına sahip sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Yapılan deneysel çalışma sonunda elde edilen deplasman-zaman eğrisi ve plastik şekil değiştirme biçimi, farklı ağı sıklığına sahip modellerin sonuçları ile karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, sonlu eleman ağı yoğunluğunun, gerçek deney sonuçlarına ulaşmada ne kadar etkin olduğu gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çözüm ağı sıklığı, Darbe yüklemesi, Sonlu eleman modelenmesi,

Abstract:- In this study, the mesh size effects on finite element modeling of steel beams under impact loadings were taken into consideration. Primarily, a steel beam with rectangular hollow section was exposed to impact loading on weak axis direction of the beam. Secondly, the three-dimensional finite element models of steel beams were developed by using Abaqus package program. In finite element modeling the impact load, material properties, and boundary conditions were defined as experimental study. In numerical study six finite element models have been developed with different mesh size. Displacement-time curve and plastic deformations which were obtained from experimental study were comparatively examined with the same results of different mesh size of the finite element models. Towards end of the study, it was revealed that the numerical results have directly affected by the mesh size of the finite element models.

Keywords: Mesh size, Impact loading, Finite element modeling.

1. Giriş

Çelik çerçeve sistemlerinin hızlı tasarımı, imalat ve montajının kolay olması, malzeme üretiminin sürekli denetim altında olması, çelik yapıların tercih edilme sebeplerindedir. Yapısal çelik, üretim şekline göre sıcakta ve soğukta şekil verilmiş olarak ikiye

ayrılmaktadır. Çelik yapılar hangi tip çelikten yapılırsa yapılsın, işletme ömrü boyunca statik ve dinamik karakterli pekçok yüklemeye maruz kalmaktadır[1-2].

Yapıların kullanım ömürleri boyunca maruz kalacakları yüklerin etkisi altında, yeterli düzeyde dayanım, kararlılık ve rijitliğe sahip olması gerekmektedir. Tasarım yapılırken, yapının sadece tasarım yüklerine göre değil, aşırı yüklemeye yada düşük dayanım dikkate alınarak da değerlendirilmesi gerekmektedir. Aşırı yüklemeye yada düşük dayanım; gerçek yaşam yüklerinin, tasarım için sadeleştirilerek basitleştirilmesinden, tasarımın ideal şartlar kabulleri yapılarak gerçekleştirilmesinden, yada riski düşük ancak gerçek olma ihtimali olan yüklerin dikkate alınmamasından kaynaklanabilmektedir. Aşırı yüklemeye yada düşük dayanımı ortaya çıkaracak durumların dikkate alınması, oluşabilecek her türlü beklenmeyen durumda can ve mal kaybını önlemek adına büyük bir önem arz etmektedir.

Yapı tasarımında ilk adım, yapının statik yüklerin etkisi altında güvenliğinin sağlanmasıdır. İkinci adım ise yapının karşılaşılabileceği dinamik yüklerin etkisi altında yapı güvenliğinin sağlanmasıdır. Dinamik ve statik yükler karşılaştırıldığında; dinamik yüklemeye yapı elemanlarında daha büyük gerilmeler meydana getirdiğinden yapıda daha fazla hasar oluşturabilmektedir. Literatürde, dinamik yük etkisi altında incelenen yapı elemanları ile ilgili deneysel çalışmalarda, dinamik etkinin statik etkilere göre, elemanlar üzerinde farklı gerilmeler oluşturduğu, özellikle eleman davranışının belirlenmesinde dinamik yüklemenin tercih edilmesi gerektiği gözlenmiştir[3].

Dinamik yük denildiğinde ilk olarak akla, deprem kuvveti gelmektedir. Bunun yanısıra yapının kullanım amacına bağlı olarak ortaya çıkabilecek dinamik karakterli yüklerde vardır.Örneğin; kalorifer kazanının patlaması, üst geçitlere kamyon damperinin çarpması,buz kütlerinin veya sel ve taşkın sonucu taşınan ağaç kütüklerinin köprü ayaklarına çarpması, kaya düşmeleri gibi etkiler sonucu yapı elemanlarında oluşan kuvvet yapı elemanlarına dinamik yük olarak etkimektedir. Gerçekleşme sıklığı açısından periyodu büyük olan bu tür yükler, gerçekleştiği anda çok kısa sürede yapı ve can güvenliği açısından çok büyük ve önemli etkiler oluşturduğundan dikkate alınması gereken dinamik yüklerdir.

Yapı elemanlarının her tür yüklemeye altındaki davranışlarını incelerken deneysel yöntemlerin kullanılması en doğru ve en yaygın yaklaşımdır. Ancak deney parametrelerinin çok olması ve yapılması gereken deney sayılarının çok olması, ekonomi ve zaman açısından sakıncalar doğurmaktadır. Bu tür sorunların çözümü için doğru kabullerin yapıldığı sonlu eleman programları kullanılabilir. Yapılan deneysel çalışma doğru kabullerin olduğu sonlu eleman yöntemi ile desteklenirse, doğrulanan model birçok parametrik çalışmada kullanılabilir.Bu nedenle yapının maruz kaldığı yüklerin etkisi altında doğru sonlu eleman analiz kabulleri ile doğru yapı davranışının bulunması oldukça önemlidir.

Sonlu eleman modellemesinde çelik malzemesinin diğer yapı malzemesine göre daha kolay tanımlanması ve yapılarda oluşturulan çerçeve sistemlerinin birleşim noktalarında daha doğru kabullerin yapılması, çelik yapılara daha çok güvenilmesini sağlamıştır. Yapı elemanlarının yüklemeye etkisi altındaki kullanılan sonlu eleman modellemesinde, yapılan kabuller, varsayımlar, çözüm yöntemi ve çözüm ağ sıklığı sonlu eleman analizinin doğrulanmasında oldukça önemli olmaktadır.

Literatür’de darbe etkisine maruz kalabilecek betonarme yapı elemanlarının[4-5], çelik yapı elemanlarının[6,7,8,9,10] ve kompozit yapı elemanlarını[11-12] davranışları deneysel olarak incelenip sonlu eleman metodlarını geliştirilmiş ve daha sonra yapılacak çalışmalara destek sağlamıştır.

Bu çalışmada dinamik etki olan anlık darbe kuvvetinin bir çelik kiriş eleman davranışı üzerindeki etkisi öncelikledeneysel olarak incelenmiştir. Deney sonucu elde edilen deplasman-zaman verileri ve plastik şekil değiştirme biçimi yardımı ile ABAQUS sonlu eleman programında deneyde kullanılan malzeme ve sınır koşulları simüle edilmiştir. Yapılan simülasyonda deneysel çalışmada kullanılan elemanların mekanik özellikleri, sonlu eleman modeline birebir tanıtılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan mesnetleme durumları, sonlu eleman modelinde sınır şartları olarak tanımlanmıştır. Çalışma esnasında, deneysel olarak elde edilmiş deplasman-zaman grafiği ile sonlu eleman analizinden elde edilen deplasman-zaman grafiği kabul edilebilir yakınlıkta oluncaya kadar kullanılan farklı sonlu eleman çözüm ağ sıklığı ile modelleme geliştirilmiştir. Sonlu elemanlar yönteminin temeli, yapıyı alt bölümlere yani sonlu eleman ağ sıklığına ayırarak en doğru çözüme yaklaşmaktır. Bu çalışmada, kullanılacak çözüm ağ sıklığının sonuçlar üzerinde nasıl etkileri olacağı konusu üzerinde durulmuştur. Çalışmanın sonucunda deneysel çalışmaya en yakın olan sonlu eleman çözüm ağ sıklığı belirlenmiştir.

2. Çalışmanın Kapsamı

Darbe deney düzeneği kullanılarak yapılan deneysel çalışma, doğrusal olmayan analiz yapabilme özelliğine sahip ABAQUS sonlu eleman programı yardımıyla, farklı sonlu eleman ağ sıklığı dikkate alınarak simüle edilmiştir.

Deney numunesinin boyutları 120x80x2000mm olarak seçilmiştir. Deney numunesi, çelik bir çekiç kütesinin belirli bir yükseklikten serbest düşme hareketi ile bırakılması darbe yükünün temsil edildiği deney düzeneğine zayıf eksenli doğrultusunda yerleştirilmiştir. Deney düzeneğinde bulunan 225kg ağırlığındaki çekiç kütle 2000mm yüksekliğinden deney numunesinin üzerine serbest düşmeye bırakılmıştır(Tablo1). Deney sonucu dikdörtgen enkesitli çelik kutu profilin deplasman-zaman verileri ve plastik şekil değiştirme biçimi kaydedilmiştir.

Dikdörtgen enkesite sahip çelik kirişin darbe kuvveti etkisi altındaki davranışının deneysel olarak tespitinden sonra, ABAQUS sonlu eleman programı ile, eleman davranışı bilgisayar ortamında simüle edilmiştir. ABAQUS modeli ile elde edilen verilerin, elemanın deneysel verileri ile benzer sonuçları vermesi için, modellemede farklı çözüm ağ sıklıkları kullanılmıştır. Sonlu eleman ağ sıklığının darbe yükü etkisindeki model eleman davranışına etkisini görmek için 6 farklı çözüm ağ sıklığına sahip model oluşturulmuştur.

Doğrulaması yapılan deney elemanı, farklı ağ sıklığına bölünebilmek için, çelik kirişe belli noktalardan sınır bölgelere ayrılmıştır.. Bu yüzden deney numunesi orta, sağ ve sol olarak 3 bölge şeklinde tanımlanmıştır. Çekicinin deney numunesi ile temas ettiği ilk kısım orta bölge, sağ ve sol mesnetlerin üzerinde bulunan deney numunesinin parçaları ise sağ ve sol bölge olarak ayrılmıştır. Çalışmada ilk olarak, deney numunesinin tümü aynı çözüm ağ sıklığına sahip 5 farklı çözüm ağ sıklıklı model kullanılmış ve yeterli yaklaşım sağlanmadığı görülmüştür. Bunun üzerine orta bölgede 5x5 çözüm ağ uygulanırken, sağ

ve sol bölgelerde ise 15x15 sonlu eleman ağ sıklığı kullanılmıştır (Tablo 1). Sonlu eleman ağ sıklığı belirlenirken deney numunesinin boyutu, bilgisayar kapasitesi ve modelleme hassasiyeti dikkate alınmıştır.

Tablo 1. ABAQUS Modelleri ve Özellikleri

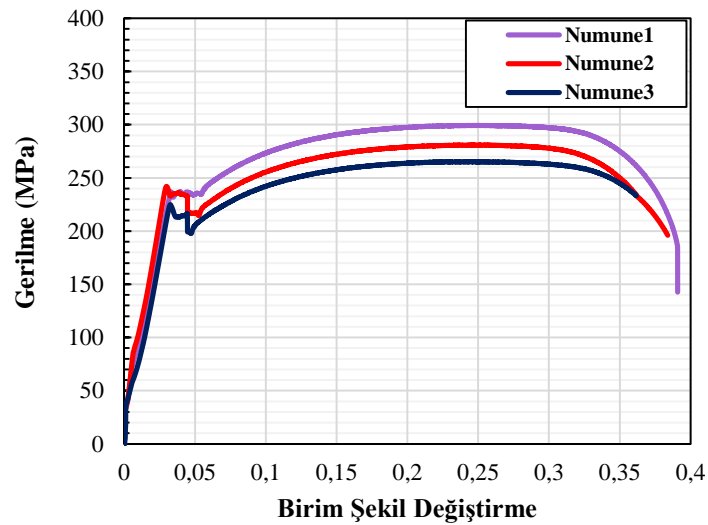
Model isimleri	Numune boyutları (mm)	Çekiç Yüksekliği (mm)	Çekiç Ağırlığı (kN)	Çözüm Ağ Bölgesi	
				Orta	Sağ ve sol
SEM#M5	120x80x2000	2000	0.225	5x5	5x5
SEM#M10	120x80x2000	2000	0.225	10x10	10x10
SEM#M15	120x80x2000	2000	0.225	15x15	15x15
SEM#M20	120x80x2000	2000	0.225	20x20	20x20
SEM#M30	120x80x2000	2000	0.225	30x30	30x30
SEM#M5-15	120x80x2000	2000	0.225	5x5	15x15

3. Malzeme Özelliği ve Deney Düzenegi

Darbe deneyine tabi tutulan ve sonlu eleman modellemesi yapılan numunelerin malzeme özelliği de deneysel olarak test edilmiştir.

3.1. Malzeme Özelliği

Deney numunesinde kullanılan eleman S235 kalitesine sahip çelik malzemeden üretilmiştir. Deney numunesinin oluşturan malzemenin mekanik özellikleri 3 kupon numunesi alınarak aksenal çekme deneyi ile kontrol edilmiştir. Kupon numuneler TS EN 6892 Standardına göre hazırlanmıştır. Deney numunelerinin sonuçları grafik olarak Şekil 1'de, değer olarak Tablo2'de verilmiştir.



Şekil 1. Çelik Elemanın Gerilme-Birim Şekil Değiştirme Grafiği

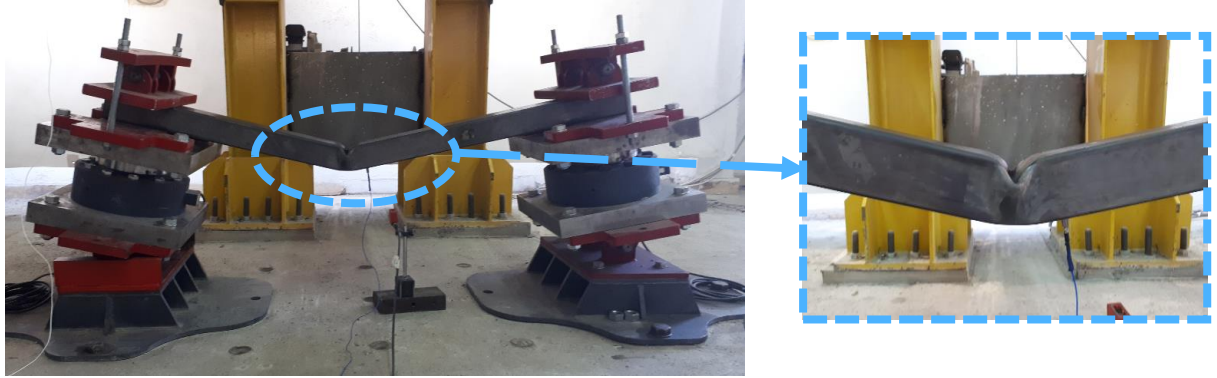
Tablo 2. Kupon Numunesi Çekme Deneý Sonuçları

Numune Adı	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)
Numune 1	240	300
Numune 2	245	285
Numune 3	210	275

3.2. Deneý Düzenegi

Darbe deneý düzeneginde serbest düşme yöntemi ile darbe yükü simule edilmektedir. Deneý düzeneginde; ana taşıyıcı sistem, çekiç, sabit ve kayıcı mesnet ve veri almak istenen yere yerleştirebilen ivme ölçerler bulunmaktadır. Deneý düzeneginin altında laboratuvar temelinden ayrı bir temel düzenegi bulunmaktadır. Ayrıca sabit ve kayıcı mesnet, sistem üzerinde oluşabilecek tüm yükleme etkilerini karşılayabilecek özelliklere sahiptir.

2000mm boyunda çelik kutu profilin mesnetler arası açıklığı 1600mm'dir. Deneý numunesi, yapıyı oluşturan çerçeve sistemindeki, basit kiriş eleman olarak düşünülmektedir. Basit kiriş elemanının mesnetleri sabit ve kayıcı olarak dizayn edilmiştir. Mesnet noktalarında moment oluşmaması için her iki mesnedin dönmesi serbest bırakılmıştır(Şekil 2). Deneý sırasında, darbe kuvvetinin numune üzerindeki etkisinin araştırılması için, deneý numunesinin orta noktasına yani darbe kuvvetinin altına ivme ölçer yerleştirilmiştir.



Şekil 2. Deneý Düzenegi ve Deneý Numunesi

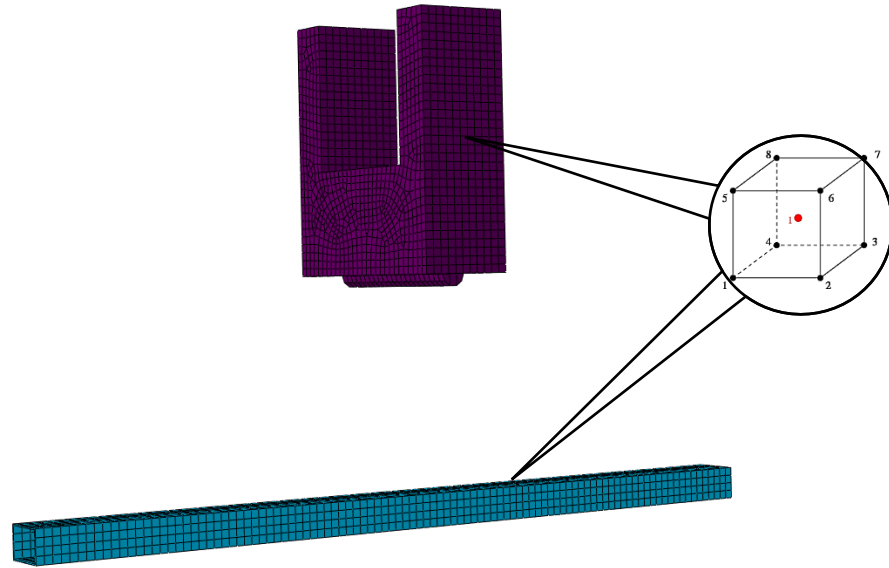
3.3. Sonlu Eleman Modellemesi

Deneysel çalışma yapıldıktan sonra sonlu eleman çözümünün yapılması için deneý numunesi ve yükleme durumu sonlu eleman programı ile bilgisayarda modellenmiştir. Çalışma kapsamında sonlu eleman ağ sıklığı incelendiği için deneý numunesini ilk olarak farklı sonlu eleman çözüm ağ sıklığına bölünmüştür. Daha sonra ise darbe kuvveti ile ilk temas eden orta bölge, sağ ve sol mesnedin üstündeki bölgeler olarak, deneý numunesi farklı sonlu eleman çözüm ağ sıklığına bölünmüştür. Böylece sonlu eleman çözüm ağ sıklığının deneý sonuçlarının doğrulanması üzerine etkisi araştırılmıştır.

Sonlu eleman modellemesinde deney numunesi ve darbe kuvvetini oluşturan çekiç deneyde kullanılan geometrik boyutlara bağlı kalarak ayrı ayrı modellenmiştir. Çelik kiriş numunesinin malzemesi tanımlanırken 3D şekil-değiştirebilen cisim olarak tanımlanmıştır. Çelik kiriş malzeme modelimiz ideal elasto-plastik malzeme olarak kabul edilmiştir. Malzemenin plastik davranışı tanımlanırken plastik yer değiştirme ile akma gerilmesi fonksiyon olarak tanımlanmış, akma kısmından sonra pekleşme davranışı ihmal edilip, plastik şekil değiştirme sabit bir doğru olarak tanımlanmıştır. Çekiç elemanı şekil değiştirmeyen rijit cisim olarak modellenmiştir. Ayrıca çekiç ve deney numunesi 3D8R eleman tipi kullanılmıştır(Şekil 3).

Çekicinin deney numunesine vurduğu andaki hızı, profilin darbe yükü etkisi altındaki davranışı üzerinde etkili olmaktadır. Bu yüzden darbe kuvveti altındaki profilin ve çekiğin birbirlerine göre konumları sonlu eleman modelinde önemli olmaktadır. Çekicinin deney numunesinden ne kadar yukarıda olduğu belirlenip, bu değer çekiçe hız olarak tanımlanmıştır.

Ayrıca çözüm küçük zaman aralıklarına bölünmüş ve bu aralıklarda kuvvetlerin (eylemsizlik, sünme, rijitlik kuvvetleri) lineer bir şekilde değiştiği varsayılmaktadır. Sonlu eleman modeli ne kadar fazla aralığa bölünürse analiz o kadar uzun sürmekte, ama analiz sonuçları deneysel verilere o kadar yakın olabilmektedir. Modellemede yaklaşık 1,500,000 zaman aralığına bölünmüştür. Profil ile çekiç arasında sürtünmenin ve sürtünme yüzeyleri arasındaki sınır koşullarının ve sürtünme katsayısının tanımlanması gerekmektedir. Profil ile çekiç aynı malzemeden yapıldığı için aynı sürtünme katsayısı kullanılmıştır.



Şekil 3.Çekiç ve Deney Numunesinin Sonlu Eleman Modeli(C3D8R)[13]

Çelik numunenin sonlu eleman modellemesinde kullanılan sınır şartlarında bir mesnet sabit, bir mesnet kayıcı olacak şekilde tanımlanmıştır. Sabit mesnet profilin alt başlık düğüm noktalarında üç öteleme iki dönme serbestliği tutulu olacak şekilde modellenmiştir. Kayıcı olan mesnette ise, iki öteleme iki dönme serbestliği tutulmaktadır. Ayrıca çekiç elemanının sınır koşullarının tanımlanmasında bütün dönmeleri ve X ve Z yönündeki hareketleri tutulu, sadece Y yöndeki hareketi serbest bırakılmıştır.

4. Bulgular ve İrdemeler

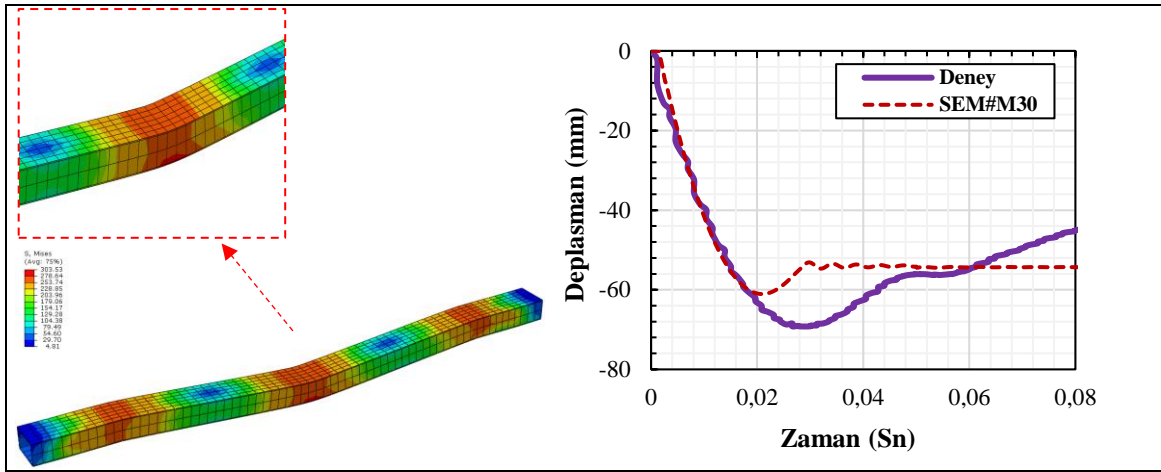
Bu çalışmada; deneysel veriler kullanılarak, doğrusal olmayan analiz yapma kapasitesine sahip olan ABAQUS sonlu eleman programı yardımıyla, deney numunesinin darbe etkisi altındaki davranışı simüle edilmiştir. Sonlu elemanlar programının eleman kütüphanesinden uygun eleman tipi seçimi, malzeme davranışları için uygun malzeme modeli seçimi, üç boyutlu analizde gerekli tüm sınır koşulları ve deney numunesinin içinde bulunduğu deney ortamı birebir modellemeye çalışılmıştır. Modellemede hem malzeme hem de geometrik non-linearite göz önünde bulundurulmuştur.

Darbe kuvveti etkisi altında bulunan deney numunesi ilk olarak 5-10-15-20 ve 30 birimlik sonlu eleman çözüm ağ sıklığına bölünmüştür. Deney numunesinin orta,sağ ve sol bölgelerine homojen olarak uygulanan çözüm ağ sıklıklarının verileri, deneysel veriler ile karşılaştırılmıştır. Sonlu eleman çözüm ağ aralığı 5-10-15-20 ve 30 olduğunda, deney numunesinin deplasman değerleri sırası ile 70,7-67,2-65-62-61mm olmaktadır(Tablo3). Bu değerler deneysel deplasman değeri olan 69,22mm değeri ile karşılaştırıldığında 5x5mm olan sonlu eleman ağ sıklığı yeterli yakınsamaya sahip olduğu görülmüştür. Ancak 120x80 boyutunda 2000mm uzunluğuna sahip deney numunesi 5x5 mm boyutunda sonlu eleman ağ sıklığına bölündüğünde çözüm süresi çok uzun olmaktadır. Bu yüzden deney numunesinin çekiç ile temas ettiği bölge olan orta bölge 5x5 mm boyutunda sonlu eleman ağ sıklığına bölünürken, sağ ve sol bölge 15x15mm sonlu eleman ağ sıklığına bölünmüş ve 69,4mm deplasman değeri elde edilmiştir.

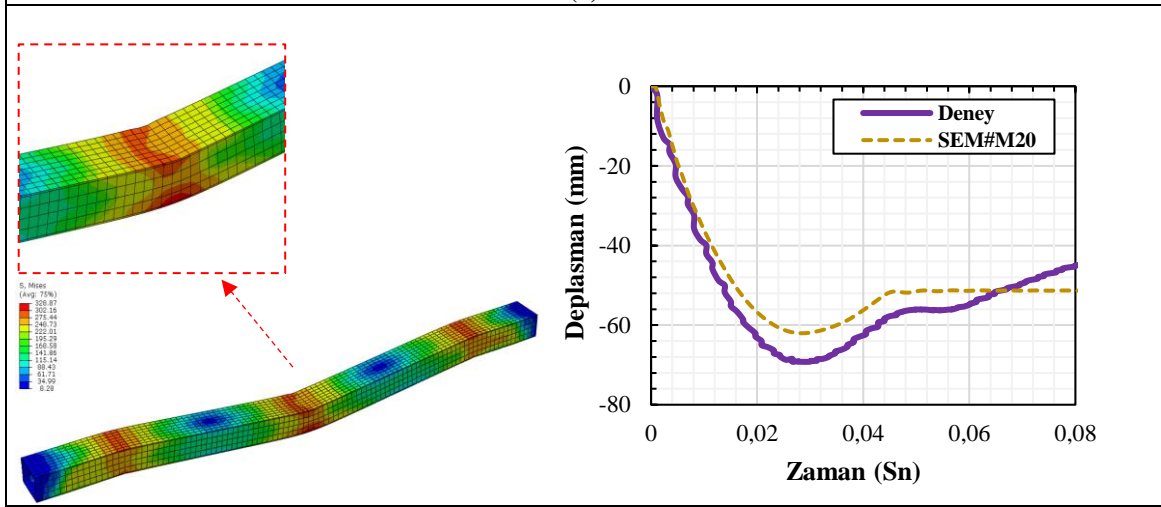
Tablo 3. Deplasman değerlerinin karşılaştırılması

Model isimleri	Çözüm Ağ Bölgesi		Sonlu eleman deplasman (mm)	Deney deplasman (mm)	Deneysel/Sonlu eleman deplasman farkı %
	Orta	Sağ ve sol			
SEM#M30	30x30	30x30	61		13
SEM#M20	20x20	20x20	62		11
SEM#M15	15x15	15x15	65		6
SEM#M10	10x10	10x10	67,2	69,22	3
SEM#M5	5x5	5x5	70,7		2
SEM#M5-15	5x5	15x15	69,4		0,2

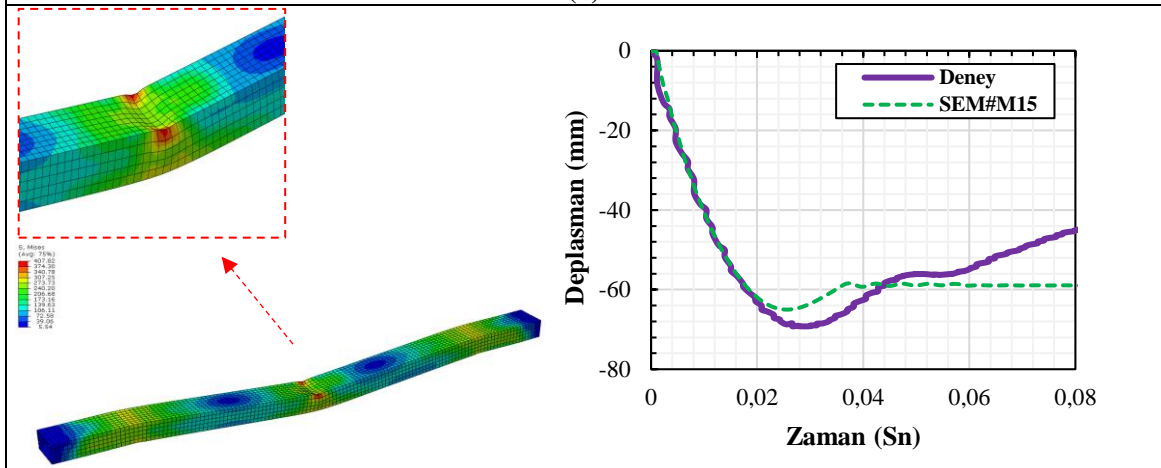
Darbenin uygulandığı bölgedeki sonlu eleman çözüm ağ boyutunun artması yani sonlu eleman ağ boyutu 5-10-15-20-30mm olarak artıkça, deneysel olarak elde edilmiş deplasman değerleri arasındaki fark artmaktadır. Dolayısıyla yapılan sonlu eleman kabulü gerçek eleman davranışını tam olarak yansıtamamaktadır.



(a)

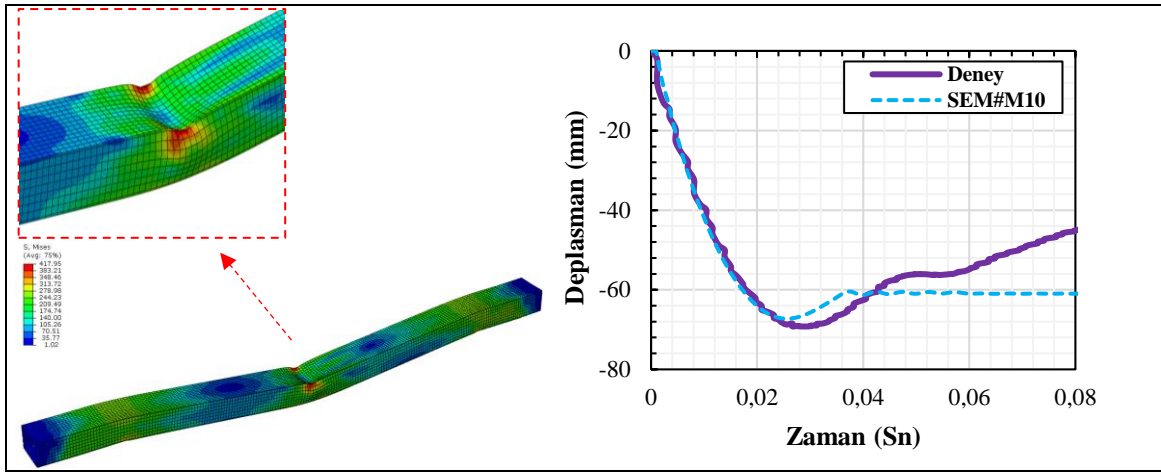


(b)

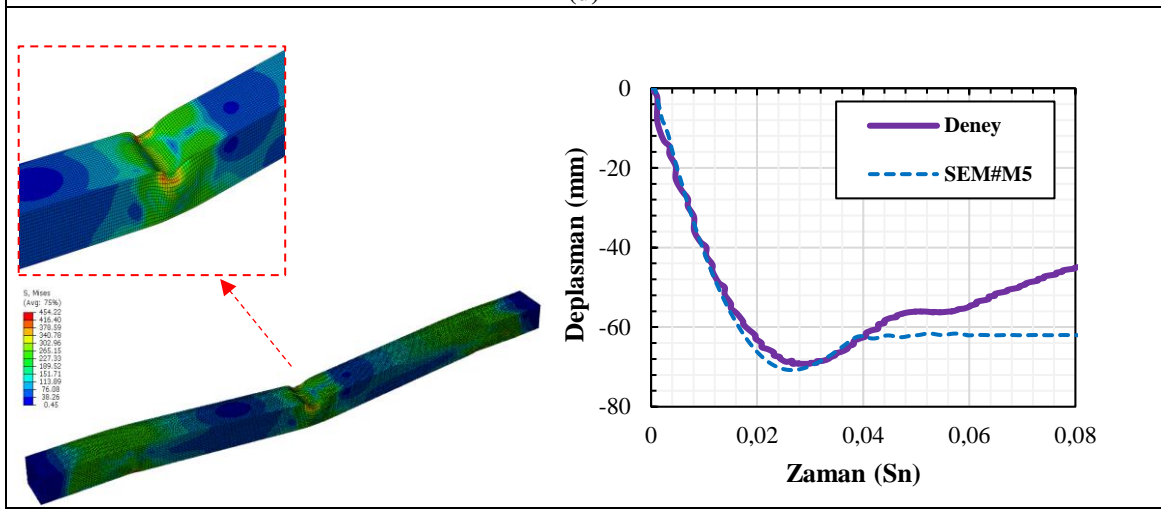


(c)

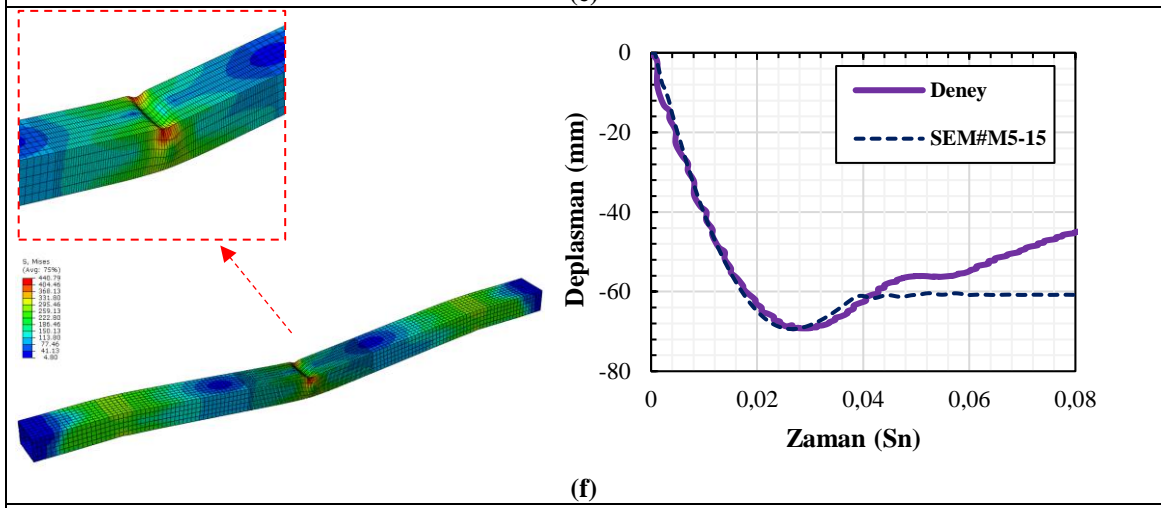
Şekil 4. Sonlu Eleman Çözümünün ve Deneysel Veriler ile Karşılaştırılması



(d)

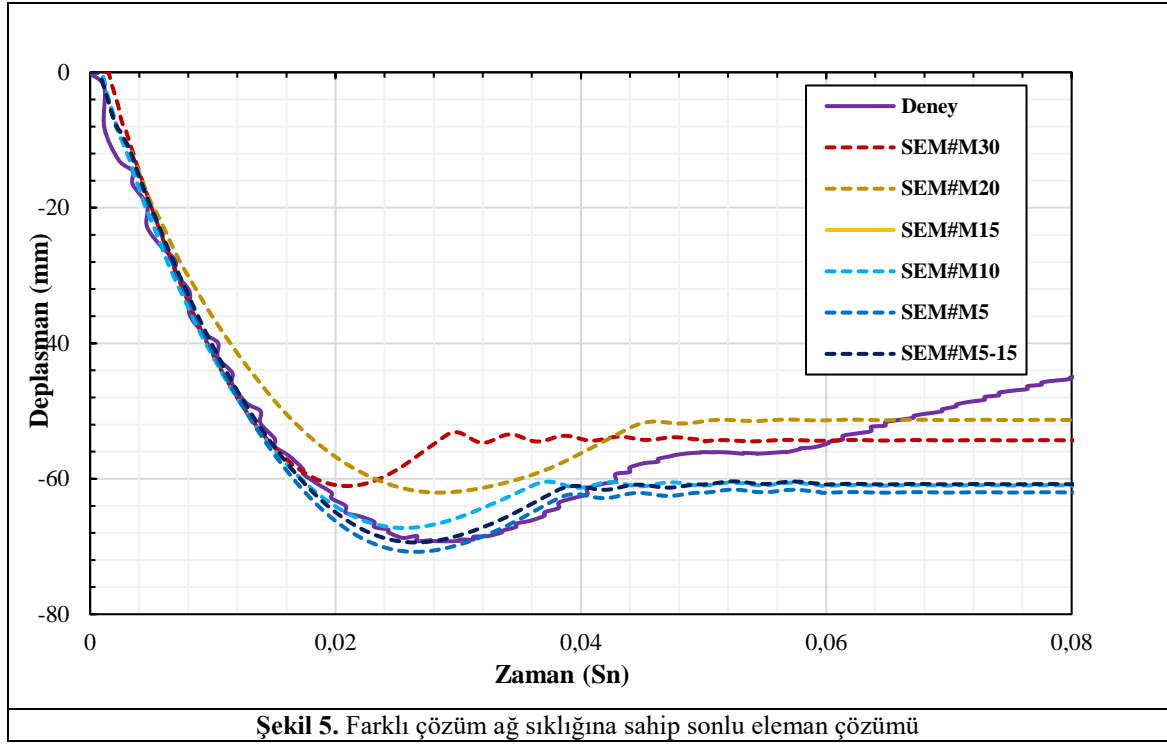


(e)



(f)

Şekil 4. Sonlu Eleman Çözümünün ve Deneysel Veriler ile Karşılaştırılması (Devam)



5. Sonuçlar

Sonlu eleman verileri, deneysel veriler ile karşılaştırılmış, en uygun sonlu eleman çözüm ağ sıklığı belirlenmiş, deney sonuçlarının çözüm ağ sıklığının belirlenmesi üzerine etkileri araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Bu amaçla 1 adet deneysel, 6 adet farklı çözüm ağı sıklığına sahip sonlu eleman model üzerine doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda; farklı boyutta oluşturulan çözüm ağ yoğunluğunun, deneysel sonuçlara yakınsamada etkili olduğu açık olarak görülmektedir.

✓ Deneysel çalışma sonunda oluşan plastik şekil değiştirme, farklı sonlu eleman çözüm ağı kullanıldığında oluşan plastik şekil değiştirmeler ile kıyaslandığında, deneysel sonuca en yakın plastik şekil değiştirme SEM#M5 ve SEM#5-15 olarak isimlendirilen numunelerde olduğu görülmektedir.

✓ SEM#M30 ağ sıklığına sahip sonlu eleman modeli, SEM#M5 ağ sıklığına sahip sonlu eleman modeli ile karşılaştırıldığında; SEM#M5 sonlu eleman modeli yaklaşık dört kat daha uzun sürede çözüme ulaşmaktadır. Bunun yanısıra orta bölgenin daha hassas sonlu eleman ağına bölünürken sağ ve sol bölgenin daha geniş sonlu eleman ağına bölünmesi ile elde edilmiş olan SEM#M5-15 sonlu eleman modeli ise, SEM#M30 olan sonlu eleman modelden iki katı daha uzun sürede çözüme ulaşmaktadır.

✓ SEM#M5 ağ sıklığına sahip sonlu eleman modeli, SEM#M30 ağ sıklığına sahip sonlu eleman modeli ile karşılaştırıldığında; SEM#M5 verilerini elde etmek çok zaman almasına rağmen, sonlu eleman model doğrulamasında daha doğru sonuç vermektedir. Dolayısıyla SEM#M30 modelinin deplasman değeri deneysel deplasman değeri ile karşılaştırıldığında %13 fark var iken, SEM#M5 modelinde ise sadece %2 lik fark bulunmaktadır.

✓SEM#M5 çözüm ağına sahip sonlu eleman modeli, SEM#M5-15 çözüm ağına sahip sonlu eleman modeli ile karşılaştırıldığında, deneysel deplasman değerine SEM#M5 %2 yakınsama yaparken, SEM#5-15'in %0,2 yakınsama ile 10 kat daha doğru sonuç vermektedir.

✓Deneysel çalışmada, kiriş orta noktasında düzlem dışı plastik şekildeğiştirme oluşumu, SEM#M30 modelde düzlem dışı plastik şekil değiştirme miktarı çok az iken sonlu eleman ağ çözümü arttıkça düzlem dışı şekil değiştirmesi deneysel benzemektedir. Dolayısıyla çözüm ağ sıklığının düzlem dışı şekil değiştirme üzerinde çok önemli bir etkisi bulunmaktadır.

✓Çalışmada bulunan optimum çözüm ağı sayesinde deneysel verilere daha yakın sonuç daha kısa sürede bulunabilmektedir. Optimum sonlu eleman ağ sıklığı çözümü, farklı boyuttaki deney elemanları için farklı olabilmektedir. Bulduğumuz sonuç deneyde kullanılan eleman boyutu için geçerlidir.

Kaynakça

- [1] Jani Khushbu, "Analysis and Design of Diagrid Structural Syatem for High Rise Steel Buildings", M. Tech. Dissertation, Nirma University, Ahmedabad, vol.5, pp.92-105, 2012.
- [2] Jani, Khushbu, and Paresh V. Patel. "Analysis and design of diagrid structural system for high rise steel buildings." *Procedia Engineering*, vol.51, pp. 92-100, 2013.
- [3] Siewert, T. A., Manahan, M. P., McCowan, M.P., Holt, J. M., Marsh, F. J., Ruth, E. A., "The history and importance of impact testing", ASTM, 1999.
- [4] Kantar, Erkan, and Ozgur Anil. "Low velocity impact behavior of concrete beam strengthened with CFRP strip." *Steel and Composite Structures*, vol.12.3, pp. 207-230, 2012.
- [5] Selvi, M. "Beton Dayanımındaki değişimin çarpma davranışına olan etkisinin deneysel ve sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi". Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,2008.
- [6] Firouzsafari, S. E., & Showkati, H. "Behavior of pre-compressed tubes subjected to local loads", *Ocean Engineering*, vol.65 pp.19-31, 2013.
- [7] M. Zeinoddini, J.E. Harding, G.A.R. Parke, Axially pre-loaded steel tubes subjected to lateral impacts (a numerical simulation), *Int. J. Impact Eng.*, vol.35 (11), pp.1267–1279, 2008.
- [8] Truong, D. D., Jung, H. J., Shin, H. K., & Cho, S. R. "Response of low-temperature steel beams subjected to single and repeated lateral impacts". *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol.10(6), pp.670-682, 2018.
- [9] B.C. Cerik, H.K. Shin, S.R. Cho, A comparative study on damage assessment of tubular members subjected to mass impact, *Mar. Struct.*, vol.46, pp.1–29, 2016.
- [10] Zhang, R., Zhi, X. D., & Fan, F. "Plastic behavior of circular steel tubes subjected to low-velocity transverse impact". *International Journal of Impact Engineering*, vol.114, pp. 1-19, 2017.
- [11] Wan, Y. Z., Chen, G. C., Huang, Y., Li, Q. Y., Zhou, F. G., Xin, J. Y., & Wang, Y. L. "Characterization of three-dimensional braided carbon/Kevlar hybrid composites for orthopedic usage", *Materials Science and Engineering: A*, vol.398(1-2), pp.227-232, 2005.
- [12] Zhu, A. Z., Xu, W., Gao, K., Ge, H. B., & Zhu, J. H. "Lateral impact response of rectangular hollow and partially concrete-filled steel tubular columns", *Thin-Walled Structures*, vol.130, pp.114-131, 2018.
- [13] ABAQUS/CAE v6.12 Programme, Dassault Systemes Simulia Corp. Providence, RI, USA

Ahşap Yapıların Hasar Nedenleri ve Korunması Üzerine Bir Değerlendirme

An Evaluation on the Causes of Damage and Protection of Wooden Structures

Merve SAATCI¹, Şenol GÜRSOY²

¹Karabük Üniversitesi, Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 78050 Karabük, Türkiye, saatcimerve@windowslive.com

²Karabük Üniversitesi, Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 78050 Karabük, Türkiye, sgursoy@karabuk.edu.tr

Özet: - Ahşap yapıların tarihsel devamlılığının korunması ve bu devamlılığı sağlamak için yapının tarihsel kimliğine zarar vermeden gelecek nesillere aktarmak oldukça önemlidir. Bunun için de yapıyı iyi tanıyıp müdahale etmek gerekmektedir. Zaman içerisinde yapılarda meydana gelen hasarlara karşı yanlış tanı konulduğunda hasar giderilmediği gibi hasarlar daha da büyüebilmektedir. Ayrıca hasar, etkili bir biçimde belirlenmediğinde harcanan zaman ve maliyet de boşa gidebilmektedir. Bu çalışmanın temel amacı tarihi ahşap yapılar üzerinde çeşitli nedenlere bağlı olarak oluşan bozulmaları doğru tespit ederek hasarın giderilmesini sağlamaktır. Bu aşamada da inşaat mühendislerinin yapacağı statik hesaplamaların restorasyon çalışmalarında ne kadar önemli bir rol aldığına önemini vurgulamaktır.

Anahtar Kelimeler: Ahşap Yapılar, Ahşap Yapı Hasarları, Ahşap Yapıların Korunması

Abstract: - In order to ensure of this continuity and preserve the historical continuity of wooden structures, it is quite important to transferring to future generations without harming the historical identity of the structure. For this, it is necessary to well know the structure and intervene. When misdiagnosed against the damages occurred in the structures in the time, the damages can grow further as these damages cannot be remedied. Also, time and cost can be wasted when damage is not determined effectively. The main purpose of this study is provided to remedied of the damage by detect the deterioration of historical wooden structures due to various reasons. At this stage, in the restoration work of the structural calculations by the civil engineers is to emphasize the importance of how important.

Keywords: Timber structures, Timber Building Damage, Protection of Timber Structures

1. Giriş

Kültürel mirasın değerli bir yansıması olan tarihi yapılar, geçmiş ile günümüz arasında bağ oluşturmaktadır. Bu yapılar sayesinde medeniyeti anlamak ve yorum yapmak mümkün olmaktadır. Söz konusu tarihi yapıların içinde ahşap yapılar da yer almaktadır. Sosyal, kültürel ve ekonomik pek çok sebepten dolayı unutulmaya yüz tutan bu yapılar bazen devlet tarafından sahip çıkılarak korunmaktadır. Ahşap yapılar, Türkiye'deki somut kültürel mirasın önemli yansımalarındandır. Bu noktada, korunması ve gelecek nesillere aktarılması önem arz etmektedir.

Ahşap malzemenin ve ahşap yapıların zaman içerisinde zarar görmesine neden olan pek

çok etmen bulunmaktadır. Bunlar ahşabın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapılarından kaynaklanan etkenler olabileceği gibi insanların neden olduğu beşerî etkenler ve doğal afetler gibi etkenlerden de oluşmaktadır. Bu etmenler, ahşap yapıların günümüzdeki şartlarını ve geleceğe miras kalması noktasında mevcut durumlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sorunları bilmek ve bu sorunlara karşı tedbir almak oldukça önemlidir. Başta taşıyıcı sistem tasarımı; rüzgâr, deprem ve birleşim hesapları gibi temel etmenler üzerinde gerekli hesaplamalar yapılarak, bu yapıların dayanıklılığı artırılabilir. Bu noktada da mimari estetiğin yanında mühendislik bilgisinin de işin içinde olacağı çok yönlü bir statik hesaplama gerekecektir. Bu çalışmada da öncelikli olarak ahşap ve ahşap yapıların bozulmalarına neden olan etmenler vurgulanarak resimli örneklendirmelerle ahşap yapılarıdaki bozulmalar sunulmaktadır. Bunun sonucunda, onarım ve restorasyon sürecinde inşaat mühendislerinin çok daha aktif rol alması gerektiği ve estetik kaygıların yanı sıra statik hesaplamaların da büyük önem arz ettiği açıkça ortadadır. Bu noktada da ahşap yapıların korunmasında güncel mevzuat hükümlerine uyulması ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak ahşap yapılara ilişkin analiz programlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

2. Ahşap Yapılarda Bozulmalar ve Hasarlar

Türkiye’deki pek çok tarihi ahşap yapıya maalesef hak ettikleri önem verilmemektedir. Ahşap yapılar kültürel mirasın benzersiz sembolleri olsalar da doğal ve beşerî nedenlerden dolayı çok fazla hasara uğramışlardır. Yapıların korunması devamlılığı açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, bu eşsiz kültürel değerlerin periyodik olarak onarımlarının yapılması ve uygun kurtarma projeleri geliştirilerek korunulması sağlanmalıdır.

Ahşap yapıların onarımı ve restorasyonu yapılmadan önce de zemin özellikleri, malzeme özellikleri, yük dağılımları, çatlaklar, harap haline gelmelerine etki eden faktörler gözlem ve incelemelerle araştırılarak tespit edilmelidir. Bu tespitlere göre doğru tanı koyularak iyileştirmeye yönelik onarım yöntemleri belirlenmelidir. Yanlış tespit yapılması durumunda hasar artarak başka problemlere yol açabileceği gibi emek, maliyet ve zamanda boşa gitmiş olacaktır. Binlerce yıla kadar uzanan tarihi ahşap yapılarıdaki hasarların temel nedenlerini; yapının konumu, zeminin özellikleri, taşıyıcı sistem tasarımındaki hataları, hatalı malzeme kullanımı, doğal etkenler, nem etkisi, depremler, rüzgar, mantar ve bakteri etkileri, kurt ve böcek etkileri, yangınlar, bağlantı hataları, onarım hataları, kötü işçilik, bakımsızlık ve terk etme ve trafik şeklinde sıralamak mümkündür.

2.1. Yapının Konumu

Yapının konumu ahşap taşıyıcı sistemin zarar görmesine neden olabilmektedir. Örneğin Ülkemizde Karadeniz bölgesi her mevsim bol miktarda yağış almaktadır. Bu yağışlardan dolayı meydana gelen sel ve heyelanlar nedeniyle bu yapılar zarar görmektedir. Şekil 1’de de görüldüğü gibi yağış suyunun fazlalığı nedeniyle ahşap taşıyıcı sistemin altındaki zeminin kaydığı ve taşıyıcı sistemin altında bozulmalara neden olduğu görülmektedir. Bu nedenle yamaçların aşağısında ya da yukarısında inşa edilecek bir ahşap yapının oluşabilecek sel baskınlarından etkilenmesi durumu göz önüne alınarak önlemler alınmalıdır.



Şekil 1. Rize'de sel ve heyelan nedeniyle ahşap yapı temelinde oluşan hasar [1]

2.2. Zemin Özellikleri

Zeminler yapısı ve davranış özellikleri olarak çok kompleks bir malzemedir. Bu nedenle zemin özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Zira yapılar bu zeminler üzerine inşa edilmekte dolayısıyla söz konusu yapılara etkiyen statik ve dinamik yükleri taşıyacak şekilde yapı temeli tasarlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle etkiyen statik ve dinamik yükler nedeniyle söz konusu zeminlerde oturmalar ve özellikle depremlerin etkisiyle boşluk suyu basıncının artmasıyla sıvılaşma olayı meydana gelmektedir. Şekil 2'den de görüleceği üzere, sıvılaşma olayı sonucu yapı zemininde oturma meydana gelmekte ve buna bağlı olarak söz konusu zemine oturan ahşap yapıda göçme ve eğilmeler oluşmuştur.



Şekil 2. Adapazarı'nda sıvılaşma sonucu oluşan zemin oturmasının ahşap yapıya etkisi [2]

2.3. Taşıyıcı Sistem Tasarımındaki Hatalar

Ahşap yapılarda taşıyıcı sistem; yapıya gelen yükleri taşımak ve bu yüklerin zemine aktarılmasını sağlamak üzere oluşturulan temel, dikme, yatay kuşak, kaplama, payanda gibi yapısal elemanlarından oluşmaktadır. Bu yapısal elemanların taşıyıcı sistem kurgusu emniyetli ve sağlam olacak şekilde düzenlenmeli ve boyutlandırılmalıdır. Ayrıca ahşap yapılarda özellikle taşıyıcı elemanların lif doğrultularına dikkat edilmelidir. Çünkü ahşap malzeme liflere paralel yönde daha fazla yük taşımaktadırlar. Tasarımın ilk aşamasında

ahşap taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında en kesitlerin yetersiz olması, düzgün kesitli ahşap malzeme kullanılmaması, deprem bölgesi olan yerlerde ana dikmelerin payandalarla desteklenmemesi ve bağlantı elemanlarının kullanılmamasının söz konusu yapıda ciddi hasarlara neden olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 3).



Şekil 3. Bilinçsiz ahşap taşıyıcı sistem kurgusunun yapı hasarına etkisi [3]

2.4. Hatalı Malzeme Kullanımı

Türkiye’de yetişen ağaç türleri zeminin yapısına, beslenme özelliklerine, iklime ve cinslerine göre sert ve yumuşak ağaç olarak iki guruba ayrılmaktadır. Ahşap yapılarda sert ağaç kullanılması yapının uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır [4]. Buna karşın Türkiye’de ahşap çatkılarda kullanılan yumuşak ağaçlar yapılarda ömrü kısaltmaktadır. Yumuşak ağaçlardan yapılan duvarlarda dökülme, aşınma, dağılma ve ayrışma biçiminde hasarların oluştuğu gözlenmektedir (bkz. Şekil 4).



Şekil 4. Bilinçsiz ahşap taşıyıcı sistem kurgusunun yapı hasarına etkisi

2.5. Doğal Etkenler (Atmosfer Koşullarının Etkileri)

Uzun yıllar doğanın farklı etkileri altında aşınan ahşap yapılarda bakım yapılmazsa ciddi hasarlarla karşılaşılabilir. İklimsel etkiler kar, güneş, rüzgâr ve yağmur ahşap yapıların dış ve iç cephesine zarar verebilmekte ve yapının hizmet ömrünü azaltmaktadır.

Bu etkiler ahşap yapı cephesinde malzemenin renginde kararma veya renk değişimleri görünümler şeklinde oluşmaktadır (bkz. Şekil 5).



a) cephede kararma b) güneş alan kısımda renk değişimi
Şekil 5. Atmosfer etkileri nedeniyle ahşap yapı cephesinde oluşan değişimler [5, 6]

2.6. Nem Etkisi

Yaz aylarında sıcaktan genleşen malzemeler kış aylarında soğuk nedeniyle dona maruz kalmaktadır. Isı değişimlerine bağlı olarak donma-çözünme olaylarıyla ahşap malzeme aşınmakta ve yorulmaktadır. Ayrıca kapillarite olayının ve yağmur sularının yapıların duvarlarındaki hareketi bağlı olarak nem olayının yapıyı oluşturan malzemeyi ıslatarak yükün arttırmasına ve ahşap malzemede fiziksel ve bünyesel bozulmalara sebep olabilmektedir (bkz. Şekil 6).



Şekil 6. Su ve nem olayının ahşap yapıya etkisinden bir görünüm [7]

2.7. Depremler

Ülkemizde oluşan depremlerde ahşap yapıların performansları diğer yapı türlerine göre daha iyi olmaktadır. Tarihi ahşap yapılarda dolgu malzemesi çoğu zaman yalıtım amaçlı

kullanılmış olup, yapının depremdeki performansına katkı sağlaması beklenmemektedir. Ancak kırılğan dolgu malzemesinin kullanılması, bağlantıların iyi yapılmaması ve kat yüksekliklerinin farklı olması nedenleriyle deprem sırasında ahşap yapıların hasara uğradığı görülmüştür (bkz. Şekil 7).



Şekil 7. Farklı etkiler nedeniyle depremler sırasında oluşan ahşap yapı hasarlarından görünüm [8, 9]

2.8. Rüzgâr Etkisi

Tüm yapılarda olduğu gibi ahşap yapılarda da rüzgâr yüklerine maruz kalmaktadırlar. Şiddetli rüzgarlar nedeniyle ahşap yapılarda da hasarlar oluşmaktadır (bkz. Şekil 8). Bu hasarları en aza indirmek için hasar gören ahşap yapıların onarım yapılırken TS 498 standardının tasarım ve hesap kurlarının göz önünde bulundurulması yararlı olacaktır.



Şekil 8. Rize'de rüzgâr yükleri nedeniyle ahşap bir yapıda oluşan hasardan bir görünüm [10]

2.9. Mantar ve Bakteri Etkisi

Ahşap organik bir malzeme olduğundan mantarlar ve bakteriler ahşap malzemenin zarar görmesine neden olmaktadır. Bakteriler çoğunlukla toprak ve ıslak ahşapta daha fazla görülmektedir. Bu nedenle suyu seven bu canlıların oluşumunu engellemek için ahşap malzemenin toprakla teması önlenmelidir. Çürümeye veya renk değişimine neden olan mantarlar yapıda çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Mantar ve bakterilerin etkisiyle ahşap yapının taşıyıcılığını kaybettiği ve yapı elemanlarının da zayıfladığı gözlenmiştir (bkz. Şekil 9).



Şekil 9. Mantar ve bakterilerin ahşap yapıya etkisi [7]

2.10. Kurt ve Böcek Etkisi

Ahşap lifli bir malzemedir. Kurt ve böcekler ahşabın liflerini oluşturan selülozdan beslenerek ahşap malzeme içerisinde yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Kurt ve böceklerin ahşap yapı elemanı üzerinde çok sayıda kanal açarak elemanın gözenekli hal almasına ve dayanımının düşmesine neden olduğu gözlenmiştir (bkz. Şekil 10).



Şekil 10. Kurt ve böceklerin ahşap yapıdaki etkisi [7]

2.11. Yangınlar

Ahşap hemen tutuşabilen bir malzemedir. Yangın sonrasında malzemenin üst kısmında kömürleşme meydana gelmektedir. Yangından sonra ahşap bir yapı hemen çökmez (bkz. Şekil 11).



a) Kuzguncuk

b) Süleymaniye'de

Şekil 11. Yangının ahşap yapıdaki etkisi [3]

2.12. Yığma Duvar-Ahşap Bağlantılardan Kaynaklanan Hasarlar

Ahşap çatki sisteminin, temel duvarlarına oturtulması gerekmektedir. Şekil 12'de de görüldüğü gibi taş ve ahşabın birleşiminin yapılamamasından dolayı hasarlar meydana gelebilmektedir. Burada temel duvarı üzerine ahşap taban konularak geçme yöntemiyle ana dikmeler konumlandırılarak ahşap çatki sistemi oluşturulabilir. Bu yöntemle bu tür hasarlarla daha az karşılaşılabilir.



Şekil 12. Duvar-ahşap bağlantılardan kaynaklanan ahşap yapı hasarlarından görünüm [3]

2.13. Onarımda Hatalı Uygulamalar

Ahşap yapılarda farkında olmadan yapılan değişiklikler, yüklemeye artışa ve süreksizliklere neden olmaktadır. Şekil 13'den de görüldüğü gibi bilinçsizce yapılan bu hatalar yapının daha çok zarar görmesine ve görselliğinin bozulmasına neden olmaktadır.



Şekil 13. Ahşap yapı onarımındaki hatalı uygulamalardan görüntüler [3]

2.14. İşçiliğin Kötü Olması

Ahşap yapılarda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda kullanılan malzemelerin uygun bir teknikle birleştirilmesi oldukça önemlidir. Şekil 14'den de görüldüğü gibi yapıyı ayakta tutmak için yapıya gelişmiş güzel eleman eklemek yüklemeye artışa ve yapıda çatlakların oluşmasına neden olmaktadır.



Şekil 14. İşçiliğin kötü olmasının yapı üzerindeki etkisi [3]

2.15. Bakımsızlık ve Terk Etme

Çeşitli nedenlerden dolayı boşaltılmış ahşap yapılar bakımsızlıktan ve/veya yerine yenisini yapmak amacıyla kasıtlı olarak yıkılmasıyla hasara uğradığı görülmektedir (bkz. Şekil 15).



2002 yılı



2004 yılı

Şekil 15. Bakımsızlık ve terk edilmenin ahşap yapıdaki etkisi [7]

2.16. Trafik

Sokakların dar olmasından kaynaklı hasarlar da meydana gelebilmektedir. Ahşap yapıların araçların kullandığı yollara yakın olması durumunda, zemininde oluşan titreşimler; pencerelerinde, çevresinde ve bağlantı noktalarında açılmalara neden olabilmektedir. Şekil 16'dan da görüldüğü gibi gemi kazaları da ahşap yapıların yıkılmasına neden olan bir trafik sorunu olabilmektedir.



Şekil 16. Trafik durumunun ahşap yapıdaki etkisi [11]

3. Sonuçlar ve Öneriler

Ahşap yapılar, uzun zamandır varlığını koruya gelen önemli kültür miraslarımızdandır. Bu yapılar zaman içerisinde bozulmalara ve hasarlara uğramaktadırlar. Bu duruma neden olan en büyük etkenlerin; taşıyıcı sistem tasarımı, rüzgâr, birleşim hesapları ve depremlerin olduğu söylenebilir. Özellikle depremlere ve rüzgâra karşı ahşap yapı performansını değerlendirme konusunda statik kurullarla çözüme gidilmesi gerekmektedir.

Tarihi ahşap yapıların restorasyonu, oldukça önemli olmasına rağmen maalesef çoğu

zaman bilinçli olarak yapılmamaktadır. Restorasyon çalışmaları bir ekip halinde yapılırken, burada inşaat mühendislerinin rolü bazen göz ardı edilmekte ve genellikle eskinin onarılması, estetik olarak eskiye benzerlik şeklinde değerlendirilmektedir. Oysa tarihi ahşap yapıların restorasyonunda inşaat mühendislerinin de aktif olarak görev alması gerekmektedir. Zira sadece gerçekleştirilecek onarımlarla ile söz konusu yapıların ayakta kalması beklenmemelidir. Ayrıca ahşap yapıların dayanıklı ve nitelikli olabilmesi için standartlar ve yönetmelikler yayınlanmakta bununla birlikte gelişen teknolojiye bağlı olarak bu yönetmeliklerin de güncelliğinin korunması gerekmektedir.

Ahşap yapıların korunması çalışmalarında; tasarım, boyutlandırma ve birleşim detaylarının hesabı dikkate alınmalıdır. Tarihi ahşap yapılarda meydana gelen veya potansiyel olarak oluşabilecek doğal ve yapay hasar etmenlerinin taşıyıcı sistemdeki olumsuz etkileri, gerçekleştirilecek olan restorasyon çalışmalarında statik açıdan da göz önünde bulundurulmalıdır. Böylece ahşabın korunması yönünde yalnızca eskinin biçimsel restorasyonu sağlanmış olmayacak, aynı zamanda sağlam, kullanışlı ve geliştirilebilir yapılar meydana gelerek bu yapıların daha uzun süre ayakta kalması sağlanabilecektir.

Kaynaklar

- [1] İnternet: TEMA, Rize'de önlem alınmazsa bu son sel felaket olmayacak, www.milligazete.com.tr/haber/1240389/tema-rizede-onlem-alinmazsa-bu-son-sel-felaket-olmayacak, 2015.
- [2] Aksoy, D., AHUNBAY, Z. “Geleneksel ahşap iskeletli Türk Konutu’nun deprem davranışları”, *itüdergisi/a: mimarlık, planlama, tasarım*, 4 (1), ss. 47-58, 2005.
- [3] Dışkaya, H. “Damage Assessment of 19th century traditional timber framed structures in Istanbul”, *From Material to Structure-Mechanical Behaviour and Failures of the Timber Structures ICOMOS IWC-XVI International Symposium–Florence, Venice and Vicenza 11th-16th, İstanbul*, s.9, 2007.
- [4] Ahunbay, Z. *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon*, YEM Yayın, İstanbul, s. 23-45,1996.
- [5] İnternet: www.loghomelinks.com/maintenance-terms.htm, 2019.
- [6] Tunçkol, P. *Ahşap yığma sistem kuruluşu ve gelişmiş üretim yönteminin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
- [7] Perker, S., Akıncıtürk, N. “Cumalıkızık’ta ahşap yapı elemanı bozulmaları”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11 (2): ss.43-51, 2006.
- [8] Doğangün A, Tuluk Öİ, Livaoğlu R, Acar R. “Traditional wooden buildings and their damages during earthquakes in Turkey”, *Engineering Failure Analysis*, 13, pp. 981-996, 2006.
- [9] Güneş, M. *Geleneksel ahşap yapılarda taşıyıcı sistem kurgusunun incelenmesi: Safranbolu örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.
- [10] İnternet:www.pazar53.com/rizede-firtina-nedeniyle-2-katli-ahsap-ev-coktu-1-yarali-31449h.htm, 2019.
- [11] İnternet:www.sozcu.com.tr/2018/gundem/85-milyon-dolarlik-tarihi-yaliya-225-metrelik-gemi-carpti-2337731, 2019.

Investigation of the Construction of Historical Wooden Structures: Safran Mansion

Hüseyin YÖRÜR¹, Muhammed Nuri GÜNAY²

¹ *Department of Forest Industry Engineering, Karabuk University, Karabük, 78000, Turkey,
m.nurigunay@karabuk.edu.tr*

² *Department of Forest Industry Engineering, Karabuk University, Karabük, 78000, Turkey,
huseyinyorur@karabuk.edu.tr*

Abstract Safranbolu houses, one of the first places that come to mind when it is called the wooden house of Anatolia, are one of the most important masterpieces of our culture and history. These structures, which began to be built in the early 18th and 19th centuries, survived to the present day and were included in the World Heritage List by UNESCO in 1998. To date, these structures are still standing despite environmental factors. One of the most important reasons for this is the wood frame system. Wood frame is evidenced by their resistance against static and dynamic loads than is exhibited. The success of this system has been due to factors such as timber selection, distance between timber and type of fastener. In this study, the type of timber used in the Safran mansion, the type of and the application of fastener were examined.

Keywords: Safranbolu, historical wooden structures, wood frame, fastener.

1. Introduction

Safranbolu houses, Turkey are the most important architectural examples of traditional old wooden structure. These buildings, which began to be built in the 18th and 19th centuries, were protected by UNESCO in 1998. In Safranbolu, there are approximately 2000 houses in two separate sections, winter and summer (Baglar region). In the historical process, these works are still standing despite many environmental factors. The materials and the system used in these works against time come to the forefront. Safran Mansion is the best example of these houses. It was built Karabük-Safranbolu city Baglar region about 150 years ago.

Mankind beings have used wood as a building material with superior technological features such as its unique texture, visuality, easy workability and good insulation material. In traditional Anatolian architecture, wood, stone and soil constitute the building material and wood is the most widely used building material with a ratio of 65-75% (Çakır, 2000). Factors such as easy availability, robustness, smooth cross section and machinability were effective in the selection of wood species in old wooden structures. Wood species used vary by region. In the western Turkey oak and pine, in the east, willow, poplar and white pine, in the south, cedar, in the north, the chestnut, pine and ash lumbers have been used for the wooden base system. Coniferous trees were used 80% of the wood (Ünal, 2004; Eriç, 1972).

In Anatolian architecture, wooden structures were constructed by applying a technique, of which is wood base, adobe filled and the ground floor is generally stone (Saydamer,

2014). The structures were constructed using different wooden base systems depending on the conditions of the region and the skills of the masters. Traditional timber structures are classified as wooden log system, wood frame system and mixed system according to load bearing and working systems (Doğangün et al., 2006; Çobancoğlu, T. 2003). Wooden log system; It is a system formed by placing one on the other in a horizontal plane. In this system, which does not use strut, coupling technique is used in joints (Çakır, 2000). Wood frame system; is to transfer the loads formed in the structure to the foundation walls by forming a frame construction. Mixed system; the application of different production systems (Saydamer, 2014).

The wooden connections of traditional Turkish houses are usually made using nails. Good connections and are not intended to be broken during the earthquake studded structure can cause major damage to occur. Nailed connections should have the effect of damping the energy generated during the earthquake and allow the structure to flex. Thus, the earthquake can be overcome with acceptable damages and the destructive damages are prevented (Güneş, 2014).

In this study, in the Safran mansion of Karabük-Safranbolu city were examined the application of fastener, the type of construction, fastener and timber.

2. Materials and Method

In this study, Safran Mansion was examined with observations and measurements of the materials and application methods of the external construction structure.

3. Results and Discussion

3.1. Materials Used in Construction

The frame wall structure of the mansion was placed on the ground walls made of stones (Figure 1). The stones used in Safranbolu houses are mainly limestone based stones. “Küfünk” stone, a porous light stone obtained from the surrounding caves, was used as filling material (Ministry of Environment and Urbanization Report, 2012). Wood material used in frame wall structure. The type of wood used makes it difficult to detect due to its coating with protective paint. However, it was stated that the pine wood was used in the information given by the host administrator. In the previous study, it was stated that fir and scotch pine wood were used in the wood frame system elements (Köylü, A. 2008). It was observed that plaster was applied on it by using stone and mud brick as filling material. It was seen that nails were used for joining the wood frame.



Figure 1. Safran Mansion general view.

3.2. Physical Structure of Construction

A 3-storey structure was formed on the ground consisting of a 5 m x 5 m stone wall using the wood frame structure. Wood frame, main studs and jack studs are used in two different ways. The timber thicknesses are measured between 14-18 cm of the main stud and 8-9 cm of in the jack studs, 10-11 cm for the noggins and 12-18 cm for the brace. There were differences in the dimensions of the timber used. Because the difference in the cutting method is considered to result in the formation of the differences that a precise cut can be made.

The distances between the jack studs are 25-30 cm. The noggins are positioned between the window (bottom and top) and the beam. The distance between the noggins and the beam is measured as 100 cm. The brace can be seen in three different forms as 45 ° - 60 ° angled, supported brace and V cross (Figure 2) (Günes, ME. 2014).



Figure 2. Brace types, 45 ° - 60 ° angle, support brace and V-cross.

Nails were used for joining the wood frame. It has a head diameter of 1 and 2 cm, body diameter of 3-8 mm and length of 12-15 cm. It was applied to drive at 45 ° or 90 ° angles (Figure 4) (Günes, ME. 2014).



Figure 3. Nails and application forms.

Conclusions

When we examine the construction structure of Safran Mansion, there are many factors that have been affected by environmental factors and remain intact until today. Main reasons;

1. We can state that the wooden construction masters conveyed their knowledge and experience in building the structure well and predicted how the materials used could behave in the structure.
2. The choice of wood material constituting the wood frame, especially the type of pine which is resistant to horizontal and static loads caused by earthquakes, was used. Pine is one of the structurally widely used tree species today.
3. In the wood frame system, the use of frame base and cross members has remained unaffected by earthquakes or other loads and without any deterioration in the main frame structure. This shows the success of the wood frame system.
4. Safran Mansion has been standing for 150 years without any damage and restoration from the construction structure. These buildings, which have been challenging for many years, are more attractive compared to other buildings because of the low costs such as repair, repair and maintenance. However, it has the structures built of different building materials replace wooden structures; it has lost its significance in Turkey. There is no doubt that the structural reforms will bring wooden structures to the forefront and bring them back to life in the country and contribute to both human life and economy.

References

- Çakır, S. (2000). ‘Geleneksel Karadeniz Ahşap Konut Yapım Yönteminin Çağdaş Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi’. Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2012). ‘‘Karabük İl Çevre Durum Raporu’’. Ankara.
- Çobançoğlu, T. (2003). Türkiye’de Geleneksel Ahşap Ev Yapı Sistemlerinin İrdelenerek Gruplandırılmasına Yönelik Bir Değerlendirme. *Tasarım Kuram*, 2(3), 27-42.
- Doğangün, A., Livaoğlu, R., Tuluk, İ., & Acar, R. (2005). Geleneksel Ahşap Yapıların Deprem Performansları. K. University (Ed.s.), *Proceedings of International Earthquake Symposium 2005*, 797-799. Kocaeli: Kocaeli University.
- Doğangün, A., Tuluk, Ö.İ., Livaoğlu, r., Acar, R. 2006. *Engineering Failure Analysis* 13. s. 981-996.
- Eriç, M. 1972. Dünün ve Bugünün Ahşap ve Ahşaptan Üretilmiş Malzemesinin Türkiye Şartları İçinde Yapıda Rasyonel Kullanılma İmkânlarının Araştırılması. Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Güneş, M E. (2014). ‘‘Geleneksel Ahşap Yapılarda Taşıyıcı Sistem Kurgusunun İncelenmesi: Safranbolu Örneği’’. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Güneş, ME. (2014). ‘‘Geleneksel ahşap yapılarda taşıyıcı sistem kurgusunun incelenmesi: Safranbolu örneği’’. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaplan, B. (2013). ‘‘Geleneksel Osmanlı Mimarisine Sahip Ahşap Yalıların Deprem Kuvvetleri Altında İncelenmesi Ve Güçlendirme Teknikleri’’. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Köylü, A., (2008). Geleneksel Yapıları Yatay Yükler Etkisinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Özhan, N., (2006). Anadolu’nun Geleneksel Konutlarında Ahşap Kullanımını Ait Bir Derleme, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Saydamer, A. (2014). ‘‘Türkiye’deki Geleneksel Ahşap Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemlerin İrdelenmesi ve Bursa Örneği’’. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uludağ Üniversitesi.
- Ünal, O., (2004). "Yapı Malzemesi", Yayınlanmamış Ders Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.

Tarihi Yığıma Bir Yapının Deprem Performansının Belirlenmesi

Determination of Seismic Performance of A Historical Masonry Building

Mahmut Bilgehan¹, Muhammed Raşit Güneş², Recep Özey³, Canan Bilgehan⁴

¹ İstanbul Arel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece/İstanbul, Tel: +90 850 8502735, Fax: +90 212 8600481, mahmutbilgehan@arel.edu.tr

¹ HNDS Proje Danışmanlık İnşaat Tic.Ltd.Şti., 19 Mayıs Mh. Turaboğlu Sk. A4 Apt. No.1 C/2 Kadıköy/İstanbul, Tel: +90 535 6552823, muhammedrgunes@gmail.com

³ İstanbul Arel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece/İstanbul, Tel: +90 850 8502735, Fax: +90 212 8600481, recepozay@arel.edu.tr

³ Adnan Kahveci Mh. Çankaya Cd. No:4/B Beylikdüzü/İstanbul, Tel: +90 212 8540357, cananbilgehan@gmail.com

Özet

Farklı medeniyetler ve kültürlerden oluşan Anadolu, mimari ve sosyal açıdan çeşitlilik gösteren bölgesel özelliklere sahip bir takım yapılara sahiptir. Bu yapılardan olan geleneksel tarihi Diyarbakır evleri ile ilgili yapılacak olan deprem performansının belirlenmesi ve sonrasında tarihi ve mimari dokuyu bozmadan yapılacak güçlendirme ve restorasyon çalışmaları, bu yapıların günümüzdeki kullanımına ve gelecek nesillere aktarılmasına imkan sağlayacak önemli çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, Diyarbakır ili Sur ilçesinde bulunan ve korunması gerekli taşınmaz kültür varlığı olarak tescilli olan bir yapının statik ve deprem yükleri etkisindeki performansı incelenmiştir. Yapının matematik modelinin oluşturulmasında ve statik analizler ile deprem performansının belirlenmesinde SAP2000 yapısal analiz programı kullanılmıştır.

Abstract

Anatolia, which is composed of different civilizations and cultures, has a number of structures with regional features that vary in architectural and social aspects. Determining the seismic performance of traditional historical Diyarbakır houses and after that strengthening and restoration works without disturbing the historical and architectural texture are the important studies that will enable these buildings to be used today and transferred to future generations. In this study, the performance of a building in Sur district of Diyarbakır, which is registered as immovable cultural property which is required to be protected, under static and earthquake loads effect is investigated. SAP2000 structural analysis program was used for mathematical modeling of the structure, static analysis and determination of seismic performance.

1. Giriş

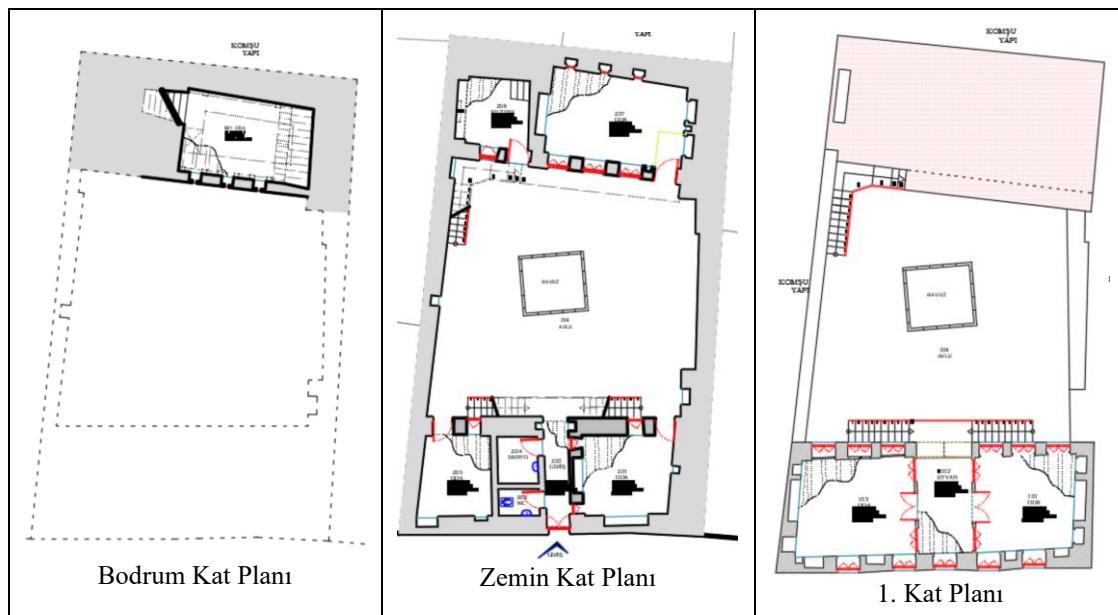
Farklı medeniyetler ve kültürlerden oluşan Anadolu, mimari ve sosyal açıdan çeşitlilik gösteren bölgesel özelliklere sahip bir takım yapılara sahiptir. İklimsel farklılıklar, Anadolu'da farklı yapı türlerinin oluşumuna neden olmuştur. Bundan dolayı da malzeme

ve yapım tekniği konusunda çok farklı yöntemler ortaya çıkmıştır. Diyarbakır'da ve Diyarbakır Surları civarında birçok anıtsal yapı ve geleneksel tarihi yapılar mevcuttur. Korunmaya çalışılan bu tarihi yapılarda restorasyon ve güçlendirme yapılmasında en belirleyici özelliklerden biri, malzeme ve buna bağlı olarak gelişen yapım tekniği olmuştur. İklimsel özellikler, kültür ve coğrafi konuma karşı geliştirilen mimari tasarım oluşumları o yöreye ait mimari oluşumu da ortaya çıkarmıştır. Geleneksel tarihi Diyarbakır evleri ile ilgili yapılacak olan deprem performansının belirlenmesi ve sonrasında tarihi mimari dokuyu bozmadan yapılacak güçlendirme ve restorasyon çalışmaları, bu yapıların günümüzdeki kullanımına ve gelecek nesillere aktarılmasına imkan sağlayacak önemli çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada, Şekil 1'de kat planları ve Şekil 2'de genel görünümü verilen Diyarbakır'ın Sur ilçesinde bulunan bodrum+zemin+1 normal katlı tarihi yöresel bir konut yapısının, restorasyon ve güçlendirilmesine esas teşkil edecek olan statik ve deprem yükleri etkisindeki performansı incelenmiştir.

2. Yapının Mimari Özellikleri

Korunması gerekli taşınmaz kültür varlığı olarak tescillenen yapının üzerinde yapım tarihini verecek herhangi bir kitabeye veya tarihe rastlanmamış ve kaynaklarda da yapının inşa tarihiyle ilgili herhangi bir bilgi bulunamamıştır. Ancak yapı planı, kullanılan malzeme, inşa formu ve benzer örnek yapıların inşa tarihi göz önüne alındığında yapının 19 veya 20. yüzyılda inşa edildiği tahmin edilmektedir [1]. Yapı, kuzey güney doğrultusunda uzanmakta olup, kuzey bölümde kısmi bir bodrum üzeri tek katlı olarak, güney bölümü ise iki katlı olarak yapılmıştır. Kuzey ve güney bloklar avlu ile ayrılmıştır. Kuzey bölümde yer alan bodrum kat 32 m² ve normal kat 56 m²'dir. Güneydeki iki katlı bölümde taban oturum alanı yaklaşık olarak 55 m²'dir. Avlu ile beraber toplam alan yaklaşık olarak 234 m²'dir. Yapıya ait kat planları Şekil 1'de verilmiştir [2].



Şekil 1. Yapı kat planları [2]

Yapıya ait tüm mekânların tavanı Diyarbakır yerel mimari örneklerine uygun olarak ahşap kirişlerle geçilmiştir. Aynı zamanda geleneksel sivil mimari tasarım ilkelerine göre duvarlar ve zeminde bazalt taş kullanılmıştır. Yapı üst katına çıkış için yine bazalt taş merdivenler kullanılmıştır. Yapı taşıyıcı duvarlarında belirgin bir hasara rastlanmamıştır. Mevcut haliyle yapı, stabilitesini korumaktadır. Ancak, özellikle bodrum kat tavan kirişleri başta olmak üzere bazı kirişlerde meydana gelen deplasmanlar yapı güvenliğini tehdit etmektedir. Bu kapsamda taşıyıcı sisteme ait matematik model oluşturulurken düzgün kesme bazalt taş ve yeterli bağlayıcılığa sahip harç kullanılarak inşa edileceği kabul edilmiştir. Yapının genel görünümüne ilişkin görseller Şekil 2’de verilmiştir [2].



Şekil 2. Yapının genel görünümü [2]

3. Taşıyıcı Sistem ve Malzeme

3.1. Taşıyıcı Sistem

Yapı, avlu ile kuzey ve güney olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Kuzey kısmında kısmi bir bodrum kat üzeri 1 normal kat bulunurken, güney bölümü 2 katlıdır. Taşıyıcı sisteme esas matematik modeli oluşturulan yapının kuzey bölümü; bodrum kat yüksekliği 1.85 m ve normal katı 3.25 m, güney bölümde ise zemin kat 2.85 m ve 1. Kat 3.30 m olarak alınmıştır. Kuzey bölüm bodrum kat alanı 27 m², normal kat alanı 42 m² ve güney bölüm normal kat alanı ise 44 m² olarak alınmıştır. Yapı duvar kalınlıkları 15 cm ile 70 cm arasında değişen bazalt kesme taş olarak inşa edilmiştir ancak yapıdaki 15 cm’lik duvarlar taşıyıcı sisteme dahil edilmemiştir. Taşıyıcı sisteme esas kabul edilen duvarlar, 50 ile 70 cm arasında kalınlıklara sahip duvarlardır. Yapı kat döşemeleri ve üst örtüsü ise 20 cm çapında ahşap (çam) kirişler tarafından taşınmaktadır. Üst örtü kaplaması olarak yalıtım tabakası ve sıkıştırılmış kil kullanılmıştır.

Yapı genelinde 60 cm’lik duvarlar hakimdir. Duvarlarda bazalt kesme taş kullanılmış olup üst örtüde ahşap (çam) kirişler kullanılmıştır. Yapıda bulunan 15 cm’lik ince duvarlar taşıyıcı sistem elemanı olarak kabul edilmemiş ve hesaplara katılmamıştır.

3.2. Malzeme

Diyarbakır konut tipolojisinde taşıyıcı duvarlar; bazalt taş ile kesme veya kabayonu ile örülürken, üst örtüler genellikle iğne yapraklı ağaçlardan elde edilen kerestelerle kapatılmıştır. Bu yapıda da benzer şekilde bazalt taş ve ahşap kirişler kullanılmıştır.

Restorasyonu yapılacak yapıda kullanılan malzemeye ilişkin laboratuvar analizleri bulunmadığından dolayı literatür taraması yapılarak taşa ait ortalama değerler alınmıştır. Buna göre; Diyarbakır bölgesi bazalt taşına ait ortalama karakteristik basınç dayanımı değerleri; gözenekli bazalt için yaklaşık olarak 51.76 MPa gözeneksiz bazalt için 89.10 MPa olarak belirlenmiştir [3].

Bu çalışmada kullanılan Diyarbakır bazalt taşının gözenekli olduğu ve ortalama 70 MPa karakteristik basınç dayanımına sahip olduğu kabul edilmiştir. Restorasyon projesine göre, taşlar arasına ise hidrolik kireç katkılı harç yapılacağı belirtilmiştir. Literatür taramalarından bağlayıcı harcın 28 günlük basınç dayanımı 3.7~5 MPa aralığında olduğu görülmüş ve bu çalışmada harcın basınç dayanımı $f_m = 4$ MPa olarak varsayılmıştır. Harç genel amaçlı ve M4 olarak sınıflandırılmıştır. TBDY 2018 Bölüm 11’de yığma taşıyıcı duvarlara ait karakteristik basınç dayanımları, kullanılan bağlayıcı harç basınç dayanımı kâgir birim cinsine bağlı olarak elde edilmiştir verilmiştir.

Literatür taramasından elde edilen kâgir malzeme ve bağlayıcı cinsine göre başlangıç karakteristik basınç dayanımı $f_k = 6.4 \sim 9.4$ MPa arasında kabul edilebilmektedir [4]. Ancak kâgir birim basınç dayanımının çok daha yüksek olduğu ve ortalama duvar birim basınç dayanımının da daha yüksek olacağı varsayılabilir. Bu çalışmada taşıyıcı duvar karakteristik basınç dayanımı $f_k = 9.4$ MPa olarak kabul edilmiştir. Çekme dayanımı olarak da basınç dayanımının ortalama %20’si kabul edilebilir. Bu durumda karakteristik basınç dayanımı $f_{kç} = 1.88$ MPa olarak alınabilir. TBDY 2018 Bölüm 11’de yığma yapılarda kullanılan taşıyıcı duvarların elastisite modüllerinin deneyle belirlenmediği durumlarda, yapısal çözümleme için $750(f_k)$ olarak alınabileceği, kayma modülünün ise bu değer %40’ı olarak alınacağı belirtilmiştir [5]. Bu durumda TBDY 2018’e göre elastisite ve kayma modülleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} E_{duv} &= 750(f_k) & ; & \quad E_{duv} = 750 \times 9.4 = 7050 \text{ MPa} \\ G_{duv} &= 0.40(E_{duv}) & ; & \quad G_{duv} = 0.4 \times 7050 = 2820 \text{ MPa} \end{aligned}$$

TYDRYK 2017’de Magenes ve Penna [10]’nın çalışmasına atıf yapılmış ve ilgili çalışmada verilen tabloda düzgün kesme taşı ve sıvalı yığma duvar için elastisite modülü değeri aralığı $E = 1500 \sim 1980$ MPa şeklinde verilmiştir. Ancak bu değerler ile TBDY 2018’den elde edilen değerler arasında çok büyük farklar olduğu görülmüştür. Bu nedenle yapısal analizde yığma duvara ait elastisite modülü ortalama bir değer olan $E_{duv} = 1750 \text{ MPa}$ olarak alınmıştır. Emniyet gerilmeleri ise TBDY 2018’den alınmıştır.

Yığma duvara ait kayma gerilmesi sınır değeri ise 2007 Deprem Yönetmeliği’nden alınarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [6];

$$\tau_{emn} = \tau_0 + \mu \sigma$$

Burada;

- σ : Duvar düşey gerilmesi
 τ_0 : Duvar çatlama emniyet gerilmesi (ilgili standarttaki tablodan 0.1 olarak elde edilir)
 μ : Sürtünme katsayısı (0.5 alınabilir)

Bu durumda kayma emniyet gerilmesi şöyle elde edilebilir:

$$\tau_{emn} = 0.1 + 0.5 \times 9.4 ; \quad \tau_{emn} = 4.80 \text{ MPa}$$

Yapı restorasyon projesine göre; kat döşemelerinde dairesel kesitli empenye edilmiş ahşap kirişler kullanılacaktır. Bu bağlamda hesaplamalarda bu kirişlerin çam ağacı olması öngörülmüştür. Hesaplarda, ahşap kirişlerle ilgili mukavemet değerleri ilgili standarda uygun olarak alınmıştır [7].

4. Yapısal Modelleme ve Çözüm

Yapının statik ve deprem yükleri altındaki davranışının incelenebilmesi için, yapı restorasyon projesi referans alınarak, ayrıntılı sonlu elemanlar matematik modeli hazırlanmıştır. Taşıyıcı sistemi meydana getiren farklı kalınlıktaki duvarlar (50 cm ile 75 cm arasında değişken) kabuk sonlu elemanlar olarak göz önüne alınmıştır. Kat ve çatı döşemelerinin ana taşıyıcı unsuru olan ahşap kirişler çubuk sonlu elemanlar olarak modellenmiştir. Hazırlanan modelde kullanılan kabuk sonlu elemanlar, yapının gerçek davranışını sağlıklı bir şekilde yansıtacak ebatlarda (50~80 cm arası) ortalama 50x50 kare şeklinde seçilmiştir. Yapı restorasyon projesinde yer alan ahşap plakalarla örülmüş duvarlar ve dikmeler taşıyıcı sisteme dahil edilmemiştir. Taşıyıcı sisteme esas olan planlar ilgili bölümde verilmiştir.

Yapıya etkiyen yükler ve bu yüklerin akış şeması ve meydana getirdikleri etkiler; Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu'nda anlatıldığı gibi modellenmiştir. Burada; yapıya etkiyen yükler, yatay döşemeler tarafından karşılanır ve mesnetlik yapan duvarlara iletilir. Düşey yükler döşemede düzlem dışı kesme kuvveti ve eğilme momenti meydana getirirken, deprem yükleri düzlem içi yatay kuvvetler meydana getirir. Bu etkiler duvarlardan temele iletilir. Düşey yükler duvarlarda düzlem içi gerilmeler meydana getirir. Döşemeden iletilen atalet kuvvetleri, duvarlar tarafından genel olarak düzlem içi kuvvetlerle ve küçük bir bölümü düzlem dışı kuvvetlerle temele iletilir. Duvarlarda, yer hareketinin doğrultusuna bağlı olarak, düzlem içi ve düzlem dışı kuvvetler meydana gelir. Düzlem dışı kuvvetler duvarın zayıf doğrultusunda kesme kuvveti ve eğilme momenti meydana getirir. Duvarların düzlem içi rijitliği, düzlem dışı rijitliğine göre oldukça büyüktür. Yatay etkinin, bu etki doğrultusunda bulunan duvarlar tarafından karşılandığı kabul edilir [4].

Oluşturulan modelle yapının düşey yükler ve deprem yükleri altındaki davranışının öğrenilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla; yapının modal analizleri yapılmış ve yapının mod değerleri, modelde meydana gelen serbest titreşim periyotları, serbest mod şekilleri irdelenmiştir. Analizle elde edilen periyot değerleri ve modelde meydana gelen X ve Y yönü en büyük gerilme değerleri ve yerdeğiştirmeleri incelenmiştir. Yapıda kullanılan

malzemeye ilişkin, analitik çözümlerinde sınır emniyet gerilmelerinin analiz sonucunda elde edilen değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır.

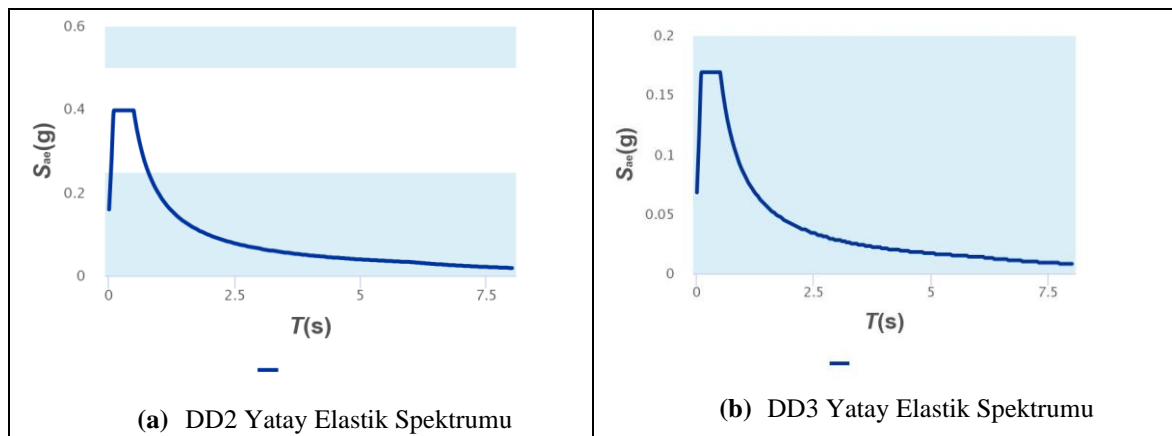
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (TBDY 2018) göre yığma yapıların değerlendirme ve tasarım yaklaşımı; Dayanıma Göre Tasarım (DGT), performans hedefinin ise DD2 deprem yer hareketi etkisinde Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyini sağlaması öngörülmektedir.

Tarihi Yapıların Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu'nda (TYDRYK 2017) tarihi yapının ulusal veya evrensel öneme sahip tarihi yapı olma durumuna göre performans hedefi ve değerlendirme yaklaşımlarını ayrı ayrı belirlenmektedir. Söz konusu olan yapı yerel ve ulusal öneme sahip bir yapı olduğundan dolayı performans hedefi DD3 deprem yer hareketi etkisinde Sınırlı Hasar (SH) olarak öngörülmüştür. Ayrıca yapının evrensel öneme sahip olmamasına rağmen, TBDY 2018'de yığma yapılar için belirlenen performans hedefi olan; DD2 deprem yer hareketi etkisinde Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyini de sağlayıp sağlamadığı irdelenmiştir.

Yapının bulunduğu koordinatlar (E:37.9089; B:40.750) referans alınarak Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması'ndan parsel için diller alınmıştır [8]. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan DD2 deprem yer hareketi, 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan DD3 deprem yer hareketi ve ZC (Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış çok çatlaklı kayalar) zemin sınıfına göre haritadan okunan değerler Tablo 1'de ve parselin yatay elastik tasarım spektrumları Şekil 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası Verileri (E:37.9094; B:40.2381) [8]

		DD2	DD3
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı	S_S	: 0.305	0.130
1.0 sn için harita spektral ivme katsayısı	S_1	: 0.129	0.056
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	S_{DS}	: 0.396	0.169
1.0 sn periyot için tasarım spektral ivme katsayısı	S_{D1}	: 0.193	0.084
En büyük yer ivmesi (g)	PGA	: 0.136	0.059
En büyük yer hızı (cm/sn)	PGV	: 10.207	4.444



Şekil 3. Yatay Elastik Spektrum [8]

TBDY 2018'e göre yapıya ait deprem parametreleri şu şekilde seçilmiştir.

Bina Kullanım Sınıfı (BKS) : 3

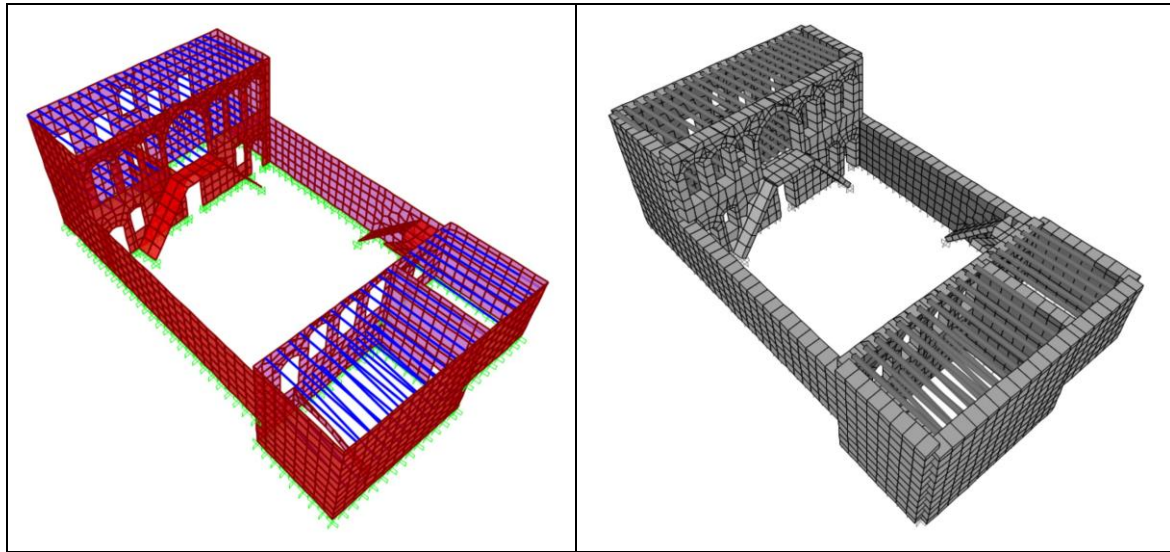
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) : $SDS=0.396$ ve $0.33 < SDS < 0.50$ DTS=3

Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) : 8

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R): 2.5 (Yapının deprem performansı belirleneceği için hesaplamalarda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=1$ alınarak ve azaltılmamış deprem yüklemeleri altında yapı performansı incelenmiştir)

Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) : 1.5

Temel ilkeleri belirlenen modele etkiyen yükler ve bu yüklerin analizleri yapılmıştır. Yapıya etkiyen statik yüklerin analizi; kat döşemeleri ve çatı döşemesi için ayrı ayrı yapılmıştır. Sabit, hareketli ve kar yükü gibi yük analizleri için ilgili standarttan yararlanılmıştır [9]. Malzeme mekanik özellikleri, yükleme durumları, kombinasyonları ve deprem parametreleri belirlenen yapının Şekil 4'te verilen matematik modeli SAP2000'de oluşturulmuş ve bu yüklemelere göre analizleri yapılmıştır.

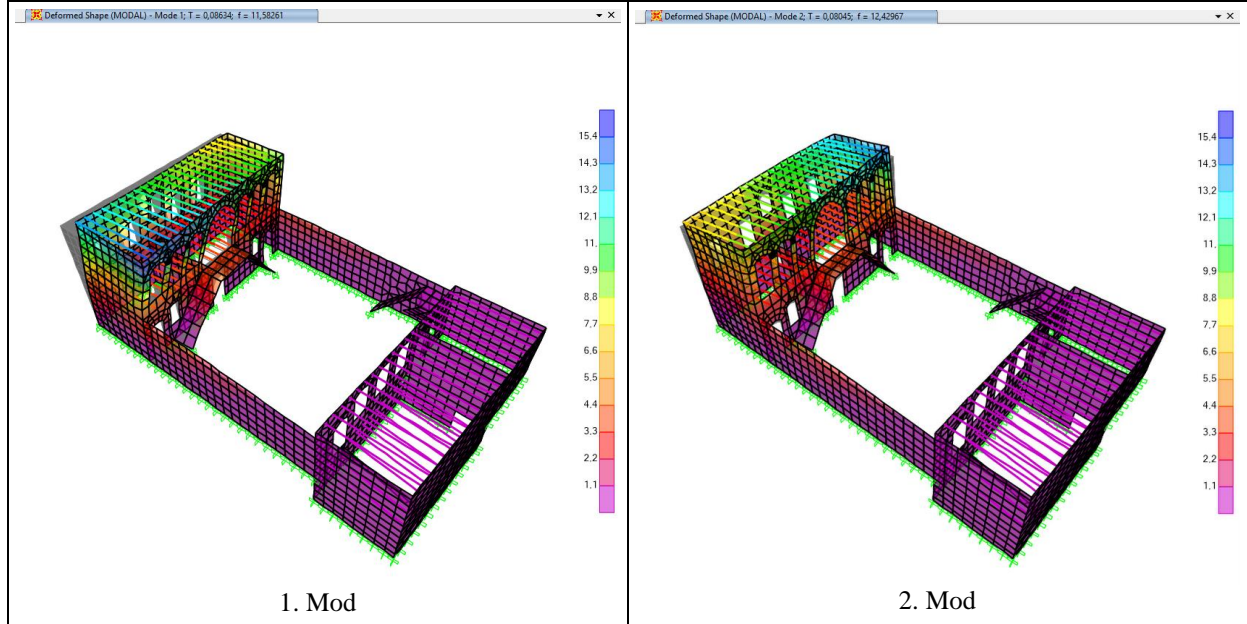


Şekil 4. Yapıya ait sonlu elemanlar matematik modeli

Tablo 2. Periyot ve Kütle Katılım Oranları

StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	1	0.08634	0.155	0.151	0.00009023	0.155	0.151	0.00009023
MODAL	2	0.08045	0.144	0.162	0.00002144	0.299	0.313	0.0001117
MODAL	3	0.07150	0.044	0.0004864	0.00002505	0.343	0.314	0.0001367
MODAL	4	0.07027	0.021	0.0004522	0.000002661	0.364	0.314	0.0001394
...
MODAL	28	0.00659	0.069	0.077	0.0006847	0.9	0.907	0.883
MODAL	29	0.00636	0.076	0.066	0.0000036	0.976	0.974	0.883
MODAL	30	0.00557	0.0002905	0.0004491	0.095	0.976	0.974	0.978

Yapı 1. doğal titreşim periyodu $T_1=0.086$ sn olarak elde edilmiştir. Bu da yapının fazlasıyla rijit olduğunun bir göstergesidir. 30 moda göre yapılan analiz neticesinde kütle katılım oranları %95'in üzerinde elde edilmiştir. Yapıya ait ilk iki mod şekli Şekil 5'te, bu mod şekillerine ait periyot ve kütle katılım oranları da Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 5. Yapıya ait ilk iki mod şekli

5. Sonuç ve Öneriler

Diyarbakır'ın Sur ilçesinde yer alan tarihi yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) [5] ve Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu (TYDRYK 2017) [4] başta olmak üzere ilgili şartnamelere göre deprem performansının değerlendirildiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmış ve bu bilgiler ışığında bazı önerilerde bulunulmuştur.

TYDRYK 2017'de verilen malzeme elastisite modülü değerleri ile TBDY 2018'de verilen değerler arasında çok büyük farklılıklar tespit edilmiş, TYDRYK 2017'de verilen değerlerin daha gerçekçi sonuçlar verdiği görülmüştür. DBYBHY 2007'de yığma duvar elastisite modülü değeri $E=200(f_d)$ iken TBDY 2018'de bu değer $E=750(f_k)$ olarak değiştirilmiştir. TYDRYK 2017'de herhangi bir bağıntı verilmemiştir. Elastisite modülünün TBDY 2018'de verildiği gibi alınması durumunda gerçeğe uygun olmayacak şekilde yapı aşırı rijit davranmakta ve periyodu oldukça küçük elde edilmektedir. Bu bağlamda, yazarlar tarafından TBDY 2018'de elastisite modülü ile ilgili verilen formülasyonun gözden geçirilmesi gerektiği önerilmektedir.

Kapı pencere boşluklarına ilişkin TBDY 2018'de verilen kurallara benzer kuralların ve/veya böyle bir durumla karşılaşılması durumunda alınacak tedbirlere ilişkin düzenlemelerin TYDRYK 2017'de getirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

DD3 deprem yer hareketi düzeyinde, düşey yükler ve azaltılmamış deprem yükleri etkisinde hesap dayanımlarının aşılmadığı ve aynı zamanda azaltılmamış deprem yükleri etkisinde öteleme oranının %0.3 sınırını aşmadığı görülmüştür. Yapı DD3 deprem yer hareketi düzeyinde Sınırlı Hasar (SH) performans düzeyini sağlamıştır.

DD2 deprem yer hareketi düzeyinde, düşey yükler ve azaltılmamış deprem yükleri etkisinde hesap dayanımlarının aşılmadığı ve aynı zamanda azaltılmamış deprem yükleri etkisinde öteleme oranının %0.7 sınırını aşmadığı görülmüştür. Yapı DD2 deprem yer hareketi düzeyinde Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyini sağlamıştır.

Yapıya ait 1. doğal titreşim periyodu $T_1=0.086$ sn olarak elde edilmiştir. Bu periyot değeri de göstermektedir ki yapı yeterli rijitliğe sahiptir.

DTS 3 olan bölge için verilen en büyük mesnetlenmemiş duvar uzunluğu sınırı olan $L \leq 7.5$ m şartı, güney bölümünün avluya ve dış cepheye bakan duvarlarında $L=10.10$ m ve $L=10.40$ m olduğundan dolayı sınır aşılmıştır. Duvar etkin yükseklik/kalınlık oranının yeterince iyi durumda olması, yapı dayanım ve ötelenmelerinin sınır şartları sağlaması göz önünde bulundurularak, ayrıca yapının özgün mimari dokusuna en az müdahale edilmesi gerektiği ilkesi bakımından herhangi bir müdahale önerisinde bulunulmamıştır. Ancak, bu duvarlarda uygun yerlere düşey hatıl yapılması bu duvarların düzlem dışı davranışını iyileştirmesi bakımından uygun görülmektedir.

Kapı ve pencere boşlukları ile bu boşlukların birbirlerine ve mesnet noktasına olan mesafelerde TBDY 2018'de verilen sınırlar aşılmıştır. Tescilli tarihi yapılarda bu sınır şartlar genellikle sağlanamamaktadır. Ayrıca korunması gerekli taşınmaz kültür varlığı olarak tescilli yapılar, TBDY 2018'in kapsamı dışında tutulduğundan dolayı, TBDY 2018'e uymayan konstrüktif yetersizlikler gözardı edilmiştir.

Duvarların kesme kuvveti karşısında sahip olmaları gereken asgari geometrik kurallar incelenmiş ve büyük oranda duvarların yeterli etkin kalınlığa sahip olduğu görülmüştür. Ahşap kirişlerde birinci sınıf çam kullanılmış ve $D=20$ cm çapındaki kirişlerin dayanım ve deplasman açısından yeterli olduğu görülmüştür.

Restorasyon uygulaması sırasında taşıyıcı sistem malzemesine ilişkin yapılacak her türlü deney ve uygulamanın, konusunda uzman bir inşaat mühendisi kontrolünde yapılması gerekmektedir.

Taşıyıcı sistem dayanımı yeterli görülen yapıda, restorasyon uygulaması sırasında herhangi bir çatlak gözlenmesi durumunda, kâgir yapılar için geliştirilmiş puzzolanik katkılı, hidrolik kireç esaslı ilgili standarda uygun harç enjekte etmenin uygun olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, yüzeysel akışlara ve yer altı su seviyesindeki yükselmelere karşı yapı temel seviyesinde drenaj yapılması, yapının daha uzun süre ayakta kalması açısından önemlidir.

Kaynaklar

- [1] Demirkol V., *Diyarbakır İli Sur İlçesi 385 Ada 21 Parselde Yer Alan Yapıya Ait Restitüsyon Raporları*, Bursa, 2012.
- [2] Güler Ö., *Diyarbakır İli Sur İlçesi 385 Ada 21 Parselde Yer Alan Yapıya Ait Rölöve Çizimleri, Restorasyon Projeleri ve Raporları*, Bursa, 2012.
- [3] Kahveci A.E., Kadayıfçı A., “Diyarbakır Yöresi Bazalt Taşının Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi”, *SDU International Technologic Science*, pp: 56-59, 2013.
- [4] Tarihi Yapılar için Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu (TYDRYK), *Vakıflar Genel Müdürlüğü*, Ankara, 2017.
- [5] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY), *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, Ankara, 2018.
- [6] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, 2007.
- [7] TS EN 338, Yapı Kerestesi Mukavemet Sınıfları, *TSE*, Ankara, 2005.
- [8] Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması
<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>
- [9] TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *TSE*, Ankara, 1997.
- [10] Magenes G., Penna A., “Existing Masonry Buildings: General Code Issues and Methodes of Analysis and Assessment”, *Eurocode 8 Perspectives from the Italian Standpoint Workshop*, pp. 185-198, Napoli, Italy, 2009.

Mine Induced Seismicity: Investigation on Post-Blast Sequences

İrem Erguncu Güçlü¹, Savka Dineva²

¹ Luleå University of Technology (Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, 971 87 Luleå, Sweden, irem.erguncu.guclu@ltu.se)

² Luleå University of Technology (Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, 971 87 Luleå, Sweden)

Abstract: The depth of the mining operation increases with time to meet the needs of the industry and the society. However, working at great depths brings extreme safety problems. One of the major problem is the stress conditions at the deeper production levels. Due to mining operations, local stress conditions are changing. In many mines the ore is fragmented by blasting. This has a great sudden impact on the stresses – dynamic or static. That is why this kind of activities may trigger seismicity. The duration, intensity and the magnitude of the seismic events in the post-blast sequence is important because the waiting time after blasting (re-entry time) is determined by these criteria. Understanding the behavior of the seismicity in the underground mines becomes vital to avoid any extreme hazard, which has to be investigated for each mine due to its unique conditions. Therefore, researchers and mining engineers spend a lot of time and effort to understand the characteristic of post-blast sequence to increase safety, especially, at the deeper level of mining. In this study, literature review is presented in situations of different underground mines with some case studies and result on post-blast seismicity problems.

1. Introduction

Induced seismicity is a branch of the seismology which deals with earthquake (seismic events) that occur as a result of man-made actions. In most cases these events are small but there are cases of induced earthquakes with large magnitude > 5 . The seismic activities at the deep well/water reservoir, nuclear explosion, oil and gas extraction, and mines are examples of induced seismicity.

Mine-induced seismicity is a sub-topic of the induced seismicity, which focuses on the seismic activity mostly in the underground mining environment [1]. The induced earthquake in this case are usually called “seismic event” in the literature. The seismic event is referred to the inelastic deformation in a rockmass due to the dynamic stress waves [1-2].

Studies in the mine-induced seismicity are important because the in-situ conditions, local stress regime, and geological structures are changing due to mining operations. There are two cases with obviously increased hazard that are very important in mining-induced seismicity – the events with comparatively large magnitude with the following aftershocks and the seismicity following the blasts. The largest magnitude events usually occur on pre-existing geological structures.

One of the final goals of the studies on the mine-induced seismicity is to estimate not only the relationship between blasting and seismic events but also possible damage on the rock mass as a result of these seismic events. In order to find these relations, the following

questions should be answered: i) What would be the potential hazard – maximum expected magnitude of the seismic events? ii) Can we predict the larger seismic events?, iii) What can we do to prevent the larger seismic events (LME)?, and iv) Where does the damage can occur for certain mechanism and location of the seismic event and local geomechanical conditions.

The capacity of the stress accumulation of the geological units must be involved in the mine-induced seismicity studies. If more stress is accumulated in the rock, the release of the stresses may generate larger magnitude seismic events. Mining methods can affect the stress accumulation and the frequency of the seismic events. The effort of explaining the seismicity in the underground mines only by stress conditions won't be enough, geological/geomechanical conditions, mining methods, blasting sequence must be considered as well.

This paper covers two aspects: a general overview of the tools used for data processing steps for post-blast seismicity and examples in the literature from different areas in the world. The tools are used to understand the unique behavior of the mine-induced seismicity. On the other hand, the examples can give ideas on the following question: how mine-induced seismicity changes from site to site and within the mine, what are the common relations for all mines and sites and how to use the results of the forensic studies on mine-induced seismicity to have safer underground mines.

2. Mine-Induced Seismicity

The mine-induced seismicity can be recorded by sensors installed around the underground mining. The sensors are usually geophones 4.5, 14, or 30 Hz but in some mines accelerometers are used. Because of the high frequency of the signals from the induced seismicity the sample rate is very high – from 1 kHz to 20 kHz.

Data-processing of the induced seismic events is similar to the data processing of the natural earthquakes with some difference. Two different approaches have been accepted to estimate the kinematic source parameters; manual and automatic data processing. The manual processing is required for accurate picking of the arrival times of the most common P- and S- waves. Although the manual data processing is the most accepted method [5], it is time-consuming. The underground mines are capable of producing hundreds or thousands of seismic events a day. Automatic data processing allows us to save enormous time. The most commonly accepted method for automatic data processing is based on the STA (short-term average)/LTA (long-term average) criterium [6]. The calculation of dynamic source parameters (seismic moment, stress drop, seismic source size, seismic energy etc) is mostly done in the spectral domain by approximation with Brune's model [7-8].

After generating a catalog of the processed seismic events the mechanisms of the seismic events is determined It gives the orientation of the nodal planes and the contribution of the double-couple, isotropic, and CLVD (compensated linear vector dipole) [9-12] components. Commonly the seismic events are classified as shear or non-shear events based on the ratio of the energy of S- and P-waves (E_s/E_p ratio) [12].

2.1. Diurnal charts and daily histogram

The simplest way to look at the results of the monitoring are usually the daily histogram or diurnal chart, showing the number of the seismic events for every day or hour-by-hour.

The *daily histogram* is one of the effective tools to estimate when the seismicity increases or decreases and what the general trend of the seismicity is on a daily bases. It shows the number of event by day. Increased seismicity sometimes shows as a sudden jump on the daily histogram. Fig 1 shows an example of the daily histogram in an underground mine for one year. The blue vertical bars represent the recorded number of the seismic events during a day and the red line shows the moving average number of the seismic events. This graph was used to define the days when the seismicity increased. Usually the seismicity increase is associated with blasting or LME.

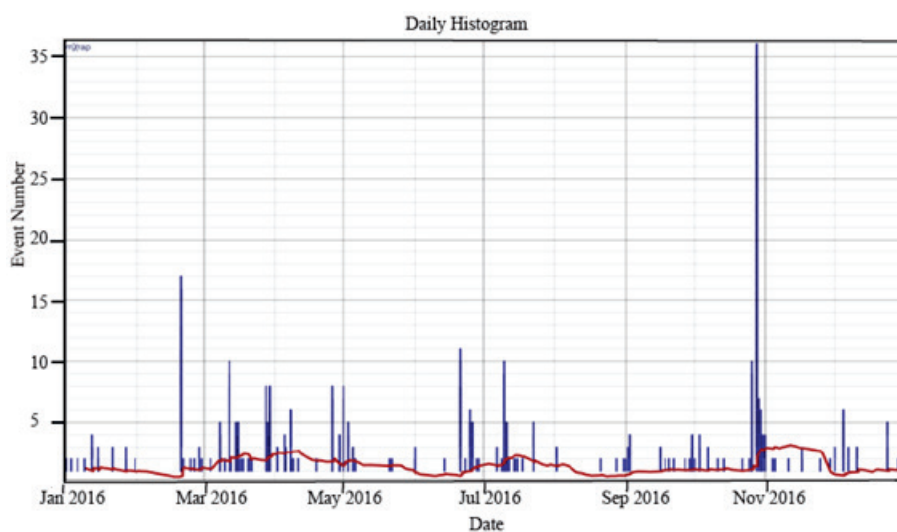


Figure 1: An example of the daily histogram from Garpenberg mine in 2016 (plot from mXrap software [13]).

The second popular tool for mine-induced seismicity is the stacked *diurnal chart*. It shows how many seismic events were recorded every one hour in a day for a selected period by stacking the diurnal charts for every day during this period of time. In general, the time of the blasting is scheduled in advance and the schedule of the blast is almost steady for any mine. Therefore, the diurnal chart is a good way to be able to link the seismicity and blasting. Fig 2 shows the diurnal chart from one mine in 2016. The blast time is at 4:00 a.m./p.m. every day. The number of the seismic events clearly is the largest after the blasting activity. The duration of the post-blast activities can be obtained by the diurnal chart. 66.7 % of large magnitude event (yellow ($M_L > 1$) and green ($M_L > 0$) spheres in Fig 2) also occurred after blasting (red stars in Fig 2).

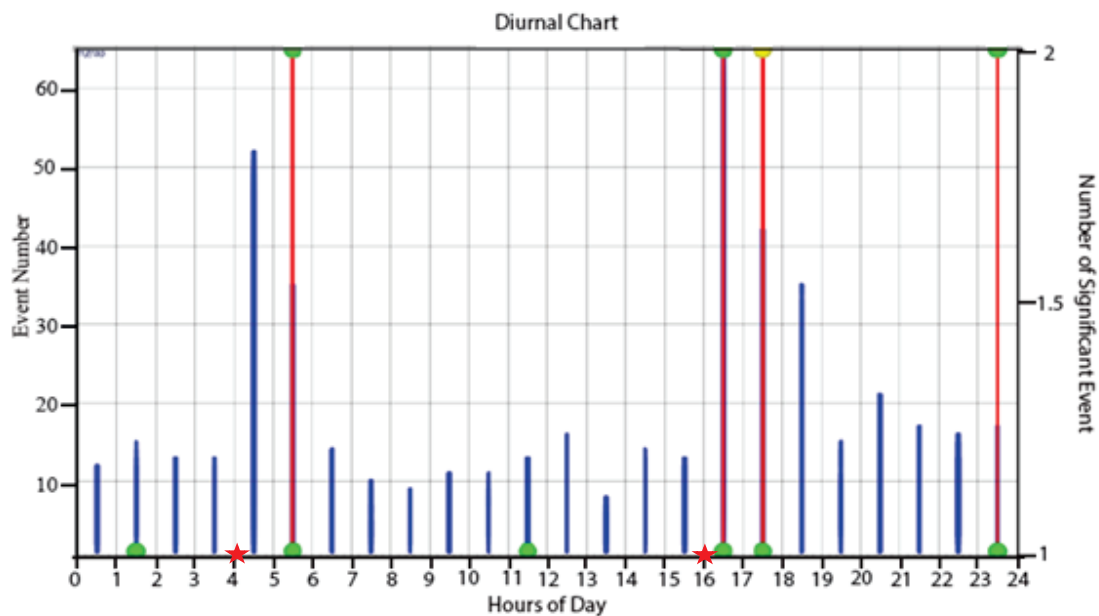


Figure 2: An example of the diurnal chart from Garpenberg mine in 2016 (star – blasting time; read and green spheres – larger magnitude events; blue lines – number of events per hour) (mXrap plot).

2.2. Magnitude/seismic moment vs time graphs

Magnitude or seismic moment graphs with time can help to obtain the periods of time when the larger seismic events occur. The graphs can show either the individual events or cumulative numbers. The cumulative number of events and cumulative seismic moment are commonly used tools. The cumulative graphs (number of events or seismic moment) allow determining the duration of the post-blast sequence and the duration of the aftershock sequences of LME. Therefore, these tools help to check/evaluate the the connection between the seismicity and blasting.

An example of time-magnitude (cumulative number of events) graph is given in Fig 3. The color of the circles shows the magnitude of the seismic events, the blue line represents the cumulative number of the seismic events and the blue star at the bottom of the graph shows the time of the blast. The seismicity, especially before the blast, is stable. Whenever blast triggers the seismic activity a jump in the graph occurs. The seismic activity before the blast on June 10 at 16:00 was lower comparing to the seismicity after blasting. This higher activity level continued for a while (~8 hrs) then back to a similar trend as a pre-blast level.

Similar kind of graph but with cumulative seismic moment shows also the effect of blasting on seismicity (Fig 4). The cumulative value of the seismic moment in this case is normally very low and the effect of blasting and LME show clearly as a jump on the graph. The effect of the largest seismic event, yellow circle, is predominant compared to all other smaller seismic events in the post-blast sequence. This kind of graph is used also to study the effect on LME and possible aftershock series.

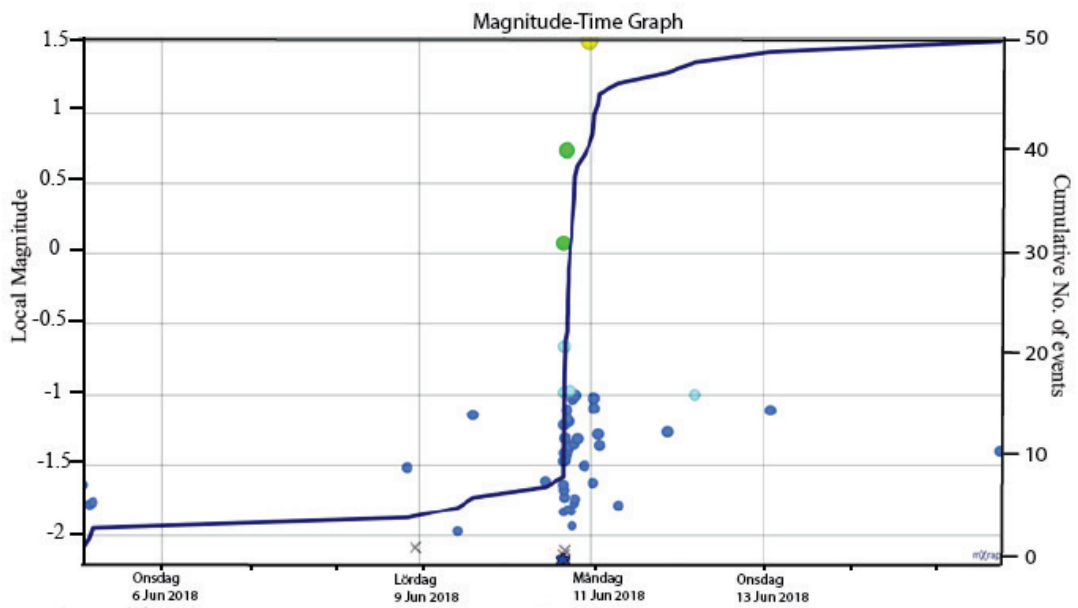


Figure 3: Example of the magnitude-time graph combined with cumulative number of events for ~ 5 days before a blast and 7 days after (Garpenberg Mine; mXrap plot).

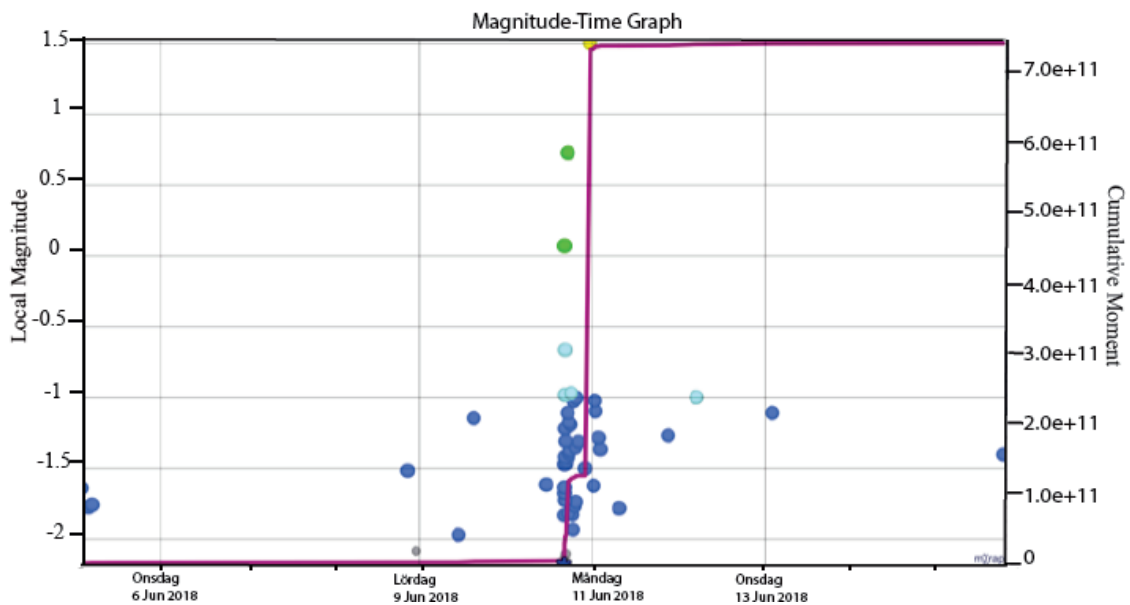


Figure 4: Example of the magnitude-time graph for Garpenberg Mine combined with cumulative number of events for ~ 5 days before a blast and 7 days after (read and green spheres show the larger magnitude events) (mXrap plot).

2.3. Other methods for mining-induced seismicity analysis

Other approaches have been published in the literature to define the features of the mine-induced seismicity. Some of them are adopted from the studies of the natural earthquakes, such as the slope of the Gutenberg-Richter graph (b-value) [14], and some of them are unique for induced-seismicity, for example, apparent stress history graph [15].

The Gutenberg-Richter graph shows the relative contribution of the larger and smaller events in the seismicity of certain area and time interval. The slope of the graph - b-value can be used to estimate the time-dependent seismic hazard [14] and in some cases can be

used as a proxy for the source mechanism of the post-blast sequences [16]. If b-value is less than 1, it indicates that the dominated mechanism is fault slip. A higher b-value (>1) shows local stress changing [2]. Even though b-value is an accepted parameter, its estimation has some problems. The accuracy of the b-value sometimes is not very good. To calculate the accurate value, the post-blast sequence has to have enough number of the seismic events with proper magnitude distribution, which is not always the case.

Hudyma [15] stated that the apparent stress value increases after blasting. Because the seismic energy of the first seismic events in the post-blast sequence might have higher energy than the pre-blast seismic events. Thus apparent stress history could be used as an indicator of starting of the post-blast sequence. The red stars in Fig 5 show the blast time and the blue line shows the apparent stress values. The increment on the apparent stress after the blasts continues for a while and then goes back to the normal level.

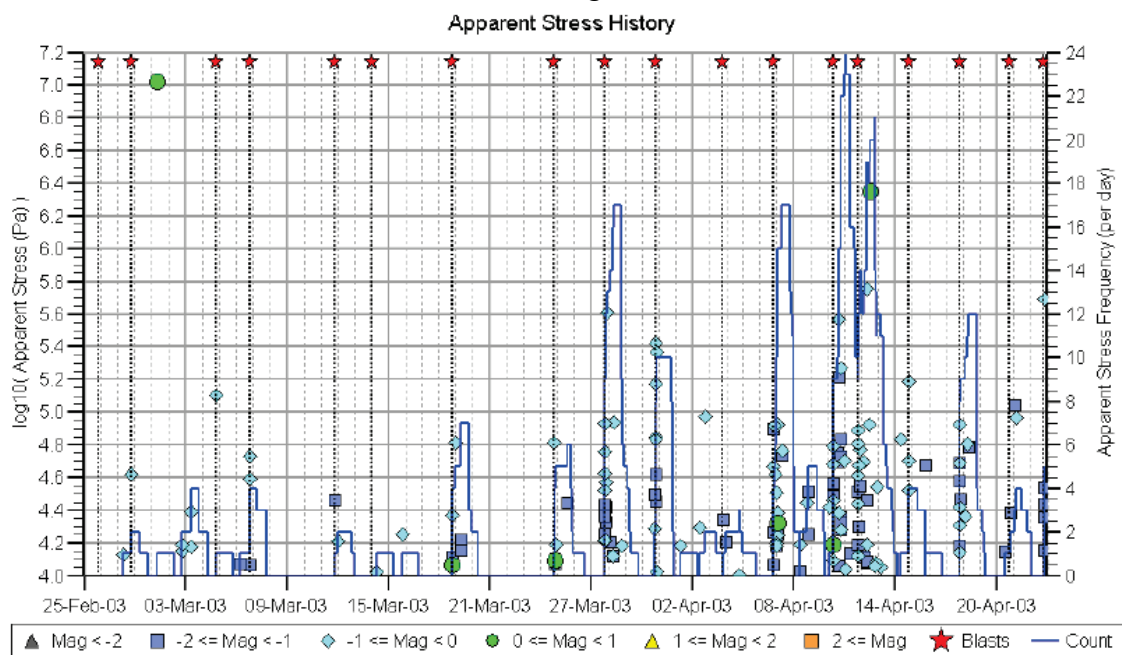


Figure 5: The apparent stress of the seismic events after blasting (from Hudyma[15]).

3. Post-blast Seismicity

The history of the mine-induced seismicity started in the early days in the twentieth century. Ruhr Coal Basin (Germany) is important because the seismological studies started in 1908 and the first seismic network was installed to the coal mine in Upper Silesia in Germany part (now in Poland) later in 1920s [1]. In this section, several examples will be given briefly to help to understand the variety of the studies and types of induced seismicity in the underground mines.

3.1. South Africa

The mines in South Africa are the leader of the studies of mine-induced seismicity [17]. They have a great experience because the mining is the deepest in the world there and as a rule the intensity of the seismicity increases as the mine goes deeper.

Richardson and Jordan [18] studied on the seismicity of five different mines in South

Africa. They focused mostly on the seismic events following a blast. They categorized the seismic events in the post-blast sequences into 2 classes; Type A and Type B. The seismic events belonging to Type-A start shortly after the blast. The seismicity of Type-B was linked to the shear-type failure, more likely tectonic events not triggered by the blast.

3.2. Australia

Mount Charlotte mine, in Australia, has a special significance because the first modern seismic system was installed to monitor seismic events there [19]. It was observed that the seismic activities starts in a few seconds after the blasting and the typical magnitude range was -3 to 0 [20]. Not only the depth of the ongoing mining operation but also the stress level and the geomechanical and geological conditions play a great role in the amount of the seismic events in the post-blast sequence [20].

3.3. Canada

Canada has various types of deep mine sites which experience seismic events. The results of the study in three different types of mine sites (potash, coal, and metalliferous) showed that i) seismic events induced by mining can occur with several types of failure mechanism, ii) the frequency of the seismicity depends on the rate of extraction volume and mining depth, geological conditions, and tectonic stress [21].

The blast induced seismic events in Brunswick Mine were investigated [22]. It was found that the majority of the seismic events were generated as an adaptation process of the new stress conditions due to blasting. The magnitude of the post-blast seismic events was low and seismicity turns back to the normal level in a few hours [22].

Another important study on the mine induced seismicity is on re-entry protocol. Vallejos [23] worked on the re-entry protocol of 18 seismically active mine in Canada (mostly in Ontario). The blasting is the major cause of the increment on the seismicity [24], and sometime LME. Two re-entry criteria has been expressed by using MOL (Modified Omor's Law): short and long term decay [24]. The decay time indicates the earliest time allowing people to enter the area.

3.3. Europe

3.3.1. Poland

Rudna Mine (Poland) is one of the most seismically active mines in Europe and seismicity cause had several massive damages in its history with some casualties. Seismicity in Rudna mine is monitored by an underground seismic system and surface broad-band seismometers installed recently [25]. 2236 seismic events were recorded in 2016 with M_L above 0.9 [25] by the surface seismic system. A study on LME in Rudna mine found that these events occur in a few seconds after blasting within the post-blast sequence (during the waiting time) and they have a common source mechanism and their seismic energy and seismic moment have positive correlation [26].

3.3.2. Sweden

There are a few seismically active underground mines in Sweden, which are deeper, mostly metalliferous. Kiirunavaara Mine (LKAB) and Garpenberg Mine (Boliden) are the most studied underground mines.

Kiirunavaara (Kiruna) (LKAB) mine is one of the largest underground mines in the world. It is located in the north of Sweden. Mining operation (open-pit and underground) has been ongoing since 1898. Kiruna mine has started facing seismicity problem since 2008 [27]. The number of seismic events increases every year with the depth of production.

Garpenberg mine (Boliden) is located at the central part of Sweden and mining operation started in the 13th century with various types of production methods. Several scientific investigations are done on seismicity in Garpenberg mine. One of the studies for the deeper levels of the Lappberget orebody showed that post-blast sequences formed two clusters: the central cluster and right cluster [28]. The behavior of the clusters is different: although the magnitude of the seismic events of the central cluster is higher, b-value of the central cluster is lower than in the right cluster.

An ongoing project has the aim to understand the behavior of the post-blast sequences in Lappberget ore body and to re-evaluate the re-entry protocols for the production levels from -500 to -900. Two types of the post-blast sequences were found, short and long ones. The short-post-blast sequence has smaller number of seismic events (<20) in a shorter time (~6 hrs). The long-post-blast sequence has much more seismic events (>25) and the duration may be up to 90 hours. Preliminary results proved that i) blast location is important for the seismic response, ii) short-post-blast sequence is common, iii) majority of the post-blast sequences have a local and intermediate response, iv) geological conditions play a major role in the type of the seismic response after blasting. The connection between the seismicity, geological conditions, mining sequence and the charge of the blast are still under investigation.

3.3. Turkey

Although Turkey has quite a few number of underground mines, studies on mine-induced seismicity are very limited. Three underground mines have seismic systems and one mine (Özkoyuncu Madencilik) has decided to install seismic sensors recently. The main aim is to use the results of seismic monitoring for increasing the mine safety.

Conclusions

The increasing needs of the society demand mining operations to go to deeper levels of the earth crust. This brings several problems, such as the magnitude of the stresses that increase with depth and in particular the consequences of the mining induced seismic events that can result in a rockfall or rockburst. Especially critical is the time after blasting when the local stress changes suddenly in the working areas. The various number of studies have proved that blasts are critical because seismicity suddenly increases after them.

Each underground mine has its unique problems with induced seismicity. The geological structures, mining operation, in-situ stress conditions play a role in seismicity. To evaluate mine-induced seismicity each one of these conditions has to be carefully considered. The main goal of the investigations is the increased safety in mines.

It is not so easy to avoid larger seismic events and damage in the underground mines but studying the effect of different factors on the seismicity, especially after blasting, can provide information about the duration and extend of the areas affected by seismicity and by reducing the access in the affected areas, can save workers lives in the high-risk areas.

References

- [1] Gibowich S. J and Kijko A., *An Introduction to Mining Seismology*, Academic Press, San Diego, 1994
- [2] Hudyma M., and Potvin Y. H., “*An Engineering Approach to Seismic Risk in Mines*”, *Rock Mech. Rocj Eng.*, vol. 39, 891-906, 2010
- [3] Guha, S. K., *Induced Seismicity*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [4] Mendecki. A. J., *Mine Seismology Reference Book - Seismic Hazard*, Institute of Mine Seismology, 2016.
- [5] Stein, S. and Wysession, M., *An Introduction Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*, First Edition, Blackwell Publishing Ltd, 2003.
- [6] Allen, R. V., “*Automatic Earthquake Recognition and Timing From Single Traces*”, *BSSA*, vol. 68, 1521-1531, 1978.
- [7] Brune, J. N., “*Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes*”, *Journal of Geophysical Research*, 75(26), 4997-5009, 1970.
- [8] Brune, J. N., “*Seismic Sources, Fault Plane Studies and Tectonics*”, *Earth & Space Science News*, 52(5), IUGG 178- IUGG 187, 1971.
- [9] Dreger, D. S., Ford, S. R., and Walter, W. R., “*Source analysis of the Crandall Canyon, Utah, mine collapse*”, *Science*, vol. 321, 217, 2008
- [10] Jost, M. L., and Herrmann, R. B., “*A student’s guide to and review of moment tensors*”, *Seismological Research Letters*, vol. 60(2), 37–57, 1989.
- [11] Šílený, J., and Milev, A., “*Source mechanism of mining induced seismic events — Resolution of double couple and non double couple models*”, *Tectonophysics*, vol. 456, 3-15, 2008.
- [12] Gibowicz, S. L., “*Seismicity Induced by Mining*”, *Advances in Geophysics*, vol.32, 1-75, 1990.
- [13] Harris, PC & Wesseloo, J., 2015, mXrap V5, The Australian Centre for Geomechanics, Perth, Western Australia, <http://www.mXrap.com>.
- [14] Gibowicz, S. J. and Lasocki S., “*Seismicity Induced by Mining: Ten Years Later*”, *Advances in Geophysics*, vol. 44, 2001.
- [15] Hudyma M.R., *Analysis and interpretation of clusters of seismic events in mines*, PhD Thesis, University of Western Australia, Perth, Australia, 2008.
- [16] Legge, N. B., and Spottiswoode, S. M., “*Fracturing and microseismicity ahead of a deep gold mine stope in the pre-remnant stages of mining*”, In: *Proceeding of the 6th international congress on rock mechanism*, Montreal, 1071-1078, 1987
- [17] Gibowicz, S. J., “*Seismicity Induced by Mining*”, *Advances in Geophysics*, vol. 32, 1990.
- [18] Richardson, E., and Jordan, T. H., “*Seismicity in Deep Gold Mines of South Africa: Implications for Tectonic Earthquakes*”, *BSSA*, vol. 92, 1766-1782, 2002
- [19] Potvin, Y., Jarufe, J., and Wesseloo, J., “*Interpretation of Seismic Data and Numerical Modeling of Fault Reactivation at El Teniente, Reservas Norte Sector*”, *Mining Technology*, vol.119, 175-181, 2010.
- [20] Gibson G., and Sandiford, M., “*Seismicity and Induced Earthquakes*”, University of Melbourne, 2013.

- [21] Hasegawa, H. S., Wetmiller, R. J., and Gendzwill D. J., “*Induced Seismicity in Mines in Canada – An Overview*”, Pageoph, vol. 129, 423-453, 1989.
- [22] Hudyma, M., “*Seismicity at Brunswick mining*”, Presentation at the Quebec Mining Association Ground Control Colloque Val D’Or, Quebec – 21 March 1995 (Open Access).
- [23] Vallejos, J. A., “*Analysis of Seismicity in Mines and Development of Re-entry Protocols*”, Kingston, Ontario, Canada, April 2010.
- [24] Vallejos, J. A., and McKinnon, S. M., “*Re-entry protocols for seismically active mines using statistical analysis of aftershock sequences.*”, Rock Engineering in Difficult Conditions. Proceedings of the 20th Canadian Rock Mechanics Symposium, Toronto, Canada, paper. Vol. 4028. 2009.
- [25] Lizurek, G, Rudzinski, L., and Plesiewicz, B., “*Mining Induced Seismic Event on an Inactive Fault*”, Acta Geophysica, vol. 63, 176-200, 2015.
- [26] Caputa, A., and Rudziński, L., “*Source Analysis of post-blasting events recorded in Deep Copper Mine, Poland*”, Pure Appl Geophys, 2019
- [27] Dineva, S., and Boskovic, M., “*Evolution of Seismicity at Kiruna Mine*”, Deep Mining 2017: Eighth International Conference on Deep and High Stress Mining, 2017.
- [28] De Santis, F., Contrucci, I., Kinscher, J., Bernard, P., Renaud, V., and Gunzburger, Y., “*Impact of Geological Heterogeneties on Induced-Seismicity in a Sublevel Stopping Mine*”, Pure and Applied Geophysics, vol. 176, 697-717, 2019.

Kurtköy ve Mahmudiye Derelerinin Taşkın Yayılım Haritalarının Belirlenmesi

Determination of Kurtkoy and Mahmudiye Streams Flood Inundation Maps

Gökhan DERE¹, Emrah DOĞAN²

¹ DSİ 32. Şube Müdürlüğü, Sakarya, İnşaat Mühendisi, gokhandere@dsi.gov.tr

² Sakarya Üniversitesi, Müh. Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Afet Yönetim Uygulama ve Araştırma Merkezi, emrahd@sakarya.edu.tr

Özet: Taşkınlar, bir akarsuyun farklı sebeplerle yatağın taşması veya farklı nedenler sonucunda yükselen suların yerleşim yerlerine, verimli tarımsal alanlara, altyapı ve üst yapı tesislerine ve o bölgede yaşamını sürdüren canlılara zarar veren nedeni ile doğal afet olarak adlandırılır. Dünya nüfusunun hızla artması neticesi ile meydana gelen, iklim değişikliği ve plansız kentleşme gibi etkiler son yıllarda taşkın olaylarının artmasına sebep olmuştur. Bu trendin etkisi ile Sapanca İlçesinde bulunan derelerde de sık sık taşkınlar meydana gelmektedir. Bu derelerden ikisi Kurtköy ve Mahmudiye dereleridir. Bu çalışmada, elde edilen meteorolojik veriler kullanılarak, istatistiki yöntemlerle ekstrem yağış hesabı yapılmıştır. Bu doğrultuda her iki dere için taşkın tekerrür debileri Mockus yöntemiyle hesaplanmıştır. Hesaplanan bu debiler ışığında Kurtköy ve Mahmudiye derelerine ait taşkın yayılım haritaları üretilmiş ve olası bir taşkında meydana gelebilecek tarımsal ve yapısal hasarlar öngörülmeye çalışılmıştır, bu bağlamda çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Taşkın yayılım haritası, HEC-RAS, Kurtköy Deresi, Mahmudiye Deresi

1. Giriş

Doğal afet olarak taşkın, bir akarsuyun muhtelif nedenlerle yatağından taşarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle, etki bölgesinde normal sosyo-ekonomik faaliyetleri kesintiye uğratabilecek ölçüde bir akım büyüklüğü oluşturması olayı şeklinde ifade edilmektedir. Kent sosyolojisinin değişmesi neticesinde; nüfus artışları yaşanmakta ve dünya hızlı bir şekilde değişime uğramaktadır. Bu durum, kontrolsüz yapılaşma nedeniyle dere yataklarında daralmalar meydana getirerek, taşkınların artmasına sebebiyet vermektedir.

Ülkemizde taşkın afetleri, depremden sonra en büyük ekonomik kayıplara neden olan doğal afettir. Mevcut envanter verileri itibari ile taşkınlardan kaynaklanan ekonomik kayıp her yıl için ortalama 100 milyon ABD dolarına ulaşmaktadır. Buna karşın taşkınların kontrolü ve zararlarının azaltılmasına yönelik olarak genelde yapısal önlemler

bağlamında sürdürülen projeli faaliyetler için ayrılan yatırım miktarı ise yılda ortalama 30 milyon ABD doları mertebesindedir [5].

Bu bağlamda; sunulan çalışma ile Kurtköy ve Mahmudiye derelerinde meydana gelebilecek olan taşkınların ve bu taşkınların ne kadarlık bir alanda etkili olabileceğinin belirlenmesi çalışmaları, yerleşim ve tarımsal faaliyet gösteren bölgelerin akarsu kıyısında yer almalarından dolayı ortaya çıkacak olan can ve mal kaybının en aza indirilebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Tekerrürlü Taşkın Debilerinin Hesaplanması

Bu çalışma kapsamında, çalışma alanına en yakın gözlem yapan istasyon olan Sapanca DMİ istasyonuna ait veriler Sakarya Meteoroloji Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Elde edilen değerler ile olasılık dağılımlarının istatistiki parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Olasılık dağılımlarında kullanılan istatistiki parametreler

Yıl Sayısı	74
Lineer Çarpıklık Katsayısı	2.464428
Logaritmik Çarpıklık Katsayısı	0.866403
Lineer Ortalama	59.82162
Lineer Standart Sapma	24.41882
Logaritmik Ortalama	1.750145
Logaritmik Standart Sapma	0.14573

Log-Pearson Tip III dağılımının elde edilen yağış verilerine uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar Tablo 2.'de belirtilmiştir.

Tablo 2. Log-Pearson Tip III için günlük maksimum yağışlarının ekstrem dağılımı (mm).

Tekerrür Aralıkları							
2	5	10	25	50	100	200	500
53.62	72.90	88.13	110.41	129.41	150.60	174.35	201.83

Tablo 3. Kurtköy ve Mahmudiye derelerine ait bilgiler

Dere Adı	Havza Alanı (km^2)	Pik Süre (T_p) (sa)	Suların Toplanma Zamanı (T_c) (sa)
Kurtköy D.	20.26	2.01	1.69
Mahmudiye D.	18.20	1.92	1.53

Kurtköy ve Mahmudiye derelerine ait havza alanı, Pik Süre (T_p) ve Suların Toplanma Zamanına (T_c) ait bilgiler Tablo 3.'te verilmiştir.

Tablo 4. Kurtköy ve Mahmudiye dereleri Mockus Yöntemi düzenleme katsayıları

T (saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım
2	1.00	1.13	1.00	0.53	0.5989

Kurtköy ve Mahmudiye derelerine ait maksimize faktörü, yağış alan dağılımı, plüvyograf ve son çarpım katsayıları Tablo 4.'te verilmiştir.

Farklı yineleme yıllarına ait debi hesap yöntemleri “Deterministik” ve “İstatistikî” yöntemler olarak iki'ye ayrılmaktadır (Çelik, 2012). Fakat Kurtköy ve Mahmudiye derelerinde istatistikî yöntemler uzun yıllar boyunca kayıt altına alınmış akım verilerine ulaşamadığından deterministik yöntem olan Süperpozesiz Mockus Yöntemi kullanılmıştır. Tablo 2.'de Kurtköy ve Mahmudiye dereleri için Log-Pearson Tip III dağılımı ile elde edilen ekstrem yağış değerleri gösterilmiştir. Kurtköy Deresine ait Süperpozesiz Mockus Yöntemi ile elde edilen tekerrürlü taşkın debileri Tablo 5.'te Mahmudiye Deresine ait Süperpozesiz Mockus Yöntemi ile elde edilen tekerrürlü taşkın debileri ise Tablo 6.'da verilmiştir.

Tablo 5. Süperpozesiz Mockus Metoduna göre hesaplanan Kurtköy Deresi tekerrürlü taşkın debileri m^3/s .

Yıl	Tekerrür Aralıkları							
	2	5	10	25	50	100	500	1000
Debi	1.18	7.67	14.39	26.87	39.49	55.27	61.52	95.7

Tablo 6. Süperpozesiz Mockus Metoduna göre hesaplanan Mahmudiye Deresi tekerrürlü taşkın debileri (m^3/s).

Yıl	Tekerrür Aralıkları							
	2	5	10	25	50	100	500	1000
Debi	1.77	7.22	13.55	25.31	37.19	52.05	57.93	90.1

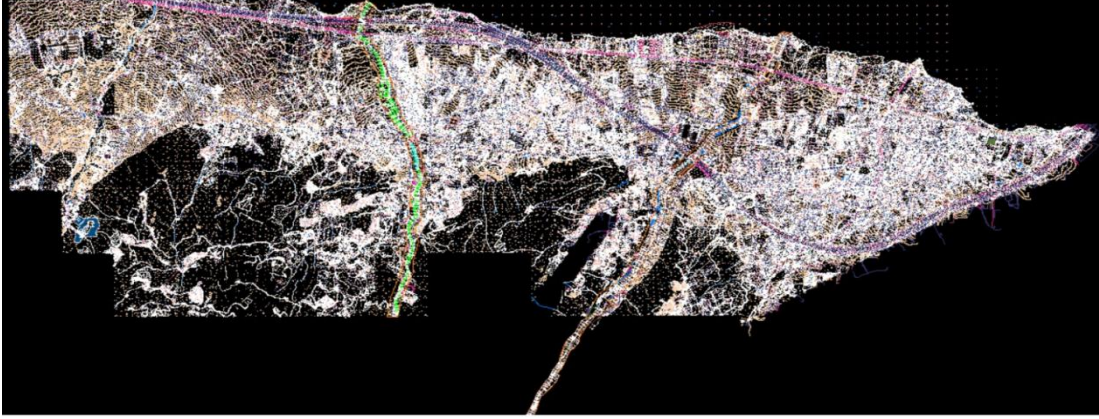
Tablo 5. ve Tablo 6. incelendiğinde Kurtköy Deresi 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi $61.52 m^3/s$ iken, 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debisi $95.70 m^3/s$, Mahmudiye Deresi 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi $57.93 m^3/s$ iken, 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debisi $90.10 m^3/s$ olarak hesaplanmıştır.

Kurtköy ve Mahmudiye derelerine ait taşkın yayılımı etmek için HEC-RAS programında analiz yapmak üzere çeşitli taşkın tekerrür debileri için taşkın hidrografları elde edilmiştir.

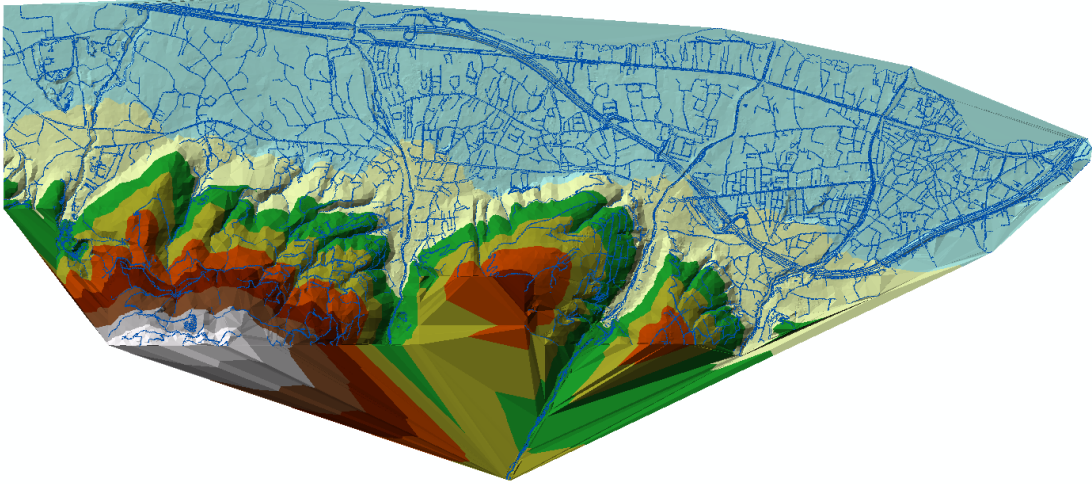
2.2. Sayısal Yükseklik Modelinin Elde Edilmesi ve Hidrolik Modelleme

Çalışma alanı Kurtköy ve Mahmudiye derelerinin taşkın yayılım haritalarının üretilmesi amacı ile hidrolik analizlerin gerçekleştirebilmesi için HEC-RAS programı seçilmiştir. Bu bağlamda HEC-RAS programında bir altlık haritaya ihtiyaç duyulmuştur. Bu altlık ise elde edilen 1/1000 ölçekli NetCAD dosyasının NetCAD programında (Şekil 1.) ilgili tabakaları düzenlendikten sonra (bina tabakalarının ayrıştırılması, gereksiz tabakaların silinmesi vb.) ArcMAP programına aktarılmıştır. ArcMAP' te yükseklik verileri alınarak üçgen model oluşturulmuş olup; TIN dosyası elde edilmiştir. Elde edilen TIN dosyası

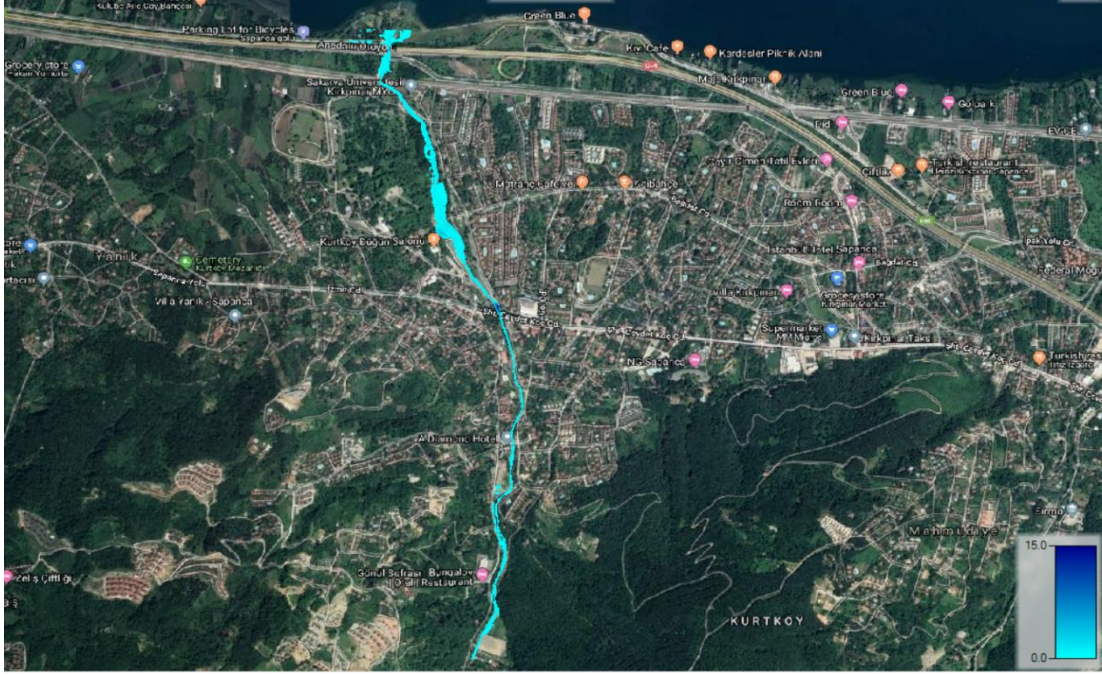
görüntüsü Şekil 2.'de gösterilmiştir. TIN dosyası kullanılarak oluşturulan altlık, hidrolik analiz yapmak üzere HEC-RAS programına aktarılmıştır.



Şekil 1. Çalışma sahasına ait 1/1000 ölçekli haritanın NetCAD'te düzenlenmesi

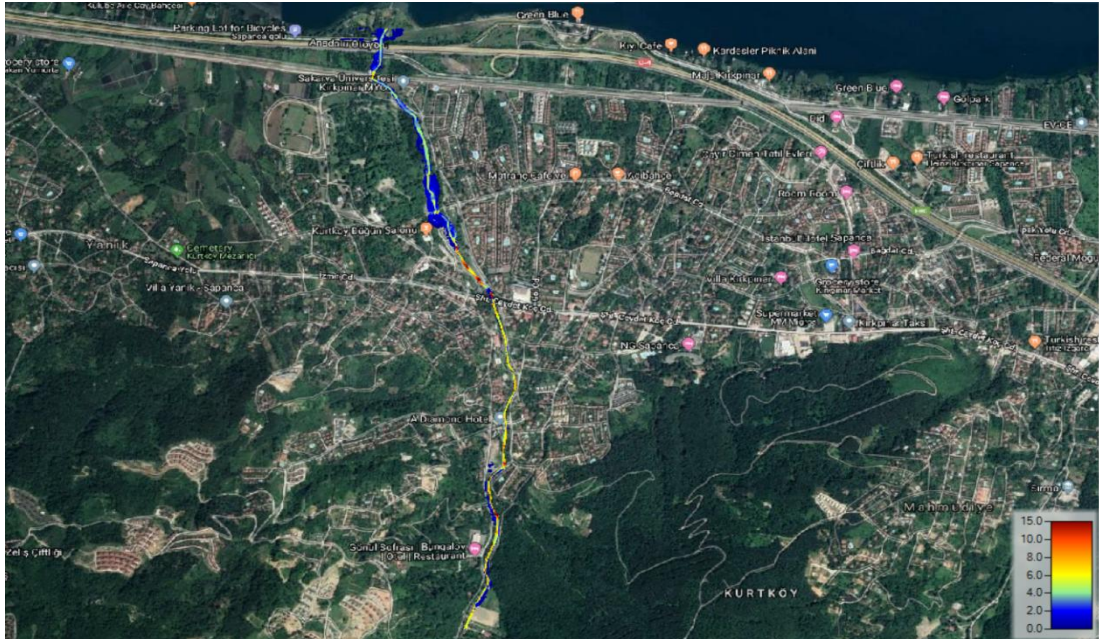


Şekil 2. Çalışma sahasına ait ArcMAP'te oluşturulan Sayısal Yükseklik Modeli



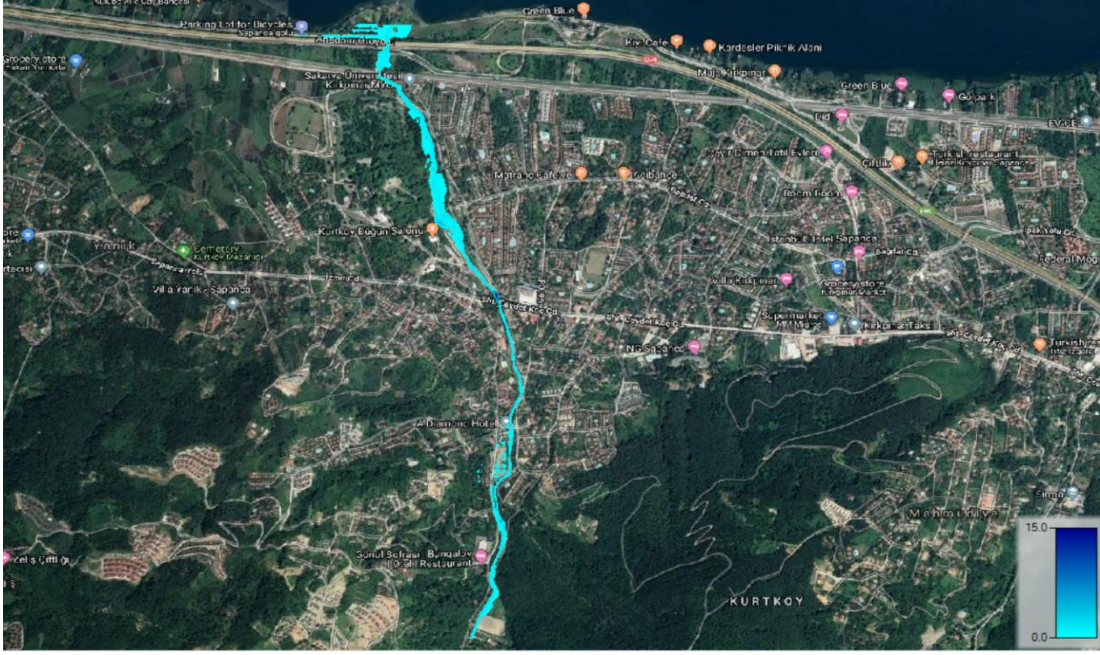
Şekil 3. Kurtköy Deresinin, 500 yıllık taşkın tekerrür debisi için üretilen taşkın yayılım haritası

Şekil 3.'te Kurtköy Deresinin deterministik yöntemlerle hesaplanan, 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilmiş taşkın yayılım haritası gösterilmiştir.



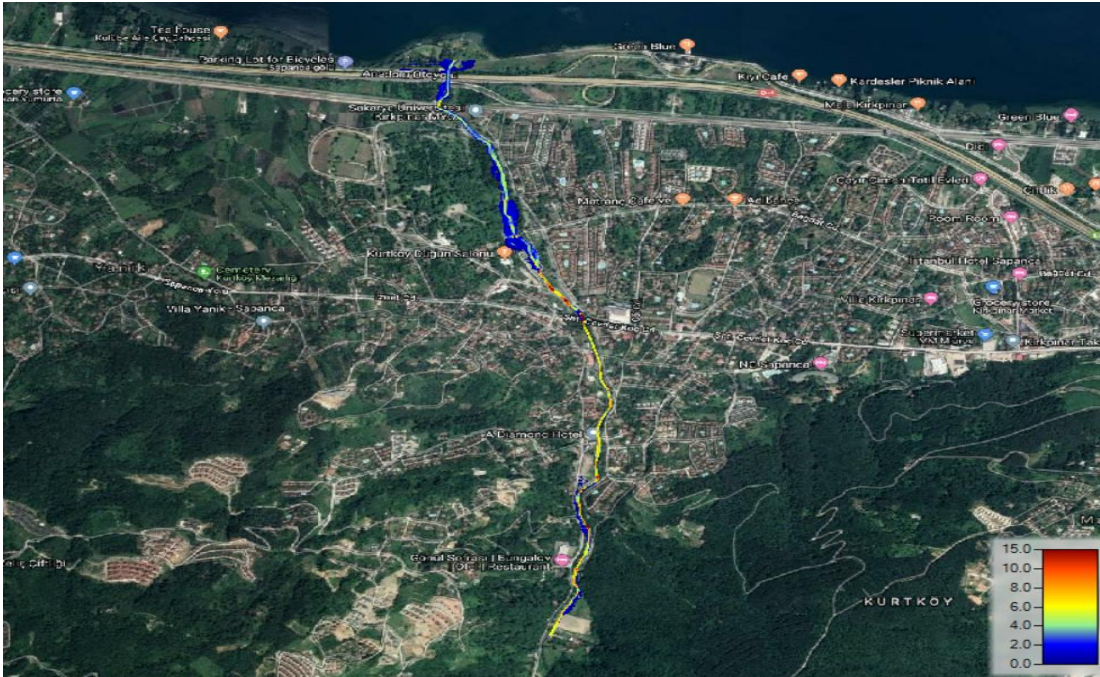
Şekil 4. Kurtköy Deresinin, 500 yıllık taşkın tekerrür debisi için üretilen taşkın yayılım hızı haritası

Şekil 4.'te Kurtköy Deresinin deterministik yöntemlerle hesaplanan, 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilmiş taşkın yayılım hızları haritası gösterilmiştir.



Şekil 5. Kurtköy Deresinin, 1000 yıllık taşkın tekerrür debisi için üretilen taşkın yayılım haritası

Şekil 5.'te Kurtköy Deresinin deterministik yöntemlerle hesaplanan, 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilmiş taşkın yayılım haritası gösterilmiştir.



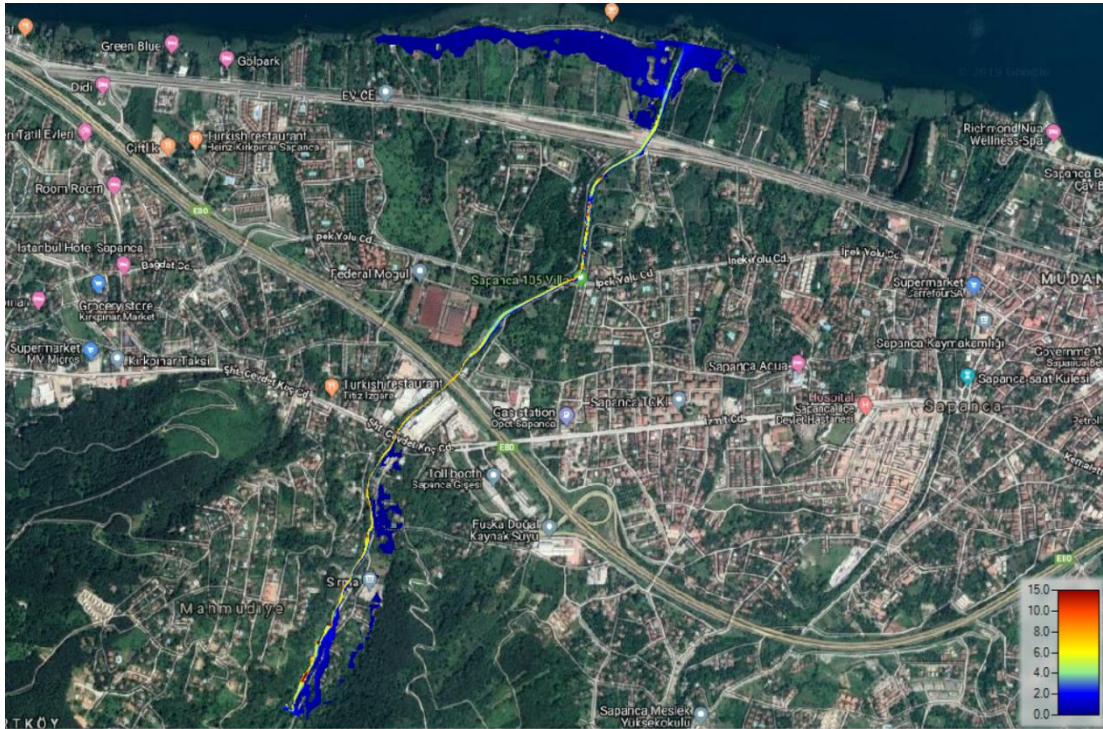
Şekil 6. Kurtköy Deresinin, 1000 yıllık taşkın tekerrür debisi için üretilen taşkın yayılım hızı haritası

Şekil 6.'da Kurtköy Deresinin deterministik yöntemlerle hesaplanan, 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilmiş taşkın yayılım hızları haritası gösterilmiştir.



Şekil 7. Mahmutiye Deresinin, 500 yıllık taşkın tekrür debisi için üretilen taşkın yayılım haritası

Şekil 7.'de Mahmutiye Deresinin deterministik yöntemlerle hesaplanan, 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilmiş taşkın yayılım haritası gösterilmiştir.



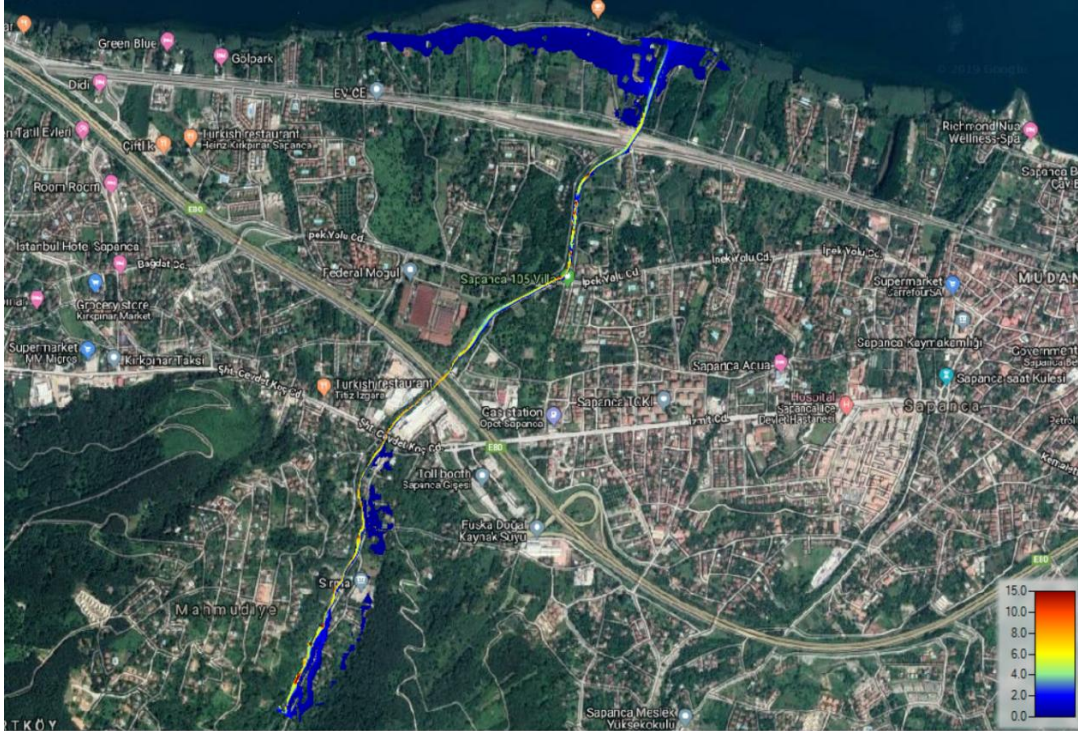
Şekil 8. Mahmutiye Deresinin, 500 yıllık taşkın tekrür debisi için üretilen taşkın yayılım hızı haritası

Şekil 8.'de Mahmutiye Deresinin deterministik yöntemlerle hesaplanan, 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilmiş taşkın yayılım hızları haritası gösterilmiştir.



Şekil 9. Mahmutiye Deresinin, 1000 yıllık taşkın tekrür debisi için üretilen taşkın yayılım haritası

Şekil 9.'da Mahmutiye Deresinin deterministik yöntemlerle hesaplanan, 1000 yıllık tekrürlü taşkın debisi için üretilmiş taşkın yayılım haritası gösterilmiştir.



Şekil 10. Mahmutiye Deresinin, 1000 yıllık taşkın tekrür debisi için üretilen taşkın yayılım hızı haritası

Şekil 10.'da Mahmudiye Deresinin deterministik yöntemlerle hesaplanan, 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilmiş taşkın yayılım hızları haritası gösterilmiştir.

3. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, Marmara Bölgesinin önemli bir turizm bölgesi olan Sapanca İlçesinden geçen Kurtköy ve Mahmudiye derelerine ait taşkın yayılım haritalarının üretilmesi için; uzun yıllar kayıt altına alınan akım verileri bulunmadığından, sentetik yöntemler kullanılarak ekstrem yağış hesabı yapılmıştır. Ekstrem yağışların belirlenmesinde; Log-Normal Dağılım, Normal Dağılım, Gumbel Dağılımı ve Pearson Tip III Dağılımı olmak üzere 5 farklı sentetik yöntem kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu Pearson Tip III Dağılımı ile elde edilen ekstrem yağışlar debi hesabında kullanılmıştır.

Elde edilen yağış verilerinin ardından; havza alanları, birim hidrograf pik süreleri ve suların toplanma zamanı parametreleri göz önünde bulundurularak Kurtköy ve Mahmudiye dereleri için çeşitli tekerrür debilerin hesaplanması, bir deterministik yöntem olan Mockus Yöntemi ile hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Kurtköy ve Mahmudiye derelerinin 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın tekerrür debileri sırasıyla; 1.88 m³/s, 7.67 m³/s, 14.39 m³/s, 26.87 m³/s, 39.49 m³/s, 55.27 m³/s, 61.52 m³/s ve 95.70 m³/s ve 1.77 m³/s, 7.22 m³/s, 13.55 m³/s, 25.31 m³/s 37.19 m³/s, 52.05 m³/s, 57.93 m³/s ve 90.16 m³/s olarak hesap edilmiştir.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında, hesaplanan çeşitli taşkın tekerrür debileri için HEC-RAS programında üretilen taşkın yayılım haritalarına altlık oluşturacak 1/1000 ölçekli altlık harita, NetCAD ve ArcMAP programları kullanılarak elde edilmiştir.

Kurtköy ve Mahmudiye dereleri için üretilen taşkın yayılım haritaları incelendiğinde; her iki dere de 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık taşkın tekerrür debilerini geçirecek kapasitededir. Bu durumun sebebi dere yatak eğimlerinin yüksek olması, yatakların derin olması ve ilgili kuruluşlarca belirli periyotlarda yapılan yatak tanzimi çalışmaları sonucunda dere kesitlerinin korunmasıdır. Her ne kadar bahsedilen taşkın tekerrür debileri esnasında, herhangi bir taşkın yaşanmayacağı öngörülse de, bu akımların etkisi altında her iki dere de taban ve kıyı oyulmaları ve yüksek miktarda sediment taşınımı söz konusudur.

Kurtköy Deresinde 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilen taşkın yayılım haritası incelendiğinde; 7.86 ha alana yayılan taşkın suları 6 adet konutun, 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilen taşkın yayılım haritası incelendiğinde ise; 10.44 ha alana yayılan taşkın suları 17 adet konutun etkilendiği görülmektedir.

Mahmudiye Deresinde 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilen taşkın yayılım haritası incelendiğinde; 13.40 ha alana yayılan taşkın sularının 30 adet konut ve 2 adet seranın etkilendiği görülmektedir. Mahmudiye Deresinde 1000 yıllık tekerrürlü taşkın

debisi için üretilen taşkın yayılım haritası incelendiğinde ise;18.94 ha alana yayılan taşkın suları 57 adet konut, 1 adet ticari işletme ve 2 adet seranın etkilendiği görülmektedir.

Havza yapısı ve büyüklüğü, bitki örtüsü, dere yatağı eğimi ve kentleşme gibi parametrelere bakıldığında benzer özellikler gösteren, Kurtköy ve Mahmudiye dereleri için üretilen taşkın yayılım hız haritaları incelendiğinde; her iki dere için eğimin yüksek olduğu ve yapılaşmanın azalmaya başladığı üst havzada, hızlar 5-7 m/s seviyelerinde iken, eğimin az olduğu ve yapılaşmanın ve tarımsal faaliyetlerin yüksek olduğu alt kısımlarda ise hızlar 1-3 m/s seviyelerindedir.

4. Tartışma

Elde edilen sonuçlara göre Kurtköy ve Mahmudiye dereleri için taban ve kıyı oyulmasını önlemek, dere yataklarının eğimlerini düzenlemek ve akımın hızlarını azaltmak için, üst havzada tersip bendi ve seki gibi enine yapılar inşa edilmelidir. Ayrıca 500 ve 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debilerinin karşılanması için taşkın geciktirici sel kapanları vb. biriktirme yapıları ve yükselen taşkın sularının meskûn mahallere yayılmasını önlemek amacıyla taşkın duvarları inşa edilmelidir.

Bu bağlamda, üretilen taşkın yayılım haritalarının, yerel yönetimlerce; oluşturulacak afet risk yönetimleri ve kent planlaması yapılırken kullanılması, olası maddi ve can kayıplarının önüne geçilmesine katkıda bulunacaktır.

Kaynaklar

[1] Bayazıt, Y., Bakış, R., *Seydisuyu Çayının Havza Taşkın Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması*, VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi, Şanlıurfa, 157-164, 2015.

[2] Bedient, P., B., and Huber, W., C., *Hydrology and Floodplain Analysis 2nd ed.*, Addison-Wesley, USA 14, 1992.

[3] Ekinci, D., *İhsaniye Deresi Havzası (Zonguldak) Taşkın Analizi*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, vol. 11, pp. 97-118, 2003.

[4] Devlet Su İşleri (DSİ), *Teknik Şartnameler Islah ve Taşkın Koruma Yapıları Uygulama Projeleri Yapım İşi*, 6-8, 2006.

[5] Kılıçer, Ü., ve Özgüler, T., *Türkiye'de Taşkın Durumu*, TMH, Türkiye Mühendislik Haberleri, 420-421-422: 4-5-6, 2002.

[6] Sönmez O., *Nehirlerde 2 boyutlu taşkın modellemesi ve taşkın haritalarının oluşturulması*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, 2013.

2018 Yılı Sakarya-Kaynarca Taşkınının Değerlendirilmesi ve Konut Hasar Maliyet Analizi

Evaluation of 2018 Sakarya-Kaynarca Flood and Analysis of Housing Damage Cost

Esra Dobrucalı¹, Osman Sönmez^{1,2}, Emrah Doğan^{1,2}

¹ Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,

² Sakarya Üniversitesi Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi,
eeken@sakarya.edu.tr, osonmez@sakarya.edu.tr, emrahd@sakarya.edu.tr.

Özet – Ülkemizde iklim değişikliği sebebiyle, ani ve şiddetli yağışlar, sel ve su baskınları, fırtına ve hortum vb. doğal afetlerin sayısının her geçen yıl arttığı gözlenmektedir. Bu felaketler, can kayıplarına ve büyük maddi zararlara sebep olmaktadır. Taşkınlardan ve sellerden kaynaklanan ekonomik zarar maliyetinin, önceden alınacak önleme ve iyileştirme maliyetinden çok daha fazla olduğu bilinmektedir. Önceden alınacak düşük maliyetli tedbirler taşkın olasılığını minimize derken maddi kayıplarda da azalma sağlamaktadır. Bu çalışmada 2018 yılında Sakarya ili Kaynarca ilçesinde yaşanan taşkın öncesinde ihalesi ilan edilen iyileştirme projesi maliyeti ile proje gerçekleşmeden, yaşanan taşkın sonrasında konutlarda oluşan maddi kayıpların bir kıyaslaması yapılmıştır. Sonuç olarak sadece 38 konutta meydana gelen hasar maliyetinin, iyileştirme projesi maliyetinin 2 katı olduğu görülmüştür.

Abstract - Due to climate change in our country, it is observed increase in the number of natural disasters (sudden and heavy rains, floods, storms and hoses et al.) every year. These disasters cause loss of life and damage. It is known much more the cost of economic damage caused by floods and floods than cost of prevention and improvement in advance. Low cost measures to be taken in advance provides reduction in material losses while minimization of flood probability. In this study comparison was made costs of the losses in the houses after the flood with project flood. As a result, it was observed that improvement project cost double more than damage costs incurred in only 38 residences.

1. Giriş

Dünyada en sık yaşanan tabii afetler sellerdir. Seller, şiddetli ve ani yağışların ardından kontrolsüz büyük su kütlelerinin yayılması olarak tanımlanmaktadır. Taşkınlar ise aşırı yağış ile sel sularının birleşmesi gibi olaylar sonucunda havzada yer alan su seviyesinin artışı ile canlı veya cansız varlıklara zarar vermesi olarak ifade edilmektedir [1]. Sel ve taşkınların neden olduğu en belirgin ve yaygın etkilerin insanların hayatlarının kaybetmesi ve ekonomik zararlar olduğu görülmektedir [2]. Sel ve taşkınlar sonucunda oluşan kayıplar, bütün afetlerdeki toplam kayıpların maddi olarak %40'ını, insan hayatı olarak yarısından fazlasını oluşturmaktadır [1,3].

Günümüze kadar, dünyanın her yerinde seller, fırtınalar, vb. meteorolojik olaylar, önemli düzeyde can ve mal kayıplarına sebep olmuştur. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, sanayileşme ve şehirleşme, akarsu havzalarında yaşayan insan sayısının

artmasına ve havzanın hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Meteorolojik olaylarla birlikte bu durum, büyük ölçüde can ve maddi kayıpların yaşandığı taşkınların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Türkiye’de taşkın afetlerinde yıllık yaklaşık 100.000.000\$ maddi kayıp yaşanmaktadır. Taşkınların kontrol edilmesi, önlemesi ve zararlarının azaltılması amacıyla ise sadece yıllık ortalama 30.000.000\$ yapısal proje planlanmaktadır [4].

Ülkemizde iklim değişikliği ile olası etkileri sonucunda oluşan, ani ve şiddetli yağışlar, sel ve su baskınları (kentsel su baskınları, nehir – çay taşkınları, ani seller), fırtına ve hortum olayları, heyelanlar (moloz ve çamur akmaları dâhil) vb. doğal afetlerin etkilerinin her geçen yıl arttığı gözlenmektedir. 2018 yılında, Türkiye genelinde 333 tane sel, taşkın ve su baskını felaketi yaşanmıştır [5]. Bu felaketlerden bir tanesi de 30 Eylül 2018 tarihinde Sakarya ili Kaynarca ilçe merkezinde meydana gelmiştir.

2. Taşkın Bölgesi Özellikleri

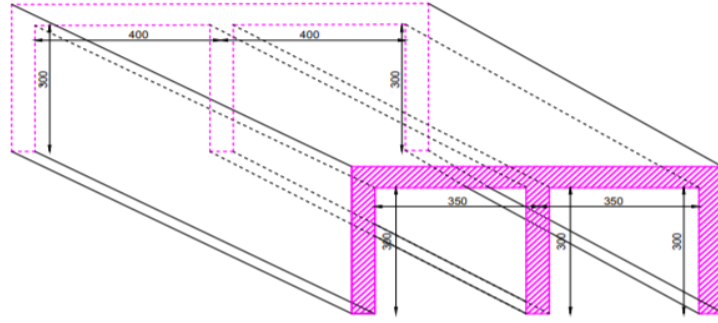
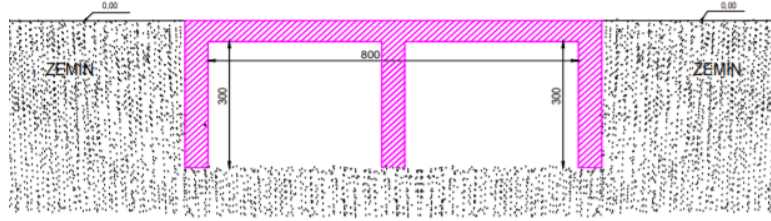
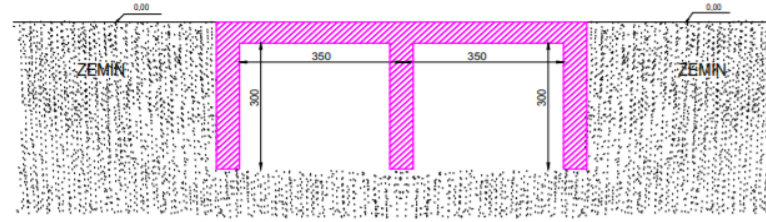
Sakarya ilinin kuzey batısında bulunan Kaynarca ilçesi, DSİ 1. Bölge Müdürlüğü sınırları içerisindeki Seyren Deresinin Sakarya Anakol_4 alt havzasında yer almaktadır (Şekil 1) Geçtiğimiz son beş yılda Seyran Deresinde beş adet önemli taşkın felaketi yaşanmıştır [6].



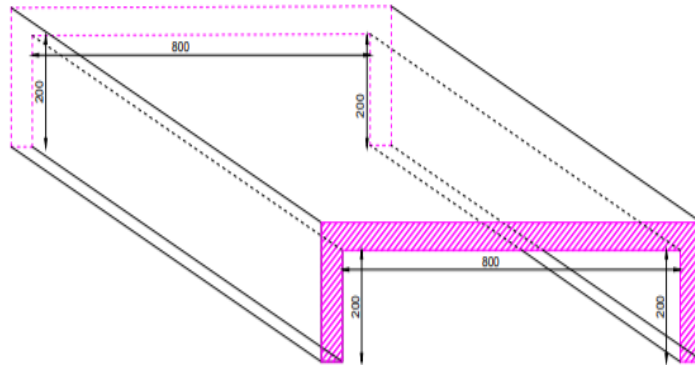
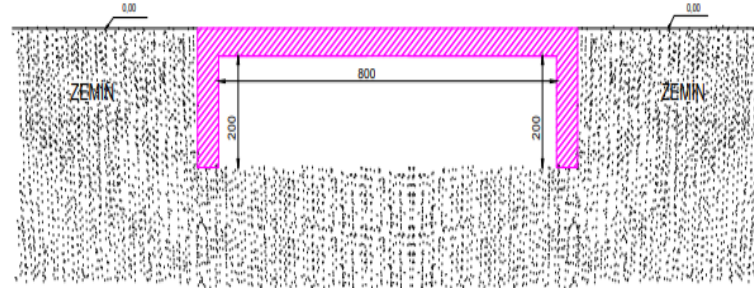
Şekil 1. Kaynarca İlçe Merkezi ve Seyren Deresi Uydu Görüntüsü [6]

2.1 Seyren Deresi ve Su Yapılarının Özellikleri

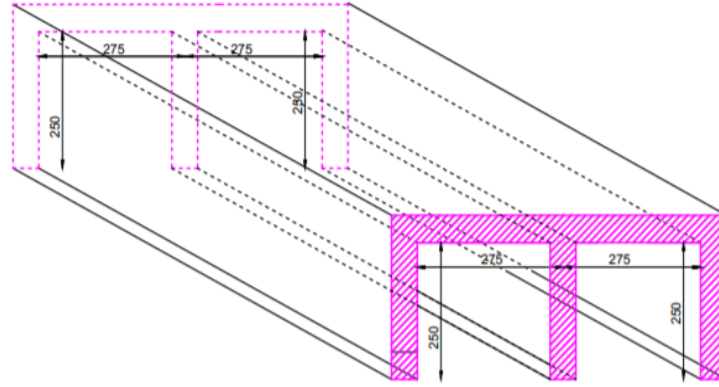
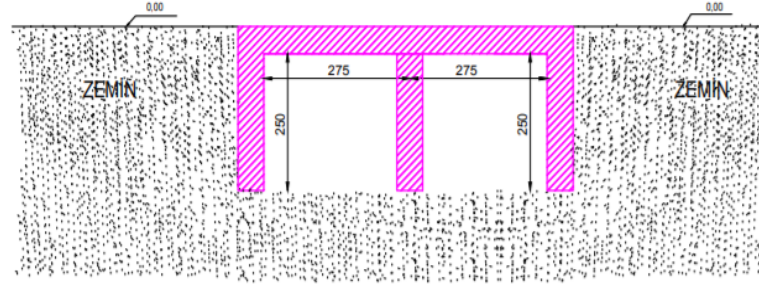
Seyren deresi taş duvarlı kanal kaplamalı olarak düzenlenmiştir. Ayrıca bu kanalın Kaynarca ilçe merkezinden geçen bölümünde 5.0, 7.0 ve 8.0 m genişlikte üç adet köprü yer almaktadır. Bu köprülere ait yapılan rölöve çalışması ve çizimleri Şekil 2-3-4 gösterilmiştir. Rölöve çalışmasına göre köprülerin sırasıyla taşkın taşıma kapasiteleri $46,02 \text{ m}^3/\text{s}$, $42,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $39,15 \text{ m}^3/\text{s}$, kanalın ortalama taşkın taşıma kapasitesi ise $42,90 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır [6].



Şekil 2. Birinci Köprü Rölevesi [6]



Şekil 3. İkinci Köprü Rölevesi [6]

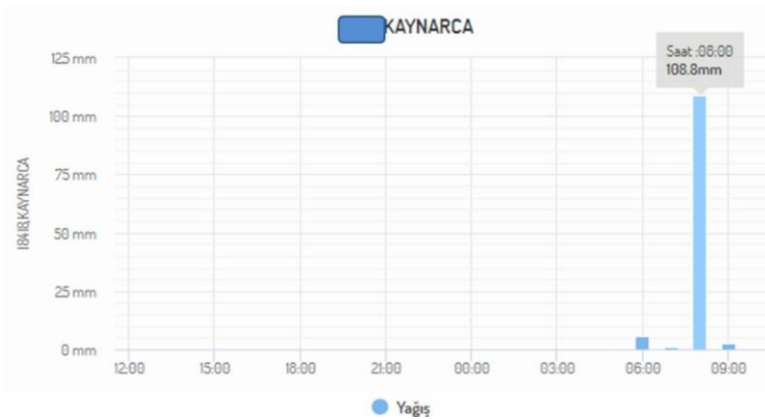


Şekil 4. Üçüncü Köprü Rölevesi [6]

3. Taşkın Analizi

3.1. Hidrolik Analiz

Sakarya İli Kaynarca ilçesinde 30.09.2018 tarihinde şiddetli yağış sebebiyle taşkın olayı meydana gelmiştir. İlçeye 108.8 kg/m^2 'lik kısmı 35 dakikalık süre içerisinde olan toplam $121,4 \text{ kg/m}^2$ yağış düşmüştür (Şekil 5) [6].



Şekil 5. 18418 Nolu MGM Kaynarca Yağış Gözlem İstasyonu Saatlik Yağış Verileri [6]

Bu yağış ile beraber taşkın izleri ve maksimum su seviyeleriyle birlikte Seyren Deresinde taşkın yatağındaki toplam taşkın debisi yaklaşık olarak $165,8 \text{ m}^3/\text{s}$ hesaplanmıştır. Seyren Deresinin ortalama taşkın taşıma kapasitesi $42,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi (Q500) $53,1 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak belirlenmiştir. Yaşanan bu taşkın afetinde, derenin taşıma

kapasitesinin 4 katını, 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisinin ise yaklaşık olarak 3 katını aştığı görülmüştür. Bu sebeple bu olay afet boyutunda değerlendirilebilir [6].



Şekil 5. Birinci Köprü Kesiti [6]



Şekil 6. İkinci Köprü Kesiti [6]



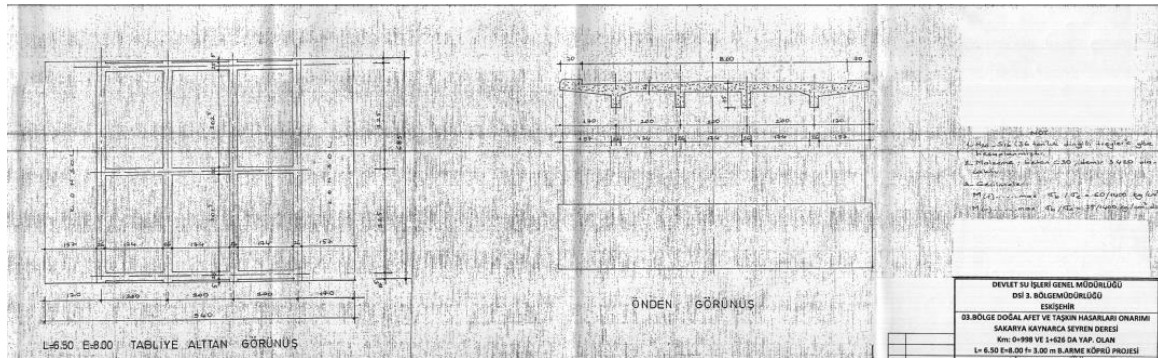
Şekil 8- Üçüncü Köprü Kesiti [6]

İlçe merkezinde yer alan ve Şekil 5,6 ve 7’ de rölövesi gösterilen köprülerin, taşkın taşıma kapasitesi bakımından ne gelen debiyi ne de Q500 tekerrürlü taşkın debisini geçiremeyeceği tespit edilmiştir. Ayrıca birinci ve üçüncü köprüde yer alan orta ayakların taşkın ile beraber taşınan ağaç ve benzeri büyük kütleleri tuttuğu görülmüştür. Bu olay, iki köprüde taşkın taşıma kapasitesinin azalmasına sebep olmuştur.

3.2. Hasar Analizi

Literatürde dünyanın farklı bölgelerinde yaşanacak taşkınlarda hasar maliyetinin tahmin edilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle Amerika’da taşkın sigortasıyla ilgili pek çok bilginin yer aldığı Amerikan National Flood Insurance Programı (NFIP)’nda konutun taşkın su seviyesi ve buna karşılık gelen taşkın zarar maliyeti de hesaplanabilmektedir. Türkiye’de ise Sönmez ve arkadaşları tarafından 2017 yılında taşkın sonucunda konutlarda oluşabilecek maddi hasarın belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır.

Taşkın sonrasında oluşan hasarların belirlenmesi ve giderilmesi çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Ancak son yıllarda yaşanan aşırı yağışlar sebebiyle artan taşkın afetlerinin önceden tahmin edilmesi, önleme çalışmalarının ve gerekli onarımların hızla yapılmasının gerekliliği bilinmektedir. Bu bağlamda kamu yatırımları ve ihaleleri incelendiğinde 10.09.2018 tarihinde DSİ 3. Bölge 32. Şube Müdürlüğü tarafından Sakarya ili Kaynarca ilçesi Seyren deresi ile Karasu ilçesi Darıçayırı beldesi Darıçayırı betonarme köprü ve sel kapanı yapımı için ihale ilanı verilmiştir [7]. Bu projenin Kaynarca’da 30.09.2018 tarihinde yaşanan felaket öncesinde planlandığı ancak ihale, ilan süresindeyken taşkın olayının gerçekleştiği görülmektedir.



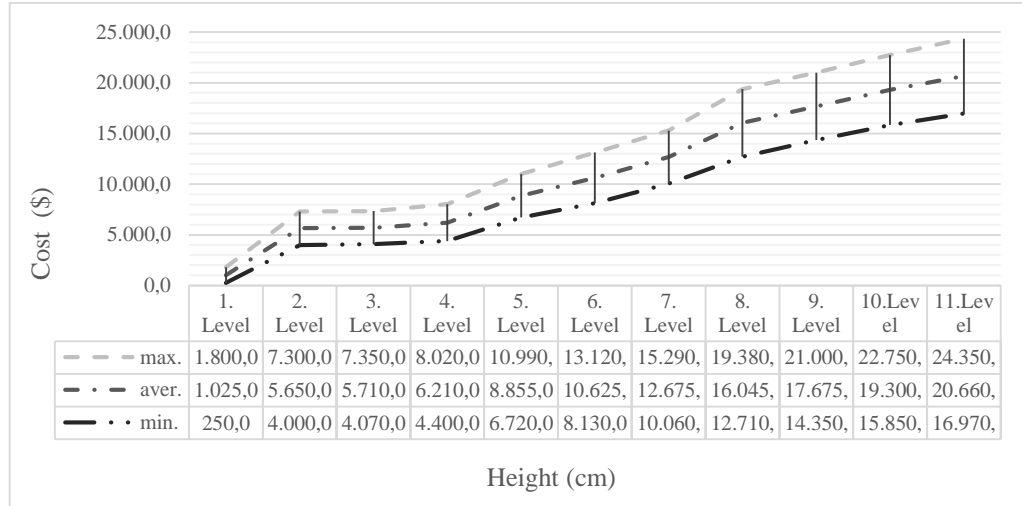
Şekil 9. Kaynarca İlçesi Seyren Deresi Betonarme Köprü projesi [8].

DSİ 3. Bölge 32. Şube Müdürlüğüne yapılan bu iki yapım işinin ihalesi 01.10.2018 tarihinde yapılmış, 27.11.2018 tarihinde 307.602,60 TL ile sözleşme imzalanmıştır.

Sakarya ili Kaynarca ilçesinde 30.09.2018 yılında meydana gelen taşkın olayında AFAD, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ve SASKİ Teknik ekipleri tarafından yapılan hasar tespiti çalışmalarına göre 104 işyeri, 38 konut, 5 kamu binası ve 56 aracın etkilendiği belirlenmiştir [9].

Bu çalışmada taşkın öncesi yapılan bu projelerin maliyetleri ile felaket sonrası oluşan hasar maliyetinin kıyaslaması yapılmıştır. Bu amaçla Kaynarca’da taşkından etkilenen 38 konutun hasar maliyeti değerlendirmesi, Sönmez ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma

temel alınarak hesaplanmıştır. Şekil 10’da her bir seviyeye ait minimum, maksimum ve ortalama hasar maliyetleri gösterilmiştir. Kaynarca felaketinde hasar alan her konuta giren su seviyesi ayrı ayrı bilinmediğinden, bu çalışmada, 2. seviye yaklaşık 2,5-4,9 cm arası yükseklik için minimum maliyet değeri temel alınmıştır. Buna göre $4000 \times 38 = 152.000\$$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer TL’ye çevrilmesi için 2015 yılı incelendiğinde ortalama olarak 1 dolar=2,60 TL olarak alınması uygun görülmüştür. 2015 yılı için konutlardaki minimum taşkın suyu yüksekliğinde; Eşyalarda Oluşan Hasar Yaklaşık Maliyet= $152.000 \times 2,60 = 395.200\text{TL}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 10. 100m² Alana Sahip Dairelerin Taşkın Seviyelerine Göre Maliyetleri [1]

Ancak temel alınan çalışma ile DSİ tarafından yapılan ihale zamanının aynı olmaması birim fiyat değişikliklerine neden olmaktadır. Bu çalışmada zamana bağlı maliyet farkını giderilmesi amacıyla, TÜİK tarafından hazırlanan TÜFE endeksleri tablosu kullanılmıştır. Bu endeksler temel alınan çalışma yılı 2015’de 260.59, ihale tarihinde en son ilan edilen Eylül 2018’de 390.84 olarak verilmiştir [10]. Bu iki tarih arasındaki oranın 1.5 kat olduğu belirlenmiştir. Buna göre Eylül 2018 yılında Kaynarca felaketinde hasar alan 38 konut için; Minimum Toplam Maliyet= $395.200 \times 1.5 = 592.800\text{ TL}$ olarak bulunmuştur.

Bu çalışma, Kaynarca’da yaşanan taşkın felaketi sonrasında hasar alan konutlardaki minimum maliyetin, taşkın öncesinde yapılan ve biri taşkın alanında olan farklı iki projeyi içeren ihalenin maliyetinden yaklaşık olarak 2 kat fazla olduğunu göstermiştir.

4. Sonuç

Sel ve taşkınlar eşyalarda, üst ve alt yapılarda maddi zarara neden olmakta ve ekonomiyi olumsuz etkilemektedir. Yapılan çalışmalara göre, taşkınlardan kaynaklanan ekonomik zarar ortalama olarak yıllık 100 milyon \$ olduğunu göstermektedir. Oysaki zararlarının azaltılması için devam eden yapısal proje faaliyetlerine ayrılan yatırım miktarı ortalama yıllık 30 milyon \$’dır [2,11].

Bu çalışma, Kaynarca'da 2018 tarihinde yaşanan taşkın felaketiyle sadece hasar alan konutlardaki minimum maliyetin, DSİ planlanan yapısal iki projelerin maliyetinden fazla olduğunu göstermiştir. Böylece taşkın öncesi yapılacak önlem, iyileştirme vb. çalışmaların maddi olarak ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacağı bir kez daha görülmüştür.

References

- [1] O. Sonmez, I. H. Demir, F. Demir, E. Dobrucalı, "Determination of flood inundation areas and assessment of flood hazard costs in urban settlements: a case study of Agva" *Journal of Environmental Protection and Ecology* Vol. 18, No 2, 509–523, 2017.
- [2] S. Y. Korkaç, M. Korkaç, "Sel ve taşkınların insan hayatı üzerindeki etkileri" *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt 8, Sayı:9, 2006.
- [3] OSIB, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013. Yukari Havza Sel Kontrolü Eylem Planı 2013-2017.
- [4] S. Uşkay, S. Aksu, "Ülkemizde taşkınlar, nedenleri, zararları ve alınması gereken önlemler", *TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri*, 420-421-422, 133-136, 2002.
- [5] AFAD, <https://afad.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 26.07.2019.
- [6] E. Doğan, O. Sönmez, E. Dobrucalı, "Sakarya ili Kaynarca ilçesi Seyran deresinde 30 Eylül 2018 tarihinde meydana gelen ani taşkın değerlendirilmesine ait teknik rapor", *Sakarya Üniversitesi Rektörlüğü Afet Yönetim Uygulama Ve Araştırma Merkezi, Rapor No: 2018-1*, 2018.
- [7] Basın İlan Kurumu, <https://www.bik.gov.tr/>, Son Erişim Tarihi: 26.07.2019.
- [8] EKAP, Elektronik Kamu Alımları Platformu, <https://ekap.kik.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 26.07.2019.
- [9] AFAD Sakarya Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, <https://sakarya.afad.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 26.07.2019.
- [10] TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, TÜFE endeksleri tablosu, <https://www.tuik.gov.tr>, Son Erişim Tarihi: 26.07.2019.
- [11] TUHK, Ulusal Meteorolojik ve Hidrolojik Afetler Programı (Taslak-3), Editörler: H. Bacanlı, H. Özgüler, O. Lenk, Ankara, 2003.

Alt Havza Sayısının Hidrolojik Model Sonuçlarına Etkisinin İncelenmesi

Investigation of the Effect of Number of Sub-basins on the Results of Hydrologic Model

Hüseyin Akay¹, Müsteyde Baduna Koçyiğit²

¹ Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. Çankaya/Ankara, Tel: 0312 5823240, Fax: 0312 2308434, Email:hakay@gazi.edu.tr

² Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. Çankaya/Ankara, Tel: 0312 5823223, Fax: 0312 2308434, Email:baduna@gazi.edu.tr

Özet: Bu çalışmada Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan ve akım verisi bulunmayan, küçük drenaj alanına sahip Akçay Havzası'nın pik debisi havzanın farklı sayılarda alt havzalara ayrılması durumuna göre incelenmiştir. Bunun için 1/25000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak havzanın ArcGIS yardımıyla 10x10 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli, her bir hücrenin akım yönü ve akım toplanma miktarları belirlenmiştir. Farklı drenaj ağlarına göre havza 1, 3, 7 ve 13 alt havzalara ayrılmış ve havza modelleri oluşturulmuştur. Alt havzaların sızma, etkili yağıştan akışa dönüşüm ve birden fazla alt havzaya sahip modellerde akarsuda taşkın öteleme gibi hidrolojik süreçleri sırasıyla Soil Conservation Service, Clark birim hidrografi ve gecikme süresi yöntemleri kullanılarak HEC-HMS yarı dağılımlı hidrolojik modeli yardımıyla analiz edilmiştir. Alt havzaların eğri numaraları zemin tipi ve arazi kullanım haritalarına göre belirlenmiş, sızma modelleri oluşturulmuş ve etkili yağışları hesaplanmıştır. Etkili yağıştan akışa dönüşüm için kullanılan Clark birim hidrografi yönteminde toplanma süresi Soil Conservation Service yöntemine göre hesaplanmıştır. Depolama katsayısı ise literatürde önerildiği gibi toplanma süresi ve alt havzanın drenaj alanı ve en uzun akım yolu mesafesi gibi bazı geometrik özellikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Akarsularda gecikme süresi ise Soil Conservation Service tarafından önerilen gecikme süresi yaklaşımına göre belirlenmiştir. Eylül 2008'de Çatalzeytin meteoroloji gözlem istasyonunda ölçülmüş saatlik yağış verileri kullanılarak farklı alt havza sayısına göre dolaysız akış hidrografları tahmin edilmiştir. Alt havza sayısının 1, 3, 7 ve 13 olarak alınmasıyla elde edilen analiz sonuçlarına göre pik debiler sırasıyla 323.27 m³/s, 300.86 m³/s, 336.49 m³/s ve 361.10 m³/s olarak belirlenmiştir. Buna göre en büyük pik debinin alt havza sayısının en büyük değerinde tahmin edildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alt havza sayısı; hidrograf; hidrolojik analiz

Abstract: In this study, the peak flow rate of Akçay Basin located in the Western Black Sea Basin, which has a small drainage area with no flow data was investigated by using different number of sub-basins. For this purpose, the digital elevation model of the basin with 10x10 m resolution, flow direction and flow accumulation of each cell were determined by means of ArcGIS using 1/25 000 scaled topographic maps. According to different drainage networks, the basin was sub-divided into 1, 3, 7 and 13 sub-basins and

basin models were established. Hydrological processes of the sub-basins such as infiltration, transformation from effective precipitation to runoff, and stream routing for models with more than one sub-basin were simulated by the HEC-HMS semi-distributed hydrological model using the Soil Conservation Service, Clark's unit hydrograph and lag time methods, respectively. Curve numbers of the sub-basins were determined using the soil type and land use maps, the infiltration models were formed and effective precipitation was calculated. According to the Clark's unit hydrograph method that was used for transformation from effective rainfall to direct runoff, the time of concentration was calculated using the Soil Conservation Service method. The storage coefficient was calculated by taking into account some geometric features such as the time of concentration, drainage area of the sub-basin and the longest flow path distance, as suggested in the literature. The lag time in streams was determined according to the lag time approach proposed by Soil Conservation Service. Of using the hourly precipitation data measured at the Çatalzeytin Meteorological Observation Station in September 2008, the direct runoff hydrographs were estimated for different number of sub-basins. According to the analysis results obtained by taking the number of sub-basins as 1, 3, 7 and 13, the peak discharges were determined as 323.27 m³/s, 300.86 m³/s, 336.49 m³/s and 361.10 m³/s, respectively. According to the results, it was noted that the maximum peak discharge was estimated for the model with the highest number of sub-basins.

Keywords: Number of sub-basin; hydrograph; hydrologic analysis

1. Giriş

Hidroloji ve taşkın modellenmesi ile ilgilenen araştırmacılar en iyi sonucu elde edebilecekleri hidrolojik modeli kurmak için inceledikleri havzanın nasıl modelleneceği üzerine çalışmalarını halen sürdürmektedirler. Yağış nedeniyle meydana gelen akışın yapısı havza özelliklerinden bağımsız olarak düşünülemez. Havza modelinin teşkili sırasında havzaların karakteristiklerinin ve yerel özelliklerinin model parametreleri üzerinde etkisi olabilmektedir. Alt havza sayısının değişmesiyle havzanın drenaj alanı, eğimi, en uzun akım yolu gibi fiziksel büyükler ve zemin özellikleri de değişim gösterebilmektedir. Havzaların fiziksel özelliklerinin değişimleri doğrudan hidrolojik süreçlerin modellenmesinde etkili olan parametrelerin de değişimine neden olarak hidrografın şeklini doğrudan etkileyebilmektedir. Örneğin, alt havza sayısının artmasıyla aynı oranda değişmeyen drenaj alanı, en uzun akım yolu ve eğim gibi büyüklükler hidrolojik parametrelerin değişimine neden olarak pik debide artış/azalış meydana getirebilmektedir. Alt havza sayısının artmasıyla kullanılan hidrolojik modele de bağlı olarak işlem süresinde artış meydana gelebilmektedir. Özellikle bilinen yağış-akış ilişkisine göre kullanılan hidrolojik parametrelerin kalibrasyonu oldukça işlem gerektirdiğinden modelde kullanılan alt havza sayısı oldukça önemlidir.

Literatürde havza karakteristiklerinin pik debi (Q_p) üzerindeki etkiyi inceleyen farklı çalışmalar mevcuttur. Bazı araştırmacılara göre alt havza sayısının artmasıyla pik debi artarken bazı araştırmacılara göre de pik debide belirgin bir artış gözlenmemektedir [1-8]. Bazı çalışmalar alt havza sayısının belirli bir değerden sonra artmasının pik debi üzerinde etkili olmadığını ortaya koymuştur [9-15]. Örneğin, Chiang ve Yuan [15] havzanın drenaj ağında ana kanalın mertebesinin 2'den fazla olması halinde model sonuçlarında belirgin bir artış meydana gelmediğinden havzanın modellenme aşamasında

drenaj ağı göz önünde bulundurularak alt havza sayısına karar verilmesi gerektiğini tavsiye etmişlerdir. Diğer taraftan, alt havza sayısı arttıkça model sonuçlarının kötüleştiğini ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur [1, 4, 5].

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan ve akım ölçümü alınmayan bir havzanın hidrolojik parametreleri havza karakteristiklerine göre tahmin edilerek geçmişte meydana gelmiş bir yağış sonucunda oluşan pik debi farklı alt havza sayılarına göre tahmin edilmiştir. Farklı alt havza sayısına göre tahmin edilen pik debilerin değişimi irdelenmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Çalışma Alanı

Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan 372.4 km² drenaj alanına sahip Akçay Havzası suyu maksimum 2005 m yüksekliğinden toplayarak Karadeniz'e deşarj etmektedir. Havzanın çevresi, en uzun akım yolu, ortalama kotu ve ortalama eğimi sırasıyla 112.4 km, 35.6 km, 1150 m ve %45'tir. 1984 yılında oluşturulan arazi kullanım ve toprak tipi haritaları kullanılarak havzanın eğri numarası haritası oluşturulmuştur. Arazi kullanım haritasına göre havza genel olarak orman, mera, çayır ve tarım alanlarından oluşmaktadır. Akçay Havzası'nın eğri numarası haritası dikkate alındığında havzanın ortalama eğri numarası 79.3 olarak hesaplanmıştır.

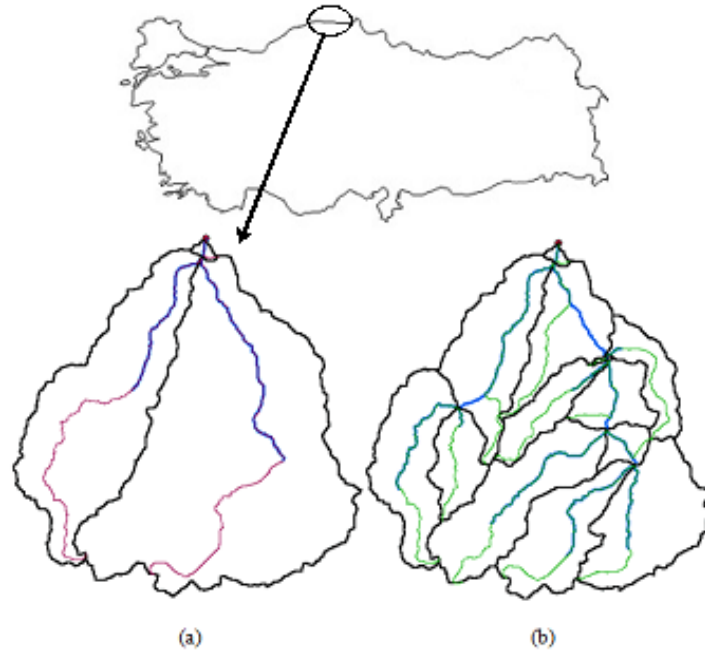
2.2. Yöntem

1/25000 ölçekli topografik haritalar ArcGIS 10.1 kullanılarak havzanın 10x10m'lik sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturuldu. SYM kullanılarak akım yönleri, akım yönleri de kullanılarak akım toplanma miktarları belirlenmiştir. Akım toplanma miktarlarının eşik değerlerine göre alt havza sayıları belirlenebilir. Bu çalışmada Akçay Havzası alt havza sayıları 1, 3, 7 ve 13 olacak şekilde modellenmiştir. Modeli oluşturulan alt havzalar ve akarsuların uzunlukları, eğimleri, en uzun akım yolu uzunlukları gibi bazı karakteristik özelliklerinin belirlenmesi için HECGeo-HMS'e aktarılmıştır. Şekil 1'de Akçay Havzası 3 ve 13 alt havzaya ayrılmış, alt havza sınırları, drenaj ağı ve uzun akım yolları gösterilmiştir. Tablo 1'de drenaj alanı (A), en uzun akım yolu (L), ortalama havza eğimi (S) ve en uzun akım yolunun %10 ve %85'i arasında kalan kısmın eğimi (S₁₀₋₈₅) gibi alt havza karakteristiklerinin ortalamaları sunulmuştur. Havza karakteristikleri kullanılarak alt havzaların ve akarsuların hidrolojik parametreleri tahmin edilmiştir. Modellenen havzalar hidrolojik analizinin yapılabilmesi için HEC-HMS'ye aktarılmıştır. Tahmin edilen hidrolojik parametreler de kullanılarak havza çıkış noktalarında farklı alt havza sayıları için dolaysız akış hidrografları hesaplanmıştır.

2.3. Hidrolojik Modelleme

Bu çalışmada Akçay Havzası'nın yağış-akış modeli HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modelling System) hidrolojik modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. HEC-HMS, yağış-akış ilişkisinin yanı sıra kar erimesi, buharlaşma-terleme, taşkın

ötelemesi gibi hidrolojik süreçlerinin tahmininin de yapılabildiği bir yazılımdır. Akçay Havzası'nda akım gözlemi olmadığından Eylül 2008'de Çatalzeytin Meteoroloji Gözlem İstasyonu (MGİ) kayıtlarına göre meydana gelmiş sağanak yağış, havzanın yağış modeli olarak kullanılmış ve yağışın neden olduğu dolaysız akış tahmin edilmiştir. Alt havzaların sızma ve etkili yağıştan akışa dönüşüm için sırasıyla SCS (Soil Conservation Service) ve Clark birim hidrograf yöntemleri kullanılırken akarsuların taşkın ötelenmesi için geciktirme süresi (lag time) yaklaşımı kullanılmıştır. Alt havzalarda etkili yağışın belirlenmesinde etkili olan parametreler yağış (P) ve akış başladıktan sonra zeminin potansiyel nemi (S); akış hesabında etkili parametreler toplanma süresi (T_c) ve depolama katsayısı (S_c), akarsularda taşkın ötelenmesi için etkili parametre ise geciktirme süresidir (T_{lag}). Etkili yağış Eş. 1 ve Eş. 2, akış Eş. 3 ve Eş. 4, akarsuda taşkın öteleme ise Eş. 5 yardımıyla hesaplanmaktadır. Akışın hesabında T_c parametresi SCS yöntemine göre S_c parametresi ise Yoo vd. [16] tarafından önerilen denkleme göre hesaplanmıştır.



Şekil 1. Alt havza sayısının 3 ve 13 olması durumunda Akçay Havzası'nın modeli

Tablo 1. Farklı alt havza sayıları için havza karakteristiklerinin ortalamaları

Alt havza karakteristikleri	Alt havza sayısı			
	1	3	7	13
A (km ²)	372.3	124.1	53.2	28.6
L (km)	35.6	23.1	15.6	11.5
S (%)	45.1	45.3	45.8	43.9
S_{10-85}	0.054	0.089	0.097	0.102

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (1)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

$$T_c = \frac{4.31L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1900I^{0.5}} \quad (3)$$

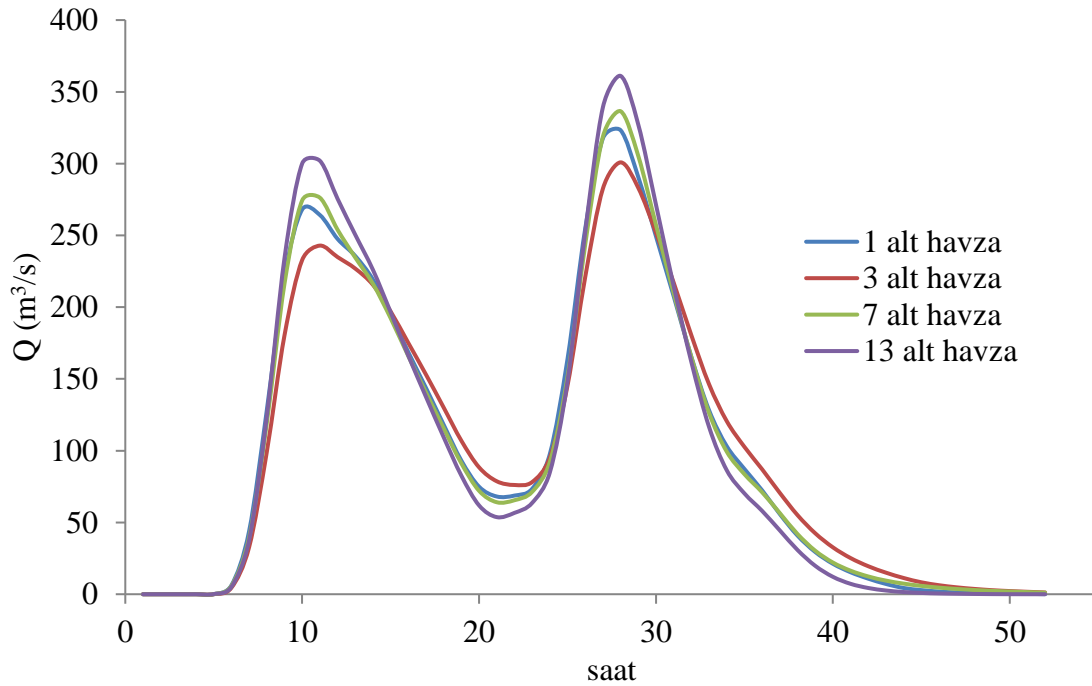
$$S_c = \frac{T_c}{1.46 - 0.0867L^2 / A} \quad (4)$$

$$T_{lag} = \frac{3}{5} T_c \quad (5)$$

Eş. 1 – Eş. 5’te CN eğri numarasını, L en uzun akım yolunu, I havzanın ortalama eğimini, A havzanın drenaj alanını ifade etmektedir. Her bir alt havza ve akarsuya ait parametreler hesaplanmış ve havza çıkış noktasında sağanak yağış nedeniyle dolaysız akışlar hesaplanmıştır.

3. Bulgular

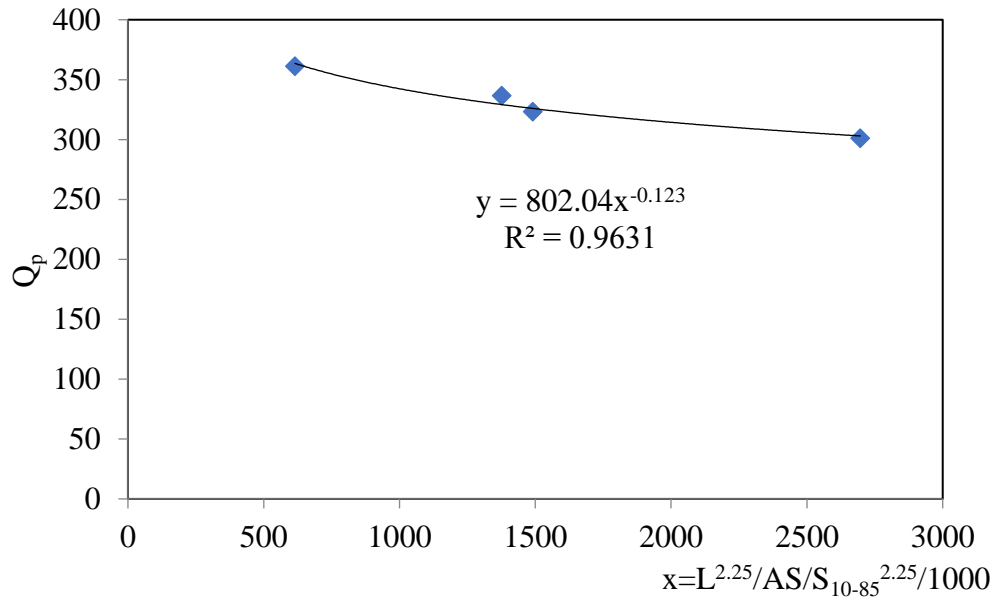
Akım ölçümü olmayan Akçay Havzası 1, 3, 7 ve 13 alt havza sayısı ile modellenmiş, hidrolojik parametreleri tahmin edilmiş ve Çatalzeytin MGI’de Eylül 2008’de meydana gelmiş sağanak yağış verileri kullanılarak yağışın oluşturduğu dolaysız akış tahmin edilmiştir. Şekil 2’de Akçay Havzası’nın çıkış noktasında farklı alt havza sayılarına göre hesaplanmış dolaysız akış hidrografları görülmektedir. Alt havza sayısının 1, 3, 7 ve 13 olması durumunda pik debiler sırasıyla 323.27 m³/s, 300.86 m³/s, 336.49 m³/s ve 361.10 m³/s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Farklı kombinasyonlarda oluşturulan alt havza sayısına göre hesaplanan dolaysız akış hidrografları

4. Tartışma

Literatürde alt havza sayısının pik debi (Q_p) gibi hidrograf parametrelerinin üzerindeki etkisiyle ilgili farklı ve zıt görüşler yer almaktadır. Bu çalışmayla farklı alt havza sayılarına göre modellenen Akçay Havzası'nın literatürde yer alan görüşler doğrultusunda pik debi değişimleri incelenmiştir. Alt havza sayısının 1'den 3'e çıkması halinde pik debi azalmış, alt havza sayısının 3'ten 13'e kadar artmasıyla pik debinin arttığı gözlemlenmiştir. Alt havza karakteristikleri olan A, L, S ve S_{10-85} 'in farklı üsleriyle çarpılarak yeni bir bağımsız değişken tanımlanmış ve bu bağımsız değişkenin aynı alt havza sayısına göre yeni tanımlanan bağımsız değişkenin alt havza ortalamalarının tahmin edilen pik debiye göre değişimi Şekil 3 ve Tablo 2'de verilmiştir. Elde edilen bağımsız değişkende kullanılan alt havza karakteristiklerinin kuvvetleri deneme-yanılma yoluyla en iyi belirleme katsayısını (R^2) verecek şekilde belirlenmiştir. Buna göre Q_p değeri ile havza karakteristikleri arasında oldukça iyi bir ilişki olduğu görülmüştür. Q_p değeri A ve S_{10-85} ile doğru orantılı, L ve S değerleriyle ters orantılı olarak değişmektedir. Q_p değeri alt havza sayısı değişimiyle oluşturulan alt havzaların karakteristiklerine göre değiştiği görülmüştür.



Şekil 3. Modellenen pik debi ve alt havza karakteristikleri arasındaki ilişki

Tablo 2. Modellenen pik debi ve alt havza karakteristikleri arasındaki ilişki

Alt havza karakteristikleri	Alt havza sayısı			
	1	3	7	13
Q_p	323.27	300.86	336.49	361.10
$L^{2.25}/AS/S_{10-85}^{2.25}/1000$	1490.48	2696.53	1375.76	614.87

5. Sonuç

Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan ve akım ölçümü alınmayan Akçay Havzası'nın alt havza sayıları 1, 3, 7 ve 13 olacak şekilde 4 farklı havza modeli oluşturulmuş ve bu alt havzaların hidrolojik parametreleri hesaplanmıştır. Çatalzeytin MGI'de 2008 yılında

meydana gelen sağanak yağış verileri ve alt havzaların hidrolojik parametreleri HEC-HMS hidrolojik modelinde kullanılarak pik debinin alt havza sayısına gore değişimi incelenmiştir. Sonuçlara gore alt havza sayısı 1’den 3’e artmasıyla Q_p azalmış, 3’ten daha fazla olması durumunda ise Q_p değerinin arttığı gorlmuştur. Alt havza karakteristiklerinin farklı kombinasyonlarının çarpımlarının ortalamaları ile pik debi arasında çok iyi korelasyon olduğu gorlmuştur. Ayrıca alt havza sayısından ziyade alt havza boyutlarının pik debi üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkur

Araştırmacılar bu çalışmaya 114M292 no’lu projeye destek verdiği için TUBİTAK’a teşekkuru bir borç bilir.

Kaynaklar

- [1] Ao TQ, Yoshitani J, Takeuchi K, Fukami K, Mutsuura T, Ishidaira H, *Effects of sub-basin scale on runoff simulation in distributed hydrological model: BTOPMC, Weather radar information and distributed hydrological modeling*, IAHS-AISH Publication, Sapparo, 2003.
- [2] Chang CL, “The impact of watershed delineation on hydrology and water quality simulation”, *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 148 , pp. 159–165, 2009.
- [3] Kumar S, Merwade V, “Impact of watershed subdivision and soildata resolution on model calibration and parameter uncertainty”, *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 45, pp. 1179–1195, 2009.
- [4] Rouhani H, Willems P, Feyen J, “Effect of watershed delineation and areal mean rainfall distribution on runoff prediction using the SWAT model” *Hydrology Research*, vol. 40, pp. 505–519, 2009.
- [5] Zhang HL, Wang YJ, Wang YQ, Li DX, Wang XK, “The effect of watershed scale on HEC-HMS calibrated parameters: a case study in the Clear Creek watershed in Iowa, US” *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 17, pp. 2735–2745, 2013.
- [6] Han J-C, Huang G-H, ZhangH, Li Z, Li Y-P, “Effects of watershed subdivision level on semi-distributed hydrological simulations: case study of the SLURP model applied to the Xiangxi River watershed, China” *Hydrological Sciences Journal*, vol. 59, pp. 108–125, 2014a.
- [7] Han J-C, Huang G-H, ZhangH, Li Z, Li Y-P, “Bayesian uncertainty analysis in hydrological modeling associated with watershed subdivision level: a case study of SLURP model applied to the Xiangxi River watershed, China” *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 28, pp. 973–989, 2014b.
- [8] Casey MJ, Stagge JH, Moglen GE, McCuen RH, “Effects of watershed subdivision on peak discharge in rainfall-runoff modeling in the WinTR-20 model” *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 20, pp. 1–9, 2015.
- [9] Susilo GE, *Effects of aggregated simulation area scale in watershed simulation using the SLURP mode*, In: *30th CSCE Annual Conference 2002: 2002 Challenges Ahead*, Canadian Society for Civil Engineering (CSCE), Montreal, 2002.
- [10] Jha M, Gassman PW, Secchi S, Gu R, Arnold J, “Effect of watershed subdivision on SWAT flow, sediment, and nutrient predictions”, *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 40, pp. 811–825, 2004.

- [11] Tripathi MP, Raghuwanshi NS, Rao GP, “Effect of watershed subdivision on simulation of water balance components”, *Hydrological Processes*, vol. 20, pp. 1137–1156, 2006.
- [12] Cleveland TG, Luong T, Thompson DB, *Watershed subdivision for modelling, In: World environmental and water resources congress, Great Rivers*, ASCE, Missouri, USA, 2009.
- [13] Cho J, Lowrance RR, Bosch DD, Strickland TC, Her Y, Vellidis G, “Effect of watershed subdivision and filter width on SWAT simulation of a coastal plain watershed” *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 46, pp. 586
- [14] Gong Y, Shen Z, Liu R, Wang X, Chen T, “Effect of watershed subdivision on SWAT modeling with consideration of parameter uncertainty”, *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 15, pp. 1070–1074, 2010,
- [15] Chiang YC, Yuan Y, “The NHDPlus dataset, watershed subdivision and SWAT model performance” *Hydrological Sciences Journal*, vol. 60, pp. 1690–1708, 2015.
- [16] Yoo C, Lee J, Park C, Jun C, ”Method for estimating concentration time and storage coefficient of the Clark model using rainfall-runoff measurements”, *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 19, pp. 626-634, 2014.

Clark ve Nash Anlık Birim Hidrograf Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Comparison of Clark and Nash Based Instantaneous Unit Hydrograph Methods

Hüseyin Akay¹, Müsteyde Baduna Koçyiğit²

¹ Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. Çankaya/Ankara, Tel: 0312 5823240, Fax: 0312 2308434, Email:hakay@gazi.edu.tr

² Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. Çankaya/Ankara, Tel: 0312 5823223, Fax: 0312 2308434, Email:baduna@gazi.edu.tr

Özet: Bu çalışmada Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan ve Bartın Çayı'nın alt havzası olan Arıt Havzası'nda akım ölçümü alınan Dariören Akım Gözlem İstasyonu verileri ve Ulus Meteoroloji Gözlem İstasyonu yağış verileri kullanılarak Clark birim hidrografi ve Nash jeomorfolojik anlık birim hidrografi yaklaşımları karşılaştırılmıştır. Bunun için Bartın Çayı Havzası 1/25000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak ArcGIS yardımıyla 10x10 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş ve Dariören çıkış noktası alınarak havza modellenmiştir. Havzanın sayısal yükseklik modeli ve akış yönleri kullanılarak akım toplanma miktarları belirlenmiştir. Akım toplanma miktarının eşik değeri 100 hücre olarak alınarak havzanın drenaj ağı oluşturulmuştur. Oluşturulan drenaj ağına göre dallanma oranı, akarsu uzunluk oranı ve alan oranı gibi bazı morfometrik parametreler hesaplanmış ve havzanın Nash jeomorfolojik anlık birim hidrografi tahmin edilmiştir. Havzanın yağış akış ilişkisi HEC-HMS hidrolojik modeli kullanılarak incelenmiştir. Havzada etkili yağış, havzanın zemin tipi ve arazi kullanımını dikkate alan SCS eğri numarası yöntemi ile hesaplanmıştır. Etkili yağıştan akışa dönüşüm için Clark birim hidrografi ve kullanıcı tarafından belirlenmiş hidrograf yöntemleri seçilmiştir. Toplanma süresi ve depolama katsayısı gibi Clark birim hidrografi parametreleri literatürde kullanılan bazı yaklaşımlar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Model sonuçları bazı istatistiki göstergeler kullanılarak yorumlanmış ve en iyi sonucu veren yaklaşım belirlenmiştir. Buna göre Nash jeomorfolojik anlık birim hidrografi yönteminin Clark birim hidrografi yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca gözlenen yağış ve akış değerleri ile Clark yönteminin kullanıldığı model için eğri numarası, toplanma süresi ve depolama katsayısı, hesaplanan değerler başlangıç değeri kabul edilerek kalibre edilmiştir. Kalibrasyon neticesinde de Clark yönteminin dolaysız akış tahminini belirgin olarak değiştirmedeği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Anlık birim hidrograf, Clark birim hidrograf, hidrolojik analiz

Abstract: In this study, approaches of Clark's unit hydrograph and Nash based geomorphological instantaneous unit hydrograph were compared by using flow data of Dariören Gauging Station in Arıt sub-basin of Bartın Creek located in Western Black Sea Basin and precipitation data of Ulus Meteorological Observation Station. For this purpose, digital elevation map of the Bartın Creek Basin with a resolution of 10x10 m was created by using ArcGIS with 1/25 000 scaled topographic maps and the basin was modeled taking Dariören as the basin outlet. By using the digital elevation model and the

flow directions of the basin, flow accumulation layer was determined. Drainage network of the basin was created by taking the threshold value of the flow accumulation as 100 cells. Some morphometric parameters such as bifurcation ratio, length ratio and area ratio were calculated using created drainage network to estimate the Nash based geomorphological instantaneous unit hydrograph of the basin. The rainfall-runoff relationship of the basin was examined using the HEC-HMS hydrological model. The effective precipitation in the basin was estimated using the SCS curve number method which takes into account the soil type and land use of the basin. Clark unit hydrograph and user-specified hydrograph methods were selected for transformation from the effective precipitation to runoff. The Clark's unit hydrograph parameters such as the time of concentration and the storage coefficient were calculated by considering some approaches used in the literature. The model results were interpreted by using some statistical indicators and the approach which gave the best results was determined. According to the results, the Nash based geomorphological instantaneous unit hydrograph method was found to give better results than the Clark's unit hydrograph method. Furthermore, curve number, time of concentration and storage coefficient used in the loss model and the Clark method were calibrated using the observed rainfall-runoff data and taking the predicted ones as the initial values. As a result of calibration, it was observed that the Clark method did not significantly improve the direct runoff estimation.

Keywords: Instantaneous unit hydrograph, Clark unit hydrograph, hydrologic analysis

1. Giriş

Havza yönetimi ve akarsular üzerinde inşa edilecek hidrolik yapıların tasarımında akım değerleri kullanılmaktadır. Akım ölçümlerinin varlığında noktasal ya da bölgesel frekans analizleri yapılarak tasarım debisi hesaplanabilmektedir. Ayrıca ölçülen hidrograf ve üniform yağış şiddeti kullanılarak belirli bir havzanın birim hidrografi hesaplanıp farklı sağanak yağış verileri kullanılarak meydana gelen dolaysız akış hidrografi tahmin edilebilmektedir.

Özellikle küçük havzalarda akım ölçümlerinin olmaması durumunda farklı yaklaşımlar kullanılarak akım tahminleri yapılabilmektedir. Akım ölçümü alınan yakın komşu havza ile akım ölçümü alınmayan havza arasında korelasyon kurularak akış tahmini yapılabilmektedir. Ayrıca yağış veya akış ölçümlerinin olmadığı veya kullanımının uygun olmadığı durumlarda Clark, Snyder, SCS vb. sentetik birim hidrograf yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Clark birim hidrografi yöntemi, havzanın şekilsel yapısı ve drenaj özelliklerine bağlı olarak birim zaman aralıklarında akışın toplandığı drenaj alanını dikkate aldığından akışın modellenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [1].

Nash [2] anlık birim hidrograf yaklaşımını giren akımı eşit depolama katsayısına sahip ardışık lineer rezervuarlar aracılığıyla ötelenerek sağlanabileceğini ifade etmiştir. İki parametrelili gamma dağılımını esas alarak anlık birim hidrografi analitik halde sunmuştur. Rodriguez-Iturbe ve Valdes [3] drenaj yapısı, arazi kullanımı, jeolojik yapı ve iklimik özellikler gibi havza karakteristiklerinin neden olduğu morfometrik büyüklükleri dikkate alarak ve anlık birim hidrografi üçgen olarak kabul edip jeomorfolojik anlık birim hidrograf (GIUH) yaklaşımını geliştirmişlerdir. GIUH yaklaşımı dünya genelinde akım ölçümü alınmayan birçok havzada başarıyla uygulanmıştır [4-8]. Ayrıca, farklı olasılık yoğunluk fonksiyonlarını kullanarak GIUH yaklaşımını geliştiren [3, 7, 9-12], sayısal

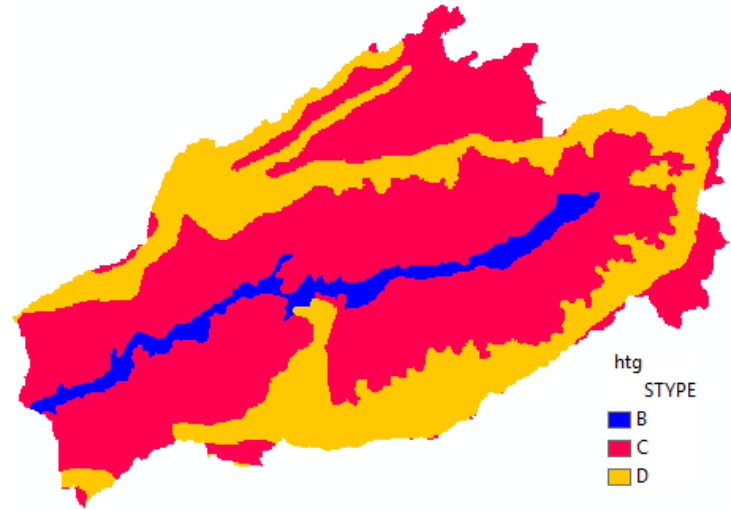
yükseklik modeli çözünürlüklerinin ve hücre boyutlarının GIUH sonuçlarına etkisini inceleyen [5, 8], aynı drenaj alanına ve farklı şekil özelliklerine sahip havzaların GIUH yaklaşımıyla hidrograf özelliklerini inceleyen [13, 14] ve GIUH yaklaşımıyla diğer sentetik yöntemler arasındaki farkı inceleyen farklı çalışmalar mevcuttur [5].

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan Bartın Çayı Havzası'nın bir alt havzasının içerisinde ve akım gözlemleri bulunan bir havzada GIUH yaklaşımı ve Clark birim hidrografi yöntemi kullanılarak geçmişte meydana gelmiş bir sağanak yağışın hidrolojik modellenmesi yapılmıştır. Tahmin edilen hidrograflar istatistikî büyüklükler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca, Clark yönteminde daha iyi sonuç elde edebilmek için sızma ve akış hesabında kullanılan hidrolojik parametreler kalibre edilmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Çalışma Alanı

Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan Bartın Çayı Havzası'nın önemli bir yan kolu olan Arıt Çayı Havzası'nın içerisinde bulunan Darıören Akım Gözlem İstasyonunun (AGİ) çıkış noktası alınarak oluşan havzanın yağış akış ilişkisi incelenmiştir. Havzanın en büyük ve en küçük yükseklikleri sırasıyla 1250 m ve 270 m'dir. Havzanın büyük bir kısmı ormanlık alanlardan oluşmakta olup havza içerisinde mera, çayır ve tarım alanları da yer almaktadır. Zemin tipi ve arazi kullanım özellikleri dikkate alındığında havzanın büyük bir kısmının hidrolojik toprak grubunun C olduğu görülmektedir (Şekil 1). Havzanın ortalama eğri numarası 74.2'dir.



Şekil 1. Darıören AGİ'nin drenaj alanının hidrolojik toprak grubu dağılımı

2.2. Yöntem

1/25000 ölçekli topografik haritalar ArcGIS 10.1'de ArcHydro araç çubuğu kullanılarak havzanın 10x10 m'lik sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturuldu. SYM kullanılarak akım yönleri, akım yönleri de kullanılarak akım toplanma miktarları belirlenmiştir. Akım toplanma miktarlarının eşik değerlerine göre havzanın drenaj ağı belirlenebilir. Bu

çalışmada, havza drenaj ağının başlatılabilmesi için 100 hücre eşik değeri olarak alınmış ve GIUH yaklaşımında havzanın jeomorfolojik karakteristikleri buna göre hesaplanmıştır. Havzanın ortalama eğimi, en uzun akım yolu gibi havza karakteristiklerinin belirlenebilmesi için modeli oluşturulan havza HECGeo-HMS'ye aktarılmıştır. Havza karakteristikleri kullanılarak Clark birim hidrografi yönteminde etkili olan hidrolojik parametreler tahmin edilmiştir. Modellenen havza hidrolojik analizinin yapılabilmesi için HEC-HMS'ye aktarılmıştır. GIUH ve Clark birim hidrografi yöntemleri için ayrı ayrı analizler yapılmış ayrıca sızma modelinde kullanılan eğri numarası ve Clark birim hidrografi yönteminde kullanılan parametreler kalibre edilmiştir.

2.3. Hidrolojik Modelleme

Darıören AGİ çıkış noktası alınarak elde edilen havzanın farklı yöntemlerle hesaplanan yağış-akış ilişkisi HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modelling System) hidrolojik modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. HEC-HMS, yağış-akış ilişkisinin yanı sıra kar erimesi, buharlaşma-terleme, taşkın ötelemesi gibi hidrolojik süreçlerinin tahmininin de yapılabildiği bir yazılımdır. Havzada Temmuz 2002'de Ulus Meteoroloji Gözlem İstasyonu (MGİ) kayıtlarına göre meydana gelmiş sağanak yağış ve Darıören AGİ'de gözlenen akış verileri kullanılarak Nash GIUH ve Clark birim hidrografi yöntemleri karşılaştırılmıştır. Darıören AGİ'de ölçülen toplam akış değerlerine Gustard [15] yöntemi kullanılarak dolaysız akış hidrografi elde edilmiştir. Havzanın sızma modeli SCS (Soil Conservation Service) yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur (Eş. 1 ve Eş. 2).

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (1)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

Eş. 1 ve Eş. 2'de P yağışı, P_e etkili yağışı, S akış başladıktan sonra zeminin potansiyel nemini ve CN eğri numarasını ifade etmektedir.

Clark birim hidrografi yöntemine göre etkili yağıştan akışa dönüşüm toplanma süresi (T_c) ve depolama katsayısı (S_c) parametreleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır. T_c parametresi SCS tarafından önerilen yöntemle S_c parametresi ise Yoo vd. [16] tarafından önerilen denkleme göre hesaplanmıştır (Eş. 3 ve Eş. 4).

$$T_c = \frac{4.31L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1900I^{0.5}} \quad (3)$$

$$S_c = \frac{T_c}{1.46 - 0.0867L^2 / A} \quad (4)$$

Eş. 3 ve Eş. 4'te L en uzun akım yolunu, I havzanın ortalama eğimini ve A havzanın

drenaj alanını ifade etmektedir.

Ayrıca, HEC-HMS modelinde Clark birim hidrografi yönteminde etkili olan parametreler T_c ve S_c ile havzanın sızma modelinde etkili olan CN parametre değerleri hesaplanan değerler başlangıç değeri olarak alınmış ve Nelder Mead yöntemi kullanılarak kalibre edilmiştir.

Nash anlık birim hidrograf yöntemi, Eş. 5'te verildiği gibi iki parametrelili (n ve k) gamma dağılımını esas alan bir yaklaşımdır. Eş. 5'te u_t t zamanında birim hidrografın ordinat değerlerini (1/saat), k havzanın depolama katsayısını, n lineer rezervuar sayısını ve Γ gamma fonksiyonunu ifade etmektedir. Lineer rezervuar sayısı (n) ve rezervuarların depolama katsayısı (k) değerlerinin belirlenebilmesi için Rosso [17] tarafından Eş. 6 ve 7 önerilmiştir. Eş. 5'teki Γ fonksiyonunun çözümü için de Nemes [18] tarafından Eş. 8 önerilmiştir. Eş. 6'da L_Q en büyük mertebeye sahip drenaj ağının uzunluğunu (km), v taşkın sırasında meydana gelen pik hızı (m/sn) ifade etmektedir. Eş. 6 ve Eş. 7'de R_A , R_b ve R_l sırasıyla havza alan oranını, dallanma oranını ve ortalama drenaj uzunluk oranını ifade etmektedir. Eş. 8'de e doğal logaritma sayısını ifade etmektedir.

$$u(t) = \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} \frac{e^{-t/k}}{k\Gamma} \quad (5)$$

$$n = 3.29 \left(\frac{R_b}{R_A}\right)^{0.78} R_l^{0.07} \quad (6)$$

$$k = 0.70 \left(\frac{R_A}{R_b R_l}\right)^{0.48} \frac{L_Q}{v} \quad (7)$$

$$\Gamma = \left(\frac{n}{e}\right)^n \sqrt{\frac{2\pi}{n}} \left(1 + \frac{1}{12n^2 - 0.1}\right)^n \quad (8)$$

Tahmin edilen model sonuçları Nash-Sutcliffe katsayısı (E_{NS}), belirleme katsayısı (R^2), pik debi hatası (PE) ve kütle denge hatası (MBE) gibi istatistiksel büyüklükler kullanılarak değerlendirilmiştir (Eş. 9). E_{NS} katsayısının değeri 0.75'ten büyük olması durumunda model sonuçlarının gerçek değerleri çok iyi tahmin ettiği söylenebilir [19]. Model sonuçları ve gözlenen değerler arasında $-30\% \leq PE \leq +30\%$ ve $-30\% \leq MBE \leq +30\%$ olması durumunda model sonuçları kabul edilebilir olarak değerlendirilmektedir [19, 20].

$$E_{NS} = 1.0 - \frac{\sum (Q_s - Q_o)^2}{\sum (Q_o - Q_{o,av})^2} \quad (9a)$$

$$R^2 = \frac{[\sum (Q_s - Q_{s,av})(Q_o - Q_{obs,av})]^2}{[\sum (Q_s - Q_{s,av})]^2 [\sum (Q_o - Q_{obs,av})]^2} \quad (9b)$$

$$PE = \frac{Q_{sp} - Q_{op}}{Q_{op}} \quad (9c)$$

$$MBE = \frac{Q_{s,av} - Q_{o,av}}{Q_{o,av}} \quad (9d)$$

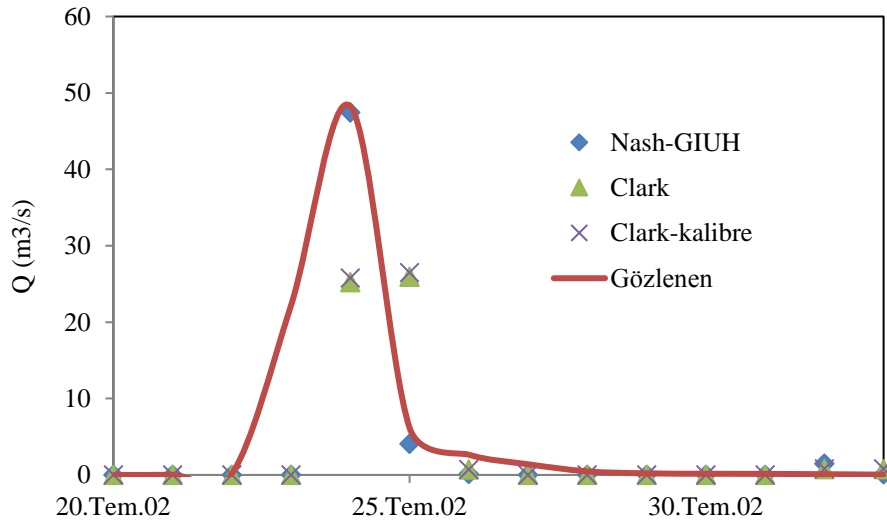
burada $Q_{s,av}$, Q_{sp} , $Q_{o,av}$ ve Q_{op} modellenen (s), gözlenen (o) ortalama (av) ve pik (p) debileri ifade etmektedir.

3. Bulgular

Havzanın Clark birim hidrografi ve Nash anlık birim hidrografi yöntemlerinin hesabında önemli parametreler olan R_A , R_b , R_l , n , k , Γ , T_c , S_c ve CN büyüklüklerinin değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Clark birim hidrografi, Nash anlık birim hidrografi ve kalibre edilen hidrolojik parametrelerle Clark anlık birim hidrografi yaklaşımına göre Darıören AGİ’de hesaplanan dolaysız akış hidrografları Şekil 2’de verilmiştir. Tahminlere göre hesaplanan istatistiki göstergeler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Havza karakteristikleri

R_A	R_b	R_l	n	k	Γ	T_c	S_c	CN
10.48	4.80	2.33	1.90	5.49	0.96	3.37	3.17	74.20



Şekil 2. Darıören AGİ’de gözlenen, Nash-GIUH, Clark yöntemine göre hesaplanan ve Clark yöntemine göre kalibre edilen dolaysız akış hidrografları

Tablo 2. Yöntem sonuçlarına göre istatistiki göstergeler

Yöntem	E_{NS}	R^2	MBE	PE
Nash IUH	0.79	0.81	-35.13	-1.67
Clark	0.40	0.43	-34.86	-46.25
Clark-kalibre	0.41	0.43	-33.46	-45.08

4. Tartışma

Yöntem sonuçlarına göre hesaplanan istatistiki göstergeler incelendiğinde Nash IUH yönteminin hem dolaysız akış hidrografi bakımından hem de pik debi bakımından daha iyi ve gerçekçi sonuçlar verdiği söylenebilir. Clark yönteminin ise makul sonuçlar vermediği görülmüştür. Sızma ve Clark birim hidrografi parametrelerinin kalibre edilmesiyle hesaplanan dolaysız akış hidrografi da istatistiki göstergeleri önemli ölçüde iyileştirememiştir.

5. Sonuç

Bartın Çayı'nın önemli kollarından birisi olan Arıt Çayı Havzası'nın içerisinde akım ölçümü alınan Darıören AGİ'de 2002 yılında meydana gelmiş taşkın Nash jeomorfolojik anlık birim hidrografi ve Clark birim hidrografi yöntemlerine göre ayrı ayrı HEC-HMS modeli yardımıyla modellenmiştir. Model sonuçları bazı istatistiki göstergeler kullanılarak yorumlanmıştır. Buna göre Nash jeomorfolojik anlık birim hidrografi yaklaşımı zahmetli olsa da en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Clark birim hidrografi yöntemi makul sonuçlar vermemiştir. Clark yönteminde etkili olan parametreler ampirik yaklaşımlarla hesaplanmış ve kalibre edildiğinde sonuçların daha ziyade eğri numarasına duyarlı olduğu görülmüştür. Clark birim hidrografi yöntemi hidrolojik parametrelerinin değişmesinin E_{NS} üzerinde etki yaratmadığı görülmüştür.

Teşekkür

Araştırmacılar bu çalışmaya 114M292 no'lu projeye destek verdiği için TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilir.

Kaynaklar

- [1] Usul N, *Engineering Hydrology*, Metu Press, Ankara, 2005.
- [2] Nash JE, "The form of instantaneous unit hydrograph", *International Association of Scientific Hydrology*, vol. 45, pp. 114-121, 1957.
- [3] Rodriguez-Iturbe I., Valdes J, "The geomorphologic structure of hydrologic response", *Water Resources Research*, vol. 15, pp. 1409-1420, 1979.
- [4] Agirre U, Goni M, Lopez JJ, Gimena FN, "Application of a unit hydrograph based on subwatershed division and comparison with Nash's instantaneous unit hydrograph", *Catena*, vol. 64, pp. 321-332, 2005.
- [5] Sahoo B, Chatterjee C, Raghuwanshi NS, Singh R, Kumar R, "Flood estimation by GIUH based Clark and Nash models", *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 11, pp. 515-525, 2006.
- [6] Kumar R, Chatterjee C, Singh RD, Lohani AK, Kumar S, "Runoff estimation for an ungauged catchment using geomorphological instantaneous unit hydrograph (GIUH) models", *Hydrological Processes*, vol. 21, pp. 1829-1840, 2007.
- [7] Hosseini SM, Mahjouri N, Riahi S, "Development of a direct geomorphologic IUH model for daily runoff estimation in ungauged watersheds", *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 21, 05016008, 2016.

- [8] Ghumman AR, Al-Salamah IS, Alsaleem SS, Haider H, "Evaluating the impact of lower resolutions of digital elevation model on rainfall-runoff modeling for ungauged catchments", *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 189, 54, 2017.
- [9] Valdes JB, Fiallo Y, Rodriguez-Iturbe I, "A rainfall runoff analysis of the geomorphologic IUH", *Water Resources Research*, vol. 15, pp. 1421–1434, 1979.
- [10] Jain SK, Singh RD, Seth SM, "Design flood estimation using GIS supported GIUH approach", *Water Resources Management*, vol. 14, pp. 369–376, 2000.
- [11] Quan NH, *Rainfall-runoff modeling in the ungauged Can Le catchment, Saigon river basin*, PhD. Dissertation, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands, 2006.
- [12] Singh SK, „Simple parametric instantaneous unit hydrograph", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 141, 04014066, 2015.
- [13] Ayalew TB, Krajewski WF, "Effect of river network geometry on flood frequency: a tale of two watersheds in Iowa", *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 22, 06017004, 2017.
- [14] Akay H, Baduna Koçyiğit M, "Comparison of Direct Runoff Hydrographs of Two Ungauged Sub-Basins Using Instantaneous Unit Hydrograph Approach", *Journal of Natural Hazards and Environment*, vol. 5, pp. 327-334, 2019.
- [15] Gustard A, Bullock A, Dixon JM, *Low flow estimation in the United Kingdom*, Report No.108, Institute of Hydrology, Oxfordshire, U.K., 1992.
- [16] Yoo C, Lee J, Park C, Jun C, "Method for estimating concentration time and storage coefficient of the Clark model using rainfall-runoff measurements", *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 19, pp. 626-634, 2014.
- [17] Rosso R, "Nash model relation to Horton order ratios", *Water Resources Research*, vol. 20, pp. 914–920, 1984.
- [18] Nemes G, "New asymptotic expansion for the gamma function", *Archiv der Mathematik*, vol. 95, pp. 161-169, 2010.
- [19] Moriasi DN, Arnold JG, Van Liew MW, Bingner RL, Harmel RD, Veith TL, "Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations", *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE)*, vol. 50, pp. 885–900, 2007.
- [20] Joo J, Kjeldsen T, Kim HJ, Lee H, "A comparison of two eventbased flood models (ReFH-rainfall runoff model and HEC-HMS) at two Korean catchments, Bukil and Jeungpyeong", *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 18, pp. 330–343, 2014.

Gökırmak Havzası'nda Morfomerik Parametreler Kullanılarak Ani Taşkın Potansiyelinin Tahmini

Estimation of Flash Flood Potential of Gökırmak Basin Using Morphometric Parameters

Müsteyde Baduna Koçyiğit¹, Hüseyin Akay²

¹ Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 Maltepe Çankaya Ankara, +90 312 5823223 Email:baduna@gazi.edu.tr

² Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 Maltepe Çankaya Ankara, +90 312 5823240 Email:hakay@gazi.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan Gökırmak Havzası 12 adet alt havzaya ayrılmış ve bu alt havzaların geometrik özellikleri, drenaj ağı ile Strahler yaklaşımına göre havza drenaj ağı mertebeleri belirlenmiştir. Böylece, her bir alt havzanın taşkın potansiyelini tetiklediği düşünülen oniki adet morfometrik parametresi hesaplanmıştır. Her bir morfometrik parametreye göre her bir alt havza literatürde bulunan bir yöntemle değerlendirilmiş ve her bir alt havzanın toplam notu belirlenmiştir. Toplam nota göre alt havzalar kendi aralarında ani taşkın potansiyellerine göre önceliklendirilmiştir. En öncelikli 5 alt havzanın yüksek taşkın potansiyeline sahip olduğu ve bunların 2 tanesinin ana kanal üzerinde inşa edilen Kirazlıköprü Barajı'nın drenaj alanında kaldığı görülmüştür. Bu alt havzalara tersip bendinin inşa edilerek sedimentin baraja ve ana kanala gelmeden tuzaklanması tavsiye edilmiştir. Ayrıca, Kirazlıköprü Barajı'nın drenaj alanında yer alan orta ve büyük drenaj alanına ve orta taşkın potansiyeline sahip alt havzalardan gelen taşkını öteleyerek şehir merkezini taşkınlardan korunması bakımından önemli bir yere konumlandığı söylenebilir. Bununla birlikte, şehir merkezine yakın konumda yer alan Arıt Çayı'nın toplandığı havzanın drenaj özellikleri bakımından fazla miktarda debi taşıması nedeniyle bu alt havzada inşa edilecek küçük ölçekli bir sel kapanının taşkın zararlarının azaltılması bakımından yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ani taşkın potansiyeli, Batı Karadeniz Havzası, önceliklendirme

Abstract: In this study, Gökırmak Basin located in the Western Black Sea Region was divided into 12 sub-basins and the geometric characteristics, drainage network and stream orders determined according to the Strahler approach of these sub-basins were calculated. Thus, the twelve morphometric parameters for each sub-basin thought to trigger the flood potential of the sub-basin were calculated. Afterwards, each sub-basin was prioritized according to each morphometric parameter using a method from the literature and the total grade of each sub-basin was determined. Then, it was noted that the top five prioritized sub-basins were considered to have high flood potential, two of which were in the drainage area of the Kirazlıköprü Dam built on the main channel. It was recommended that sediment could be trapped before reaching to the dam and the main canal by constructing sediment storage dam. Furthermore, it can be said that the Kirazlıköprü Dam was located in an important place in terms of protecting the city center from floods by routing the floods from the sub-basins with medium and large drainage basin area and medium flood potential in the drainage area of Kirazlıköprü Dam. Moreover, it is thought that a small scaled flood detention basin to be constructed in the sub-basin that carries a large amount of flow due to its drainage characteristics to the Arıt Creek that is located close to the city center will help in mitigation of flood damages.

Keywords: Flash flood potential, Western Black Sea Basin, prioritization

1. Giriş

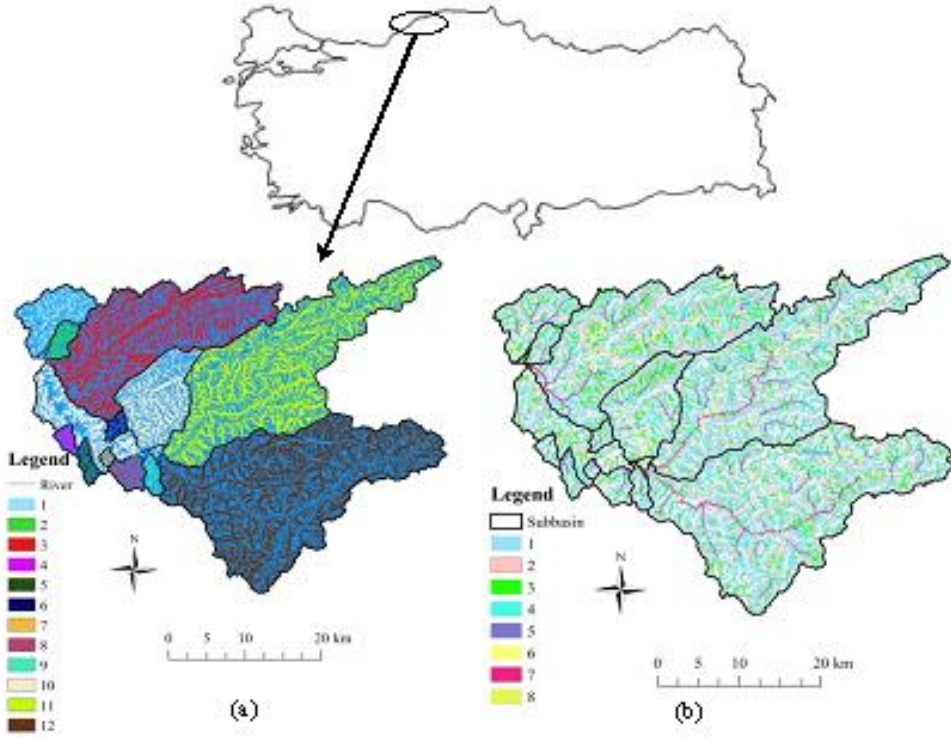
Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de sıcaklıklarda, yağışların şiddetinde ve meydana geldiği mevsimde farklılıklar gözlemlenmektedir. Bu değişimlerin sonucu olarak aşırı yağışlar, taşkınlar, kuraklık, sıcak hava dalgaları ve kasırga gibi aşırı hava ve iklimsel olayların oluş sıklığı ve şiddetinde fark edilir artışlar söz konusu olmaktadır. Sıcaklıklar mevsimsel olarak artış gösterirken yağışlar bazı mevsimlerde azalabilmekte bazılarında ise artabilmektedir [1]. Değişen iklim koşullarıyla birlikte havzada meydana gelen fiziksel veya coğrafik değişimler de taşkın şiddetini ve etkisini önemli derecede artırabilmektedir. Örneğin bir havzada artan nüfus, kentleşme ve endüstriyellemeye paralel olarak tarım ve orman alanlarında da azalma veya yapısal değişimler olabilmektedir. Bu nedenlerle havzadaki arazi kullanımı ve bitki örtüsünde meydana gelebilecek ciddi değişimler yüzeysel akış ile yeraltına sızan su miktarını etkilemektedir. Dolayısıyla, bir havzada yüzeye düşen yağışın şiddeti ve miktarının yanı sıra suyun gerek yeraltı gerekse yüzey hareketini etkileyen havza özellikleri de meydana gelebilecek taşkın felaketlerinde etkili olabilmektedir.

Taşkın riski, taşkın olma olasılığı ile taşkın olması durumunda ortaya çıkan etki ve sonuçların çarpımı şeklinde ifade edilebilir [2]. Bir havzada meydana gelebilecek taşkın riskinin belirlenmesi ile ilgili literatürde çeşitli istatistiksel çalışmalar bulunmaktadır [3]. Taşkın riskinin belirli bir olasılığa göre değerlendirildiği frekans analizlerinden farklı olarak alt havzaların taşkın üretme potansiyellerinin incelendiği çeşitli ampirik yöntemler mevcuttur. Baduna Koçyiğit ve Akay [4] yaptıkları çalışmada Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan bir havzayı onbir adet alt havzaya ayırarak, her bir alt havzaya ait seçilmiş morfometrik değerleri hesaplamışlar ve alt havzaları kendi aralarında taşkın potansiyellerine göre önceliklendirmişlerdir. Çalışmada her bir alt havzanın çıkış noktasında meydana gelebilecek taşkın potansiyelini belirleyebilmek için alt havzaya ait morfometrik değerler çalışılan parametreye göre sınıflandırılmış, taşkın potansiyeli en yüksek alt havzaya 1, en düşük potansiyeli olan alt havzaya ise alt havza sayısı verilerek önceliklendirme yapılmıştır. Daha sonra, her bir alt havzanın her bir morfometrik parametreden aldığı önceliklendirme notları toplanarak alt havzalar kendi aralarında aldıkları notlarla taşkın potansiyeli oluşturma durumlarına göre sıralanmıştır. Böylece önceliklendirme sonuçlarına göre hangi alt havzanın daha yüksek taşkın potansiyeline sahip olduğu ve çıkış noktasını potansiyel taşkın etkisinden koruyabilmek için alınması gereken önlemler hakkında fikir sahibi olunmuştur.

Bu çalışma kapsamında Batı Karadeniz'de bulunan Bartın Çayı'nın büyük kollarından biri olan Gökırmak drenaj alanında morfometrik büyüklükler kullanılarak alt havzaların taşkın potansiyellerine göre önceliklendirilmesi Baduna Koçyiğit ve Akay [4] tarafından uyarlanan yöntem kullanılarak yapılmıştır. 1998 yılı taşkınında Bartın Çayı ve yan kolları olan Gökırmak, Arıt, Kozcağız, Güney ve Ulus Çaylarında taşkınlar meydana gelmiş, Bartın İl Merkezinin %80'i sular altında kalmıştır. Bu nedenlerle havzanın taşkın potansiyelinin belirlenerek gerekli önlemlerin alınması çok önemlidir.

2. Yöntem

Gökırmak Havzası drenaj ağı, 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalar ArcGIS 10.1 yardımıyla 10 m aralıklarla sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur. Daha sonra havzaya ait SYM ve akım yönü kullanılarak akım toplanma miktarları belirlenmiştir. Havzanın drenaj ağının oluşabilmesi için gerekli olan akım toplanma miktarlarının eşik değeri Özdemir ve Bird [5] tarafından 75 olarak belirlenmiş, bu çalışmada ise 100 olarak alınması uygun görülmüştür [6, 7]. Arazi modeli oluşturulan havza HecGeo-HMS'e aktarılmış, drenaj ağının mertebeleri Strahler [8] yaklaşımına göre belirlenmiştir. Drenaj çizgileri ayrıık halde olduğundan aynı hat üzerinde aynı mertebedeki drenaj çizgileri manuel olarak öz nitelik tablosuna işlenmiştir. Gökırmak Havzası'nda ana kanal mertebesi 8 olarak belirlenmiş, bu kanalı oluşturan ve mertebeleri 7 olan yukarı havzalar ile ana kanala bağlanan ve mertebeleri 5, 6 ve 7 olan drenaj ağlarının toplandığı 12 adet alt havza oluşturulmuştur. Şekil 1'de Gökırmak Havzası'ndaki alt havzalar, akarsu ağı ile mertebeleri görülmektedir.



Şekil 1. Gökırmak Havzası (a) alt havzaları, (b) drenaj ağı ve mertebeleri

Literatürde Patel vd. [9] alt havzaların temel geometrik özelliklerini kullanarak belirledikleri morfometrik büyüklükleri kullanarak alt havzaların taşkın potansiyellerini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada Baduna Koçyiğit ve Akay [4] tarafından önerilmiş taşkın potansiyelini tetikleyen morfometrik parametreler ve değerlendirme yöntemi kullanılarak Gökırmak Havzası'nın alt havzaları ani taşkın potansiyellerine göre kendi aralarında önceliklendirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılmış olan morfometrik parametreler ve tanımları Tablo 1'de verilmiştir. Burada Baduna Koçyiğit ve Akay [4] tarafından uygulanan yöntemle göre, havzaların lineer özelliklerinin yanı sıra şekil, alan, relief, drenaj yapısı gibi özellikleri de dikkate alınarak kümülatif bir değerlendirme yapılmıştır. Şekil 2'de çalışmada izlenen işlem adımları şematik olarak verilmiştir.

3. Çalışma Alanı

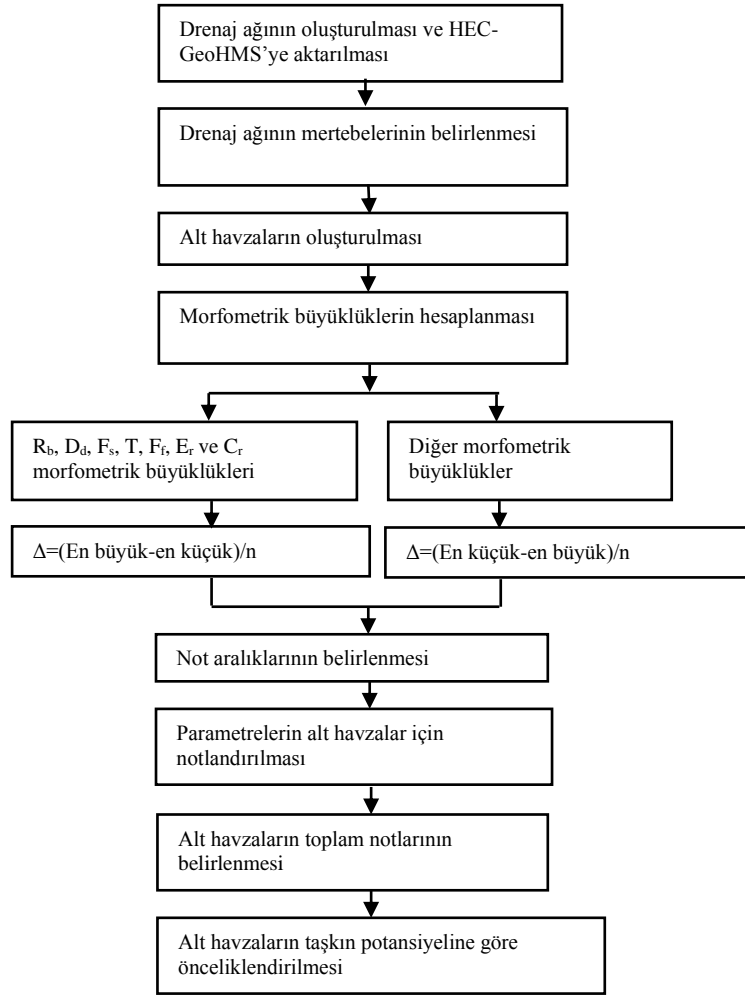
Çalışma kapsamında Batı Karadeniz Havzası sınırları içerisinde yer alan Bartın Çayı'nın yan kollarından birisi olan Gökırmak Havzası, çıkış noktası Bartın III Köprüsü olarak alınmış olup, 443.833-498543 Y ve 4.578.260-4.624.360 X koordinatları arasında (UTM ED50, Zone 36 N) yer almaktadır. Havza, Karabük-Safranbolu ile Bartın Merkez-Ulus ve Amasra ilçelerinden suyu toplamaktadır. 1374.6 km² drenaj alanına sahip havzanın çevresi 348.1 km, en yüksek ve en düşük kotları ise sırasıyla 1600 m ve 5 m'dir. Havzanın ortalama eğimi % 35-40 arasında olup oldukça dik bir eğime sahiptir. Bölgede meydana gelen iklimsel ve arazi kullanımındaki değişimlere paralel olarak Bartın şehir merkezinde her birkaç yılda bir en az bir defa olmak üzere taşkın meydana gelebilmektedir. Taşkın, tarım alanları, otoyollar, köprüler, ticaret alanları ile alt yapıya ciddi miktarda zarar vermektedir.

Tablo 1. Morfometrik parametreler, formülleri ve tanımları [5]

Morfometrik Parametreler	Formül	Birim	Tanım	Referans
Dallanma Oranı (R _b)	N_u/N_{u+1}	-	Herhangi bir mertebedeki akarsu sayısının o meritebe sonrasındaki akarsu sayısına oranıdır	[8]
Drenaj Yoğunluğu (D _d)	$\Sigma L_u/A$	1/km	Birim drenaj alanındaki toplam akarsu uzunluğudur	[10]
Akarsu Sıklığı (F _s)	$\Sigma N_u/A$	1/km ²	Birim drenaj alanındaki toplam akarsu sayısıdır	[10]
Tekstür Oranı (T)	N_1/P	1/km	Birim çevre uzunluğundaki birinci meritebe akarsu uzunluğudur	[11]
Yüzey Akış Uzunluğu (L ₀)	$A/2L_u$	km	Drenaj yoğunluğunun tersinin yarısıdır	[12]
Ro Katsayısı (ρ)	L_{ur}/R_b	km	Akarsu uzunluk oranının dallanma oranına oranıdır	[12]
Biçim Faktörü (F _f)	A/L^2	-	Havza drenaj alanının havza uzunluğunun karesine oranıdır	[12]
Şekil Faktörü (S _f)	L^2/A	-	Havza uzunluğunun karesinin havza drenaj alanına oranıdır	[12]
Uzunluk Oranı (E _r)	$1.128A^{0.5}/L$	-	Havza ile aynı drenaj alanına sahip dairenin çapının havzanın uzunluğuna oranıdır	[11]
Sıklık Katsayısı (C _c)	$0.282P/A^{0.5}$	-	Havzanın çevresinin havzanın drenaj alanı ile aynı alana sahip dairenin çevresine oranıdır	[9]
Dairesellik Oranı (C _r)	$12.566A/P^2$	-	Havzanın alanının havzanın çevresi ile aynı çevreye dairenin alanına oranıdır	[9]
Genişlik Uzunluk Oranı (WL _r)	W/L	-	Havzanın genişliğinin uzunluğuna oranıdır	[14]

Havzada 1998 yılında meydana gelen taşkın sonucunda 3201 adet konut, 12 adet eğitim tesisi, 608 hektar tarım arazisi zarar görmüş, çok sayıda büyük ve küçükbaş hayvan telef olmuştur [15]. Taşkınlar nedeniyle yaşanan sorunlar nedeniyle Devlet Su İşleri (DSİ) Gökırmak Havzası sınırları içerisinde Bartın Çayı üzerinde Kirazlıköprü Barajı'nı inşa ederek şehir merkezinde meydana gelecek taşkın etkisinin azaltılmasını hedeflemiştir. Gökırmak Havzası sınırları içerisinde Ovacuma Çayı üzerinde Orsa I HES bulunmaktadır. Ayrıca havzada Bayıryüzü, Darıören ve Kocairmak Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda akarsu köprülerinin hasar görme ya da yıkılma nedenlerinin başında taşkınların köprü ayakları etrafında meydana getirdikleri aşırı

oyulmaların neden olduğu görülmüştür [16-18].



Şekil 2. Alt havzaların taşkın potansiyelinin değerlendirilmesinde uygulanan akış seması

4. Bulgular ve Tartışma

Gökırmak Havzası'na ait alt havzalar için Tablo 1'de verilen morfometrik parametrelerin değerleri hesaplanmış ve Tablo 2'de verilmiştir. Çalışmada havzanın taşkın potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmak üzere seçilmiş olan morfometrik parametreler havzanın taşkın potansiyeline etkisine göre iki ana gruba ayrılmıştır. R_b , D_d , F_s , T , F_f , E_r ve C_r parametreleri, taşkın potansiyeli ile doğru orantılı olup bu parametrelerin değerlerinin artmasıyla taşkın potansiyeli de artmaktadır.

İkinci grupta yer olan L_o , ρ , S_f , C_c ve W_{L_r} parametreleri ise taşkın potansiyeli ile ters orantılı olan parametrelerdir. Yani bu gruptaki parametre değerleri büyüdükçe taşkın potansiyeli de ters orantılı olarak azalmaktadır [6]. Çalışmada kabul edilen yaklaşıma göre her bir parametrenin değerlendirilmesinde en yüksek ani taşkın potansiyeli için 1, en düşük taşkın potansiyeli için ise alt havza sayısı olan 12 notu verilmiştir. Parametre değeri arttıkça taşkın potansiyeli de artan parametreler için taşkın potansiyel aralık değerleri Gökırmak Havzası için $\Delta=(\text{En küçük değer}-\text{en büyük değer})/12$ artırım aralığıyla, azalan parametreler için

Δ =(En büyük değer–en küçük değer)/12 artırım aralığıyla belirlenmiştir. Örneğin, potansiyeli değeri ile artan parametreler için en büyük morfometrik değer ile (En büyük – Δ) morfometrik değerleri arasında alt havza 1 notunu alırken, morfometrik değer (En büyük – 6Δ) ile (En büyük – 7Δ) arasında olması halinde, alt havza 7 notunu almıştır. Bu yöntemle göre birden fazla havza aynı notlandırmayı alabilirken, bazı sıralama değerleri de hiçbir havzaya verilmeyebilir. Her alt havzanın her bir morfometrik parametreden aldığı notlar toplanmış ve o alt havzaya ait toplam bir not elde edilmiştir. Bu toplam not büyüdükçe o alt havzanın taşkın potansiyeli o kadar küçük olmakta, toplam değeri küçüldükçe de taşkın potansiyeli artmaktadır. Böylece her bir alt havza aldığı toplam nota göre değerlendirilerek, alt havzalar kendi aralarında taşkın potansiyellerine göre önceliklendirilmiş olmaktadır. Ancak çalışmada uygulanan söz konusu ampirik yöntemin sadece belirli bir havza içerisindeki alt havzaların birbirlerine göre önceliklendirmelerini sağladığı, yani göreceli sonuç verdiği unutulmamalıdır [19]. Tablo 3’te alt havzaların her bir morfometrik parametreden aldığı değerleri, toplam notları ile öncelik sıraları görülmektedir. Alt havzaların kendi aralarında önceliklendirilmesi, taşkın potansiyeli haritalama çalışmalarına ve taşkına karşı alınabilecek önlemlerin de önceliklendirilmesi anlamına gelmektedir. Ancak Baduna Koçyiğit ve Akay [4] tarafından uygulanmış olan bu yöntemin dezavantajı aynı önceliklendirme notuna sahip alt havzaların da olabilmesidir.

Tablo 2. Gökırmak Havzası alt havzalarına ait morfometrik parametre değerleri

Alt havza	Morfometrik parametreler											
	R _b	D _d	F _s	T	L _o	ρ	F _f	S _f	E _r	C _c	C _r	WL _r
1	4.58	6.11	32.29	26.06	0.082	0.51	0.24	4.10	0.56	1.96	0.26	0.31
2	4.50	6.56	33.44	16.17	0.076	0.48	0.21	4.67	0.52	1.70	0.34	0.30
3	4.74	7.13	31.86	50.49	0.070	0.46	0.14	7.09	0.42	2.35	0.18	0.20
4	4.47	6.27	34.68	12.12	0.080	0.38	0.24	4.14	0.55	1.74	0.33	0.28
5	5.10	5.84	34.27	12.41	0.086	0.39	0.15	6.72	0.44	1.97	0.26	0.18
6	4.21	5.34	28.38	9.39	0.094	0.46	0.21	4.75	0.52	1.79	0.31	0.26
7	4.57	5.67	37.11	9.28	0.088	0.45	0.29	3.46	0.61	1.60	0.39	0.36
8	4.84	5.58	30.88	17.02	0.090	0.44	0.31	3.23	0.63	1.64	0.37	0.61
9	4.98	6.16	29.74	11.61	0.081	0.48	0.17	5.96	0.46	1.90	0.28	0.21
10	4.41	6.14	30.99	37.53	0.081	0.47	0.18	5.71	0.47	1.74	0.33	0.25
11	4.64	6.91	33.59	56.72	0.072	0.42	0.12	8.06	0.40	2.51	0.16	0.15
12	4.73	6.62	32.90	69.72	0.075	0.43	0.15	6.62	0.44	2.20	0.21	0.53
Gökırmak	4.71	6.80	32.80	102.04	0.074	0.42	0.20	4.93	0.51	2.65	0.14	0.31

Tablo 3. Gökırmak Havzası alt havzalarına ait morfometrik parametrelerin notlandırılması

Alt havza	Morfometrik parametreler												Toplam	Öncelik
	R _b	D _d	F _s	T	L _o	ρ	F _f	S _f	E _r	C _c	C _r	WL _r		
1	7	7	7	9	6	12	5	3	4	5	7	5	77	6
2	9	4	6	11	4	9	7	4	6	2	3	4	69	5
3	5	1	8	4	1	8	11	10	11	10	11	2	82	10
4	9	6	4	12	5	1	5	3	4	2	4	4	59	1
5	1	9	4	12	8	1	11	9	11	5	7	1	79	7
6	12	12	12	12	12	8	7	4	6	3	5	3	96	12
7	8	10	1	12	10	7	2	1	2	1	1	6	61	2
8	4	11	9	11	10	6	1	1	1	1	2	12	69	3
9	2	7	11	12	6	10	10	7	9	5	6	2	69	4
10	10	7	9	7	6	8	9	7	9	2	4	3	81	8
11	7	2	5	3	2	4	12	12	12	12	12	1	84	11
12	5	4	6	1	3	5	11	9	10	8	10	10	82	9

Havzanın genel olarak küçük ve büyük drenaj alanına sahip alt havzalardan oluştuğu görülmektedir. Ani taşkın potansiyeli bakımından en fazla önceliğe sahip ilk 5 alt havzanın drenaj alanları küçüktür. Büyük drenaj alanına sahip alt havzalarda genel olarak drenaj yapısı baskınken küçük drenaj alanına sahip alt havzalarda havza şeklinin baskın olduğu görülmüştür. En öncelikli küçük drenaj alanına sahip alt havzalardan ana kola taşınan sedimentin kontrol edilebilmesi bakımından tersip bentlerinin alt havzalara göre öncelik sırası 4, 7, 8, 9 ve 2 no'lu alt havzalar olacak şekilde inşa edilmesi önerilmektedir. DSİ tarafından inşa edilen Kirazlıköprü Barajı Gökırmak Havzası'nın 8, 9, 10, 11 ve 12 no'lu alt havzalarından gelen suyu depoladığı görülmektedir. 11 ve 12 no'lu alt havzalar büyük, 10 no'lu alt havza orta, 8 ve 9 no'lu alt havzalar küçük drenaj alanına sahiptir. Önerilen tersip bendi 8 ve 9 no'lu alt havzaların baraj rezervuarına gelebilecek sedimentin tuzaklanmasına da katkı sağlayacaktır. Büyük alt havzalar ani taşkın potansiyellerine göre incelendiğinde baraj drenaj alanında kalan 10 ve 12 no'lu alt havzaların orta ve büyük drenaj alanlı alt havzalar arasında en fazla önceliğe sahip olduğu görülmektedir. Havzanın drenaj alanının büyümesiyle de alt havza çıkışlarında fazla miktarda debiyi ana kanala aktaracağından taşıyacağı sediment te fazla olmaktadır. Bu nedenle bu alt havzaların yukarı kısımlarında taşkın tahkimat yapılarının yapılması Bartın şehir merkezinde meydana gelebilecek taşkın zararlarının azaltılmasında ve Kirazlıköprü Barajı'nın ekonomik ömrünün beklenen zamanda gerçekleşmesine de katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, drenaj özelliklerinin baskın olduğu alt havza 3'ün toplandığı Arıt Çayı'nda meydana gelen taşkın olayları Bartın şehir merkezine yakın olması nedeniyle Bartın şehir merkezini etkileyebilmektedir. Bu nedenle alt havza 3'e küçük ölçekli sel kapını ya da taşkın tahkimat yapısının yapılması taşkın risklerinin azaltılması bakımından faydalı olacaktır.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada ampirik bir yaklaşım kullanılarak bir havzaya ait alt havzaların ani taşkın potansiyelini ifade etmek için seçilmiş olan morfometrik parametre değerlerinden yararlanılarak alt havzalar kendi aralarında göreceli olarak sıralanmışlardır. Çalışma kapsamında Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Gökırmak Havzası on iki alt havzaya ayrılarak bu alt havzaların taşkın sırasında davranışlarının ve potansiyellerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Genel olarak küçük drenaj alanına sahip alt havzalarda havzaların şekil özellikleri, büyük drenaj alanlı alt havzalarda drenaj yapısının etkili olduğu görülmüş ve küçük drenaj alanlı alt havzalar daha öncelikli olarak tahmin edilmiştir. Ani taşkın potansiyeli bakımından öncelikli küçük drenaj alanlı alt havzalara tersip bendi inşa edilerek baraj rezervuarı ve ana kanalın yan kollardan taşınan sedimentten korunması tavsiye edilmektedir. Büyük drenaj alanına sahip alt havzalar kendi aralarında önceliklendirildiğinde taşıdığı debinin ve sedimentin fazla olması nedeniyle Kirazlıköprü Barajının taşkını önemli ölçüde öteleyebileceği fakat Bartın şehir merkezine yakın 3 no'lu alt havzada taşkın kontrol yapısının inşa edilmesiyle şehir merkezinde taşkın zararlarının azaltılması mümkün olabilecektir.

Teşekkür

Araştırmacılar bu çalışmaya 114M292 no'lu projeye destek verdiği için TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilir.

Kaynaklar

- [1] Özdemir H., “Havza morfometrisi ve taşkınlar, Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel”, *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, pp. 457–474, 2011.
- [2] Kron W., “Keynote lecture: flood risk=hazardxexposurexvulnerability”, *Second International Symposium on Flood Defence*, Beijing, Çin, pp. 82–97, 10–13 Eylül, 2002.
- [3] Şarлак N., Tiğrek Ş., “Flood frequency analysis: Case study of Göksu River and Kayraktepe Dam”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol.31 (4), pp. 1095–1103, 2016.
- [4] Baduna Koçyiğit M., Akay H., “Morfometrik parametreler yardımıyla havzada muhtemel taşkın riskinin tahmin edilmesi: Akçay Havzası örneği”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 33(4), pp. 1321-1332, 2018.
- [5] Özdemir H., Bird D., “Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods”, *Environ. Geol.*, vol.56 (7), pp. 1405–1415, 2009.
- [6] Youssef A.M., Pradhan B., Hassan A.M., “Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery”, *Environ. Earth Sci.*, vol.62 (3), pp. 611–623, 2011.
- [7] Gabr S., El Bastawesy M., “Estimating the flash flood quantitative parameters affecting the oil-fields infrastructures in Ras Sudr, Sinai, Egypt, during the January 2010 event”, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, vol.18 (2), pp. 137–149, 2015.
- [8] Strahler A.N., “Quantitative analysis of watershed geomorphology”, *Trans. Am. Geophys. Union*, vol.38, pp. 913–920, 1957.
- [9] Patel D.P., Gajjar C.A., Srivastava P.K., “Prioritization of Malesari mini-watersheds through morphometric analysis: a remote sensing and GIS perspective”, *Environ. Earth Sci.*, vol. 69 (8), pp. 2643–2656, 2013.
- [10] Horton R.E., “Drainage basin characteristics”, *Trans. Am. Geophys. Union*, vol.13, pp. 350–361, 1932.
- [11] Schumm S.A., “The evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Preth Amboy, New Jersey”, *Geology Society of America Bulletin*, vol. 67, pp. 597–646, 1956.
- [12] Horton R., “Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology”, *Geology Society of America Bulletin*, vol. 56, pp. 275–370, 1945.
- [13] Hudson P.F., Colditz R.R., “Flood delineation in a large and complex alluvial valley, lower Panuco basin, Mexico”, *J. Hydrol.*, vol. 280, pp. 229–245, 2003.
- [14] Al-Saif H., “Assessing flood vulnerability of Wadi Hanifa Basin and surrounding area, Central Saudi Arabia”, *Journal of Environmental Hydrology*, vol. 18, pp. 1–12, 2010.
- [15] Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın Riski ön değerlendirmesi taslak raporu, AB Eşleştirme Projesi “Taşkın Direktifinin Uygulanması için Kapasitenin Geliştirilmesi” TR 10 IB EN 01, 2013.
- [16] Yanmaz A.M., Apaydin M., “Bridge scour risk assessment and countermeasure design”, *J. Perform. Constr. Facil.*, vol. 26 (4), pp. 499–506, 2012.
- [17] Akay H., Baduna Koçyiğit M., “Akarsu Köprülerinde Gözle Muayene ve Güvenlik Değerlendirme Çalışmaları”, *4. Su Yapıları Sempozyumu*, Antalya, pp. 205–214, 19–21 Kasım, 2015.

- [18] Baduna Koçyiğit M., Akay H., Yanmaz A.M., “Flooding and its effects on river bridges in Western Black Sea Region”, *Disaster Science and Engineering*, vol. 2 (1), pp. 29–35, 2016.
- [19] Magesh N.S., Chandrasekar N., Soundranayagam J.P., “Morphometric evaluation of Papanasam and Manimuthar watersheds, parts of Western Ghats, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India: a GIS approach”, *Environ. Earth Sci.*, vol. 64 (2), pp. 373–381, 2011.

Savak Tipi Akım Durumunda Verevli Köprülerde Taban Oyulmalarının Deneysel İncelenmesi

Experimental Investigation of Bed Scour Beneath A Skewed Bridge Under Weir Type of Flow Condition

Müsteyde Baduna Koçyiğit¹, Hüseyin Akay²

¹ Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 Maltepe Çankaya Ankara, +90 312 5823223 baduna@gazi.edu.tr

² Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 Maltepe Çankaya Ankara, +90 312 5823240 hakay@gazi.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, orta ayağı olmayan, tabliye ile kanal akımı arasında 15°'lik verevlik açısı bulunan bir köprü modeli altında akarsu su seviyesinin yükselerek köprü tabliyesini aştığı ve köprü'nün bir savak gibi davrandığı savak tipi akım durumunda temiz su oyulması halinde meydana gelen oyulma çukuru derinliği ve şekli bir dizi deneyle incelenmiştir. Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik laboratuvarında yapılan deney çalışmada farklı yaklaşım akım derinliği, debi ve giriş yüksekliklerinde deneyler yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre yaklaşım akım derinliğinin artmasıyla tabliye üzerinden savaklanan suyun yüksekliği ve debisi artmış ve tabliye altından geçen debi azalmıştır. Böylece tabliye altındaki akım hızı ve taban kayma gerilmesi küçülerek tabanda daha az katı madde taşınımı olmasına neden olmuştur. Giriş yüksekliğinin artması durumunda da tabliye oyulma çukuru derinliğinin arttığı görülmüştür. Bunlarla birlikte verevlik açısının oyulma çukuru şeklini de önemli şekilde etkilediği, bu durumun da özellikle orta ayağı olan akarsu köprülerinde büyük önem arz edeceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akarsu köprüleri, verevlik açısı, savak tipi akım, maksimum oyulma çukuru derinliği

Abstract: In this study, the depth and shape of the scour hole formed under the deck of a bridge model without a pier and with a skewness angle of 15° between the deck and the channel flow was examined by a series of experiments under weir type of flow and clear water conditions where the water level rises and flows over the bridge deck and thus the bridge deck acts as a weir. The laboratory work was conducted in the Hydraulic Laboratory of Gazi University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department and the experiments were performed at different approach flow depths, discharges and girder heights. According to the experimental results, as the approach flow depth increased, the discharge and the depth of the flow overflowing the bridge deck increased and the discharge passing under the bridge deck decreased. Thus, the mean flow velocity passing under the deck and the bed shear stress also decreased, resulting in reduced amount of scouring in the bed. It was also noted that as the girder height increased, the depth of scour hole also increased. Furthermore, it was seen that the skewness angle significantly affected the shape of the scour hole and this situation is of great importance especially for river bridges with piers.

Keywords: River bridges, skewness angle, weir type of flow, maximum scour hole depth

1. Giriş

Küresel ısınma ve iklim değışikliklerine paralel olarak dünyada ve ülkemizde yaşanan taşkınların sayısında ve şiddetinde hissedilir farklılıklar gözlemlenmektedir. Taşkınların neden olduğu felaketin bir boyutu da akarsuların üzerinde bulunan akarsu köprülerini kapsamalarıdır. Her yıl Türkiye’de birkaç akarsu köprüsü taşkın sırasında yıkılmakta veya hasar görmektedir [1,2]. Örneğin 2012’de Sinop’ta taşkın suyunun Güzelceçay Köprüsü üzerinden aşması ile köprü orta ve kenar ayaklarındaki oyulmalar artmış ve köprü kenar ayaktaki oyulma nedeniyle yıkılmıştır [3]. Benzer şekilde yine 2012’de Manavgat’ta Dolbazlar Köprüsü, Temmuz 2013’te Sinop Ayancık-Erfelek’te Gebelit Köprüsü, Temmuz 2016’da ise Ordu’da Akçaova Köprüsü yıkılmıştır [4,5]. Bu durum hem en ihtiyaç duyulan zamanda yerel ulaşımın sağlanmasını, acil yardımın bölgeye ulaşmasını engellemekte hem de ciddi mal kayıplarının yanı sıra can kayıplarına da yol açabilmektedir. Taşkın sırasında akarsu köprülerinde yaşanan ve köprünün yıkılmasına yol açan erkenlerin başında köprü kenar ve özellikle orta ayaklarında meydana gelen aşırı oyulmalardır. Dolayısıyla yaşanan problemlerin aşgariye indirgenmesi için öncelikle özellikle taşkın sırasında akarsu köprülerinde meydana gelen hidrolik olayların incelenmesi, akarsu yatağındaki akım ve katı madde hareketinin köprü güvenilirliği açısından değerlendirilmesi yeni yaklaşımların ve dizayn kriterlerinin geliştirilmesi açısından çok önemlidir. Tüm bu parametrelerin yanı sıra köprü tabliye ve ayaklarının akarsuyu dik kesmediği yani bunların aksı ile akım yönü arasında verevlik açısının bulunması durumunda akarsu köprülerinin dik kesen köprülere kıyasla daha fazla oyulmaya maruz kaldığı görülmüştür [1]. Bu nedenlerle taşkın durumunda yani akarsu debi ve su seviyesinin arttığı hallerde tabanda meydana gelen katı madde taşınımının incelenmesi gerekmektedir.

Literatürde akarsu köprü ayakları etrafındaki oyulma çukurunun tahmin edilebilmesi için çok sayıda deneysel çalışma yapılmış ve maksimum oyulma çukuru derinliğinin tahmin edilebilmesi için birçok ampirik bağıntı geliştirilmiştir. Ancak bu çalışmaların neredeyse tamamı serbest akım durumunda yapılmıştır. Basıncılı veya savak tipi akım şartlarında gerçekleştirmiş çalışmalar sınırlı olup, bunlar arasında Umbrell vd [6], Arneson ve Abt [7], Verma vd. [8], Guo vd. [9], Shen vd. [10], Melville [11] ve Baduna Koçyiğit ve Karakurt [12] sayılabilir. Ancak bu çalışmaların tümünde köprü tabliyesi akıma dik yerleştirilmiştir. Literatürde verevlik açısının etkisi ile ilgili yapılmış çalışmalarda ise serbest akım durumunda akımla verevlik açısı olan köprü ayaklarının etrafında oluşan oyulma çukuru incelenmiş, köprü ayak şekli, boyutu, tekil veya grup olmaları gibi özelliklerin çukura etkisi araştırılmıştır [13 – 20].

Bu çalışmada taşkın anında karşılaşılabilecek, akarsu su seviyesinin yükselerek suyun hem köprünün altından aktığı hem de üzerinden savaklandığı savak tipi akım olması halinde sadece düşey yönde akım kesitinde meydana gelen daralma nedeniyle tabliye altında tabanda meydana gelen oyulma çukurunun incelenmesi için bir dizi deney yapılmıştır. Deneylerde farklı debi, yaklaşım akım derinliği ve giriş yükseklikleri kullanılarak bu parametrelerin oyulma çukuru üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Taşkın sırasında olabilecek basınçlı ve savak tipi akım koşullarında, köprü tabliyesi altında tabanda meydana gelecek katı madde taşınımında etkili olan parametrelerin belirlenebilmesi için boyut analizi yapılmıştır [1]:

$$\frac{y_s}{H_b} = f \left(R_b, F_b, \frac{y_a}{H_b}, \frac{V_a}{V_b}, \frac{u_*}{V_b}, \frac{D_{50}}{H_b}, \frac{w_s}{H_b}, \frac{b}{H_b}, K_\alpha \right) \quad (1)$$

Burada y_s =maksimum oyulma çukuru derinliği (m), H_b =kirişin en alt seviyesi ile bozulmamış taban seviyesi arasındaki mesafe (m), y_a =yaklaşım akım derinliği (m); V_a = ortalama yaklaşım akım hızı, V_b = tabliye kirişi altındaki ortalama akım hızı, b =kiriş yüksekliğini (m); R_b köprü tabliyesi altındaki akımın Reynolds sayısı, F_b köprü tabliyesi altındaki akımın Froude sayısı, u_* =taban kayma gerilmesi hızı, D_{50} = tane medyan çapı, w_s = d tabliye üzerinden savaklanan su yüksekliği ve K_α = yaklaşım akımıyla köprü aksı arasındaki verevlik açısının etki faktörüdür. Çalışmada tek bir açı için deneyler yapıldığından dolayı bu katsayı sabit olarak alınmıştır.

Yapılan bazı kabuller ve basitleştirmelerden sonra bağıntının son hali Eş.2'deki gibidir.

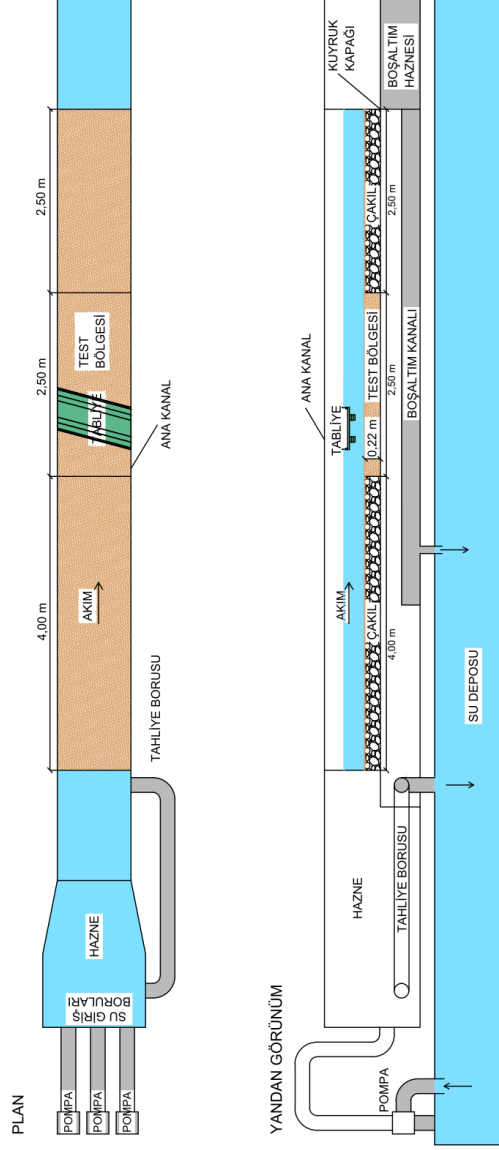
$$\frac{y_s}{H_b} = f_4 \left(Fr_b, \frac{y_a}{H_b}, \frac{w_s}{H_b}, \frac{b}{H_b}, K_\alpha \right) \quad (2)$$

3. Deney Düzenegi ve Prosedürü

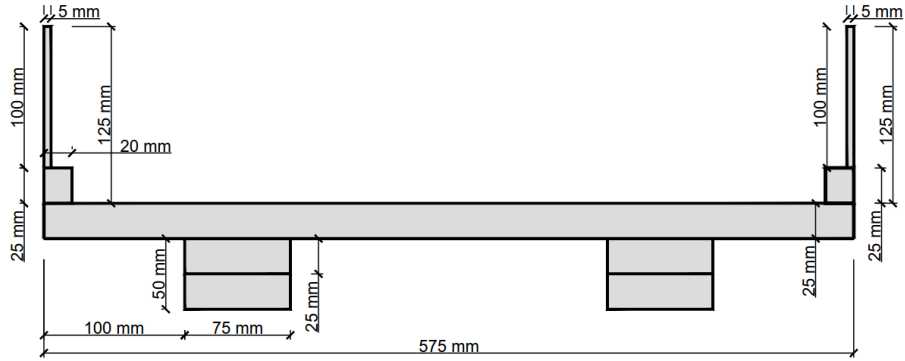
Çalışma kapsamındaki deneyler Şekil 1'de plan ve yan görünümü verilmiş, Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında pleksiglas tabanlı ve her iki yan duvarları temperli camdan yapılmış, 1 m genişliğinde, 1 m yüksekliğinde ve 10 m uzunluğunda dikdörtgen kesitli bir kanalda gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'te deneylerde kullanılan ve akım alanına 15°lik verevlik açısı ile yerleştirilen köprü tabliye modeli planı, Şekil 3'te ise tabliye modeli görünümü verilmiştir. Tabliye modelinde iki adet giriş olup, bunların yükseklikleri deneylerde 5 cm ve 7.5 cm olarak alınmıştır (Şekil 2). Deneylerde taban malzemesi olarak ortalama dane çapı (D_{50}) 0.0011 m, uniformluk katsayısı $C_u=2.170$, derecelendirme sayısı $C_c=1.133$ ve geometrik standart sapma $\sigma_g=1.273$ olan malzeme kullanılmıştır. Köprü tabliye modeli bozulmamış taban seviyesinden 20 cm yüksekliğe ince kızak parçası camlara silikonla tutturulmak suretiyle monte edilmiştir. Böylece model deney öncesinde kanala yerleştirilmiş ve deney sonunda kanaldan alınarak ölçüm yapılmasına olanak sağlanmıştır. Deneyler 70 lt/sn, 80 lt/sn ve 90 lt/sn olmak üzere üç farklı debi için gerçekleştirilmiştir. 70 lt/sn'lik debi için yaklaşım akım derinliği 0.275 ile 0.325 m, 80 lt/sn'lik debi için 0.275 ile 0.325 m ve 90 lt/sn'lik debi için 0.30 ile 0.325 m olmak üzere farklı yaklaşım akım derinliklerinde (y_a) çalışılarak savak tipi akım elde edilmiştir. Şekil 2'den de görüldüğü üzere yaklaşım akım derinliği (y_a) 20 – 25 cm arasında iken basınçlı akım elde edilmekte, yaklaşım akım derinliğinin 25 cm'i aşması halinde ise akım köprü tabliye modeli üzerinden savaklanmaya başlamaktadır.

Taban ölçümleri Leica DISTO D810 Lazermetre ile test bölgesinde belirlenmiş ölçüm ağı gözü köşe noktalarında deney öncesi ve sonrası olmak üzere iki defa yapılmış ve bu iki ölçüm değerinin farkı alınarak tabanda oluşan erozyon veya birikme yükseklikleri tespit

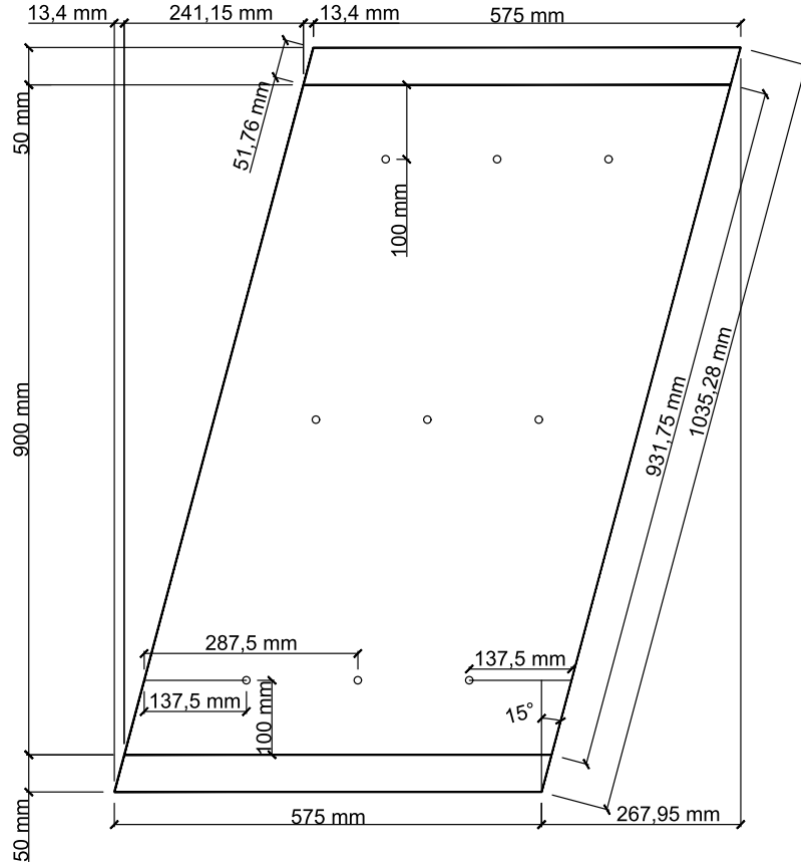
edilebilmiştir. Ölçüm yapılan ağ köşe noktaları köprü tabliyesinin memba ve mansaptaki en uç iki noktası arasında 5'er cm'lik kare gözlerde, test bölgesindeki diğer ağ köşe noktaları ise 10'ar cm'lik kare gözlerde yerleştirilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneğinin plan ve yandan görünümü



Şekil 2. 50 mm kiriş yüksekliğindeki tabliye modeli



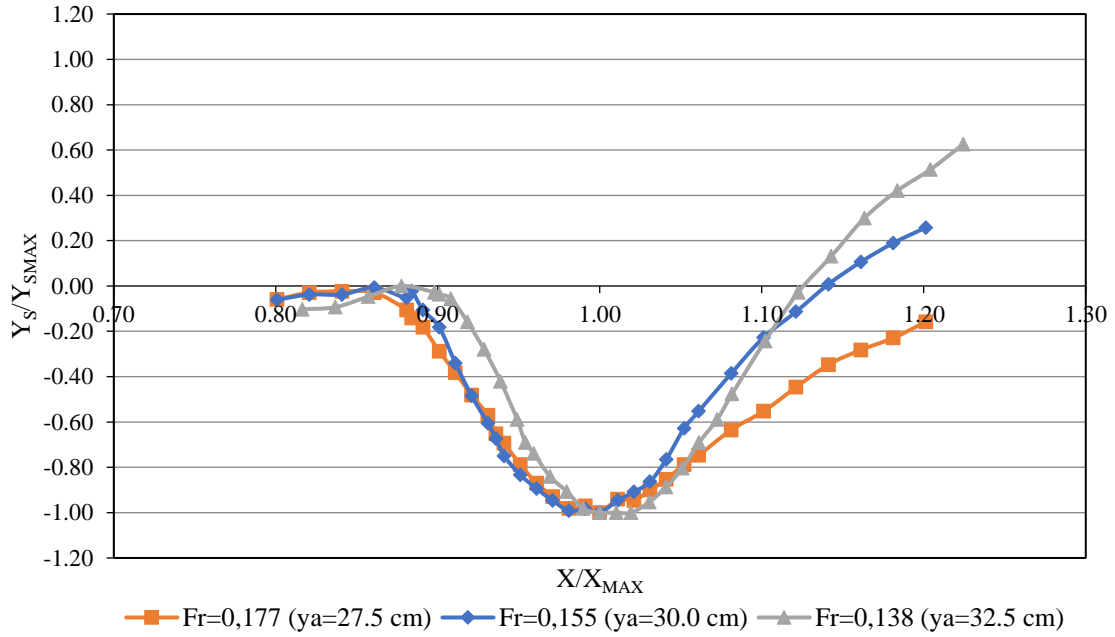
Şekil 3. Tabliye modeli plan görünümü

Her deney başlangıcında test bölgesindeki sediment karıştırılarak yüzey düzeltilmiş ve belirlenen ağ gözü köşe noktalarında lazermetreyle taban ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra çok yavaş bir şekilde kanala su verilmiş, istenen debi değeri ve kanal sonundaki kapak yardımıyla kanal içerisindeki akım derinliği ayarlanmıştır. Son olarak yavaş bir şekilde köprü tabliyesi yerine yerleştirilerek deney başlatılmıştır. Deney süresi 8 saat olarak belirlenmiş ve bu sürenin sonunda pompalar kapatılarak deneye son verilmiş ve suyun tabanda herhangi bir harekete neden olmayacak şekilde kanaldan çok yavaş olarak tahliye olması sağlanmıştır. Su tamamen boşaltıldıktan sonra köprü tabliye modeli yavaşça çıkarılmış ve yine aynı ağ köşe noktalarında lazermetreyle taban okumaları yapılmıştır. Böylece iki okuma arasındaki farkın alınmasıyla deney süresince tabanda meydana gelen katı madde taşınımı tespit edilmiş olmaktadır.

4. Deney Sonuçları ve Tartışma

Farklı yaklaşım akım derinliklerinde elde edilmiş sonuçlar incelendiğinde y_a değerinin artmasıyla tabliye üzerinden savaklanan akım derinliği ile savak yükünün arttığı ancak maksimum oyulma çukuru derinliğinin azaldığı görülmüştür. Bu durum, artan savak yükü ile tabliye üzerinden aşan debinin arttığını, dolayısıyla tabliye altından geçen debinin azaldığını göstermiştir. Aynı debi değerinde yaklaşım akım derinliğinin artmasıyla Fr sayısı yani ortalama akım hızı küçülmüş ve bunun neticesinde maksimum oyulma çukuru derinliği azalmıştır. Şekil 4'te 80 lt/sn'lik debi durumunda üç farklı yaklaşım akım derinliğinde elde edilmiş boyutsuzlaştırılmış oyulma çukuru profilleri verilmiştir. Şekilden

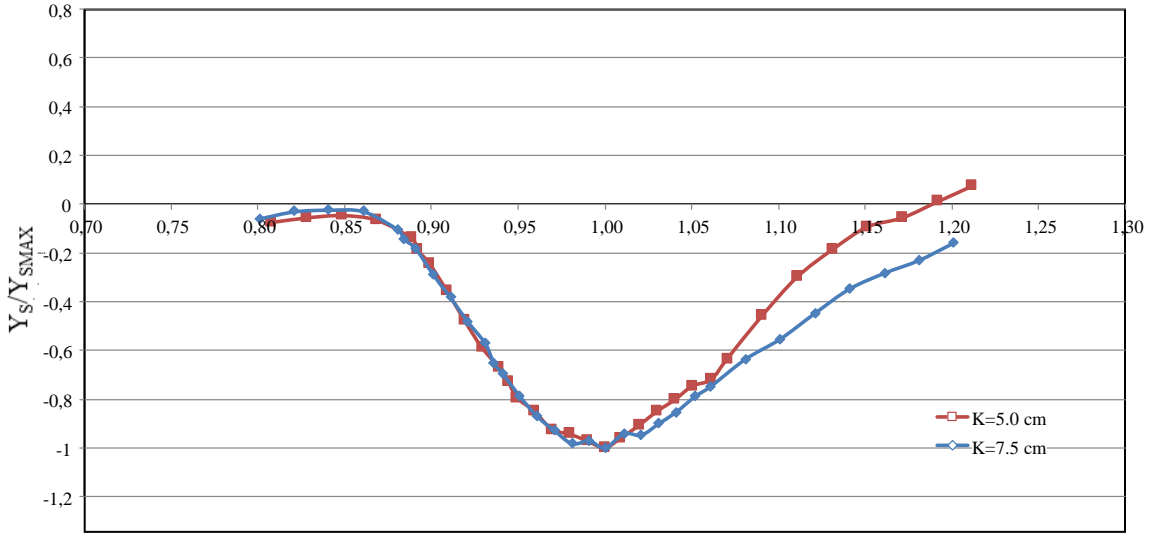
de görüldüğü üzere yaklaşım akım derinliğinin artmasıyla mansap şevi dikleşmektedir. Bu durum yaklaşım akım derinliğinin artmasıyla birlikte tabliye altından geçen akımın ortalama hızı ile katı madde taşıma kapasitesinin küçülmesi şeklinde açıklanabilir. Böylece akım katı maddeyi hemen tabliye sonrasında daha uzağa taşıyamadan depolamaya başlamakta ve sonuç olarak daha dik mansap şev açısı meydana gelmektedir. Benzer sonuçlar her üç debi değerinde de görülmüştür.



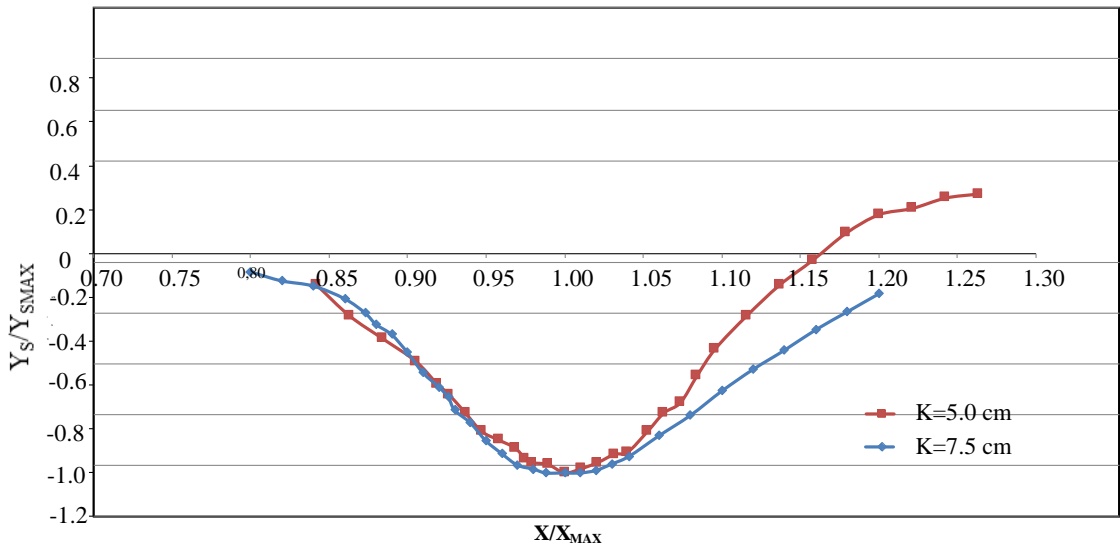
Şekil 4. $Q_2=80$ lt/sn için savak tipi akım koşulunda üç farklı yaklaşım akım derinliği için elde edilmiş boyutsuzlaştırılmış oyulma çukuru profilleri

Deneylerde kullanılan 5.0 cm ve 7.5 cm yüksekliğindeki kirişlere ait deney verileri incelendiğinde maksimum oyulma çukuru derinliklerinde önemli değişimler olmadığı, Şekil 5'te görüldüğü gibi boyutsuzlaştırılmış profillerde sadece mansap şevinde kiriş yüksekliğinden bir miktar etkilenme olduğu, kiriş yüksekliği 5.0 cm olduğunda maksimum oyulma çukuru derinliği yerinin tabliye altına doğru kaydığı, ancak 7.5 cm kiriş yüksekliği için maksimum oyulma çukuru derinliği yerinin tabliye mansap uç bölgesinde meydana geldiği görülmüştür. Böylece oyulma çukuru profillerine göre kiriş yüksekliğinin artması halinde mansapta biriken sediment miktarında azalma ve oyulma çukuru genişliklerinde artış meydana gelmiştir. Ayrıca maksimum oyulma çukurunda meydana gelen en büyük değişimin 70 lt/sn'lik debide $ya=32.5$ cm'lik akım derinliğinde meydana geldiği ve bu değişimin %222 olduğu belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre, kiriş yüksekliğinde meydana gelen artışla tabliye altındaki hız alanı da önemli ölçüde değişmektedir. Bu durumda taban gerilmeleri artmakta ve tabliye altında en küçük ortalama akım hızıyla en az oyulma meydana gelmektedir.

Şekil 6'da 7.5 cm'lik kiriş yüksekliği ve 30 cm'lik yaklaşım akım derinliğinde farklı debi değerlerinde meydana gelmiş olan boyutsuzlaştırılmış oyulma çukuru profilleri görülmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere debi arttıkça oyulma çukuru genişliği artmakta ve mamba doğru daha yaygın bir şev meydana gelmektedir.



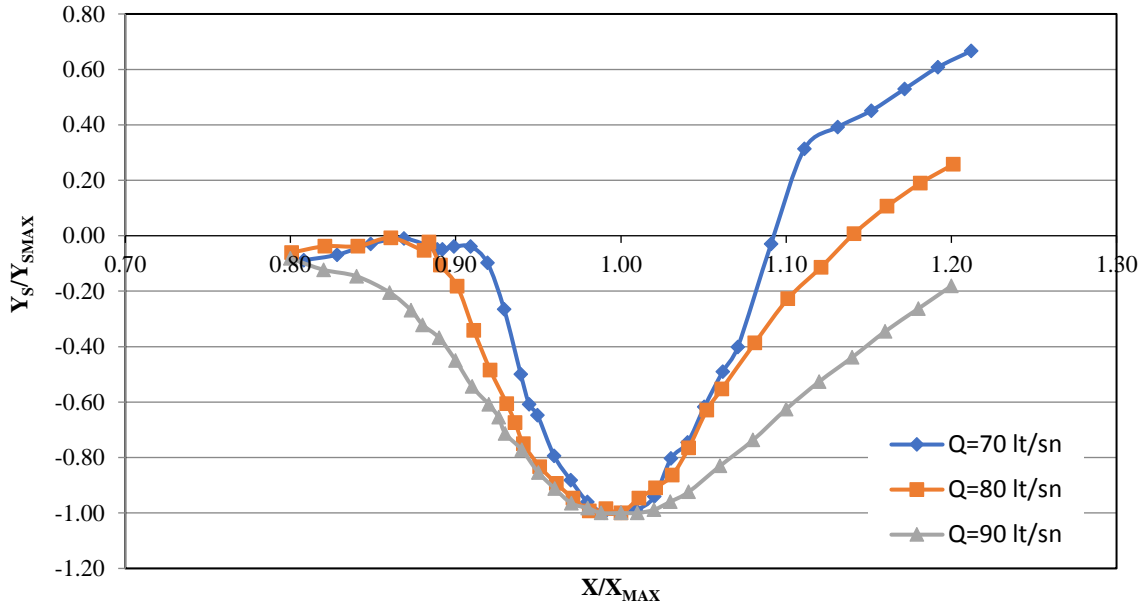
(a)



(b)

Şekil 5. Farklı Froude sayılarında 5.0 ve 7.5 cm giriş yüksekliklerinde meydana gelmiş boyutsuzlaştırılmış oyulma çukuru profilleri (a) $Fr=0.177$, $Q=80$ lt/sn, $y_a=27.5$ cm (b) $Fr=0.175$, $Q=90$ lt/sn, $y_a=30.0$ cm

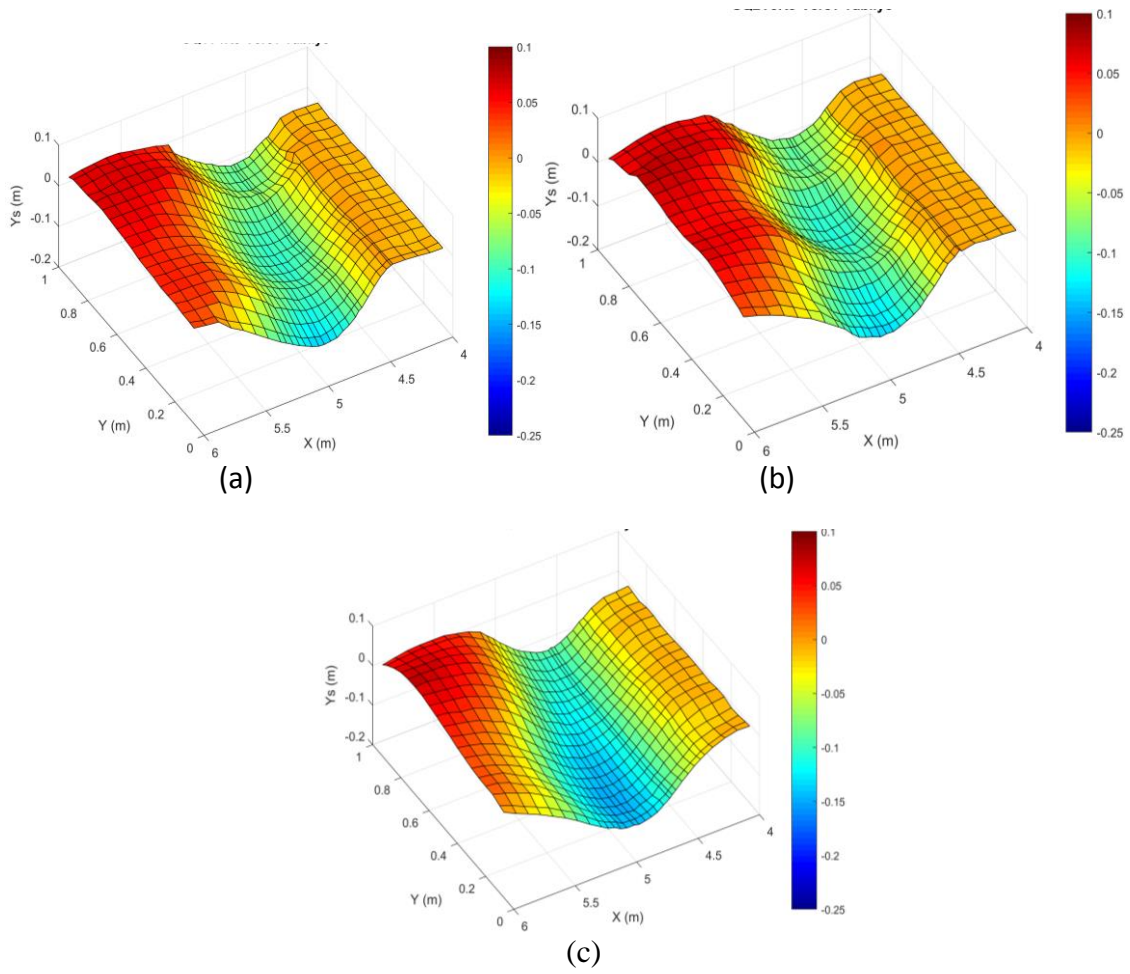
Şekil 7’de maksimum oyulma çukuru derinliğinin tabliye mansap uç bölgesine yakın olduğu ve çukur genişliğinin de geniş olduğu görülmüştür. Ayrıca meydana gelen oyulmaların da tabliye eksenine paralel olacak şekilde akıma vevv şekilde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Oyulma çukuru şeklinin memba uç bölgesinden mansap uç bölgesine vevv biçimde artarak genişlediği gözlemlenmiştir.



Şekil 6. 7.5 cm'lik kiriş yüksekliğinde ve 30.0 cm yaklaşım akım derinliğinde farklı debi değerlerinde meydana gelmiş olan boyutsuzlaştırılmış oyulma çukuru profilleri

Sonuçlar

Yapılmış olan deneysel çalışma kapsamında, akımla 15°'lik verevlik açısı olan ve ayakları olmayan bir köprü tabliyesinin altında kanal tabanında meydana gelen maksimum oyulma çukuru temiz su durumunda savak tipi akım koşulu altında incelenmiştir. Deneyler maksimum oyulma çukuru derinliği, şekli ve maksimum oyulma çukuru derinliğine etki eden yaklaşım akım derinliği, kiriş yüksekliği ve debi parametreleri incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre yaklaşım akım derinliği arttıkça köprü tabliyesi üzerinden savaklanan suyun derinliği artmakta ve oyulma çukuru derinliği azalmaktadır. Bunun nedeni ise tabliye altından geçen debinin azalmasıyla tabliye altı ortalama hızı ile kayma gerilmesinin küçülmesi ve dolayısıyla daha az katı madde taşınımına neden olmasıdır. İncelenen diğer parametre olan kiriş yüksekliğinde ise kiriş yüksekliğinde meydana gelen artışla tabanda daha fazla oyulma meydana geldiği görülmüştür. Bu durum da tabliye altındaki akım hızının yapısını ve büyüklüğünün beklendiği üzere oyulma çukuru üzerinde ne kadar etkili olduğunu göstermiştir. Bunlarla birlikte verevlik açısının oyulma çukuru şeklini de önemli şekilde etkilediği, bu durumun da özellikle orta ayağı olan akarsu köprülerinde büyük önem arz edeceği düşünülmektedir.



Şekil 7. Fr=0.155 için verevlik açısı 15° olan tabliye altında meydana gelen oyulma çukuru şekilleri (a) Q=70lt/sn, $y_a=27.5$ cm, (b) Q=80 lt/sn, $y_a=30$. cm, (c) Q=90 lt/sn, $y_a=32.5$ cm

Teşekkür

Araştırmacılar, bu çalışmaya 06/2016-07 no'lu projeye destek verdiği için Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkürü bir borç bilir.

Kaynaklar

- [1] Demir G., Akarsuyu verev kesen köprülerde farklı akım şartlarında meydana gelen taban oyulmalarının deneysel olarak incelenmesi, *Yüksek Lisan Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, Türkiye, 2018.
- [2] Baduna Koçyiğit M., Akay H., Taşkınlar ve akarsu köprülerine etkileri, *Doğal Afet ve Afet Yönetimi Sempozyumu (DAAYS'16)*, Karabük, Türkiye, 2-4 Mart 2016.
- [3] İnternet: Rizenin Sesi Haber Sitesi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.rizeninsesi.net%2F2013%2F07%2F28%2Fsaganak-yagmur-kopruleri-yikti-gecti-video&date=2017-12-26>, Son Erişim Tarihi: 29.08.2016.
- [4] İnternet: Haberciniz Haber Sitesi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fhaberciniz.biz%2Fmanavga>

- tta-etkili-yagmur-sele-sebep-oldu-2565804h.htm&date=2017-12-26, Son Erişim Tarihi: 27.01.2014.
- [5] İnternet: Birgün Haber Sitesi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.birgun.net%2Fhaber-detay%2Fordu-da-sel-felaketi-kopruler-coktu-yollar-kapandi-evler-yikildi-118854.html&date=2017-12-25>, Son Erişim Tarihi: 29.08.2016.
- [6] Umbrell E.R., Young G.K., Stein S.M., Jones J.S., “Clear-water contraction scour under bridges in pressure flow”, *Journal of Hydraulic Engineering*, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1998)124:2(236), 1998.
- [7] Arneson L. A., Abt, S. R., “Vertical contraction scour at bridges with water flowing under pressure conditions”, *Transportation Research Record*, 1647:10-17, 1998..
- [8] Verma D.V.S., Setia B., Bhatia U., “Constriction scour in pressurized flow condition”, *IJE Transactions B: Applications*, 17(3): 237-246, 2004.
- [9] Gua J. “Time-dependent clear-water scour for submerged bridge flows”, *Journal of Hydraulic Research*, 49(6): 744–749, 2011.
- [10] Shen J., Shan H., Xie Z., Bojanowski C., Lottes S., Kerenyi K., *Submerged-flow bridge scour under clear-water conditions*, ICSE 6, Paris, pp.755-760, 2012.
- [11] Melville B.W., Scour at various hydraulic structures: sluice gates, submerged bridges, low weirs. In *5th International Symposium on Hydraulic Structures*, Brisbane, Australia, 25-27 June 2014, doi 10.14264/uql.2014.10.
- [12] Baduna Koçyiğit, M., Karakurt O., “Pressure flow and weir scour beneath a bridge deck”, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2018, doi.org/10.1139/cjce-2017-0469.
- [13] Schneible D. E., An investigation of the effect of bridge-pier shape on the relative depth of scour. *M.Sc. thesis, Department of Mechanics and Hydraulics, Graduate College of the State, University of Iowa, Iowa City, Iowa, 1951.*
- [14] Laursen E. M., Toch A., “Scour around bridge piers and abutments”, *Bulletin No. 4*. Ames, IA: Iowa Highway Research Board, 1956.
- [15] Laursen E. M., “Scour at bridge crossings”, *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 12 (1): 166–209, 1962.
- [16] Mostafa E. A., Scour around skewed bridge piers. *Ph.D. thesis, Department of civil Engineering, Alexandria University, Alexandria, Egypt, 1994..*
- [17] Ettema R., Melville B. W., Barkdoll, B., “Scale effect in pier-scour experiment”, *Journal of Hydraulic Engineering*, 124(6):639-642, 1998, doi:10.1061/(ASCE)0733-9429(1998) 124:6(639).
- [18] Sheppard D. M., Demir, H., Melville B., Scour at wide piers and long skewed piers. *NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) Report; 682*. Washington, D.C. : Transportation Research Board, 2011.
- [19] Ahmad N., Melville B., Mohammad T., Ali F., Yusuf B., “Clear-water scour at long skewed bridge piers”, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 40(1):10-18, 2017, doi:10.1080/02533839.2016.1259021.
- [20] Yang Y., Melville B.W., Sheppard D. M., Shamseldin A.Y., “Clear-water local scour at skewed complex bridge piers”, *J. Hydraul. Eng.*, 2018, 144(6): 04018019, doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001458.

RAMMS Programı ile Simülasyon Çalışması: Bozdağ Örneğinde Çığ Tekerrür Periyodunun Sonuçlara Etkisi

Simulation Study Using RAMMS Program: The Effect of Avalanche Return Periods on the Program Results of the Bozdağ Case Study

Levent BÜTÜN¹, Önder KOÇYİĞİT²

¹ Öğr. Gör. Gazi Üniv. Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. Maltepe Ankara +312)5823264
leventbutun@gazi.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi Gazi Üniv. Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. Maltepe Ankara +(312)5823212
konder@gazi.edu.tr

Özet: - Çığ tekerrür periyotları, çığ ile ilgili sayısal analiz çalışmalarında girdi parametresi olarak kullanılan değişkenlerden birisidir. Çığ olaylarının zaman ile kendini tekrar etmesi ve bu durumun sonuçları etkileyebileceğinin düşünülmesinden kaynaklı olarak çığ tekerrür periyotları da analiz çalışmalarında önemli bir parametre haline gelmiştir. Güncel modellerden birisi olan RAMMS programında da bu parametre dört farklı şekilde modele tanıtılabilmektedir. Bu modelde kullanılan çığ tekerrür periyotlarının seçimi kullanıcı tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle bu parametrenin sonuçlara etkisinin incelenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda bu çalışmada farklı tekerrür periyotlarında gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek ilgili parametrenin sonuçları ne ölçüde etkilediği sorgulanmıştır. Yapılan çalışma neticesinde elde edilen analiz sonuçları değerlendirildiğinde çığ tekerrür periyodu değişkeninin kopma derinliği ve kopma alanı büyüklüğü parametrelerine göre daha az etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Abstract: - The return period of avalanche is one of the variable which are used as input parameters in numerical analysis studies. It is an important parameter because of avalanche itself could be repeated and this situation may affect the analysis results considerably. This parameter can be introduced to the model RAMMS, which is one of the recently updated simulation models, in four different ways. Avalanche return periods is mostly selected by the user in RAMMS. Therefore, the effect of this parameter on the results should be examined. In this context, the results obtained from the analyzes performed at different return periods were evaluated and the effect of the related parameter on the results was investigated herein. The results show that the return periods of avalanche have less effect than release depth and area.

1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde meydana gelen meteorolojik kaynaklı doğal afetlerden birisi de çığ olayıdır. Bu olayın insanların üzerindeki etkilerini anlayabilmek, sonuçları önceden tahmin edebilmek ve tehlike arz eden durumlarda önlem alabilmek amacı ile ilgili birçok bilimsel çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Genel olarak incelendiğinde yapılan araştırmaların özellikle sayısal model çalışmaları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Sayısal model çalışmalarının 1950'li yıllarda başlayıp, bilgisayar teknolojisinin gelişimi ile birlikte günümüzde de devam ettiği bilinmektedir. Teknoloji ve bilimin gelişimi düşünüldüğünde, sayısal model çalışmalarının ve geliştirilen modellerin kullanılmasında oldukça önemli olan girdi parametrelerinin belirlenmesi ve bu parametrelerin sonuçlar üzerindeki

etkilerinin tespit edilebilmesi de oldukça önemlidir. Çığ olaylarının zaman ile kendini tekrar etmesi ve bu durumun sonuçları etkileyebileceğinin düşünülmesinden kaynaklı olarak çığ tekerrür periyotları da analiz çalışmalarında önemli bir parametre haline gelmiştir. Geliştirilmiş güncel dinamik simülasyon yazılımlarından biri olan RAMMS (Rapid Mass Movement Simulation) modeli de çığ kopma derinliği ve kopma yüksekliği gibi parametrelerin yanında çığ tekerrür periyodunu da modelin bir girdi parametresi olarak kabul etmektedir. RAMMS modeli, kullanıcıya farklı tekerrür periyodunda analiz yapma imkânı sunmaktadır.

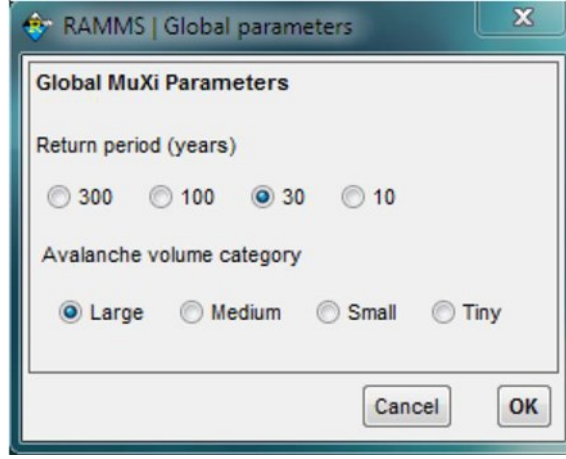
Bu çalışmada Türkiye’de İzmir İli Ödemiş İlçesi Bozdağ Mevkii pilot çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bölge için hazırlanmış sayısal yükseklik modeli üzerinde RAMMS programı çalıştırılarak farklı çığ tekerrür periyodu etkisi incelenmiştir. Analizlerde aynı kopma bölgesi ve kopma derinliği kullanılmış ve farklı tekerrür süreleri çığ hızı, basınç ve kar yükseklikleri değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan; çığ tekerrür periyotlarının sonuçlar üzerinde ne tür değişimler meydana getirdiği incelenmiştir.

2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında RAMMS programı kullanılmıştır. İki boyutlu çığ hesaplama modeli olan RAMMS, temel olarak bir boyutlu AVAL-1D sayısal modelinin geliştirilmiş halidir. Model, 2005 yılından bu yana İsviçre Davos’ta bulunan WSL (Institute for Snow and Avalanche Research-SLF) tarafından geliştirilmekte ve 2010 yılından bu yana da ticari amaçla satışa sunulmaktadır. Modelde hız vektörü, üç boyutlu arazi için iki yönde hesaplanmakta ve bu sayede akış yönü ve akım genişliği model tarafından belirlenebilmektedir. Hesaplama için kullanılacak çözüm ağı aralıkları sayısal arazi modeli üzerinden oluşturulmaktadır [1].

RAMMS programı içerisinde yer alan *Avalanche* ve *Debrisflow* modülleri; çığ ve çamur akışları gibi yerçekimi etkisi ile hızlı hareket eden akımlar için tasarlanmıştır. Bu modüller, üç boyutlu arazide başlangıç bölgesinden akış hattı boyunca harekete ait özellikleri hesaplamak için kullanılmaktadır. Modeller, derinlik ortalamalı yönetici denklemlerini çözerek hız, akış yükseklikleri ve basınçları tahmin etmek için kullanılır. Kullanıcıların, araziye (pürüzlülük ve bitki örtüsü) ve malzemeye (akımın içeriği olarak kar, buz veya çamur içeriğine) bağlı olarak başlangıç koşullarını (kopma kütlelerinin yeri ve boyutu) ve sürtünme parametrelerini belirlemesi gerekmektedir [2].

Analizlerin gerçekleştirilebilmesi için girdi parametrelerinin programa tanıtılması gerekmektedir. Bu girdi parametrelerinden birisi de çığ tekerrür periyodudur. Bu parametre yazılıma “Global Parameters” olarak tanımlanan ve Şekil 1’de gösterilen pencere sayesinde tanıtılabilmektedir. Buna göre çığ yinleme periyodu 10, 30, 100 veya 300 yıl olarak seçilebilmektedir. Bu değerler meteorolojik verilere ve tasarım yapılacaksa yapının önemine göre istenilen yıl, periyot olarak seçilebilir.



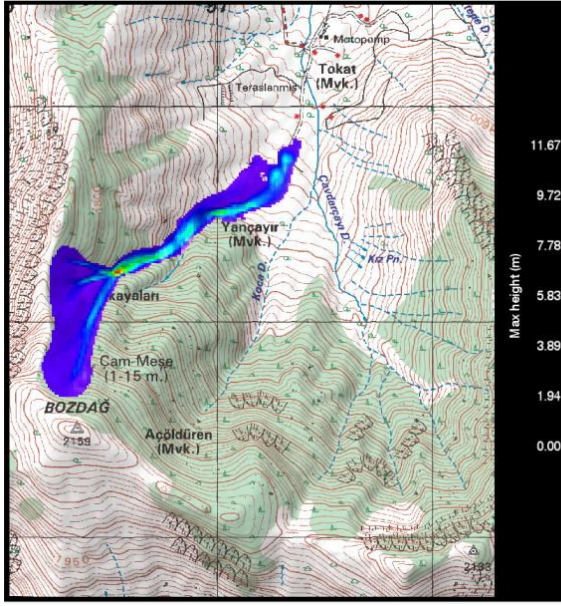
Şekil 1. RAMMS programı çığ tekerrür periyodu veri girişi penceresi

3. Analiz Sonuçları

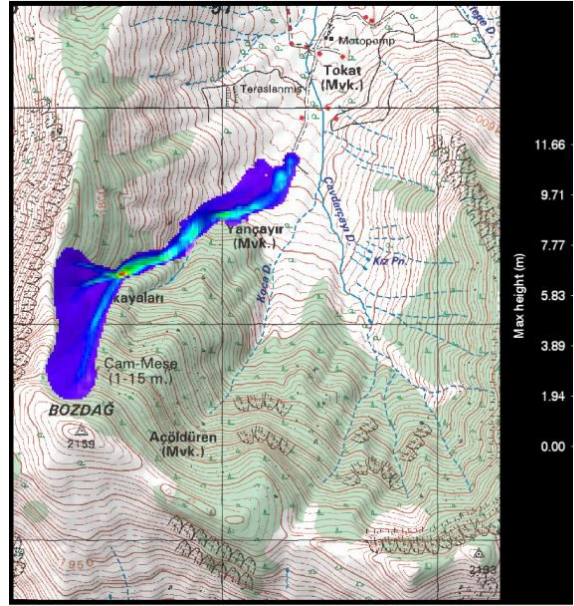
Çalışma kapsamında belirlenen kopma güzergâhı ve kopma alanı üzerinde kopma derinliği 50 cm, 75 cm ve 100 cm olacak şekilde ve farklı çığ tekerrür periyotlarında analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar; girdi parametrelerine bağlı olarak maksimum çığ yüksekliği, çığ hızı ve çığ basınçlarının hat boyunca değişimini göstermektedir. Kopma derinliği 50 cm olan analiz sonuçları Şekil 2’de verilmektedir. Şekil 2’de çığ yükseklikleri değişimi verilmiş, ayrıca Tablo 1’de tüm analiz sonuçlarının sayısal değerlerine ait bir özeti sunulmuştur. Şekil 2’de verilen sonuçlarda belirtilen maksimum terimi ile çığ akma hattı boyunca girdi verileri sonucunda oluşabilecek en yüksek çığ yükseklikleri ifade edilmektedir. Konu ile ilgili daha detaylı sonuçlar [3]’ten elde edilebilir.

4. Tartışma ve Sonuçlar

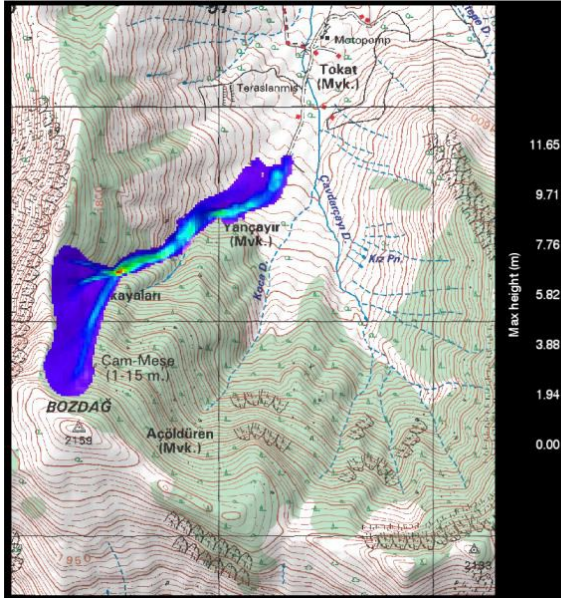
Tablo 1 ve Şekil 2’de verilen sonuçlar incelendiğinde genel olarak çığ tekerrür yılı arttıkça çığ yükseklikleri, çığ hızları ve çığ basınçlarında da artış gözlenmektedir. Bu doğal sonuç ile birlikte elde edilen değerler kıyaslandığında tekerrür periyotlarının değişimi ile birlikte çığ yüksekliğindeki en büyük değişimin %1,2, çığ hızlarındaki en büyük değişimin %3,2 ve çığ basınçlarındaki en büyük değişimin %6,3 olarak gerçekleştiği hesaplanmıştır. Bu değişimler dikkate alındığında tasarım açısından büyük etkiler olmadığı düşünülebilir. Çünkü etken parametre çığ tekerrür periyodundan ziyade kopma derinliğinin kendisidir. Örneğin 50 cm ve 100 cm kopma derinlikleri arasında çığ yükseklikleri açısından yapılacak bir değerlendirme ile %44,5’lik bir değişimin olduğu görülebilir. Aynı değerlendirme çığ hızları ve basınçları için yapıldığında sırası ile %14,3 ve %26,5’lik değerler elde edilmektedir.



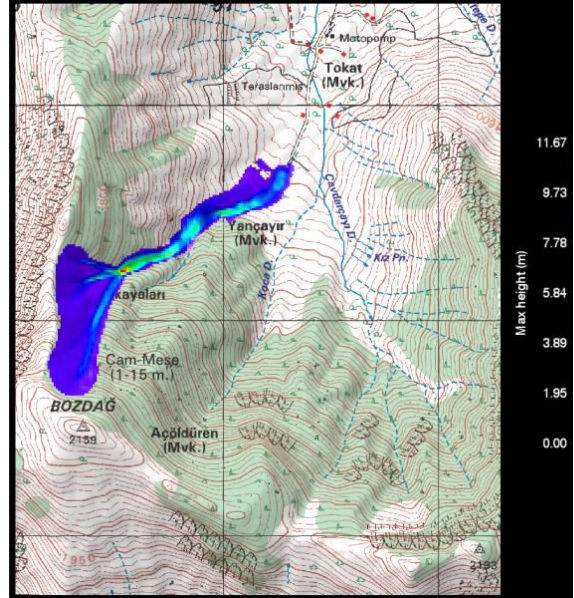
Maksimum çığ yüksekliği (h=0.5, Tr=300 yıl)



Maksimum çığ yüksekliği (h=0.5, Tr=100 yıl)



Maksimum çığ yüksekliği (h=0.5, Tr=30 yıl)



Maksimum çığ yüksekliği (h=0.5, Tr=10 yıl)

Şekil 2. Kopma derinliği 50 cm olan çığa ait hat boyunca maksimum çığ yüksekliği değişimi [3]

Tablo 1. Yineleme Periyoduna Göre Maksimum Çığ Parametreleri Değişimi [3]

Analiz Numarası	Kopma Derinliği (m)	Yineleme Periyodu (Tr)	Maksimum çığ yüksekliği (m)	Maksimum çığ hızı (m/s)	Maksimum çığ basıncı (kPa)
S1-H50-Tr300	0.5	300	11.67	40.23	485.59
S1-H50-Tr100		100	11.66	39.73	473.59
S1-H50-Tr30		30	11.65	39.48	467.66
S1-H50-Tr10		10	11.67	38.98	455.79
S1-H75-Tr300	0.75	300	17.13	44.30	588.73
S1-H75-Tr100		100	17.11	43.74	573.98
S1-H75-Tr30		30	17.07	43.46	566.59
S1-H75-Tr10		10	17.01	42.89	551.87
S1-H100-Tr300	1.00	300	21.01	46.93	660.75
S1-H100-Tr100		100	21.02	46.34	644.10
S1-H100-Tr30		30	21.11	46.04	635.80
S1-H100-Tr10		10	21.27	45.43	619.27

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 114M311 numaralı “Çığ Verilerinin Toplanması, Çığın Dinamik ve İstatistiksel Modellemesi ve Durma Mesafesi Uygulaması; Bozdağ Örneği” isimli proje kapsamında gerçekleştirilmiş olup katkılarından dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] Rudolf-Miklau, F., Sauer Moser, S. ve Mears, A. *The technical avalanche protection handbook*, Ernst&Sohn, 2014.
- [2] Bartelt, P., Bühler, Y., Christen, M., Deubelbeiss, Y., Salz, M., Schneider, M. ve Schumacher, L., RAMMS:: Avalanche User Manuel, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, 2017.
- [3] Bütün, Levent, RAMMS Sayısal Modeli ve Bozdağ Uygulaması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 98s, Ankara, 2018.

Bartın Irmağı (Kocairmak) Taşkın Debisinin Farklı Yöntemlerle Hesaplanması

Calculation of Flood Discharge of Bartın River (Kocairmak) using Different Methods

Tülay Ekemen Keskin¹, Emrah Doğan², Hatice Betül Umarusman³, Pınar Spor⁴, Meisam Badfar⁵, Shanmugam Packialakshmi⁶

^{1,3}Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Karabuk University, Turkey, tulayekemen@karabuk.edu.tr

²Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Sakarya University, Turkey, Sakarya University, Disaster Management Application & Research Center, emrahd@sakarya.edu.tr

⁴Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Bülent Ecevit University, Turkey

⁵Ph.D. Student, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Sakarya University, Turkey, M.Sc. of Civil Engineering, Department, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

⁶Sathyabama Institute of Science and Technology, Department of Civil Engineering, Chennai, India,

Özet: Taşkın debi hesaplamalarının doğru yöntemler ile yapılması taşkın korunma yapılarının tasarlanmasında hem maddi hem de manevi olarak oldukça önemlidir. Farklı tekerrür aralıklarına sahip taşkın debileri hem akım gözlem istasyonu verileri kullanarak hem de yağış gözlem istasyonu verileri kullanılarak hesaplanabilmektedir. Bu çalışma da her iki veri seti de değerlendirmeye alınmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. İlk olarak (Model 1) Bartın Irmağı (Kocairmak)'nın 38 yıllık akım verilerine dayanarak gelmesi muhtemel taşkın debileri Normal, Gumbel, Log Normal ve Pearson istatistiksel yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. İkinci olarak (Model 2) ise yağış gözlem istasyonlarının verilerine dayanılarak Mockus ve DSİ yöntemleri yardımıyla hesaplamalar yapılmıştır. Model 1'de Normal dağılım, Gumbel dağılımı, Log Normal dağılım ve Pearson dağılım fonksiyonları ile yapılan hesaplamalar sonucunda 50 yıllık tekerrüre göre hesaplanan taşkın debileri sırasıyla 925 m³/sn, 1579 m³/sn, 1128 m³/sn ve 1024 m³/sn olarak saptanmıştır. Model 2'de Mockus ve DSİ yöntemleri yardımıyla yapılan hesaplamalarda ise 50 yıllık dönüş aralığında gelmesi muhtemel taşkın debileri sırasıyla 999 m³/sn ve 1305 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Model 1 ve Model 2'den elde edilen sonuçların tutarlılığı karşılaştırılması ile, nehir debisi verilerinin yanı sıra uzun vadeli yağış setlerinin de taşkın koruma önlemlerinin tasarlanmasında önemli bir rol oynadığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Taşkın Analizleri, İstatistiksel Dağılım Fonksiyonları, Mockus ve DSİ Sentetik Yöntemleri, Bartın Irmağı (Kocairmak)

Abstract: In designing flood protection structures, to make flood flow calculations with the appropriate methods has both technological and societal important. Flood discharges with different repetition intervals can be calculated both by using the current (flow) observation station data and the precipitation observation station data. In this study, both data set were evaluated and the results were correlated each other. Firstly (Model 1), based on the 38-year flow data of Bartın River (Kocairmak), the probable flood discharges were calculated by using Normal, Gumbel, Log Normal and Pearson statistical methods. Secondly (Model 2), calculations were made with the help of Mockus and DSI methods

based on the data of precipitation observation stations. In model 2, as a result of calculations made with normal Normal distribution, Gumbel distribution, Log Normal distribution and Pearson distribution functions, the flood discharges according to 50 year repetition were determined as 926 m³/sec, 1579 m³/sec, 1128 m³/sec, and 1024 m³/sec, respectively. Also in the calculations made with the help of Mockus and DSI methods in model 2, the flood discharges in the 50 year return interval were calculated as 999 m³/sec and 1305 m³/sec, respectively. By comparing the consistency of results obtained from Model 1 and Model 2, it was found that the long term data sets of precipitation as well as river flow data is contributing a significant part in designing the flood protection measures.

Keywords: Flood Analysis, Statistical Distribution Functions, Mockus and DSI Synthetic Methods, Bartın River (Kocarmak)

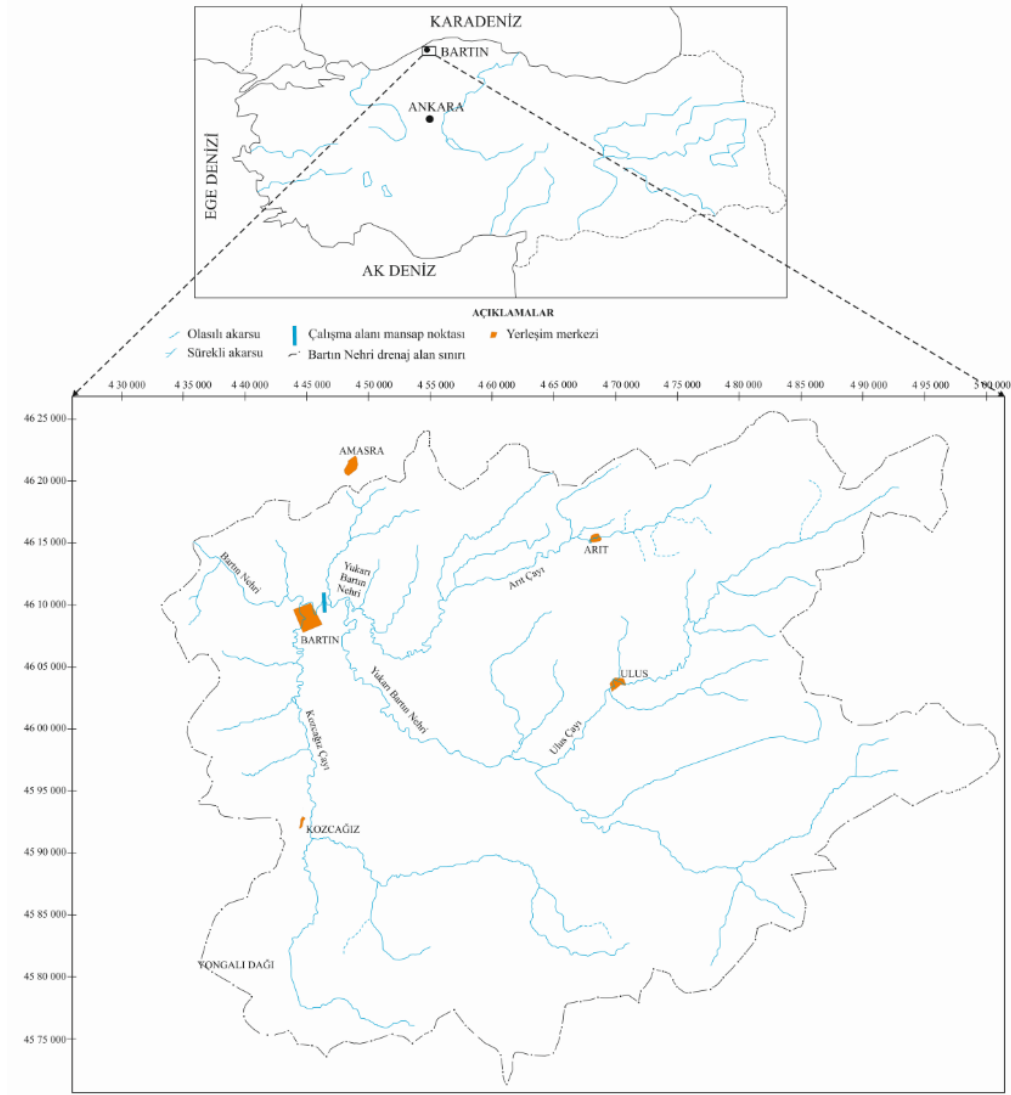
1. Giriş

Bu çalışmada farklı veriler ve yöntemler kullanılarak 5, 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık yineleme aralığına ait gelmesi muhtemel taşkın debilerinin saptanması ve sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma bölgesi olarak Bartın Irmağı Havzası tercih edilmiş olup, öncelikle E13A031 numaralı akım gözlem istasyonları tarafından ölçülen 1970-2016 yılları arasındaki yıllık maksimum feyezan akımları kullanılarak taşkın hesabı yapılmıştır. İkinci olarak ise Bartın Irmağı beslenme alanı çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının günlük maksimum yağış verileri kullanılarak taşkın hesabı gerçekleştirilmiştir.

Bartın Irmağı, Batı Karadeniz Bölgesinde bulunmakta olup, Bartın ili ve çevresini drene etmektedir (Şekil 1). Bartın Irmağı Havzası yaklaşık 2200 km² beslenme alanına sahip olup [1], esas çalışılan ve E13A031 numaralı akım gözlem istasyonuna kadar olan kesimin drenaj alanı ise yaklaşık 1380 km²'dir (Şekil 2).

2. Meteryal ve Metod

İlk modelde çalışma alanında bulunan E13A031 numaralı istasyonun 1970-2016 yıllarına ait anlık maksimum akım verileri kullanılarak Normal dağılım, Gumbel dağılımı, Log Normal dağılım ve Pearson dağılımları yardımıyla 5, 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekrürlere göre taşkın debileri hesaplanmıştır. İkinci model de ise 1/25000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak öncelikle Bartın Irmağı'nın beslenme alanı modellenmiştir. Ardından yağış ve taşkın analiz gerçekleştirilmiştir. Yağış analizleri için Bartın Irmağı Havzası yakın çevresinde bulunan en az 15 yıl kesintisiz veriye sahip Bartın, Cide, Karabük ve Amasra yağış gözlem istasyonlarının günlük maksimum yağış verileri kullanılmıştır [3]. Taşkın analizi için ise bölgenin hidrojeolojik yapısı ve arazi kullanım haritalarına bağlı olarak akış eğri numarası (CN, toprak tasnif numarası) 80 olarak kabul edilmiş [4-8] ve DSI Sentetik ve Mockus yöntemleri uygulanmıştır. Bu amaçla Netcad programı ve özellikle programın Nethydro modülü kullanılmıştır. Yağış analizlerinde her bir istasyon için, 6 farklı istatistiksel hesap yöntemi (Normal, Log-Normal (2 parametrelili), Log-Normal (3 parametrelili), Pearson Tip-3 (Gama Tip-3), Log-Pearson Tip-3 ve Gumbel dağılımları) kullanılarak Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi ile olasılık dağılım modelleri saptanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası [1, 2]

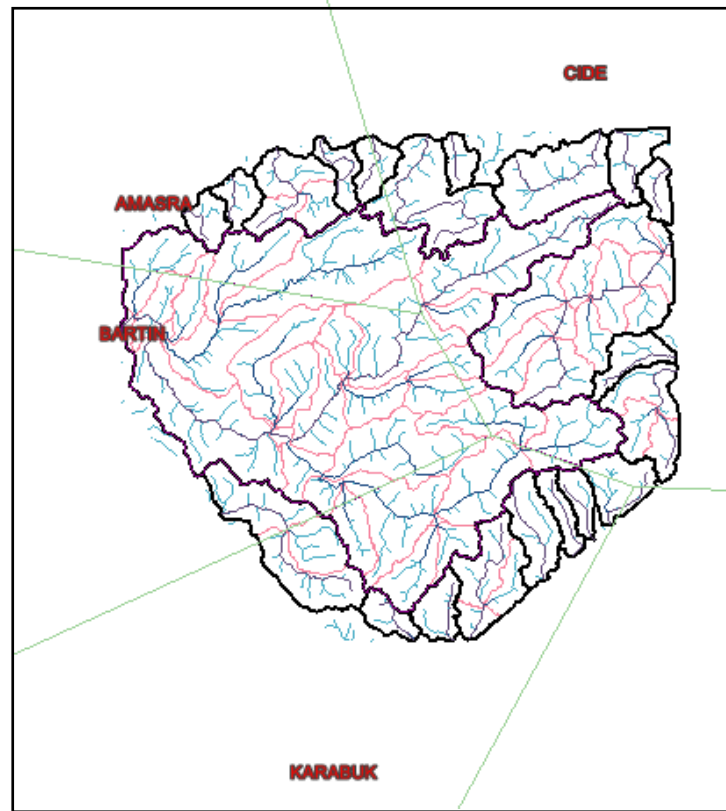
3. Sonuçlar

Model 1’de çalışma alanının taşkın debileri taşkın hidrolojisinde yaygın olarak kullanılan Normal, Log Normal, Gumbel ve Pearson dağılım fonksiyonlarına göre bulunmuştur [9-12]. Normal dağılım fonksiyonu ile yapılan hesaplama sonucunda 5, 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrürlere göre sırasıyla 649.36, 749.21, 925.66, 987.38, 1108.38 ve 1152.62 m³/s taşkın debisi gelmesi beklenmektedir. Gumbel dağılım fonksiyonu ile yapılan hesaplama sonucunda sırasıyla 713.62, 983.83, 1578.53, 1829.95, 2410.92 ve 2660.69 m³/s taşkın debisi, Log Normal dağılım fonksiyonu ile yapılan analiz sonucunda yine sırasıyla 618.54, 768.79, 1127.63, 1289.31, 1676.65 ve 1845.66 m³/s taşkın debisi geleceği öngörülmüştür. Pearson dağılım fonksiyonu ile yapılan hesaplamalar sonucunda ise sırasıyla 632.94, 761.05, 1024.40, 1128.36, 1351.05 ve 1438.94 m³/s taşkın debisi gelmesi beklenmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bartın (Kocairmak) Irmağı'nın akım ve yağış verileri ve farklı yöntemler kullanılarak elde edilen taşkın tekerrür debi sonuçları (m³/s)

Yöntem	5	10	50	100	500	1000
Model_1_Normal Dağılım	649.36	749.21	925.66	987.38	1108.38	1152.62
Model_1_Gumbel	713.62	983.83	1578.53	1829.95	2410.92	2660.69
Model_1_Log-Normal	618.54	768.79	1127.63	1289.31	1676.65	1845.66
Model_1_Pearson	632.94	761.05	1024.40	1128.36	1351.05	1438.94
Model_2_DSİ Sentetik	632.36	761.67	999.00	1085.45	1309.50	1405.98
Model_2_Mockus	683.46	872.95	1305.36	1497.77	1930.14	2116.34

Model 2'de havza 49 adet 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar yardımıyla ana havza ve alt havzalar D8 akım modeline uygun olarak TauDEM algoritmasına göre modellenmiş ve 1378.2 km² havza alanı elde edilmiştir. Yağış analizlerinde istasyonlarının noktasal yağış verilerinin alansal dağılımları ve etki alanları Thiessen yöntemine göre hesaplanmıştır. Yağış verilerine 6 farklı istatistiksel dağılım uygulanmış ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi yapılmıştır (Çizelge 2). Analiz sonucunda 5, 10, 50, 100 ve 500 yıllık yinelenme aralığına ait 2, 4, 6, 8, 12, 18 ve 24 saat süreli yağış yinelenmeleri elde edilmiştir. Şekil 2'de modellenen havza alanları, akım ağları ve etki eden yağış gözlem istasyonları verilmiştir.



Şekil 2. Bartın Irmağı (Kocairmak)'nın modellenen havza alanları, akım ağları ve etki eden yağış gözlem istasyonları

Taşkın analizde birim hidrograf parametrelerinin hesaplanmasındaki temel girdi verisi olan harmonik eğim 50 parça üzerinden hesaplanmış ve ortalama 0.006 olarak saptanmıştır. DSİ Sentetik (Süperpozeli) ve Mockus yönteminde taşkın analizi yapılırken havzadaki en büyük temsil oranına sahip olan Bartın istasyonunun plüvyograf katsayı verileri kullanılmıştır. Mockus birim hidrograf yönteminde çözümlenmeler 0.208 ve 0.163 havza K katsayısının her ikisi içinde yapılmıştır. Çizelge

3’de DSİ Sentetik yöntemi sonucunda elde edilen veriler, Çizelge 4’de ise Mockus yöntemi sonucunda elde edilen veriler görülmektedir. DSİ Sentetik yöntemi ile yapılan hesaplama sonucunda 5, 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrürlere göre sırasıyla 632.36, 761.67, 999.00, 1085.45, 1309.50 ve 1405.98 m³/s taşkın debisi gelmesi beklenmektedir. Mockus yöntemi ile yapılan hesaplama sonucunda ise yine sırasıyla 683.46, 872.95, 1305. 36, 1497.77, 1930.14 ve 2116.34 m³/s taşkın debisi geleceği öngörülmektedir.

Çizelge 2. Yağış istasyonlarına ait veriler ve farklı tekerrür aralıklarındaki en uygun dağılım sonuçları

İstasyon Adı	Simirnov-Kolmogorov Sınaması	İstasyon Temsil Oranı	5	10	50	100	500
Bartın	Normal Dağılım	0.51	91.67	102.60	121.78	128.55	142.17
Cide	Log Normal 3 Parametrel	0.19	93.58	112.76	160.67	183.34	241.23
Karabük	Log-Pearson Tip-3	0.16	42.41	51.34	74.81	86.56	114.37
Amasra	Gumbel	0.15	73.35	83.20	104.86	114.02	135.19

Çizelge 3. DSİ Sentetik Yönteme göre hesap sonuçları

GİRDİLER

Görüntü/Harita ID	1/25000 Topoğrafik Harita
Metod	DSİ Sentetik
Harmonik eğim (S)	0.006
L (Uzunluk, m)	87831.853
Havza alanı (A, km ²)	1378.199

SONUÇLAR

Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafe (Lc, km)	45.482
Qp = A*1*qv*10 ⁻³ (m ³ /sn/mm)	19.870
DSİ qp (1 mm’lik akış verimi (lt/sn/km ² /mm)	14.417
DSİ Vb (Birim hidroğraf hacmi, m ³)	1378198.609
DSİ T (Hidroğrafın devam süresi, saat)	70.325
DSİ Tp (Hidroğrafın pike erişme süresi, saat)	14.065

HESAP DEBİSİ (m³/mm/sn)

Kaç Yıllık debi	100
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik)	252.75

Not: qp(qv) = 414 / [A^{0.225} (L.Lc/√S)^{0.16}], Vb = A.10³, T = (3.65.Vb) / Qp, Tp = T/5

Çizelge 4. Mockus yöntemine göre hesap sonuçları

GİRDİLER

Görüntü/Harita ID	1/25000 Topoğrafik Harita
Metod	Mockus
Harmonik eğim (S)	0.006
L (Uzunluk, m)	87831.853
Havza alanı (A, km ²)	1378.199

SONUÇLAR

Toplanma süresi (Tc=0.00032*(L*0.77/S*0.385))	14.339
Yağış süresi (D = 2*Tc ^{1/2})	7.573
Hidroğrafın yükselme zamanı (Tp= 0.5*D + 0.6*Tc)	12.390
Hidroğrafın alçalma süresi (Tr= 1.67*Tp)	20.691
Yağış süresi (TP = Tp+Tr)	33.081
Pik debi (Qp = (K*A*ha)/TP), (m ³ /mm/sn)	23.137

4. Değerlendirme ve Tartışmalar

Yapılan bu çalışma da akım verileri Model 1 olarak, yağış verileri ise Model 2 olarak ele alınmış ve farklı yöntemlerden yararlanılarak 5, 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrürlere göre taşkın debileri hesaplanmıştır. Model 1’de Bartın Irmağı’nın şehir merkezine yakın bir bölümünde bulunan E13A031 numaralı akım gözlem istasyonunun yıllık maksimum akım verileri kullanılarak Normal dağılım, Gumbel dağılımı, Log Normal dağılım ve Pearson dağılım fonksiyonları yardımıyla taşkın debileri hesaplanmış ve 100 yıllık taşkın debileri sırasıyla 987 m³/sn, 1830 m³/sn, 1289 m³/sn ve 1128 m³/sn şeklinde hesaplanmıştır. Model 2’de ise Bartın, Cide, Karabük ve Amasra yağış gözlem istasyonlarının günlük maksimum yağış verileri kullanılarak DSİ Sentetik ve Mockus yöntemleri yardımıyla taşkın debileri saptanmıştır. Analizde bölgenin hidrojeolojik yapısı ve arazi kullanım haritalarına bağlı olarak akış eğri numarası (CN) 80 olarak seçilmiştir. Buna göre 100 yıllık taşkın debileri sırasıyla 1085 m³/sn ve 1498 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Bu verilere bakıldığında özellikle Pearson dağılımı ile elde değerler ile DSİ Sentetik yöntemiyle elde edilen değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu saptanmıştır. Bu durum doğru akış eğri numarası (CN) seçildiği takdirde akım gözlem istasyonu olmayan bölgelerde yağış verilerinin de taşkın debisi hesaplanmasında güvenilir sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Bu çalışma da akış eğri numarası 80 olarak seçilmiş ve bu değerın Bartın havzasını iyi bir şekilde temsil edebileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkürler

Bu çalışmada kullandığımız maksimum anlık feyezan akım değerlerinin elde edilmesinde yardımlarını esirgemeyen DSİ 23. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürü Sayın Mevlüt Tutar’a, DSİ 23. Bölgede çalışan Jeoloji Mühendisi Sayın Yusuf Yiğit’e teşekkürü bir borç biliriz.

Referanslar

- [1] Keskin, T.E., “Bartın ve Çevresinin Hidrojeoloji İncelemesi”, Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı (CÜBAP), Proje No: M-504, Sivas, 2011.
- [2] Keskin, T. E., “Mineral-water interaction and hydrogeochemistry of groundwater around Bartın coal mine, Turkey”, Fresenius Environmental Bulletin, 22(9a): 2750–2762, 2013.
- [3] DMİ, T.C., Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara (<https://www.mgm.gov.tr/>), 2018.
- [4] Chow, V.T., “Handbook of Applied Hydrology”, McGraw-Hill Book C., New York, USA, 1964.
- [5] SCS, “Estimation of direct runoff from storm rainfall” National Engineering Handbook, Section 4, 1972.
- [6] SCS, “Runoff curve number coputations”, Hydrology Training Series, Module 104, 1989.
- [7] Bayazıt, M., “Hidroloji”, Birsen Yayınevi, 260, Ankara, 2003.
- [8] <http://corine.ormansu.gov.tr/corineportal/nedir.html>.
- [9] Bedient, P.B. ve Huber W.C., “Hydrology and Floodplain Analysis”, Addison-Wesley, 1988.
- [10] Chow, V.T.,Maidment, D.R., ve Mays, L.W., “Applied Hydrology”, McGraw-Hill, New-York, USA,1988.

- [11] Linsley, R.K., Kohler, M.D., ve Paulhus, J.I.H., “Hydrology for Engineers”, McGraw-Hill, New York, USA, 1988.
- [12] McCuen, R..H., “Hydrologic Design and Analysis”, Prentice Hall, 1998.

Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Yollarda Kutu Menfezlerin Tıkanmasıyla Oluşan Sel Baskınları Afeti ve Örnek Çözüm Önerisi Güneysu Başköy Deresi

Eastern Black Sea Region Flooding Caused by Blocking of Box Culverts in Rural Roads and Sample Solution Proposal Güneysu Başköy Creek

Dr. Muhammet ÇELİK¹, Burak KALKAN² Mustafa TOPÇUOĞLU³

¹ AFAD, Trabzon Türkiye, İnşaat Yük. Müh. muhammetcelik@ktu.edu.tr

² Maccaferri, Ankara Türkiye, İnşaat Yük. Müh. burakkalkan@maccaferri.com.tr

³ AFAD, Trabzon Türkiye, Jeoloji Müh. mustafa.topcuoglu@afad.gov.tr

Özet Belirli bir alana yağış düştüğünde bu alanda toplanan su vadiler boyunca birikmektedir. Bu birikmeler bazı durumlarda ulaşım yapıları ile çakışmaktadır. Yol kenarında yapılan hendekler birikmenin ilk etabını oluşturmaktadır. Ulaşım yapılarına dik gelen sulara ise yol altından (menfez) veya üstünden (kasis) çeşitli yapılar ile suyun drene olması sağlanmaktadır. Ancak bu yapılar yağmur suları ile birlikte taşınan veya yüzey akması nedeniyle suyun aktığı hatta toplanan malzemeler ile tıkanmakta ve çeşitli hasarlara neden olmaktadır. Türkiye'nin en fazla yağış alan ve en uzun yol ağına sahip olan Doğu Karadeniz Bölgesinde bu sıkıntı çok sık rastlanmaktadır. Özellikle gelen molozların tıkadığı drenaj yapıları suyun kontrolsüz akmasına ve tarım araziler, meralara ve çeşitli yapılara zarar vermesine neden olmaktadır. Bu çalışma kapsamında bu tarz afetlerin önüne geçmek için geliştirilmiş çelik moloz bariyer ile ilgili yapılmış örnek çalışma incelenecektir.

Abstract Water collected in this area accumulates along valleys when rainfall falls on a given area. These accumulations coincide with transportation structures in some cases. Roadside ditches constitute the first stage of accumulation. In the waters perpendicular to the transportation structures, the water is drained by various structures under the road (culvert) or over the road (kasis). However, these structures are clogged with materials carried along with rainwater or even collected by water due to surface runoff and cause various damage. This problem is very common in the Eastern Black Sea region of Turkey, which has the most rainfall and has the longest road network. Drainage structures, especially clogged by incoming rubble, cause uncontrolled flow of water and damage to farmland, pastures and various structures. Within the scope of this study, the case study of the steel rubble barrier developed to prevent such disasters will be examined.

1. Giriş

Doğu Karadeniz Bölgesi, Köy/Mahalle ve orman yolları hesaba katıldığında Türkiye'nin en uzun yol ağına sahip bölgesidir. Trabzon ve Ordu İlleri 25'er binin üzerinde yol ağları ile Karayolları Genel Müdürlüğü'nün toplam yol ağına yakın bir uzunlukta yola sahiptir [1]. Bölgede Dağların kıyıya paralel uzanmakta ve sahil şeridi ile birlikte yükselti artmaktadır. Dağlar akarsu vadileri ile bölünmüş durumdadır, akarsu vadileri ise engebeli bir alan ortaya çıkarmaktadır [2]. Engebeli alanda nüfus dağınık yaşamaktadır ve bu durum yol ağının bu denli fazla olmasına neden olmuştur. Yol ağının çok fazla olması bakım onarım ve yeniden yapım maliyetlerini oldukça yükseltmektedir. Hatta birçok noktada Belediyelerin veya Özel İdarelerin bütçeleri yetersiz kaldığından yapılması gereken imalatlarda eksiklikler kalmaktadır [3,4].

Doğu Karadeniz bölgesi en fazla yol ağını sahip olmakla birlikte Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesi olma özelliğini de taşır. Yağış miktarı bazı kesimlerde yılda 2000-2500 mm civarında olmaktadır. Yoğun yağışın yanı sıra dağlık arazi, suların tahliyesini daha da zor hale getirmektedir [5]. Bölgede drenaj yapıları ile ulaşım üstyapıları çok sık çakışmaktadır. Ayrıca yol kenarı hendeklerinin diğer bölgelere oranla daha sık deşarj edilmesi gerekmektedir. Bu durumlar drenaj yapılarına çok fazla yatırım yapılmasını gerektirmektedir [6].

Yol kenarında biriken suların veya yola dik gelen derelerin tahliyesi için bölgede sık sık beton/koruge menfezler, büyük debili derelerde köprü, kutu menfez veya açık kasisler yapılmaktadır. Özellikle betonarme kutu menfez sıklıkla yapılan yapılardandır. Bu yapıların tasarlanması için birçok faktörün bilinmesi gerekir. Dolgu yüksekliği, zeminin taşıma gücü, menfezin bakımını etkileyen faktörler, hidrolik faktörler, ekonomik faktörler vb. [7]. Menfezler için temel hedef maksimum debinin rahat bir şekilde girip çıkabileceği boyutlarda olmasıdır, ayrıca menfeze su ile birlikte taşınan diğer malzemelerinde su akışı ile birlikte menfezi tıkanması istenmemektedir [8]. Ulaştırımda altyapı çalışmalarını oluşturan bu yapılarda projelendirme çalışmaları oldukça önem taşımaktadır. Ancak çeşitli sıkıntılar bu yapılarda projelendirme çalışmalarını sekteye uğratmaktadır. Örneğin bölgede kırsal yolların üzerinde bulunduğu dereler genellikle küçük havzalar olduğundan birçoğunda gözlem istasyonu bulunmamaktadır [9]. Kamulaştırma, kontrolsüz ve geometrik standartlara uygun olmayan yol açılması, şev stabilitesinin yeterli sağlanamaması, yol kenarlarında bulunan bitkilerin temizlenememesi, proje müdahale süresinin darlığı vb. birçok sıkıntı kutu menfezlerin projelendirme çalışmalarında eksiklikler oluşturmaktadır [10].

2. Çalışmanın Kapsamı

Türkiye'nin en uzun yol ağı ve en fazla yağış alan bölgesinde yukarıda belirttiğimiz nedenlerle oluşan proje eksiklikleri ve çeşitli diğer etkenler ile bulunan menfezler sık sık tıkanmaktadır. Aşağıda bölgede yağışlar nedeniyle tıkanan menfez ve hendeklerin fotoğrafları Şekil 1 ve 2'de görülmektedir.



Şekil 1. Sinop Ayancık İlçesinde tıkanmış bir beton büzler ve yol üzerinden akan su.



Şekil 2. Trabzon Of İlçesinde malzeme tarafından tıkanan büzün temizleme çalışmaları.

Bölgede neredeyse her yağmur sonrası bir veya birkaç ilçede benzer şekilde ulaşım yapıları hasarları tespit edilmektedir. Her yıl birkaç ilde genel hayata etkili afetler oluşmaktadır. Afet Acil Durum Müdürlüğü tarafından yapılan belediye alt yapı ve üst yapı hasar tespit çalışmalarında yapılan incelemelerde yağmur sonrası oluşan hasarların en büyük nedeninin su drenaj yapılarının tıkanması olduğu görülmüştür. Bu durumda drenaj yapılarının tıkanmasını engellenmesi, afet sonrası oluşan hasarların da azalmasını sağlayacaktır.

Türkiye’de bulunan dereler jeolojik olarak genç diye tabir edilen derelerdir. Bu nedenle malzeme taşımaya devam etmektedirler. Yağışların dar bir alana kısa sürede yağdığı zamanlarda, tehlikeli olmaktadır. Genellikle yağışlar suyu hızlı bir şekilde akmasına neden olmaktadır. Hız ile birlikte malzeme taşınması da sağlanmakta, çeşitli boyutlarda agrega, mil, kil, dal, kök, yaprak ve çöp malzemeleri taşınarak menfezleri tıkanmaktadır [10]. Gelen malzemelerin menfez girişlerine ulaşmadan durdurulması dünya genelinde kullanılan bir metottur. Bu çalışma kapsamında çelik moloz bariyeri uygulaması, ile malzemelerin menfeze ulaşmadan uygun yerde durdurulması sağlanan örnek proje incelenecektir.

3. Yapılan Çalışmalar

3.1. Sahadaki Sorunun Tespiti

Anadolu’nun kuzey doğusunda bulunan Doğu Karadeniz bölgesi, Türkiye’deki heyelanların ve moloz hareketlerinin en sık karşılaşıldığı bölgedir. Doğu Karadeniz

Bölgesinde meydana gelen çeşitli büyüklüklerdeki toprak hareketleri önemli can ve mal kayıplarının yanı sıra ulaşımın engellenmesine yol açmaktadır. Özellikle iklim, jeolojik ve hidrografik özellikleri heyelanların sıklıkla oluşumuna sebep olmaktadır. Sadece doğal etkiler değil, aynı zamanda yanlış arazi kullanımları da bölgede yaşanan toprak hareketlerini tetiklemektedir. Doğası gereği ormanlık olması gereken dik eğimli yamaçlardaki toprak örtüsü, tarımsal faaliyetlerin artırılması amacı ile giderek yok edilmekte ve bu durum da toprak akışlarının oluşumunu kolaylaştırmaktadır.

Özellikle geçirgenliğin yüksek ve hacim değişmelerinin fazla olduğu dik yamaçlarda aralarındaki bağlantıları azalmış taneciklerin oluşturduğu birikintiler yamaçtan aşağıya doğru hareket ederler. Bu hareketin hızı gözle fark edilemeyecek kadar düşüktür. Birikintinin içine sızan sular kış aylarında donar ve ilkbaharda havaların ısınması ile donlar çözülür. Donma ve çözülme, genişleme ve büzülme hareketlerini meydana getirir. Bu hareketler sonucu tanecikler yerçekiminin etkisi ile aşağı doğru kayarlar.

Moloz birikintileri içinde hareket eden materyalin kalınlığı 8 -10 cm. den birkaç metreye kadar değişmektedir. Yamaç eteklerinde bulunan karayolları, demiryolları gibi tesisler moloz hareketlerinden etkilenmektedir. Ayrıca bu hareketin sel deresine doğru olması sel ve taşkın oluşumuna neden olmaktadır.

3.2. Uygulanan Çözüm

Moloz akışlarına karşı dere yataklarında inşa edilen enine yapılar oldukça fayda sağlamaktadır. Bu yapılar hem molozların yakalanmasına hem de eğimin azaltılmasına ve dolayısı ile hızların düşürülerek yeni akışların tetiklenmesine engel olmaktadır. Enine yapılar birçok farklı teknik kullanılarak inşa edilebilmektedir. Çelik moloz bariyerleri ise en son teknolojinin kullanıldığı pratik, esnek ve ekonomik çözümlerdir.



Şekil 3. Kurulum öncesi memba ve mansap görüntüsü.

Türkiye’de daha önce hiç kullanılmamış çelik moloz bariyerlerinin hem performanslarının ölçülmesi hem de diğer sistemlere göre avantajlarının değerlendirilebilmesi için plot bölge

olarak Rize ili Güneysu ilçesine bağlı Başköy’de, ana kol olan Potomya çayına bağlanan yan derelerden biri seçilerek tasarım çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3). Hesaplar neticesinde 160 kPa dayanımlı 3 m yüksekliğinde ve üstte 9 m altta 3 m genişliğinde trapez bir yatakta çelik moloz bariyeri kurulumu gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Plot bölge seçilirken lokasyonun moloz taşıma potansiyeli, ankraj yapılacak yerlerin jeolojik durumu, topoğrafik koşullar, ulaşılabilirliği gibi birçok kriter göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 4. Kurulum Aşaması (Kasım 2017)

Kurulum yapılan yan dere bir yayla yolunun altından menfezle geçerek ana kola katılmaktadır (Şekil 5). Çelik moloz bariyeri ise bu menfezin yaklaşık 30 metre membaında kurulmuştur. Böylece yataktan gelen molozların menfezi tıkaması engellenecek ve yolun taşkın altında kalmasının ve molozlarla kapanmasının önüne geçilecektir.



Şekil 5. Bariyerin Mansabında Bulunan Menfez (Büz)

Kurulum aşamasında elde edilen tecrübeler neticesinde; bariyerlerin kurulumunun çok hızlı gerçekleştiği, hafif yapısı sayesinde zorlu topoğrafik koşullarda kolaylıkla taşınabildiği, doğa koşullarıyla uyumlu olduğu, kazı dolgu gibi ön çalışmalara ihtiyaç duyulmamasından dolayı iş makinasına ihtiyaç duyulmaması gibi birçok avantaj sağladığı görülmüştür. 27.09.2017 tarihinde sahaya yapılan teknik gezi sırasında şiddetli yağış başlamış ve yatakta yoğun debi akışı Şekil 6’da görüldüğü gibi gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Sel Anı Görüntüsü (Ekim 2017)

Tahmin edildiği gibi kısa süre sonra yatakta moloz akışı başlamış ve ciddi miktarda moloz çelik moloz bariyeri tarafından yakalanmıştır. Moloz bariyerinin kapasitesi tamamen dolduktan sonra Şekil 7'de görüldüğü gibi moloz akışının devam etmesi dolayısı ile üzerinden bir süre daha akış olmuştur.



Şekil 7. Sel Sonrası (Ekim 2017)

Rezervuarı tamamen dolan moloz bariyerleri temizlik yapılmaması durumunda klasik tersip yapıları gibi çalışmaktadır. Arka arkaya kurulan bariyerler dere yatağının ortalama eğimini düşürmekte ve böylece akış hızlarını ve kayma gerilme değerlerinin azalmasını sağlamaktadır. Bu değerlerin azalması dere tabanındaki rusubatın harekete geçme oranını düşürmekte ve hem yataktaki erozyonu önlemekte hem de taşkın anında mansaptaki drenaj yapılarının tıkanmasını engellemektedir.

Güneysu'da yapılan uygulamada, bariyer menfez yapısının membaında gelecek moloz akıntısının çarpma etkisinin (enerjisinin) düşürülmesi için kurulmuş, dolayısı ile temizlik yapılması ve bir sonraki sel durumuna hazırlanması planlanmıştır. Bu amaçla 2017 yılı Kasım ayında sahaya gidilmiş ve öncesinde incelemeler yapılmıştır. Yapılan incelemelerde rezervuardaki malzemenin oldukça sıkıştığı görülmüştür. Ayrıca bariyerin arkasında eğimin oldukça düşük olduğu ve burada oluşan platform üzerinde Şekil 8'de de görülen yukarıdan gelen rusubat-kayaların yaklaşık 30-40 metre arkaya doğru biriktiği gözlemlenmiştir.



Şekil 8. Temizlik İşlemi Öncesi (Kasım 2017)

Şekil 9’da görüldüğü gibi sahaya iş makineleri ve gerekli ekipmanlar ile gidilerek temizlik işlemi başlatılmıştır. Dere yatağı oldukça dar ve eğiminin dik olmasından dolayı ekskavatörün kovası bariyerin arka kısmına ulaşamamaktadır. Bariyerlerin rijit yapıları göre en büyük avantajı bu gibi durumlarda sökülerek arkasının temizlenebilmesidir. Bu uygulamada da bariyer ankraj bağlantılarının başlarında bulunan radansalardan sökülmüş ve iş makinasının bariyerin arkasına erişimi sağlanarak temizlik işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Temizlik Aşaması (Kasım 2017)

Temizlik işlemi sırasında yaklaşık bariyerin rezervuarından yaklaşık 200 m³ malzeme çıkartılmıştır. Böylece sel anında bariyerin koruduğu yaklaşık 1 metre çapında menfezin tıkanması engellenmiştir. Temizlik işlemi tamamlandıktan sonra bariyer tekrar monte edilmiş ve ilk kurulduğu aşamada olduğu gibi çalışmaya devam etmesi sağlanmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Temizlik Sonrası (Kasım 2017)

4. Bulgular ve Sonuç

Bu sistemlerin çalışma mekanizması yamaçlarda kaya-taş düşmesine karşı yamaçlardan kopan kayaları durdurmak ve enerjisini sönmölemek için kullanılan kaya bariyerlerine daha yakındır. Dolayısı ile dere tipi moloz bariyerlerinin tersip yapılarından ve sekilerden farklı olarak, hareketli kütlelerin enerjisini sönmölemek gibi bir amacı vardır. Rijit yapılar bu hareketli kütlelerin çarpma etkisi ile kırılıp dağılırken moloz bariyerleri gibi esnek yapılar bu moloz akıntılarının enerjisini kırmakta ve yavaşlatmaktadır.

Bariyerler ulaşımı oldukça zor bölgelere kolaylıkla taşınabilmektedir. Bariyerlerin parçalanabilir elemanlardan oluşması ve çok sarp bölgelerde profesyonel dağcı ekipler tarafından kurulum sağlanmasından dolayı, herhangi bir yapının uygulanması imkânsız bölgelerde bile bu bariyerlerin kurulmasını mümkün kılmaktadır.

Kurulumları oldukça hızlı gerçekleştirilebilmektedir. Güneysu ilçesinde yapılan bariyerin kurulum süresi ankrajların açılması da dahil olmak üzere toplam 2 gün içerisinde tamamlanmıştır ve hatta bu sürenin daha da kısaltılabileceği öngörülmüştür.

Çelik moloz bariyerleri Şekil 11’de görüldüğü gibi doğaya ve ekolojiye oldukça uyumlu sistemlerdir. Alt kısımlarda bırakılan boşluklar dere yatakları içerisindeki canlıların rahatlıkla geçişlerine izin vermektedir. Sahada uygulama aşamasında oldukça temiz ve dere yatağı içerisine inşaat atıkları bırakılmadan kurulumu sağlanmaktadır. Ayrıca işletme aşamasında dere yatakları içerisinde betonlaşmanın ve kötü görüntünün da önüne geçilmektedir. Rize Güneysu’da kurulan bariyer bir süre sonra doğa ile tamamen bütünleşmiş ve estetik bir görüntüye bürünmüştür.

Rize Güneysu ilçesinde uygulanan çelik moloz bariyeri tam olarak beklenen performansı göstermiş ve görevini yerine getirmiştir. Fakat bariyerlerin kademeli olarak kullanılması hem yatak eğiminin düşürülmesi hem de yakalanacak moloz hacminin artırılması açısından çok büyük fayda sağlayacaktır.



Şekil 11. Bariyerin Çevreye Uyumunu (Ağustos 2019)

Maalesef bu tarihte meydana gelen sel ve heyelanlar aynı bölgede can kayıpları ile sonuçlanmıştır. Karadeniz bölgesinde sıklıkla meydana gelen sel felaketi ile mücadelede kullanılacak bariyerler, yerleşim yerlerinin ve altyapı yatırımlarını tahribattan korunmasına yardımcı olacaktır. Bu önlemlerin bölgede bir programa alınması ve uygulanması ile, potansiyel felaketlerin sonrasında meydana gelebilecek tahribatın telafisi için kullanılacak kaynaklardan da tasarruf sağlanması mümkündür.

Kaynakça

- [1] TÜİK, Köy Yolları Hakkında İstatistiksel Bilgiler <http://www.tuik.gov.tr> Türkiye İstatistik Kurumu.
- [2] Güçlü Y., "Doğu Karadeniz Bölümü Kıyı Kuşağında İklim Konforu Şartlarının Kıyı Turizmi Yönünden İncelenmesi" Coğrafi Bilimler Dergisi CBD 8 (2), 111-136 (2010)
- [3] Çelik, M., Seferoğlu, M.T., Seferoğlu, A.G., Akpınar, M.V., "Karadeniz Bölgesi Köy Yollarındaki Drenaj Yapılarının Yetersizliğinden Kaynaklanan Problemler ve Çözüm Önerileri" 7. Kentsel Altyapı Sempozyumu, Trabzon, 2015
- [4] Çelik, M., Akpınar, M.V., "Uzun Süre Hizmet Veren Beton Yol Kaplamalarının Temel Malzemesi Olarak Yerinde Yeniden Kullanılması: Doğu Karadeniz Bölgesi Uygulamaları" 9. Beton Kongresi Antalya, 2015
- [5] Bahadır, M. ve Özdemir, M. A., "Trabzon ve Rize'de Yağışın Mevsimsel Değişimlerinin Marginal ve Matrix Yöntemleri ile Belirlenmesi ve Trend Analizleri", Uluslararası Sosyal Araştırma Dergisi, Cilt 4, Sayı 17, 2011.
- [6] Çelik, M., Seferoğlu, M.T., Seferoğlu, A.G., Akpınar, M.V., "Karadeniz Bölgesi Köy Yollarındaki Drenaj Yapılarının Yetersizliğinden Kaynaklanan Problemler ve Çözüm Önerileri" 7. Kentsel Altyapı Sempozyumu, Trabzon, 2015
- [7] Karayolları Genel Müdürlüğü, "Hidrolik Sanat Yapılar", Ankara, 1990.
- [8] R. N. Weisman, "Model Study of Safety Grating for Culvert Inlet", Journal of Transportation Engineering, Vol. 115, No:2, Philadelphia, 1989.
- [9] Öztürk, M., Kaya, N. ve Aşkan, A. H., "Menfezlerin Projelendirilmesinde Kullanılan Taşkın Metotlarının Değerlendirilmesi", SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, Sakarya, 2003.
- [10] Bergün M., Anılan T., Aras E., "Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Sediment Taşınması ve Kıyı Erozyonu Etkileşimleri" İnşaat Mühendisleri Odası, TMH - 461-462 - 2010/3-4, 2010

Geyve Doğantepe Göleti Taşkın Risk Analizi

Flood Risk Analysis of Geyve Doğantepe Pond

Osman Sönmez¹, Kağan Ergen²

¹ Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, osonmez@sakarya.edu.tr

² DSİ 32. Şube Müdürlüğü, kaganergen@dsi.gov.tr

Özet – Barajlar taşkın önleme, su temini, sulama, hidroelektrik enerji üretimi vb. amaçlarla inşa edilen su yapılarıdır. Barajlar rezervuarında çok büyük hacimlerde su biriktiren yapılar olduğundan yıkılmaları oluşabilecek ani taşkının büyüklüğü aşırı yağışlardan dolayı oluşabilecek taşkınların büyüklüğünden çok daha fazladır. Dolayısıyla olası bir yıkılma halinde çok büyük can ve mal kaybına sebep olabilirler. Çalışmanın amacı Geyve Doğantepe Göleti'nin yıkılması durumunda oluşabilecek taşkının mansap bölgesinde yer alan Geyve İlçe Merkezi'ne ulaşıp ulaşmayacağıının belirlenmesidir. Çalışmada analizler için USACE tarafından geliştirilmiş olan HecRAS programı kullanılmıştır. Söz konusu program kullanılarak yapılan analiz sonucunda mansap bölgesindeki bazı yerleşim bölgelerinin taşkından etkileneceği tespit edilmiştir. Analiz sonucunda taşkın yayılım haritaları oluşturularak oluşabilecek maksimum su seviyesi ve bu seviyelerin oluşma zamanları belirlenmiştir.

Abstract - Dams, flood prevention, water supply, irrigation, hydroelectric power generation etc. water structures constructed for purposes. Since the reservoirs in the reservoir contain very large volumes of water, the size of the sudden floods that may be caused by collapse is much greater than the size of the floods that may occur due to excessive rainfall. Therefore, they can cause great loss of life and property in case of a possible collapse. The aim of the study is to determine whether the floods that may occur during the demolition of Geyve Doğantepe Pond will reach the Geyve District Center in the downstream region. The HEC-RAS program, which was developed by USACE, was used in the study. As a result of the analysis conducted using the aforementioned program, it was determined that some settlements in the downstream region will be affected by flood. As a result of the analysis, flood propagation maps were formed and the maximum water level and the time of occurrence of these levels were determined

1. Giriş

Barajlar ve göletler rezervuarlarında çok büyük miktarlarda su bulundurduğundan dolayı olası bir patlama sonucunda oluşabilecek taşkının büyüklüğü aşırı yağışlardan dolayı oluşabilecek taşkının büyüklüğünden çok daha fazladır.

Baraj yıkılmasının birçok sebebi olmakla birlikte bu sebeplerin en başında kayma ve gövde üstünden şu aşması olayları gelmektedir. Baraj yıkılmaları ani gerçekleşen olaylar olduğundan dolayı genellikle sonucunda çok büyük can kaybı ve maddi hasar yaşanmaktadır. Can ve mal kaybının yanında çok büyük sosyal felaketlere de neden olmaktadır. Binlerce insanın buldukları yerleri tahliye ederek evsiz kalmasına, buldukları yerleri terk etmek zorunda kalan insanların açlık ve salgın hastalıklarla mücadele etmek zorunda kalmasına yol açmaktadır.

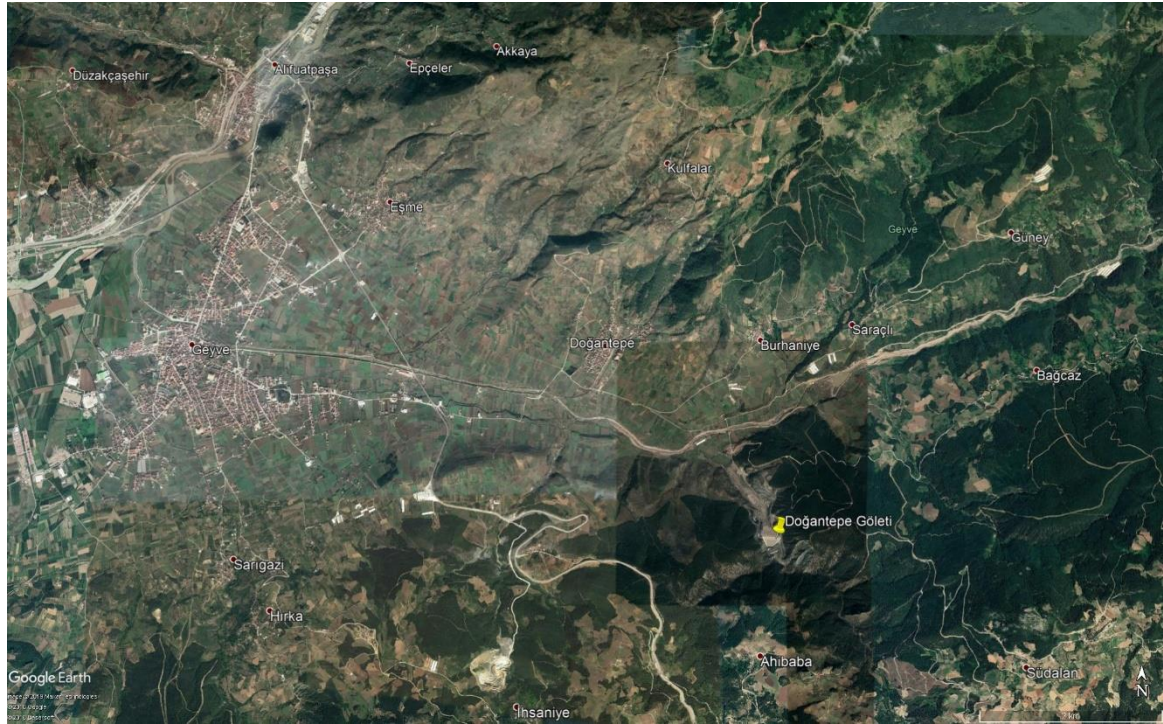
Tarihteki en büyük baraj yıkılmalarından biri olan İtalya'daki 267 m yüksekliğindeki

Vajont Barajı'nın yıkılması sonucu 2000 'den fazla insan can vermesine yol açmıştır (Elçi ve ark. 2017). Türkiye'de ise henüz herhangi bir baraj yıkılması olayı gerçekleşmemiştir.

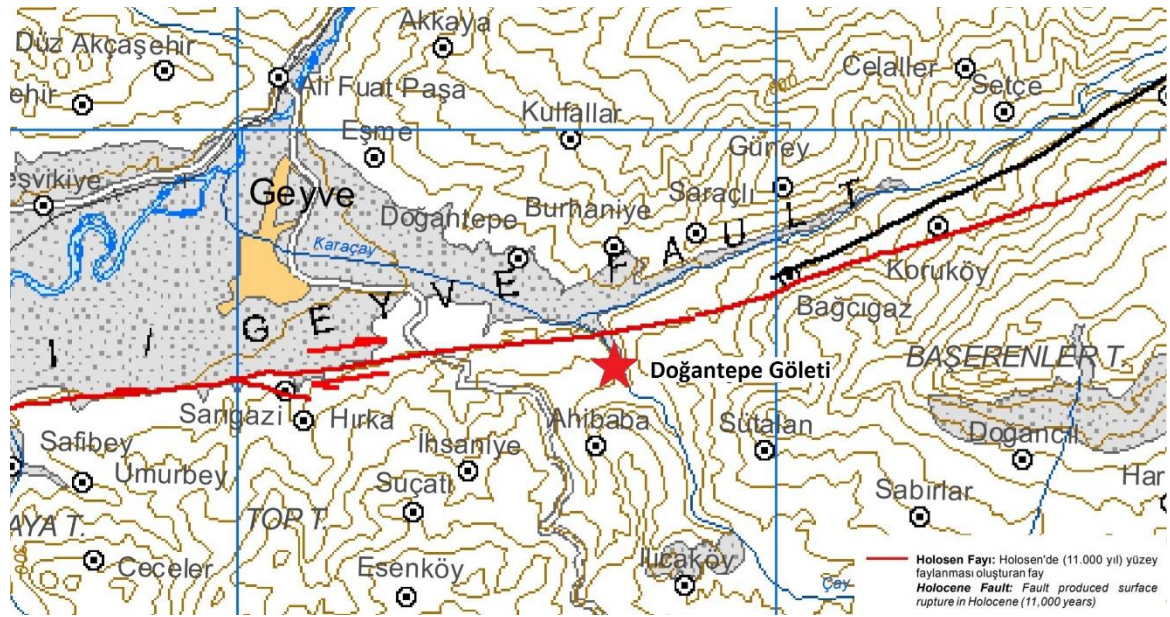
Bu çalışmada Sakarya Geyve Doğantepe Göleti'nin yıkılma analizleri HecRAS programı yardımıyla yapılmıştır. Gölet mansabında Geyve İlçe Merkezi bulunduğu için göletin yıkılma analizlerinin yapılması çok büyük önem arz etmektedir.

2. Çalışma Sahası

Doğantepe Göleti, Sakarya ili Geyve ilçe sınırları içindeki Doğantepe Köyü'nün yaklaşık 2,50 km güney doğusundaki Karakaya Deresi üzerindedir. Sakarya ilinden 35 km asfalt yol ile Geyve ilçesine oradan da güneydoğu istikametinde 10 km'lik asfalt yol ile Doğantepe Köyü'ne ulaşılır. Buradan da 2 km'lik asfalt yol ve 2 km'lik stabilize yol gidilerek bent yerine ulaşılmaktadır. Doğantepe Göleti; sulama amacı ile yapılmış olup, Geyve ilçesi ve çevre köylerinin brüt 552 ha, net 482 ha tarım arazisini sulama amacı ile planlanmıştır. Ülkemizin en riskli deprem alanı konumundaki Kuzey Anadolu Fayı'na çok yakın ve KAF ile bağlantılı Dokurcun-İznik fayına çok yakın bir mesafede bulunan Doğantepe Göleti, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre 1.derece deprem bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma sahası uydu görüntüsü



Şekil 2. MTA diri fay haritası (<http://www.mta.gov.tr>)

2.1 Doğanentepe Göleti Özellikleri

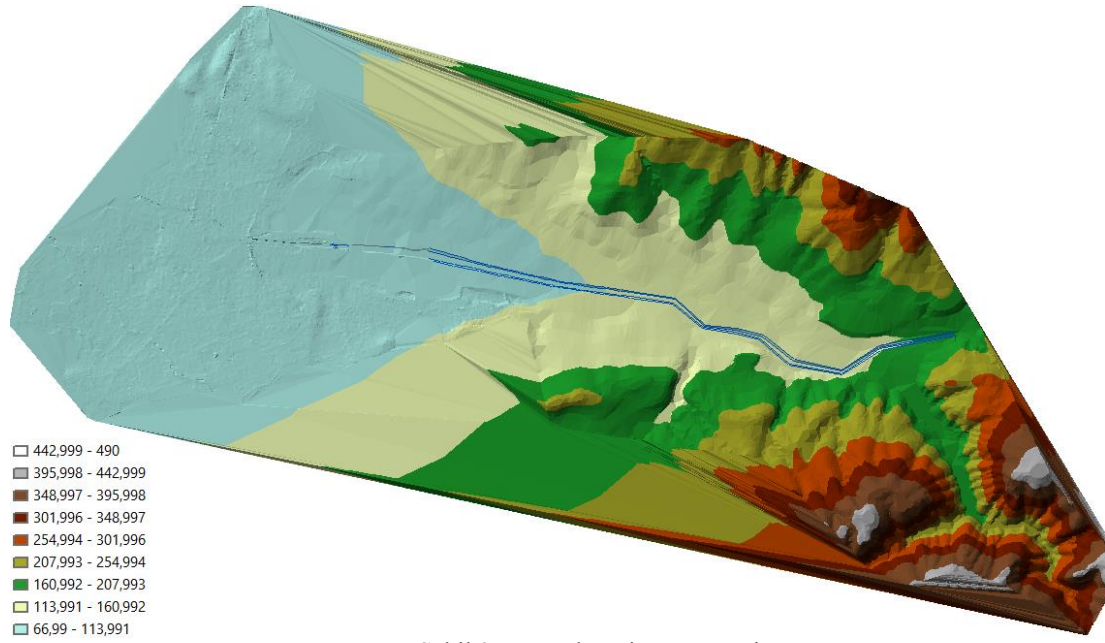
Doğanentepe Göleti ; ön yüzü beton kaplı kum-çakıl dolgu barajıdır. Baraj sulama amacı ile yapılmış olup gövdesi talvegden 50,50 m yüksekliğe sahiptir. Baraj gövdesi 8 m temel derinliğine sahiptir. 209,90 m kret uzunluğu olan gölet, 10 m genişliğe sahiptir. Gövde membasında 1,00D:1,80Y ve mansabında 1,00D:2,10Y şev eğimine sahiptir. Gövde ön yüzünde beton hacmi 5500 m³ olup toplam gövde hacmi ise 692640 m³'tür.

Gövdenin sol sahilinde bulunan dolusavak, karşıdan serbest alışlı bir yapıya sahiptir. Ötelenmiş 10000 yıllık tekerrür taşkın debisi baz alınarak 141,06 m³/sn bulunan debiye göre projelendirilen dolusavak üzerinde talvegden 45,6 m yüksekliğe sahip eşik yapısı bulunmaktadır. Eşik yapısı 10 m genişliğe sahip olup göletin maksimum su seviyesi talvegden 49,27 m yüksektedir

3. Taşkın Analizi

3.1. Sayısal Arazi Modelinin Oluşturulması

Taşkın yayılımlarının haritalarının elde edilebilmesi için 1D (1 boyutlu) ve 2D (2 boyutlu) analiz yapabilen çeşitli modelleme programları tasarlanmıştır. Bu çalışmada Geyve Doğanentepe Göleti yıkılma analizleri için HEC-RAS yazılımı kullanılmıştır. Öncelikle Nctcad tabanlı 1/1000 ölçekli halihazır haritalarda gerekli düzenlemeler yapılarak ArcMAP'e aktarılmıştır. Bu sırada üçgen modelleme yapılmıştır.



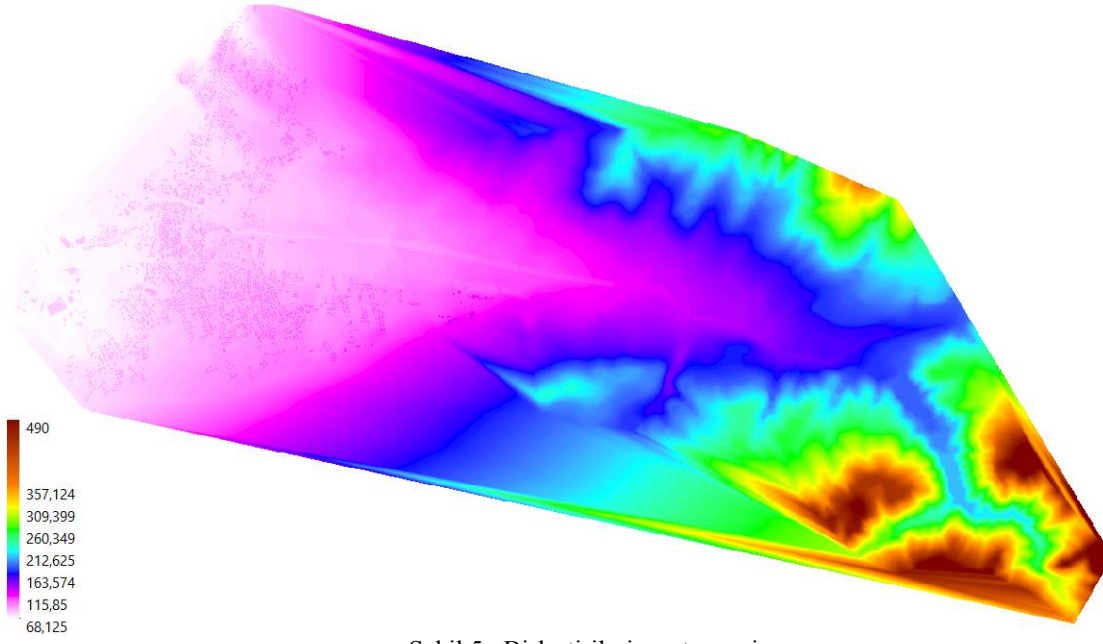
Şekil 3. Düzenlenmiş raster veri

Söz konusu altlık gerçek araziyi temsiliyet düzeyi geliştirilmesi için mevcut yapılarda bu veri üzerine işlenmiştir.



Şekil 4. Binaların raster datası

Temsiliyet düzeyi iyileştirilmiş sayısal arazi modeli tamamlandıktan sonra analize hazır hale getirilmiştir.

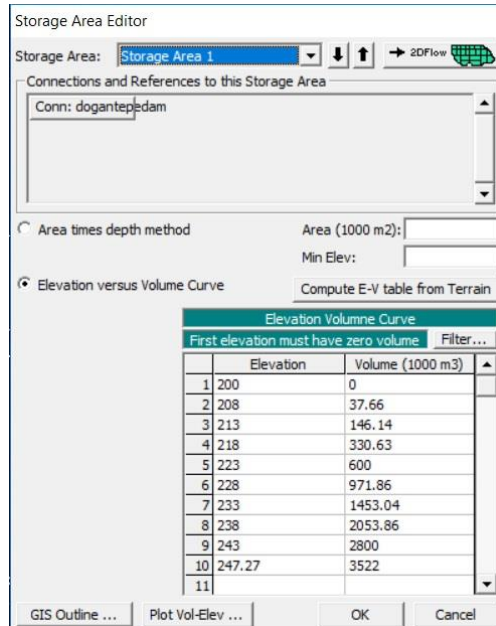


Şekil 5. Birleştirilmiş raster veri

Son olarak da HecRAS programında baraj yıkılma analizi yapılarak taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur.

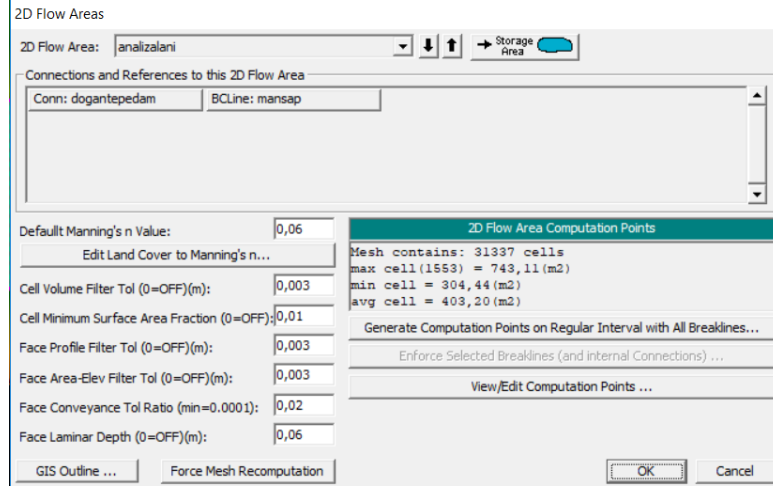
3.2. Baraj Yıkılma Analizi

HecRAS ın Geometric data bölümünde storage area kısmıyla göl alanı belirlenmektedir. Bu aşama çalışmada gölet projesinde bulunan göl alanı CAD sayısal projesinden programa aktarılmıştır. Ardından göl alanına hacim satıh eğrisi Şekil 6’da gösterildiği gibi tanımlanmıştır.



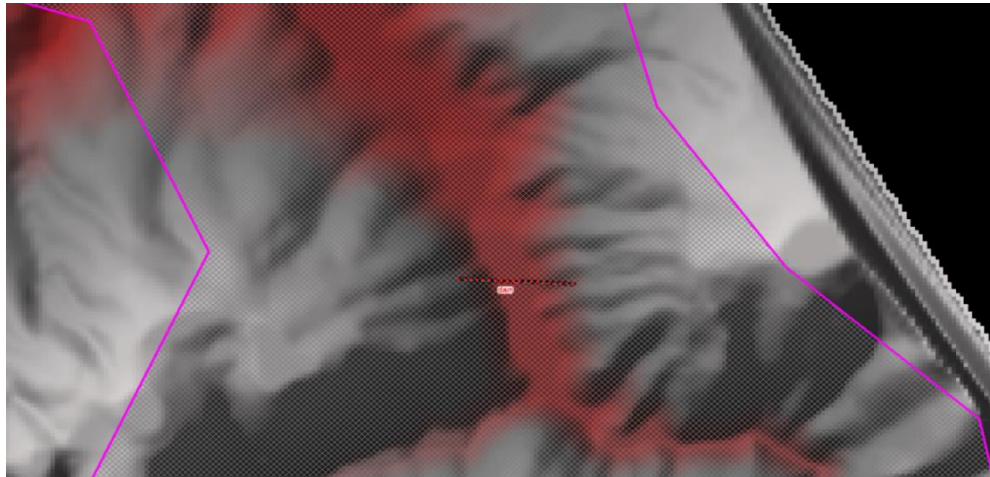
Şekil 6. Hacim satıh eğrisinin girildiği ekran

Oluşturulan geometrik veri HecRAS programına eklenmiştir. HecRAS programındaki edit menüsünden 2D flow area aracı yardımıyla taşkın yayılım alanı dönülmüştür. Taşkın yayılım alanı dönüldükten sonra edit menüsündeki 2D flow area aracı yardımıyla seçilen hücre alanları programa girilerek veri küçük hücrelere ayrılmıştır. Şekil 7’de 2D flow areas menüsü görünmektedir.



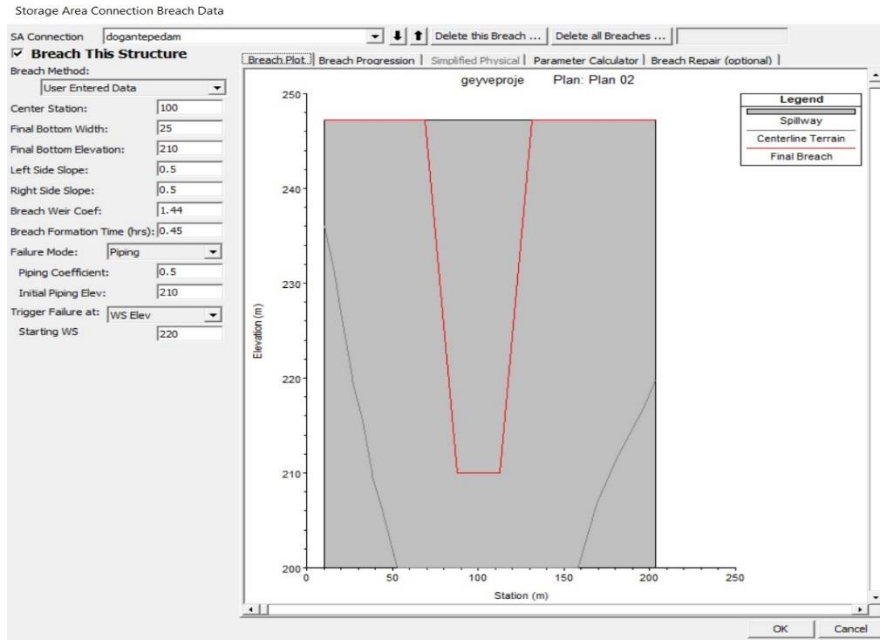
Şekil 7. 2D Flow area menüsü değerleri

HecRAS menüsünden SA/2D Connection sekmesi seçilerek baraj gövdesi tanımlanmıştır. Tanımlanan baraj gövdesi Şekil 8’de gösterilmiştir.

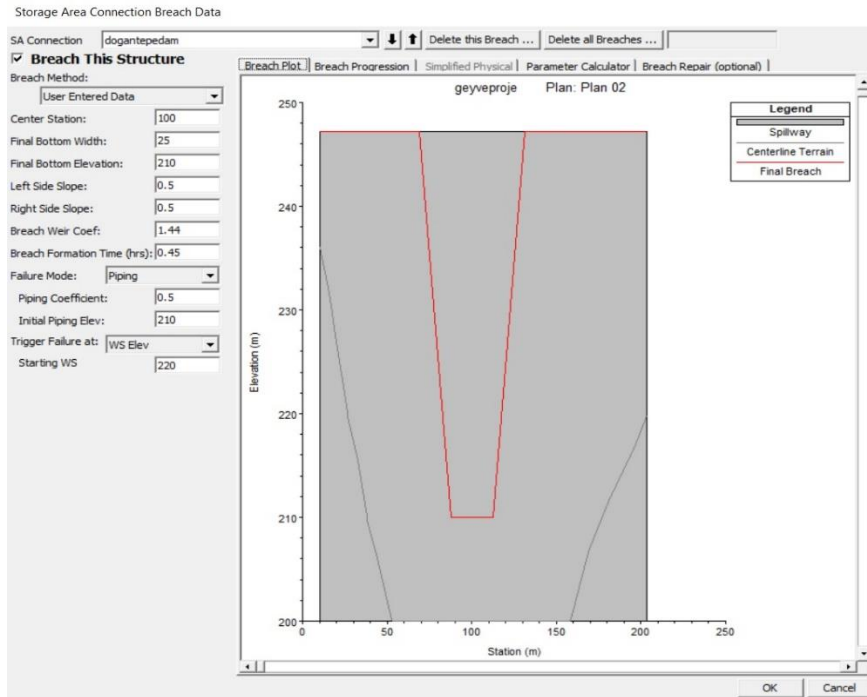


Şekil 8. Baraj gövdesi

Geometric plan kısmında baraj gövdesinde edit connection ara yüzünden weir / embarkment kısmı ile barajın gövdesinin parametrik detayları tanımlanmıştır. Ayrıca breach plan data ara yüzü ile Şekil 9’da gösterildiği gibi baraj yıkılmasının parametreleri ayarlanmaktadır. Bu ara yüzde barajın borulanma ile baraj yıkılması senaryosu tanımlanmaktadır. Oluşacak gedığın alt kotu ve gedik eğimleri gibi parametreler bu ara yüzde girilmiştir. Ayrıca parameter calculator ara yüzünden Şekil 10’da gösterildiği üzere gövde tipine uygun Von Thun & Gillete yöntemi seçilerek, gerekli diğer parametreler girilmiştir.

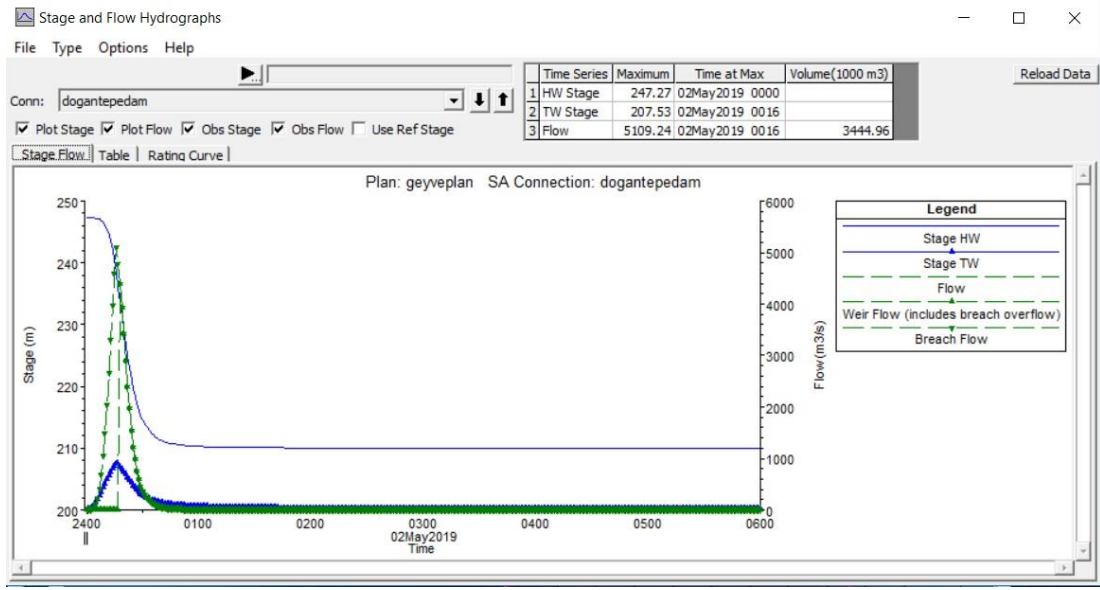


Şekil 9. Storage area connection breach data menüsü gediklenme ara yüzü



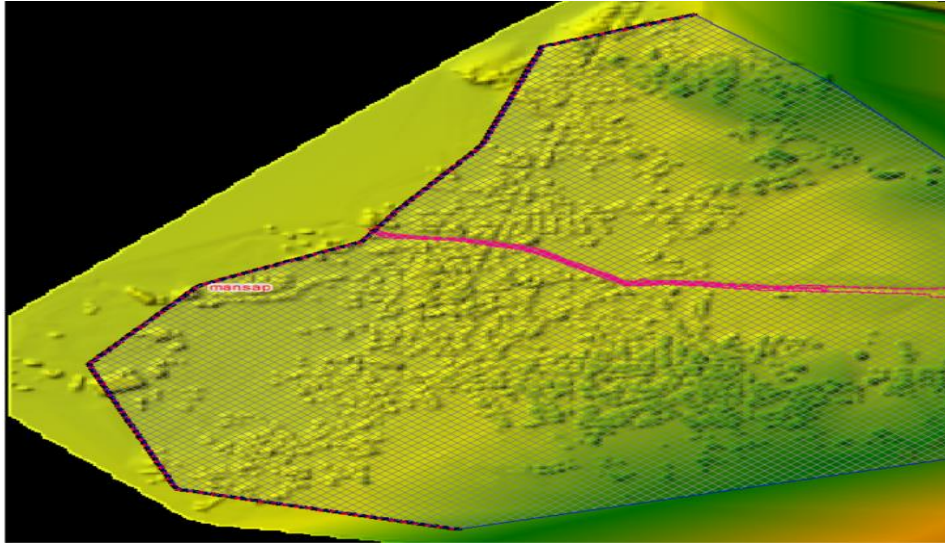
Şekil 10. Storage area connection breach data menüsü parameter calculator arayüzü

Ayrıca geometric data ara yüzünde tanımlanan baraj gövdesi ve breach data için girilen parametrelerden sonra plot stage and flow hydrograph menüsünden Şekil 11’de görüldüğü üzere HecRAS tarafından çizdirilen baraj gövdesine ait hidrograflar görülmektedir.



Şekil 11. Baraj gövdesine ait hidrograf

HecRAS menüsünden SA/2D BC lines sekmesi seçilerek mansap sınır şartları oluşturulmuştur. Çizilen mansap çizgisinde gerekli düzenlemeler edit komutu ile nokta ekleyerek veya silerek yapılmıştır. Şekil 12’de mansap şartı gösterilmiştir.



Şekil 12. Mansap şartı

HecRAS programını kullanarak tanımladığımız taşkın yayılım alanı, mansap şartları, baraj gövdesi ve göl alanı Şekil 13.’de gösterilmiştir.

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmanın temel amacı 2 boyutlu baraj yıkılma analizi yaparak; yıkılma durumunda oluşması muhtemel Geyve Doğantepe Göleti mansabındaki yerleşim yerleri için taşkın riskini belirlemektir. Bu maksatla yapılan analiz sonucunda taşkın sularının 40 dakikada Geyve İlçe Merkezine ulaşarak mansap bölgesindeki Geyve İlçe Merkezi'nin büyük bir bölümünün sular altında kaldığı tespit edilmiştir. İlçe merkezinde 1458 adet yapının taşkından etkilendiği belirlenmiştir. Taşkın yayılım alanının 562.8 ha olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca İlçe Merkezi'nde suyun maksimum 3.30 m kotuna kadar çıktığı, İlçe Merkezi'nde ortalama su kotunun 1.5 m olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda taşkın yayılım haritası oluşturularak, oluşabilecek maksimum su seviyesi ve bu seviyelerin oluşma zamanları belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışma sonuçları değerlendirdiğinde aşağıda sıralanmış risk azaltıcı tedbirlerin dikkate alınması önerilmektedir.

1. Baraj yıkılmalarının önlenmesi için baraj işletmesi sırasında kullanılan ölçüm aletlerinin kalibrasyonlarının daha titizlikle yapılarak daha gerçekçi ölçüm çalışmalarının yapılması gereklidir.
2. Baraj mansabında yerleşim yeri varsa ise mutlaka baraj projelendirilmesi ile baraj yıkılma analizleri bir bütün olarak ele alınmalıdır.
3. Olası bir baraj yıkılması sonucu baraj mansabında taşkın suları altında kalacak olan özellikle meskûn mahallerdeki akarsu kesitlerinde seddeleme, taşkın koruma duvarları vb. önlemler alınarak bu bölgelerin sular altında kalmasının önüne geçilebilir.
4. Farklı baraj yıkılma senaryoları altında deneysel ve sayısal araştırmalar bir bütün olarak ele alınmalıdır. Deneysel çalışmalarda edilen veriler sayısal hidrolik analiz yapan programlardan edilen verilerle birlikte incelenerek karşılaştırılmalıdır.
5. Tarihte meydana gelen baraj yıkılması olayları titizlikle araştırılmalıdır. Baraj yıkılma mekanizmaları belirlenerek bilgisayar programları yardımıyla gerçeği en yakın modeli oluşturulabilir. Bu model üzerinden çıkarımlar yapılabilir. Bu çıkarımlar, hem var olan barajların iyileştirilmesi çalışmaları için kullanılabilir; hem de yeni baraj tasarımlarında kriter olarak kullanılabilir.

5.Referans

Elçi, Ş.,Tayfur, G.,Haltaş, İ.,Kocaman, B. 2017. Baraj yıkılması sonrası iki boyutlu taşkın yayılımının yerleşim bölgeleri için modellenmesi. İMO Teknik Dergi, 21: 7955-7975.

Hırca,T.2018, Akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve hasar olasılık eğrilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi.SAÜ

MTA, <http://www.mta.gov.tr>, Son Erişim 26.07.2019

Keçi Deresi Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması

Creating Flood Inundation Maps of Keçi River

Osman Sönmez¹, M.Emre Yurdakul²

¹ Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, osonmez@sakarya.edu.tr

² DSİ 32. Şube Müdürlüğü, emreyurdakul@dsi.gov.tr

Özet – Akarsularda su seviyesi ve debi zaman içinde değişir. Debinin ve dolayısıyla seviyenin yüksek olduğu dönemlerde akarsu yatağının dışına taşabilir. Hidrolojik ekstrem olaylar olarak bilinen taşkınların sonucunda insanları etkileyen önemli ekonomik, ekolojik ve çevresel zararlar ve hatta can kayıpları meydana gelmektedir. Taşkınların çevreye verdiği zararların öngörülebilmesi ve zararların minimum düzeye indirilmesi için hidrolojik verilerin toplanması, çeşitli metotlar ile analiz edilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Sakarya ili güney Sapanca havzasında yer alan Keçi dere örneği ele alınarak, elde edilen yağış verileri istatistik yöntemler ile 5, 10, 50, 100 ve 500 yıllık taşkın tekerrür debileri hesaplanarak yağış akış simülasyonu yapan bilgisayar modelleri vasıtasıyla taşkın yayılım-derinlik haritaları çıkarılmıştır. Elde edilen bu haritalar yardımı ile risk altında bulunan meskûn mahaller ve olası taşkın taşkınların etkisi belirlenebilecektir.

Abstract - Flow and stream level change in time at rivers. When flow and water stream at high quantity/level, stream may flow outside of riverbed. Floods known as hydrological extreme incidents may occur grave economic, ecologic and environmental losses and even loss of life. It's a necessity that hydrological datas to be collected, analyzed with various methods estimated in order to reduce damages to minimum and calculation of environmental losses. For this purpose, flood inundation-depth maps have been calculated with computer modelling of precipitation-flow simulation by using statistical methods for 5, 10, 50, 100 and 500 years of flood repetition flows at Keçi stream sample, south Sapanca basin. With the help of these maps, the impact and risk of possible floods can be determined.

1. Giriş

Taşkın, bir akarsuyun mevcutta taşıdığı su miktarına hidrolojik olaylar neticesinde ilave gelen suyun eklenerek akması sebebiyle, akımın akarsu yatağını aşarak etrafındaki alanları yıkıcı etkiyle tahrip etmesidir. Buna karşın insanlar ise geçmişten itibaren suya ulaşımın kolay olmasından dolayı barınma ve tarım gibi yaşamsal faaliyetlerini suya yakın alanlarda gerçekleştirmiştir. Günümüzde bile kentleşmenin de etkisiyle taşkın yatakları halen yerleşim yerleri olarak kullanılmaktadır. (Sönmez, 2013; Üçüncü, 2018)

Bu sebeple Türkiye’de ve dünyada yaşanan taşkınlar sonucunda önemli ekonomik zararlar ile birlikte can kayıpları da sıklıkla yaşanmaktadır. (Hırca,2018)

Bu çalışmada, Marmara bölgesinin doğusunda bulunan Sakarya iline bağlı Sapanca İlçesindeki Sapanca Gölü’ne mansap olan Keçi Deresi ve havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bölgenin farklı tekerrürlerde meydana gelebilecek taşkın yayılım ve derinlikleri tespit edilmiştir.

2. Çalışma Sahası

Keçi Deresi, Sapanca Gölü'nün güneyinde bulunmaktadır. Yukarı havzada yüksek eğimler ile doğar ve Sapanca Gölü'ne mansap olur. Yüksek eğimler ve havzasında kısa süreli ve yoğun yağışlar sonucunda, üst havzalarda kıyı oyulmaları yaşanmakta, eğimin azaldığı alt havzalarda ise kıyı oyulmalarından gelen rusubat ve yukarı havzadan gelen ağaç ve bitki kökleri neticesinde hidrolik ve insan kaynaklı etkenler neticesinde kesitleri yetersiz kalmakta ve yıkıcı taşkın etkileri görülmektedir. Bu çalışma ile hesaplanan tekerrürlü taşkın debileri neticesinde simülasyon yapılmış ve taşkın neticesinde meydana gelecek ekonomik ve sosyal kayıpların engellenmesi için çözüm önerileri sunulmuştur.



Şekil 1. Çalışma sahası uydu görüntüsü

3. Taşkın Analizi

3.1. Tekerrürlü Taşkın Debisi Hesabı

Çalışma alanına, depresyonik(cephesel yağış), orografik(yamaç yağışları) ve konveksiyonel tipte yağışlar düşmektedir. Depresyonik yağışlar genellikle bahar ve kış aylarında, orografik yağışlar havza içi yükseltilerde, özellikle diğer tipteki yağışları arttırıcı yönde, konvektif yağışlar ise daha çok yaz ve bahar aylarında etkili olmaktadır. Çalışma yağış alanının iklim koşulları gereği çok şiddetli yağışlara yaz ve sonbahar rastlanmamaktadır. Bölgede yağış miktarı topografyaya bağlı olarak kısa mesafeler içerisinde değişiklikler gösterir. Yağış ortalaması 600 mm - 1000 mm arasında değişmektedir.

Çalışma bünyesinde, yinelemeli taşkın debileri 30 m kotunda bulunan Sapanca DMI ile 40 m kotunda bulunan Kurtköy DSI'nin günlük maksimum yağış değerlerinden faydalanılarak

hesaplanmıştır. DMİ Sapanca ve DSİ Kurtköy meteoroloji istasyonlarının mevcut yılın en büyük günlük (24 saatlik) yağış değerlerinden en büyüğü kullanılarak frekans analizi yapılmış, örnek dağılıma en iyi uyan dağılım fonksiyonuna çeşitli yinelenmeli günlük maksimum yağış değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere en iyi uyan Dağılım Fonksiyonu, Log-Pearson Tip – III olarak tespit edilmiştir.

Tablo 1. Yinelenmeli günlük maksimum yağış değerleri

Dağılım Tipi	2	5	10	25	50	100	200	500
Normal Dağılım	59.82	80.37	91.12	102.58	109.97	116.63	122.70	130.03
Log-Normal (2 Parametrel)	55.39	77.07	91.60	110.14	124.04	138.05	152.20	171.22
Log-Normal (3 Parametrel)	53.54	73.64	89.20	111.30	129.41	148.93	169.89	199.93
Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	51.11	72.64	90.45	115.00	134.03	153.32	172.83	192.33
Log-Pearson Tip-III	53.62	72.90	88.13	110.41	129.41	150.60	174.35	201.83
Gumbel	55.94	79.21	94.63	114.10	128.55	142.89	157.17	176.02

Bu çalışmada Keçi deresi havzasına ait kayıtlı akım verilerinin olmaması sebebiyle deterministik yaklaşımlardan olan süperpozisiz mockus metodu ile debi hesabı çalışma alanında uygulanmıştır.

Tablo 2. Çalışma sahasına ait bilgiler

Dere Adı	Havza Alanı (km^2)	Pik Süre (T_p) (sa)	Suların Toplanma Zamanı (T_c) (sa)
Keçi Deresi	7.8	0.82	0.53

Mockus yönteminde, havzadaki drenaj alanının karakteristik özelliğine arazi kullanım katsayısı olan ($CNII$) 'nin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada $CNII$ değeri 70 olarak alınmıştır.

Tablo 3. Mockus Yöntemine ait katsayılar

T (saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım
1	1.00	1.13	1.00	0.46	0.5198

Bu veriler neticesinde hesaplanan tekerrürlü taşkın debileri Tablo 4'de verilmiştir.

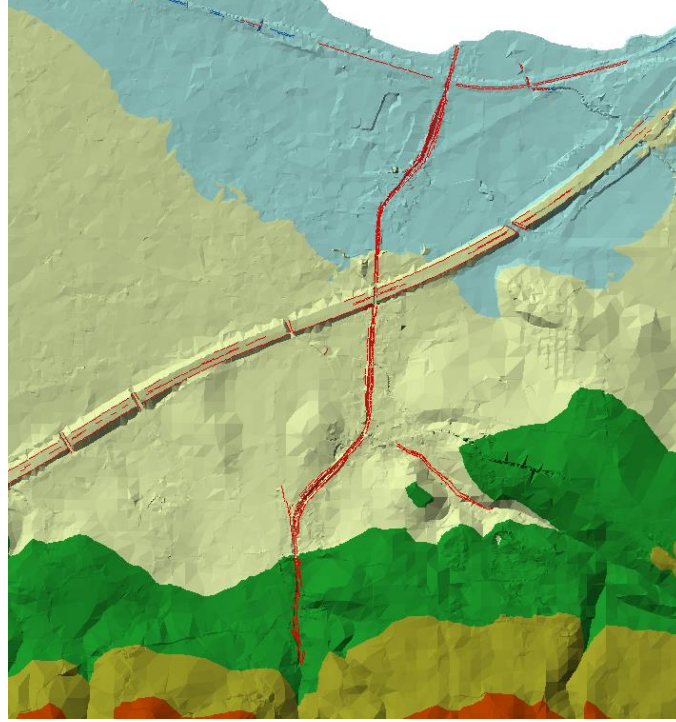
Tablo 4. Mockus Yön. göre hesaplanan Keçi Deresine ait tekerrürlü taşkın debileri (m^3/s)

Tekerrür Aralıkları						
2	5	10	25	50	100	500
0.64	4.13	8.64	17.46	26.66	38.39	58.97

3.2. Sayısal Arazi Verilerin Düzenlenmesi

Güney Sapanca Havzasında Sapanca İlçesine ait 1/1000 ölçekli sayısal harita alımları ve yine Keçi Deresine ait 1/1000 ölçekli sayısal alımlar entegre edilmiştir. Arazi modeli ham haliyle nokta bulutundan oluştuğu için üçgenlemelerin sağlıklı çalışmasına engel teşkil

olabilecek yapıların kotları bilgisini içeren noktalar, bahçe ihata duvarlarının ve tel çitlerin kotları bilgisini içeren noktalar NETCAD paket programıyla kaldırılarak arazi modelinin sadece dere, yollar ve arazi olarak yalın ve sağlıklı bir nokta bulutuna ulaştırılması amaçlanmıştır. Ardından Cad versiyonda kaydedilen araziye temsil nokta bulutu, CBS programı olan ARCGIS paket programının ARCMAP modülü ile programa eklenerek sayısal yükseklik modeli hazırlanmıştır.(Şekil 2)



Şekil 2. Çalışma sahasına ait TIN Verisi

Hazırlanan vektör verinin Raster ve/veya TIN formatına çevrilebilmesi için ArcToolbox → 3D Analyst Tool → Data Management → TIN → Create TIN aracı seçilmiştir. Açılan menü aşağıdaki şekildeki gibi doldurularak Create TIN aracı çalıştırılmıştır.

Bu aşamadan sonra arazi modelinde oluşturulan üçgenlerin düzenlenmesi TIN Editing eklentisi yapılmıştır. TIN Editing eklentisi ile kot bilgisi içeren nokta veya noktaları ekleme ve silme işlemleri, üçgen modelde şev ve düzlükler boyunca doğru üçgenleme yapılmasına olanak sağlamak için üçgenler arası çizgileri düzenleme ve kaldırma gibi işlemler yapılmaktadır.

Çalışma havzası boyunca dere, yollar ve arazi olmak üzere üçgenlemedeki hataları tek tek düzeltmek, hidrolik modellemenin başarısını doğrudan etkilemektedir. Su yerçekimi etkisiyle hareket ettiğinden, sayısal yükseklik modelindeki en ufak hata, suyun gideceği yön ve alanda değişikliğe sebep olur. Şekil 2 'deki kırmızı çizgiler sayısal yükseklik modelindeki düzenlemeleri ifade etmektedir. Bu çalışmada Keçi Deresi havzasındaki dere yatağı ve muhtemel taşkın alanlarındaki köprü menfez gibi arazi modelinin kotunu yükselten noktaların da bilgisi kaldırılarak gerek akış halinde, gerek taşkın halinde suyu engellemesi önlenmiştir.

Çalışmada oluşturulan sayısal yükseklik verisi olan TIN dosyası son kontrollerden sonra ArcToolbox → 3D Analyst Tool → Conversion → From TIN → TIN to Raster aracı seçerek Raster haline getirilmiştir.

Taşkın havzasında yapılacak 2 boyutlu çalışmalarda binaların etkisinin gösterilebilmesi için Cad dosyasından binaları ayırarak poligon olarak ArcGIS'e alınması gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için Cad ham verisinden ilgili bina katmanları seçilerek ayrı bir dosyaya aktarılmıştır. Bina verisinin içerisinde olduğu Cad dosyası çizgi (Line) shape formatında ArcGIS'e alınmıştır. Daha sonra ArcToolbox → Data Management Tools → Features → Feature to Polygon aracı kullanılarak, bina katmanı poligona çevrilmiştir.

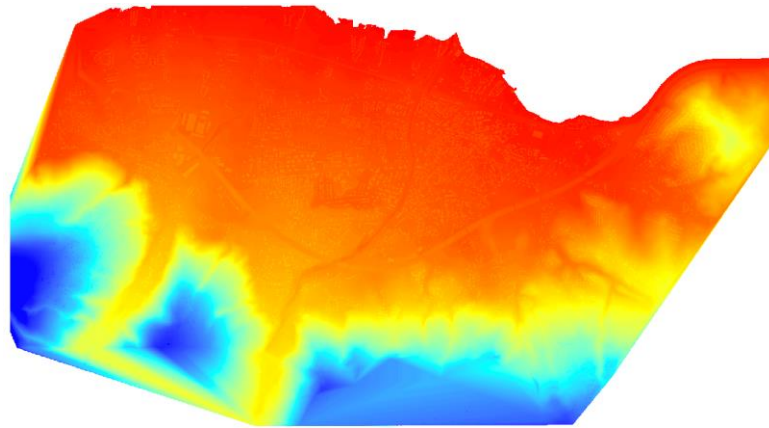
Oluşturulan bina poligonunun Öznitelik tablosu (Attribute Table) açılır ve Alan Ekle (Add Field) menüsünden "yükseklik" alanı eklenmiştir. Binaların yükseklik bilgileri elimizde olmadığı için bu çalışmada bina yükseklikleri 10 m olarak kabul edilmiştir.

ArcToolbox → Conversion Tools → To Raster → Polygon to Raster aracı kullanılarak binalar raster formatına dönüştürülmüştür.



Şekil 3. Raster Olarak Kaydedilen Binalar

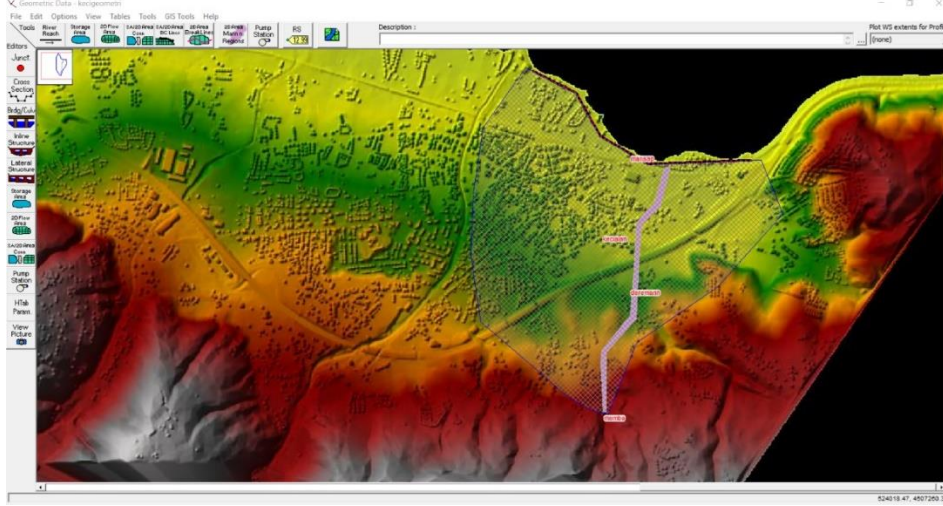
Ardından Raster haline getirilen bina verisi, üçgen modelden oluşturulan raster veri üzerine eklenmiştir. Bu işlem ArcToolbox → Special Analyst Tool → Local → Cell Statistics aracıyla gerçekleştirilmektedir. Bu işlem sonucunda binaların da eklenmiş olduğu araziye tam olarak temsil eden sayısal yükseklik modeli oluşmuştur. (Şekil 4)



Şekil 4. Binalar ve SYM Birleşik Raster Hali

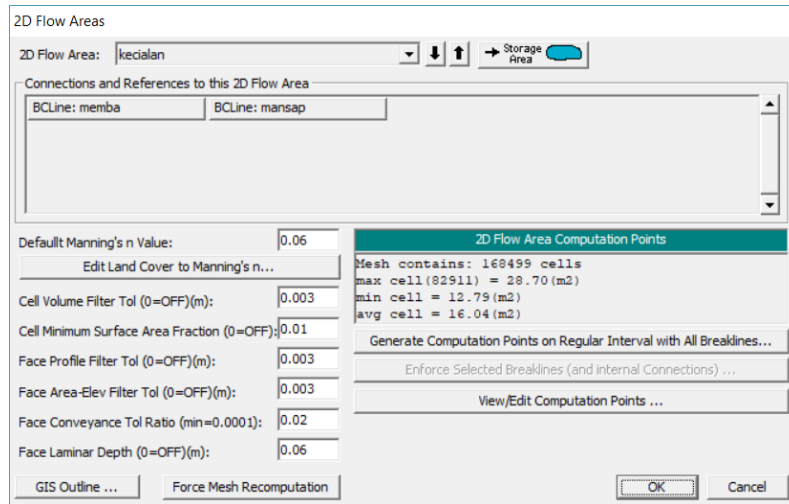
3.3. Hidrolik Model Analizi

HEC-RAS programında yeni bir proje başlattıktan sonra RAS Mapper → Terrain kısmından sağ tıklanarak açılan menüde Create New Terrain ile oluşturulan DEM verisi (Raster) programa eklenmiştir. Edit → Geometric Data ile eklediğimiz sayısal yükseklik modelini görebileceğimiz ve hidrolik modeli kurabileceğimiz arayüz açılmaktadır. (Şekil 5)



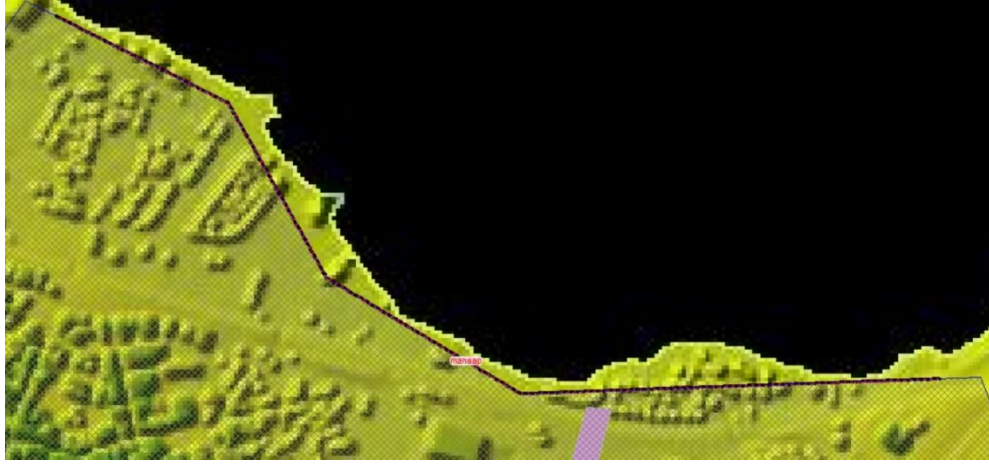
Şekil 5. HEC-RAS Hidrolik Analiz Programı Ara Yüzü

Geometric Data arayüzünde 2D Flow Area butonu ile taşkın iki boyutlu yayılabileceği alan saat yönünün tersine fare imleci yardımıyla döndükten sonra haritaya çift tıklanarak taşkın yayılım alanı tanımlanmıştır. Burada alan dönme işlemi tamamlandıktan sonra mesh yani hücre ağı oluşturma penceresi gelmektedir. Generate Computation Points butonuna bastığımızda ise hücre boyutları x ve y düzleminde sorulmaktadır. Hücre boyutları ne kadar küçük olursa taşkın yayılım alanı ve yönü daha tutarlı sonuç verecektir. (Şekil 6)

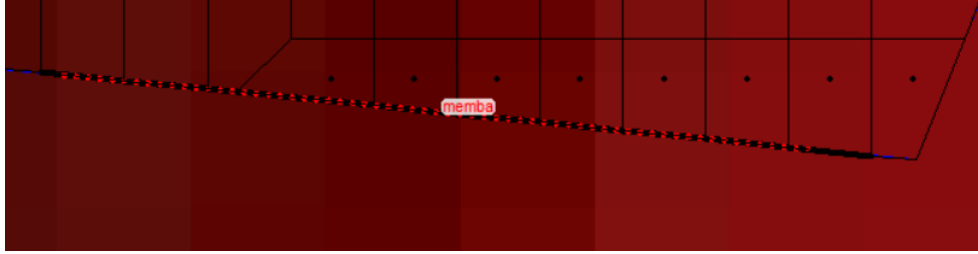


Şekil 6. 2D Taşkın Alanı Özellikleri

Yine Geometric Data arayüzünde SA/2D BC Lines butonu ile memba ve mansap sınır koşulları çizgileri saatin tersi yönde çizilerek tanımlanmıştır. (Şekil 7-8.)

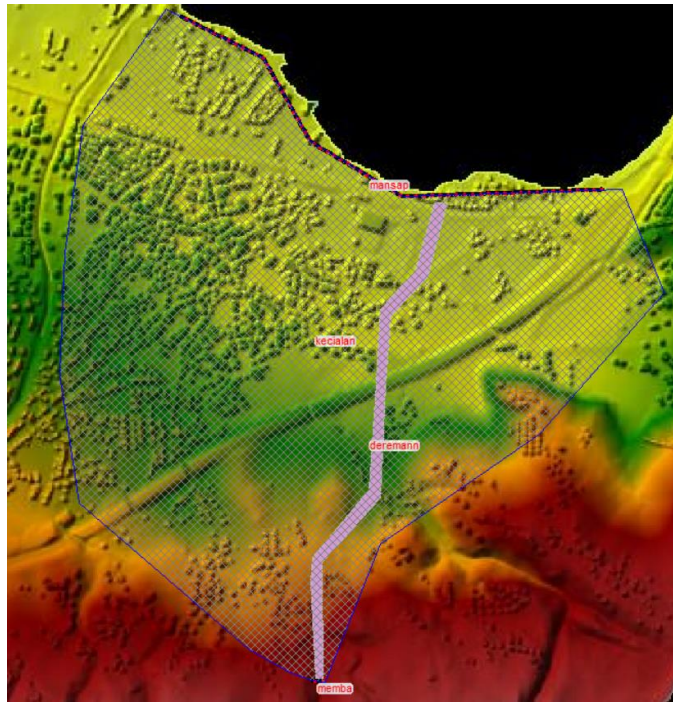


Şekil 7. Mansap Sınır Koşulları Çizgisi



Şekil 8. Memba Sınır Koşulları Çizgisi

Bu aşamalardan sonra Geometric Data arayüzünde 2D Area Manning n Regions butonuna tıklanmıştır. Çalışmaya konu olan Keçi Deresi şev başlarından itibaren yine saat yönünün tersinde olacak şekilde derenin manning katsayısını temsil edecek alan dönülmüştür. Dereye ait alanlar için manning katsayısı 0.3, dere dışında kalan alanlar 0.6 olarak alınmıştır.(Şekil 9)



Şekil 9. Son Halini Almış Geometric Data Ekran Görüntüsü

Tüm bu işlemlerin sonucunda Geometric Data arayüzünden File → Save Geometry Data işleminin ardından File → Exit Geometry Data Editör işlemi ile tamamlanmıştır.

HEC-RAS ana penceresinden Edit → Unsteady Flow Data işlemiyle daha önce çizimini yapmış olduğumuz memba ve mansap sınır koşullarının özelliklerini girerek 2 boyutlu taşkın analiz gerçekleştirilmiştir.

4. Sonuç ve öneriler

Hidrolik model analiz edilerek Keçi Deresi'nin farklı tekerrürlerde meydana getirebileceği taşkın yayılım alanları ve derinlikleri tespit edilmiştir.(Şekil 10-14)



Şekil 10. Keçi Deresi havzası için Q10 taşkın yayılım haritası

Yapılan analiz sonucunda 10 yıl tekerrürlü taşkın debisi olan $8.64 \text{ m}^3/\text{s}$ 'ün gelmesi durumunda suyun yatağını aşmadığı gözlenmiştir.



Şekil 11.Keçi Deresi havzası için Q25 taşkın yayılım haritası

25 yıl tekerrürlü taşkın ile saniyede 17.46 m^3 debi gelmesi durumunda, taşkın 4.4 ha alanı etkilediği, 22 adet yapının taşkın yayılım alanında kaldığı, maksimum su derinliğinin 1.5 m ile kapalı pazar yerinin doğusu olabileceği ve Kemalettin Sami Paşa Caddesinin 90 m boyunca ortalama 0.1 m su altında kalabileceği, Mimar Sinan Caddesinin ise 45 m boyunca ortalama 0.1 m su altında kalabileceği tespit edilmiştir.



Şekil 12.Keçi Deresi havzası için Q50 taşkın yayılım haritası

50 yıl tekerrürlü taşkın ile saniyede 26.66 m^3 debi gelmesi durumunda, taşkın 7.2 ha alanı etkilediği, 30 adet yapının taşkın yayılım alanında kaldığı, maksimum su derinliğinin 2.0

m ile kapalı pazar yerinin doğusu olabileceği ve Kemalettin Sami Paşa Caddesinin 125 m boyunca ortalama 0.2 m su altında kalabileceği, Mimar Sinan Caddesinin ise 115 m boyunca ortalama 0.1 m su altında kalabileceği tespit edilmiştir.



Şekil 13.Keçi Deresi havzası için Q100 taşkın yayılım haritası

100 yıl tekerrürlü taşkın ile saniyede 38.39 m³ debi gelmesi durumunda, taşkın 9.4 ha alanı etkilediği, 44 adet yapının taşkın yayılım alanında kaldığı, maksimum su derinliğinin 2.2 m ile kapalı pazar yerinin doğusu olabileceği ve Kemalettin Sami Paşa Caddesinin 145 m boyunca ortalama 0.25 m su altında kalabileceği, Mimar Sinan Caddesinin ise 130 m boyunca ortalama 0.15 m su altında kalabileceği tespit edilmiştir.



Şekil 14.Keçi Deresi havzası için Q 500 taşkın yayılım haritası

500 yıl tekerrürlü taşkın ile saniyede 58.97 m³ debi gelmesi durumunda, taşkının 15.4 ha alanı etkilediği, 85 adet yapının taşkın yayılım alanında kaldığı, maksimum su derinliğinin 2.5 m ile kapalı pazar yerinin doğusu olabileceği ve Kemalettin Sami Paşa Caddesinin 165 m boyunca ortalama 0.25 m su altında kalabileceği, Mimar Sinan Caddesinin ise 150 m boyunca ortalama 0.30 m su altında kalabileceği, Fevzi Çakmak Caddesinin ise 115 m boyunca ortalama 0.1 m su altında kalabileceği tespit edilmiştir.

5.Referans

Hırca, 2018. Akım Ölçümü Olmayan Nehirlerde Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Hasar Olasılık Eğrilerinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi

Sönmez O. 2013. Nehirlerde 2 boyutlu taşkın modellemesi ve taşkın haritalarının oluşturulması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.

Üçüncü, 2018. Kırıkkale Karadere ve Hodar Derelerinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve HEC-RAS Programında Bir Boyutlu Modellenmesi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

Yıllık Pik Debiler için Olasılık Dağılımının Belirlenmesi ve Giresun Aksu Deresi Örneği

Determination of Probability Distribution for Annual Peak Discharges and Example of Giresun Aksu Stream

Fatih SAKA¹, Hasan COŞKUN², Hatice Betül UMARUSMAN³,
Mustafa Ruşen DEMİRKOL⁴, Onur TANRIVERDİ⁵, Rıdvan KATIRCILAR⁶

¹ Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fak., İnşaat Müh. Bölümü, 78000, Karabük, sakafatih@karabuk.edu.tr

² Dolsar Mühendislik A.Ş., İnşaat Müh., Çankaya, Ankara, 06680, hcoskun@dolsar.com.tr

³ Karabük Üniversitesi, Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., 78000, Karabük, betulumarusman@karabuk.edu.tr

⁴ İnşaat Müh., Merkez, Edirne, 22020, mrdemirkol39@gmail.com

⁵ İnşaat Müh., 34876, Kartal, İstanbul, onurtnv@gmail.com

⁶ İnşaat Müh., 34876, Kartal, İstanbul, r.katircilar34@gmail.com

Özet

Taşkın tahmini yapılırken kullanılan yöntemler, deterministik ve istatistik yöntemler olarak iki ana gruba ayrılır. İstatistik yöntemler kullanılırken, eldeki verilerin hangi olasılık dağılımına uyduğu belirlenmelidir. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzasında, 2213 numaralı akım gözlem istasyonunun (AGİ) 43 yıllık maksimum akım değerlerinin Log-normal, Gamma, Ekstrem tip-I ve Log-pearson tip-III dağılımlarına uygunluğu, Ki-kare testiyle araştırılmıştır. En düşük Ki-kare değeri gösteren Gamma dağılımı ele alınan AGİ için dağılımların en uygunu olarak belirlenmiştir. Ekstrem tip-I dağılımının da kullanılabilceği anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yıllık Maksimum Debiler, Uygunluk Analizi, Ki-Kare

Abstract

Flood prediction methods can be classified into two groups as deterministic and statistical methods. In statistical methods, it is necessary to test to which distribution fit the data. In this study, the suitability of 43 yearly maximum discharge values of discharge gauging station (DGS) 2213 for Log-normal, Gamma, Extreme type-I and Log-pearson type-III distributions in the Eastern Black Sea Basin was investigated by Chi-square test. The Gamma distribution, which shows the lowest Chi-squared value, was determined as the most appropriate among the distributions for the DGS discussed. It is also understood that Extreme type-I distribution can also be used.

Key Words: Annual Maximum Discharges, Conformity Analysis, Chi-Square

1. Giriş

Toplumun belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olaylar olarak tanımlanan afetler; artan nüfusun paralelinde insan müdahalelerine maruz kalan çevremizde, daha tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir. Diğer bir deyişle, selleri etkileyen etmenleri doğal ve insan müdahaleleri şeklinde ikiye ayırarak ele alırsak, insan müdahalelerinin her geçen gün teknolojik gelişmelerin paralelinde arttığı düşünüldüğünde, sel tehlikelerinin de artacağı anlaşılmaktadır.

Seller, çoğu zaman uzun süreli yağışlar, yerel ve şiddetli fırtınalar veya kıyı rüzgarları gibi diğer meteorolojik olaylar sonrasında oluşan ikincil bir tehlikedir. Bununla birlikte, heyelanlar, tıkanmalar, çığlar, buzullar, set kırılmaları ve baraj yıkımı gibi diğer etkiler de hızlı ve geniş çaplı sellere sebep olabilmektedir. Küçük ve uyarısız meydana gelen ani seller, kısa zaman dilimindeki şiddetli sağanakların sonucudur [1]. Seller oluşma yerleri açısından, dere ve nehir selleri (taşkınlar), dağlık alan (kuru vadi) selleri, şehir selleri, kıyı selleri ve baraj selleri olmak üzere beş sınıfta ele alınabilir [2]. Dünya'nın birçok ülkesinde hangi iklim kuşağında olursa olsun sel ve taşkın hadiseleri yaşanmakta ve en sık görülen tabii afet olarak seller kendini göstermektedir [3]. En yaygın karşılaşılan doğal afetlerden olan seller ekonomik zarar açısından da en fazla etkili olanıdır [4].

2012 de yapılan [3] çalışmada; "Bütün "tabii afetlere" bağlı ekonomik kayıpların % 40'ı sel yüzündendir. Dünya'da afetlere bağlı ölümlerin yarısından fazlası sellerle olmaktadır. Dünya genelindeki tabii afetler ele alınınca, 31 çeşit tabii afetin 28 tanesini meteorolojik afetler oluşturmaktadır. Sel ve taşkınlar, Avrupa'da görülen en yaygın tabii felaket türüdür. Türkiye; %57'si dağlık arazi sınıfına giren yüksek, engebeli bir topografyaya sahip olup, ortalama yüksekliği 1132 metredir. Toplam alanın %46'sını %40'tan fazla eğime, %62,5'tan fazlasını da %15'ten büyük eğime sahip alanlar teşkil etmektedir. 1000 metrenin üzerindeki alanlar ülkenin % 56'sını, 0-20 cm derinlikteki toprakların alanı toplam alanın % 40'ını kapsamaktadır." denilmektedir. Bu durumlar da, sel ve taşkınlara karşı önlem almanın önemini göstermektedir.

Doğal afetlerden olan seller ülkemizde ve dünyada en çok karşılaşılan risk türüdür. Afetler arasındaki önemi ise sebep olabileceği zararlara göre ele alınmaktadır. Seller sonrasında direk ve dolaylı olmak üzere pekçok zararlarla karşılaşılabilir. Can ve mal kayıpları şeklinde de ele alınabilecek zararlardan, karayolu, demiryolu gibi ulaşım altyapılarına ve sebep olabileceği korku sonucunda ruhsal pekçok zararlara sebep olabilmektedir. Sonuçta genel anlamda seller, toplumun gelişimini etkileyerek azaltabilmekte ve/veya geri götürerek maddi pekçok kayıplara sebep olmaktadır [5]. Hidrolojik olaylar gibi, belirsizliklerinden dolayı kesin olarak bilinmeyen durumların ele alınması halinde, olasılık teorisi ve istatistik bilimi ile elde edilen verilere bir modelin uygulanması ve ihtiyaç duyulan değerlerin tahmin edilmesine çalışılabilir [6]. Eldeki kısa süreli verilerle en fazla bilgiyi elde edebilmek ve popülasyon özelliklerini en iyi şekilde değerlendirmek amacıyla olasılık dağılımları kullanılabilir. Frekans analizi olarak isimlendirilen bu tür çalışmalarda, gözlem süresi 10 yıldan az olan seriler kullanılmamalıdır, aynı şekilde gözlem süresinin iki katından daha uzun süreler için frekans bulmada da bu yol kullanılmamalıdır [7]. Uzun süreli hizmet vermesi planlanan yapılarla ilgili tahminler yapılırken birden çok metodla analiz yapılmalı ve karşılaştırılmalıdır. Bu yöntemlerden birisi de, yukarıda bahsedildiği gibi, dağılımlarla tahmin yapmaktır. Ancak hangi dağılımla elde edilen çeşitli tekerrür yıllarındaki taşkın debisi değerlerinin daha uygun olduğuna da, dikkat edilmesi gerekmektedir.

1.1. Taşkın Tahmin Yöntemlerinde Olasılık Dağılımları

Taşkın tahmin yöntemleri, istatistiksel ve deterministik olarak ele alınabilir. İstatistiksel yöntemlerden olan olasılıklarla ilgili yöntemler geçmişteki taşkın kayıtlarının frekans analizine bağlıdır ve taşkını etkileyen hidrolojik verilerin modele girilmesini gerektiren

deterministik yönteme göre daha az detayla belirlenebilir. Taşkın frekans analizi eldeki verilerin frekans dağılımlarına uydurulmasını ve sonuçta kayıt verileri ile proje değerine ulaşılmasını sağlar. Hidrolojik verilerin taşkın frekans analizi, söz konusu verilerin homojen ve bağımsız olmasını gerekli kılmaktadır. Homojenlik özelliği, bir serideki tüm gözlem değerlerinin aynı topluma ait olmasını, yani istasyon ölçeklerinin yer değiştirmemesi, su havzasında şehirleşmenin olmaması veya akarsuyu besleyen yatak üzerinde hiçbir yapının yer almamasını ifade eder. Bağımsızlık özelliği ise, hidrolojik olayda eldeki verilerin sisteme birden fazla girilmemesinin göstergesidir. Bunun dışında, gelecekte meydana gelebilecek hidrolojik olayların frekansının tahmini için homojenlik şartı, eldeki verilerin gelecekteki akımları temsil etmesini gerektirir. Yani, gelecekte akarsu üzerinde baraj, gölet gibi yapılar olmamalı, arazi kullanım şekli değişmemelidir [8]. Bu çalışmada yıllık maksimum akımların olasılık dağılımlara uygunluğu ele alınmıştır.

Bu çalışmada, Log-normal, Gamma, Ekstrem tip-I ve Log-pearson tip-III dağılımları göz önüne alınmıştır. Log-normal dağılım aşağıdaki formülle ifade edilmektedir [9].

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad x > 0 \quad (1)$$

Burada, $y = \log x$, $\mu_y = \bar{y}$, $\sigma_y = s_y$ ve dağılımda $x > 0$ aralığındadır.

Gamma dağılım aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$f(x) = \frac{\lambda^\beta x^{\beta-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(\beta)} \quad (2)$$

Burada Γ , Gamma fonksiyonudur. $x \geq 0$ aralığındadır. Ayrıca λ , $\lambda = \frac{\bar{x}}{s_x}$ 'den, β , $\beta = \frac{\bar{x}^2}{s_x} = \frac{1}{CV^2}$ 'den elde edilmiştir.

Ekstrem tip-I dağılımı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right] \quad (3)$$

Bu dağılımda $-\infty < x < \infty$ aralığındadır. Ayrıca α , $\alpha = 0.78s_x$ ve u , $u = \bar{x} - 0.5772\alpha$ ile elde edilmiştir.

Log-pearson tip-III dağılımı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$f(x) = \frac{\lambda^\beta (y - \varepsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-\varepsilon)}}{x\Gamma(\beta)} \quad (4)$$

Bu dağılımda, $y = \log x \geq \varepsilon$ aralığındadır. Ayrıca λ , $\lambda = \frac{s_y}{\sqrt{\beta}}$ 'den, β , $\beta = \left(\frac{2}{C_s(y)}\right)^2$ 'den ve ε , $\varepsilon = \bar{y} - s_y\sqrt{\beta}$ ile elde edilmiştir.

Çarpıklık katsayısı uç olaylara hassas olduğu için, bu dağılımın küçük örneklemelerde

kullanılması uygun değildir. Çarpıklık katsayısı sıfır olduğunda Log-pearson tip-III dağılımıyla hidrolojide çok kullanılan Log-normal dağılım aynı olur. Bu durumda toplam frekans dağılım grafiği Log-normal grafik kağıdında düz çizgi şeklindedir [7].

1.2. Olasılık Dağılımlarına Uygunluk

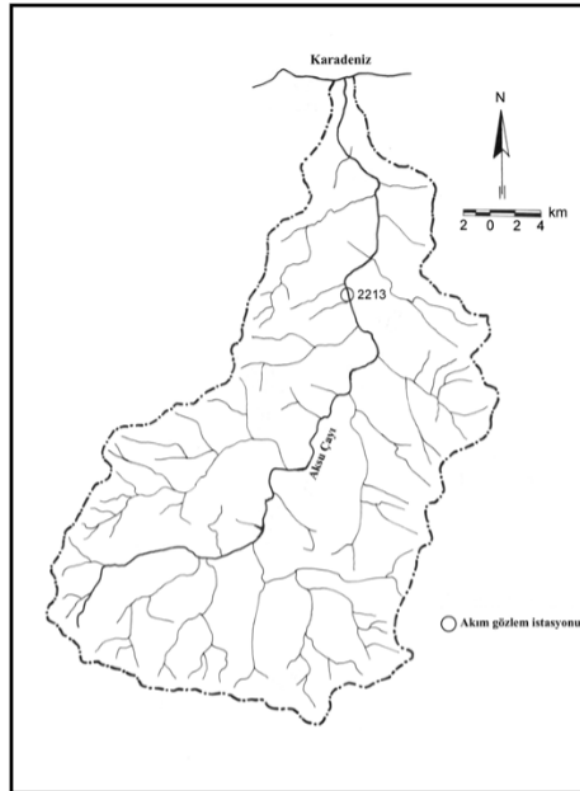
Yukarıda bahsedilen dağılımların hangisine daha uygun olduğunu belirlemek amacıyla Ki-Kare dağılımı kullanılmıştır. Gözlenen ve beklenen değerler hesaplandıktan sonra, aşağıdaki şekilde hesap yapılarak dağılımların hangisinde daha az sapma olduğu belirlenmiştir.

$$\sum \frac{(G_i - B_i)^2}{B_i} \quad (5)$$

Burada, G_i , i . gözlenen değeri, B_i , i . beklenen değeri göstermektedir.

2. Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada, Şekil 1’de görülen, Türkiye’de 22.Bölge olarak adlandırılan Doğu Karadeniz Havzası $38^{\circ} 26'44''$ D- $40^{\circ} 44'52''$ K koordinatlarındaki Giresun il sınırları içinde bulunan, 713 km^2 drenaj alanına sahip, 2213 numaralı AGİ verileri kullanılmıştır. Kullanılan akım verileri, 1962-2004 yılları arasındaki 43 yıllık maksimum değerlerdir. Bu değerlere ait bazı tanımlayıcı özellikler Tablo 1’de gösterilmiştir.

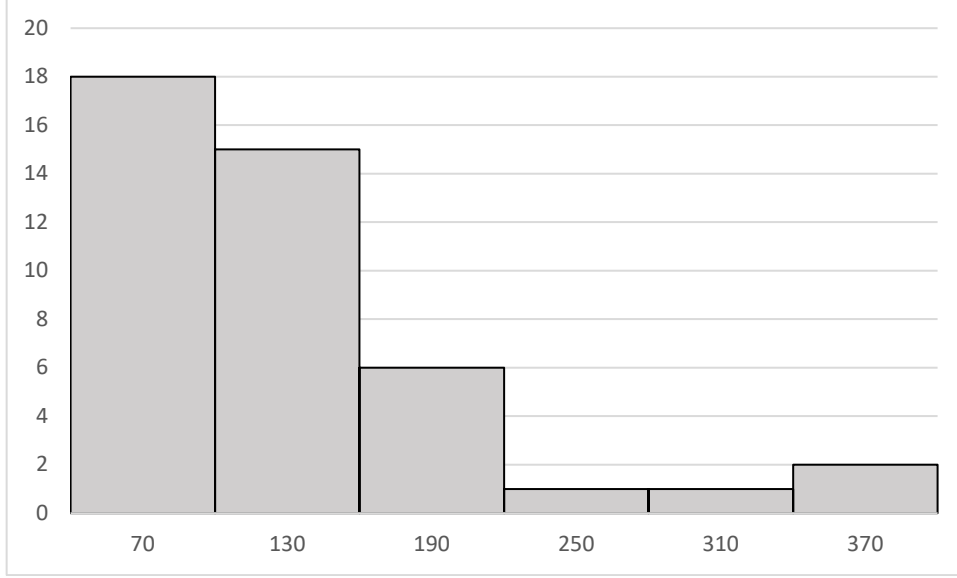


Şekil 1. Giresun Aksu Havzası ve 2213 numaralı AGİ [10]

Tablo 1. Analizde kullanılan yıllık maksimum akış değeri tanımlayıcı istatistikleri

N	Min.	Maks.	Ort.	S.S.	Var.	Çarpıklık	Basıklık
43	44,20	400,00	130,6326	78,10974	6101,131	1,996	4,424

2213 AGİ'nin 43 yıllık verilerinin frekans analizi yapılmış ve aşağıdaki şekilde görülen gözlem değerleri dağılımı elde edilmiştir.



Şekil 2. Yıllık maksimum akımların gözlem değerleri dağılımı

Yukarıda formülleri verilen dağılımlara, verilerin tam uyumu olup olmadığına bakılmıştır. Bu amaçla her sınıfın alt ve üst sınıf değerlerine karşılık gelen olasılık değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra aralıklardaki olasılık değeri, analitik yöntemlerle, alt ve üst sınırların ortalaması ile belirlenmiştir. Elde edilmiş olasılık değerlerinin toplam olasılığa oranları belirlenerek beklenen değerler bulunmuş ve Ki-kare değerleri her dağılım için hesaplanmıştır.

Tablo 2. Belirlenen sınıf orta değerlerine karşılık gözlenen ve dağılımlara göre beklenen değerler ile dağılımların Ki-Kare değerleri

Sınıf Orta D.	70	130	190	250	310	370	Ki-kare
Gözlenen	18	15	6	1	1	2	
Log-normal	35.460	1.460	1.001	1.148	1.579	2.352	Uygun D.
Gamma	14.556	14.107	8.236	3.867	1.611	0.622	6.889
Ekstrem Tip-I	13.764	14.678	8.607	3.834	1.531	0.586	7.788
Log-Pearson-III	41.830	1.121	0.047	0.0023	0.00012	6.3*10 ⁻⁶	Uygun D.

3.Sonuçlar ve Öneriler

Yıllık maksimum akımlar ele alındığında verilerin çarpıklık ve basıklık değerleri normal dağılıma uygun olmadığını göstermektedir. Veriler sağa çarpık ve normal dağılımdan daha sivridir. Buradaki analizde, verilerin tüm ihtimalleri içerdiği kabulü yapılarak hesaplamalar

yapılmıştır. Bu çalışmada yapılan tahminlerle Log-pearson tip-III dağılımının yıllık maksimum debi değerleri frekans analizindeki ilk aralıklarda daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. Ancak büyüyen debi değerlerinde beklenen değerler çok düşük çıktığına dikkat edilmelidir. Bu nedenle gerçek değerlerle yapılan Ki-kare analizi sonucu çok büyük çıkmakta ve uygun olmamaktadır. Log-normal dağılım da benzer şekilde dağılım göstermekte ve ele alınan 2213 numaralı AGİ ile uyumlu olmamaktadır.

En düşük ki-kare değeri gösteren Gamma dağılımı ele alınan AGİ için dağılımların en uygunu olarak belirlenmiştir. Ekstrem tip-I dağılımının da kullanılabileceği anlaşılmaktadır. 43 yıl kullanılarak yapılan eldeki verilere, yeni yıllar eklenerek tekrar analiz yapılmalı ve değişkenlik olup olmadığı analiz edilmelidir. Çarpıklık katsayısı değerleri birbirinden farklı olan diğer istasyon verileriyle kıyaslanarak da farklı sonuçlar elde edilebilir.

4.Referanslar

- [1] D.P. Cappola, Introduction to International Disaster Management, 2007.
- [2] M.Y. Sepetçioğlu, ŞANLIURFA İLİ TAŞKIN SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ, E-Journal New World Sci. Acad. 1A0339(8) (2013) 21–38.
- [3] T.C.O. ve S.İ. Bakanlığı, Yukarı havza sel kontrolü eylem planı 2013-2017, (2012).
- [4] Ö. Yüksek, M. Kankal, O. Üçüncü, Assessment of Big Floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey, Environ. Monit. Assess. 185 (2013) 797–814.
- [5] F. SAKA, Ü. Yayla, H. Kaplan, Havza Bazında Taşkın Önlemleri ve Gümüşhane Merkez Taşkın Koruma Projeleri, in: 7.Kentsel Altyapı Sempozyumu, Trabzon, 2015: pp. 657–667.
- [6] M. Bayazıt, E.B.Y. Oğuz, Mühendisler için İstatistik, Birsen Yayınevi, 2011.
- [7] N. Usul, Mühendislik Hidrolojisi, ODTÜ Gelştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., 2008.
- [8] F. SAKA, Ö. Yüksek, M.S. Yıldırım, K. Baş, T. Anılan, H. Kaplan, Yıllık Maksimum Akımların Bazı Olasılık Dağılımlarına Uygunluğunun Ki-Kare Ve Kolmogorov-Smirnov Testleriyle Belirlenmesi, in: Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, Trabzon, 2013: pp. 339–348.
- [9] K. Krishnamoorthy, Handbook of Statistical Distributions with Applications, Taylor &Francis Group, 2006.
- [10] A.S. Anlı, GİRESUN AKSU HAVZASI MAKSİMUM AKIMLARININ FREKANS ANALİZİ, 19 (2006) 99–106.

Baraj Yıkılması Taşkın Risk Değerlendirmesi

Dam-Break Flood Risk Assessment

Hüseyin ALPPAY¹, Emrah DOĞAN²

¹*İnşaat Mühendisi, halppay@hotmail.com, Kocaeli, Türkiye*

²*Prof.Dr. İnşaat Mühendisliği Bölümü, emrahd@sakarya.edu.tr, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.*

ÖZET

Baraj yıkılması taşkınları, olumsuz sonuçlarının büyüklüğünden dolayı bilinen diğer taşkın tiplerinden farklı bir konumda bulunmaktadır. Baraj yıkılması taşkınlarının analizi, potansiyel baraj göçmelerinin tehditlerini azaltmak için çok önemlidir. Bu çalışmada muhtemel bir baraj göçmesi sonucunda Kirazdere (Yuvacık) Barajı mansabındaki riskli bölgelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Kirazdere (Yuvacık) Barajı ve mansap bölgesi sayısal harita verileri CBS yazılımı ile düzenlenmiş ve baraj yıkılması taşkını modellemesinde kullanılacak 3 boyutlu (3b) arazi modeli elde edilmiştir. Bu 3b arazi modeli ve USACE HEC-RAS yazılımı kullanılarak baraj gediklenmesi senaryosuna uygun baraj gediklenme parametreleri elde edilmiş, sonrasında çalışma alanında baraj yıkılması taşkını (BYT) analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda, Kirazdere Barajında muhtemel baraj hasarı sonrasında oluşacak BYT dalgası yayılım haritaları (derinlik, hız, su baskını alanı haritaları), BYT dalgası yayılım güzergahı ile hidroğraflar elde edilmiş ve Kirazdere Barajı mansabındaki riskli alanlar belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kirazdere (Yuvacık) Barajı, baraj yıkılması taşkını, baraj gediklenmesi, taşkın dalgası yayılımı

ABSTRACT

Dam-break floods are in a different position in comparison with the other types of flood due to its great negative consequences. Analysis of dam-break floods is crucial to reducing threats of potential dam failures. In this study it is aimed defining and assessment of risky zones at Kirazdere (Yuvacık) Dam downstream area through as a result of possible dam failure. In this aim, digital map datas of Kirazdere (Yuvacık) Dam and downstream area were arranged at GIS software and three-dimension (3d) terrain model was achieved for dam-break flood modelling. Using that 3d area model and USACE HEC RAS software, dam breach parameters that are suitable for dam breach scenario were obtained then it was analysed dam break flood at study area. Result of study, it was obtained dam-break flood wave propagation maps (depth maps, velocity maps, inundation maps), dam-break flood wave route and hidrographs that it will be

composed after a possible dam failure at Kirazdere Dam and it was defined risky zone at downstream area of Kirazdere (Yuvacık) Dam.

Key words: Kirazdere (Yuvacık) Dam, dam-break flood, dam breach, flood wave propagation.

1. GİRİŞ

Mühendislik alanındaki ilerlemeler, insanoğlunun inşa ettiği diğer tüm yapılarda olduğu gibi baraj yapılarında da büyük boyutlu ve kapasiteli yapıların yapılabilmesini ve insanlığın bu yapıların sağladığı avantajlardan faydalanmasını sağlamıştır. Ancak bu yapılar büyük faydalarının yanında büyük riskleri de beraberinde getirmişlerdir. Baraj yıkılması nadiren gerçekleşmesine rağmen, yıkılan bir barajın meydana getirdiği ani ve büyük taşkın dalgası, barajın mansabında bulunan alanlara büyük zararlar vermekte, özellikle yerleşim bölgelerindeki etkisi büyük felaketler şeklinde olabilmektedir. Muhtemel bir baraj yıkılması taşkınının (BYT) sonuçlarını öngörmek, olumsuz sonuçlarını önlemek yada en aza indirmek için gerekli tedbirlerin alınması ve eylem planlarının oluşturulması açısından son derece önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Kirazdere (Yuvacık) Barajında muhtemel baraj hasarı sonrasında oluşacak BYT dalgası yayılım haritaları (derinlik, hız, su baskını alanı haritaları), BYT dalgası yayılım yönü ve hidrograflar elde edilmiş ve Kirazdere Barajı mansabındaki riskli alanlar belirlenmiştir.

2. METERYAL VE METOD

Çalışma alanı; 29°-30° Doğu boylamları ile 40°-41° Kuzey enlemleri arasında bulunan ve literatürde Yuvacık Barajı olarak da adlandırılan Kirazdere Barajı ve baraj mansap bölgesidir. Kirazdere barajının bulunduğu Kocaeli şehri Marmara Denizinin Anadolu topraklarına girinti yaparak doğal bir liman oluşturduğu İzmit Körfezi kıyılarında kuruludur (Şekil 1). Kirazdere Baraj gövdesi ile ilgili sayısal bilgiler Tablo 1.'de, baraj rezervuarı ile ilgili bilgiler Tablo 2'de, rezervuara ait görünüm ise Şekil 2'de görülmektedir.



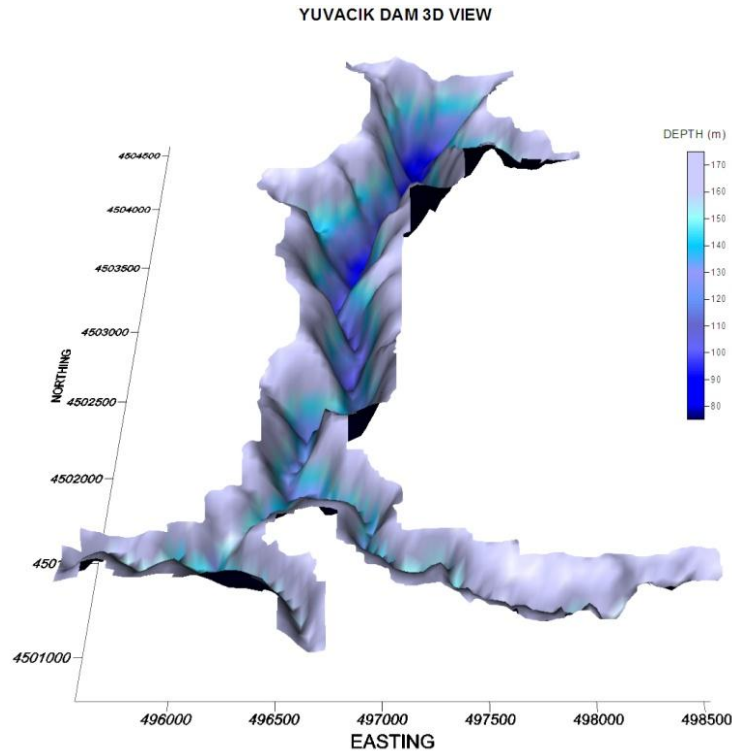
Şekil 1. Çalışma alanı görünümü [1]

Tablo 1. Kirazdere Barajı gövdesi karakteristikleri [2]

Gövde Tipi	Zonlu Toprak Dolgu
Kret Kotu (m)	172,50
Yükseklik (Temelden) (m)	108,5
Yükseklik (Talvegden) (m)	102,5
Kret Uzunluğu (m)	400
Kret Genişliği (m)	12

Tablo 2. Kirazdere Barajı Rezervuarı karakteristikleri [2]

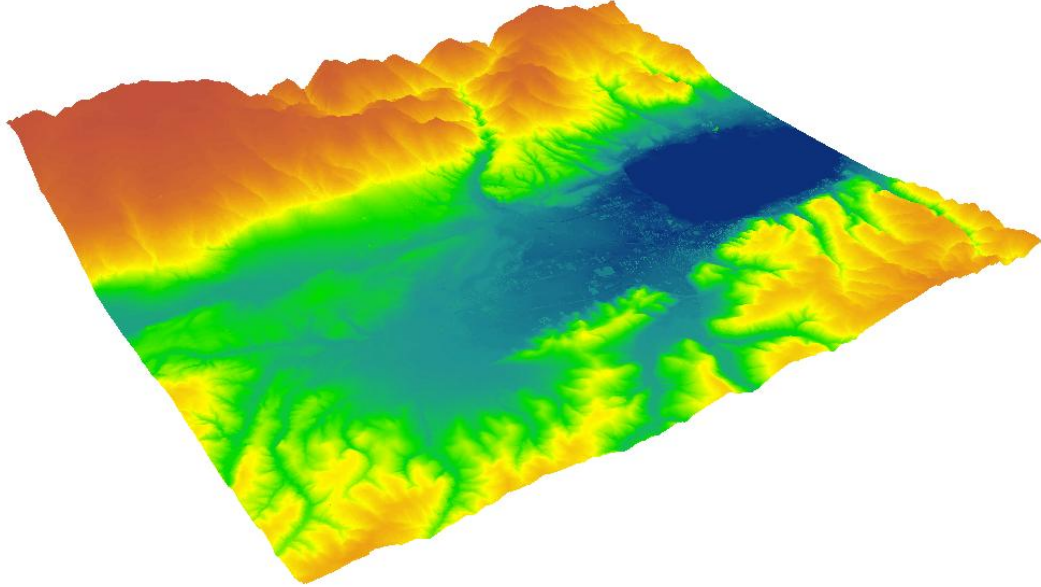
Baraj gölü yüzey alanı (km ²)	1,75 (maks.)
Mevcut faydalı hacim (milyon m ³)	51,10 (maks)
Ölü hacim (milyon m ³)	4,90



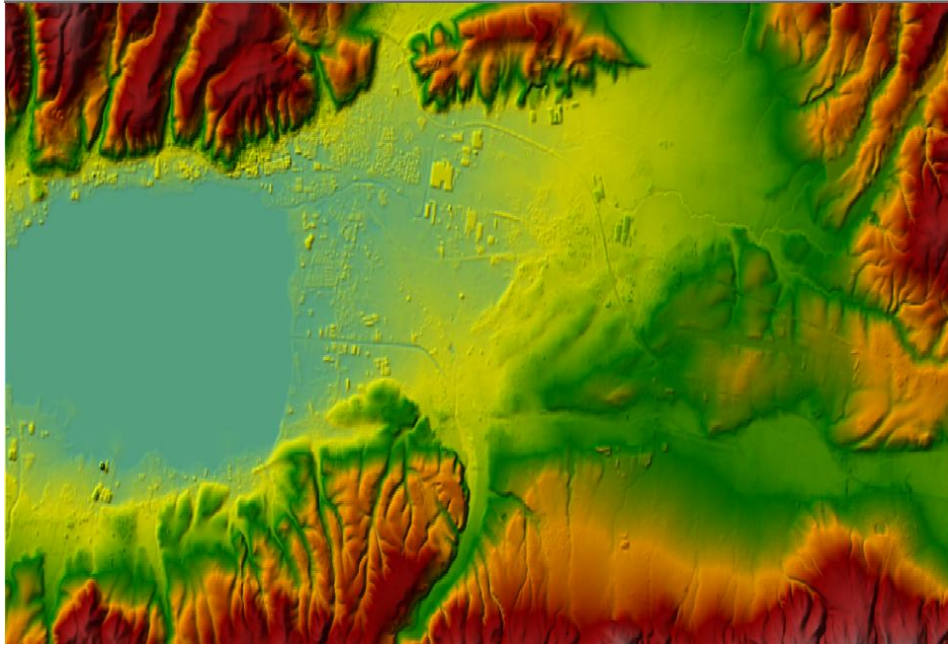
Şekil 2. Kirazdere Barajı Rezervuarı 3 boyutlu görünümü [3]

Baraj gediklenmesi modellemesinde HEC-RAS yazılımının gediklenme (Storage Area Connection Breach Data) modülü kullanılmıştır. Modül gediklenme tayini için parametrik metodları kullanmaktadır. Modül ayrıca kullanıcı tarafından belirlenecek gediklenme parametrelerinin manuel olarak girilebilmesine de olanak sağlamaktadır. BYT dalgasının yayılımının modellenmesinde USACE HEC-RAS yazılımı ve bu yazılımın kararsız akım analiz (Unsteady Flow Analysis) modülü kullanılmıştır. Yazılım hem 2 boyutlu de-Saint Venant denklemleri (turbilans ve coriolis etkisi opsiyonel olarak momentum denklemine eklenebilen) hem de 2 boyutlu difüzyon dalgası denklemleriyle çözüm yapmaktadır [4]. Analizde kullanılan 2 boyutlu kararsız akım denklemleri kapalı sonlu hacim algoritması kullanılarak çözümlenir.[5]

3 boyutlu (3b) arazi modelinin oluşturulmasında; Kocaeli Büyükşehir Belediyesinden temin edilen 2006 yılında fotogrametrik yöntemle hazırlanmış olan 1/5000 ölçekli hali hazır harita ve 2005 yılında yapılmış olan Yuvacık Barajı Sediman Dağılımı Araştırması Çalışmasından [3] temin edilen baraj rezervuarı sayısal batimetri haritası kullanılmıştır. İzmit Sarıdere kesimi için 2015 yılında yapılmış olan dere ıslahına ait İzmit İlçesi Sarı Dere Islahı İnşaatı projesinden faydalanılmış, Kirazdere (Yuvacık) Barajına ait geometrik bilgiler DSİ 1. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesinden temin edilen 1/5000 ölçekli sayısal hali hazır haritaya baraj rezervuarı batimetri haritası ile dolusavak ve tahliye kanalı bilgileri eklenerek 3b topoğrafik veri seti elde edilmiştir. Oluşturulan 3b harita veri ayıklaması işlemine tabi tutulmuştur. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ortamına aktarılan 3b topoğrafik veri setinde TIN ve Raster formatlarına dönüşümler yapılarak BYT modellemesinde kullanılacak olan 3 boyutlu arazi modeli oluşturulmuştur (Şekil 3). 3b arazi modeline son olarak HEC-RAS yazılımında Sarı Dere kesimine ait bilgiler eklenerek BYT analizinde kullanılacak olan bütünlük topoğrafik veri seti elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Çalışma alanı 3 boyutlu arazi modeli

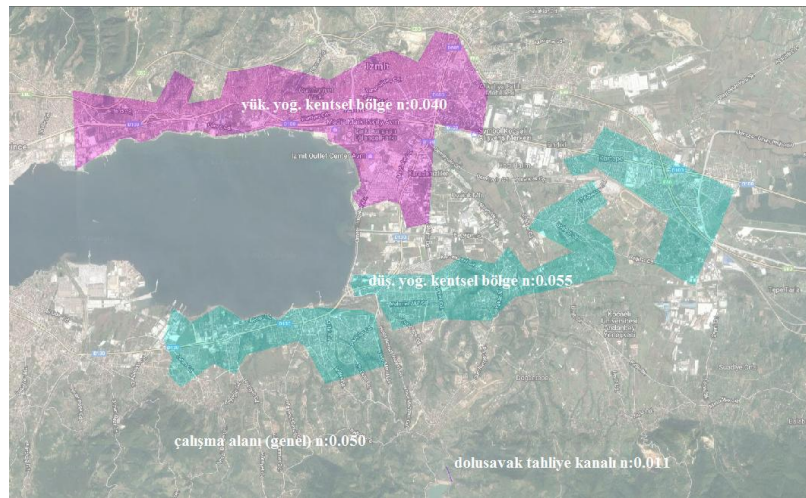


Şekil 4. Bütünleşik topoğrafik veri seti

Çalışma alanı için Arcment ve Schneider'de [6] verilen bağıntı ile belirlenen Manning n pürüzlülük değerleri Tablo 3'de, HECRAS yazılımından yararlanılarak hazırlanan ve analizde kullanılan Manning n pürüzlülük haritası Şekil 5'de görülmektedir.

Tablo 3. Çalışma alanı Manning n pürüzlülük değerleri

Arazi Tanımı	Manning n
Çalışma Alanı (Genel)	0.050
Yüksek Yoğunluklu Kentsel Bölge	0.040
Düşük Yoğunluklu Kentsel Bölge	0.055
Dolusavak Tahliye Kanalı	0.011



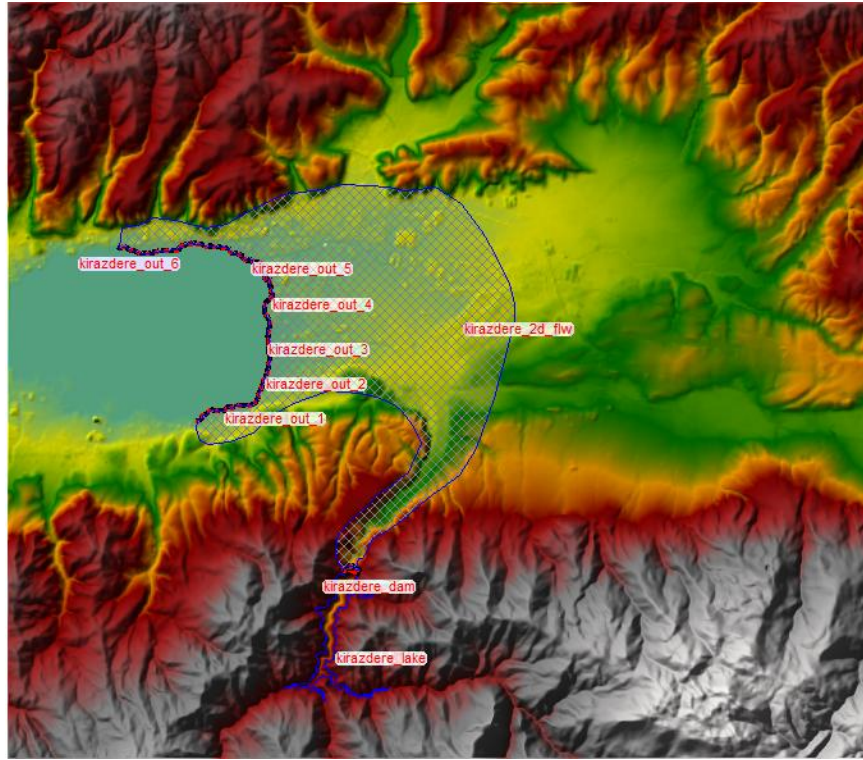
Şekil 5. Çalışma alanı pürüzlülük (Manning n değerleri) haritası

Kirazdere Barajı için BYT analizinde literatürde güneşli gün yıkılması olarak adlandırılan herhangi bir dış etki olmaksızın baraj gövdesinde meydana gelen borulanma neticesinde oluşacak baraj yıkılması senaryosu kullanılmıştır. Senaryoda kullanılan baraj gediklenmesine ait sayısal parametreler Tablo 4'de verilmektedir.

Tablo 4. Baraj gediklenme senaryosu parametreleri

Borulanma Başlangıç Rezervuar Su Kotu	166.14 m
Gediklenme Başlangıç Kotu	140 m
Gedik Taban Kotu	130 m

Topoğrafik veri seti üzerinde; 2 boyutlu BYT yayılım alanı, Kirazdere Barajı Rezervuarı, Kirazdere Barajı, BYT dalgası (akım) çıkış sınırları Şekil 6'da görüldüğü şekilde tanımlanmıştır.



Şekil 6. 2b taşkın yayılım alanı, baraj haznesi, kirazdere barajı, taşkın dalgası çıkış sınırları genel görünümü

Analizde kullanılacak gediklenme parametreleri olarak, yazılım tarafından kullanılan diğer metodlara nazaran daha büyük gedik taban genişliği tanımlayan Von-Thun ve Gillette [7] parametrik bağıntısından elde edilen değerler seçilmiştir. Gedik oluşumuna ait parametreler Şekil 7'de, tamamlanmış gedik geometrisi Şekil 8'de gösterilmektedir.

Storage Area Connection Breach Data

SA Connection: kirazdere_dam

Breach This Structure

Breach Method: User Entered Data

Center Station: 200

Final Bottom Width: 124

Final Bottom Elevation: 130

Left Side Slope: 0.5

Right Side Slope: 0.5

Breach Weir Coef: 1.44

Breach Formation Time (hrs): 0.97

Failure Mode: Piping

Piping Coefficient: 0.5

Initial Piping Elev: 140

Trigger Failure at: WS Elev

Starting WS: 166.14

Breach Plot | Breach Progression | Simplified Physical | Parameter Calculator | Breach Repair (optional)

Input Data

Top of Dam Elevation (m): 172.5

Breach Bottom Elevation (m): 130

Pool Elevation at Failure (m): 166.14

Pool Volume at Failure (1000 m3): 49413.72

Failure mode: Piping

MacDonald

Dam Crest Width (m): 12

Slope of US Dam Face Z1 (H:V): 2.75

Earth Fill Type: Non-homogeneous or Rockfill

Slope of DS Dam Face Z2 (H:V): 2.5

Xu Zhang (and Von Thun)

Dam Type: Homogeneous/zoned-fill dam

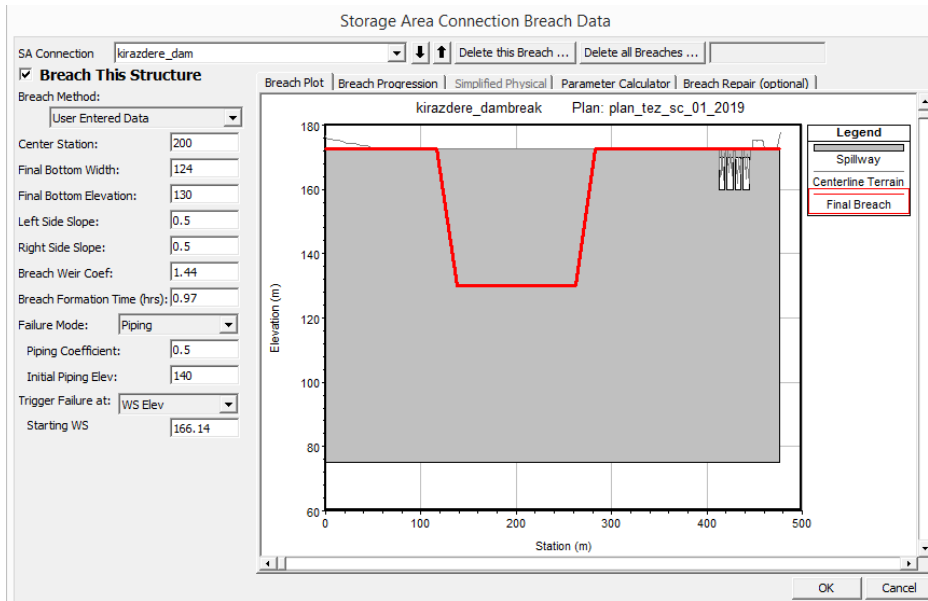
Dam Erodibility: Medium

Method	Breach Bottom Width (m)	Side Slopes (H:V)	Breach Development Time (hrs)	
MacDonald et al	36	0.5	1.69	Select
Froehlich (1995)	68	0.9	1.04	Select
Froehlich (2008)	61	0.7	0.93	Select
Von Thun & Gillete	124	0.5	0.97	Select
Xu & Zhang	55	0.64	2.80 *	Select

* Note: the breach development time from the Xu Zhang equation includes more of the initial erosion period and post erosion than what is used in the HEC-RAS breach formation time.

OK Cancel

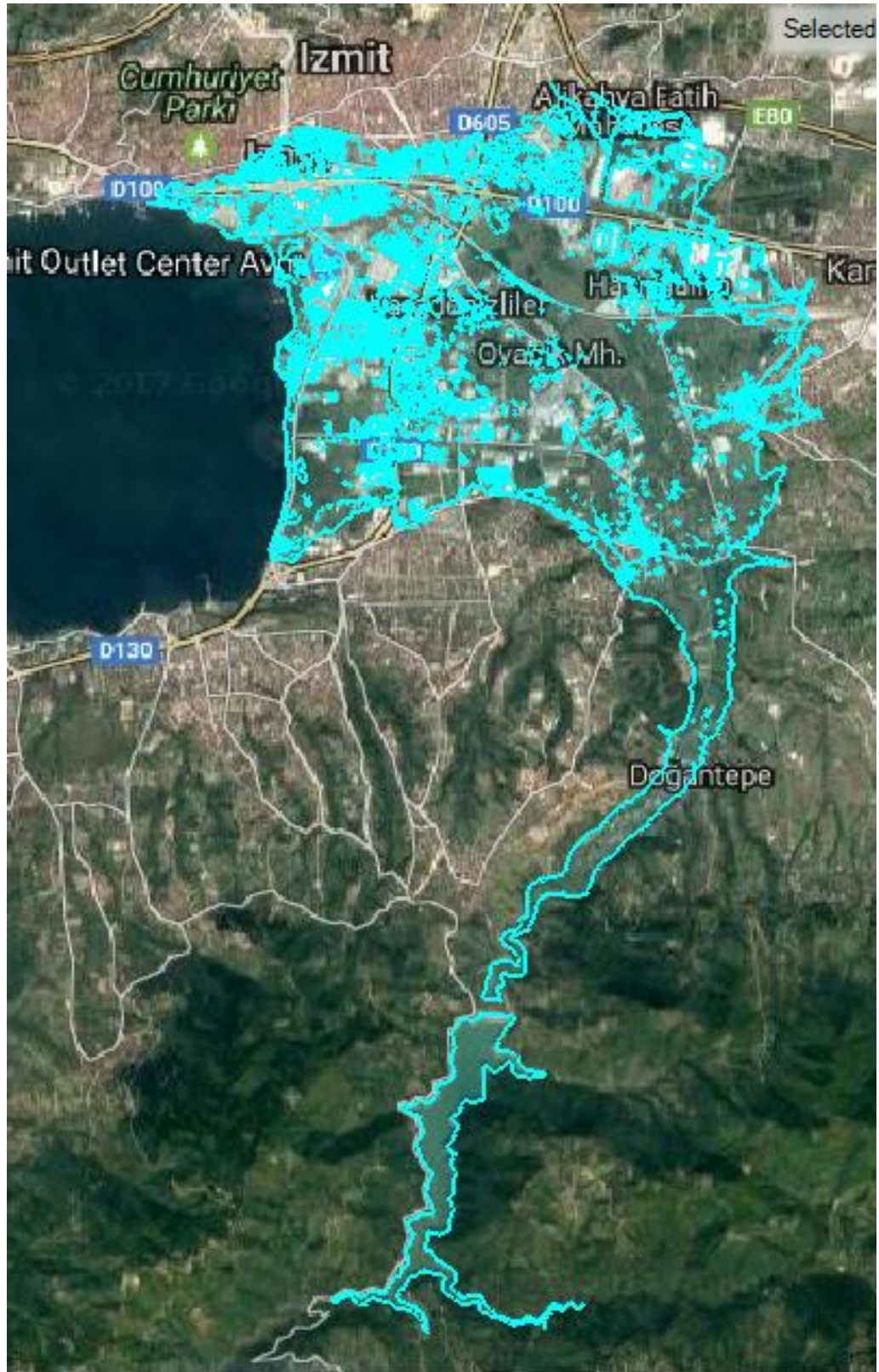
Şekil 7. Gediklenme parametreleri



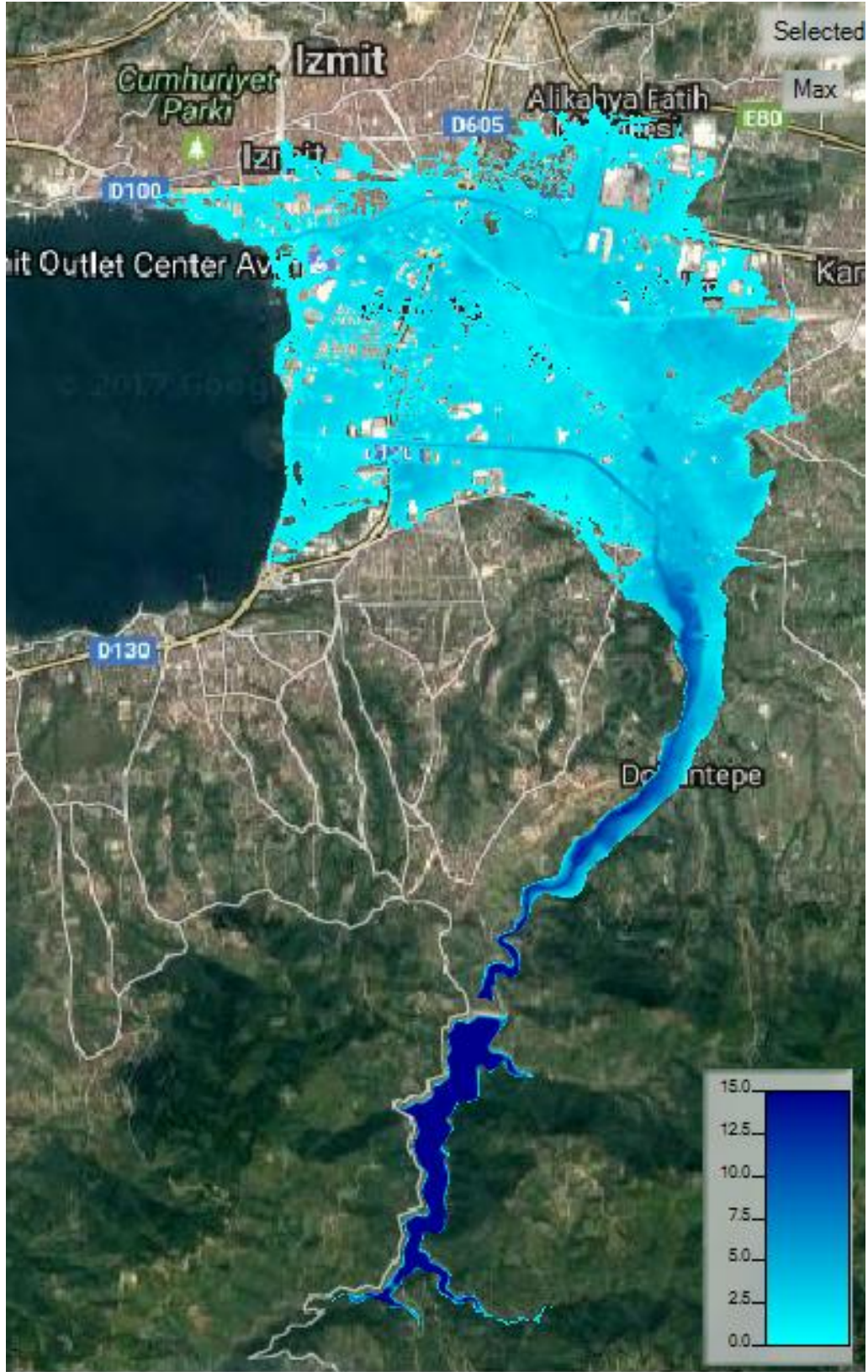
Şekil 8. Tamamlanmış gedik geometrisi görünümü

3. SONUÇLAR

Analizden elde edilen BYT yayılım alanı haritası Şekil 9'da, BYT yayılım-derinlik haritası Şekil 10'da ve BYT yayılım-hız haritası Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 9. Kirazdere Barajı BYT yayılım alanı haritası



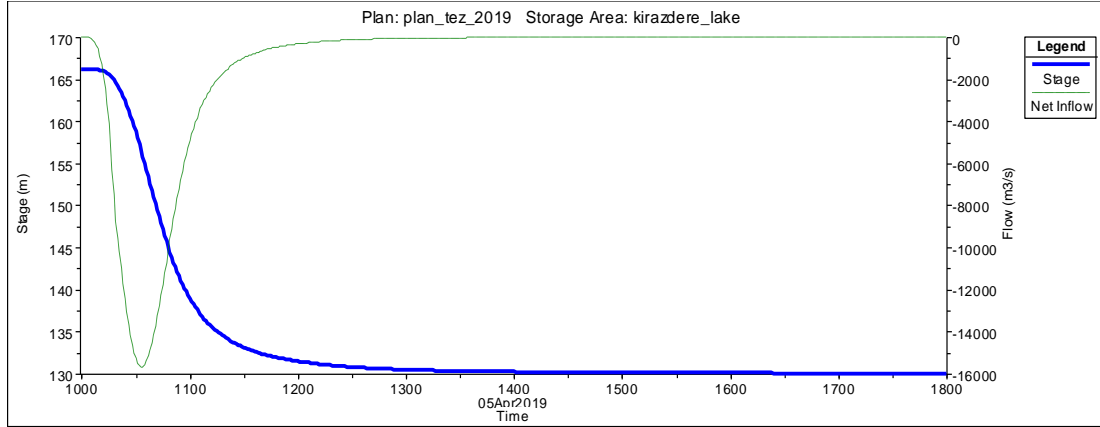
Şekil 10. Kirazdere Barajı BYT yayılım-derinlik (m) haritası



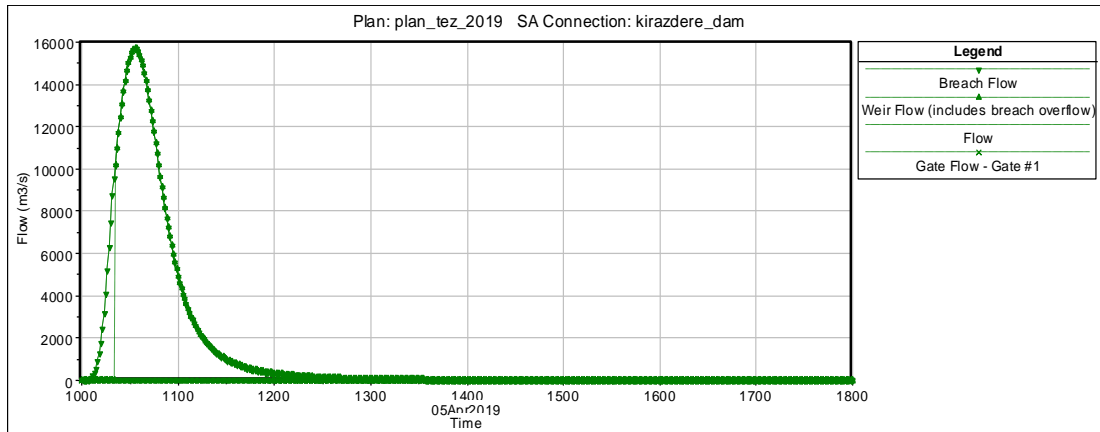
Şekil 11. Kirazdere Barajı BYT yayılım-hız (m/sn) haritası

Yıkılma başlangıcındaki 166,14 m olan su kotu 8 saatlik simülasyon sonucunda 130,05 m'ye düşmüştür. Çıkış debisinin maksimum değeri saat 10:33'de ulaşılan 15.690,89

m^3/sn 'lik debi olarak gözlenmiştir. Rezervuardan çıkan toplam su miktarı 36.868.000,29 m^3 olarak gözlemlenmiştir. Şekil 12'de baraj rezervuarına, Şekil 13'de baraj gövdesine ait hidroğraflar görülmektedir.



Şekil 12. Baraj rezervuarı hidroğrafı



Şekil 13. Baraj gövdesi hidroğrafı

Yapılan çalışma ile elde edilen bulgulardan hem uygulama yapılan bölge özelinde hem de genel uygulamalar çerçevesinde sonuçlara ulaşılmıştır.

Senaryo BYT dalgası nüfus yoğun bölgeleri, gediklenme başlangıcından itibaren 30 dakikada etkilemeye başlayacaktır. Senaryo BYT nedeniyle yüksek miktarda mal kaybının meydana geleceği, bu kayıplara sanayi sektörü üretim kayıpları ve ticari kayıpların da ekleneceği öngörülmektedir. Senaryo BYT sonrasında bölgede ani işsizlik artışı, fert başına düşen gelirden azalma yaşanacak çözümü uzun vadeye yayılacak sosyal sorunlar ortaya çıkacaktır.

Kirazdere Barajında meydana gelmesi muhtemel baraj yıkılmasına karşı alınacak önlemler kapsamında öncelikli olarak erken uyarı sistemi kurulmalıdır. BYT'den etkilenecek bölgelere yönelik olarak ilgili ve görevli kuruluşlarca acil durum tahliye planları ile afet durumu yönetim ve müdahale planları hazırlanmalıdır.

Günümüz teknolojilerinin sağladığı avantajlar kullanılarak tüm mevcut barajlar için BYT risk değerlendirilmesi yapılmalıdır. Baraj planlamalarında BYT risk değerlendirmesinin yapılması yönetmeliklerle zorunlu hale getirilmelidir. BYT risk seviyesi yüksek barajların risk seviyesini düşürmek için alınması gerekli önlemlerin planlama aşamasında yer alması yönetmeliklerle sağlanmalıdır Baraj tipi ve kapasite seçiminde BYT risk değerlendirmesi göz önünde bulundurulmalıdır.

4. KAYNAKLAR

- [1] <https://earth.google.com/web> erişim tarihi 05.04.2018
- [2] Kocaeli (2017), T.C. Kocaeli Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Kocaeli İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, Kocaeli, Türkiye, 2017
- [3] Yuvacık Barajı Batimetri ve Sediman Dağılımı Araştırması (2005), Derinsu Underwater Engineering 2005, Kocaeli
- [4] Brunner, G. W. (2016). HEC-RAS river analysis system 2D modeling user's manual. US Army Corps of Engineers—Hydrologic Engineering Center, 1-171.
- [5] USACE. (2016). HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Version 5.0.
- [6] Arcement, G. J., & Schneider, V. R. (1989). Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains.
- [7] Von Thun, J. L., & Gillette, D. R. (1990). Guidance on breach parameters. US Department of the Interior, Bureau of Reclamation.

Çığ Kaynaklı Afet Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi ve Önlemlerin Belirlenmesi; Niğde Demirkazık Dağları Örneği

Kaan ÖCAL¹, Serkan GÖKALP¹, Hakan KARACA²

¹ Niğde İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Selçuk Mah. Selçuklu Cad. No:42, Niğde

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde

Phone: 0 (388) 232 23 10,e-mail: karaca26@hotmail.com

Öz:Doğal afetler arasında tanımlanan çığ, ülkemizde can veya mal kaybına neden olan diğer afetlere kıyasla daha az sayıda gerçekleşmektedir. Benzer bir biçimde Niğde ilinde de gerçekleşen çığ afet sayısının diğer afetlere göre daha seyrek olmasına rağmen, en çok can kaybına neden olan afet türü olduğu görülmektedir. Nitekim kış sporları ve turizmi açısından yerli ve yabancı turistlerin sıklıkla kullandığı Demirkazık Dağlarında 2018 yılı Aralık ayında bir çığ afeti yaşanmış ve iki kişilik dağcı grubu bu afete maruz kalmıştır. Çığ afeti yaşanan bu bölge Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının 24.06.2015 gün ve 2015/5 sayılı “Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması” Genelgesi kapsamında 2015-2017 yılları arasında yapılan çalışmalar sonucunda Niğde İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğüne üretilen 25 metre çözünürlüklü Çığ Duyarlılık Haritasında potansiyel çığ başlangıç bölgesi olarak belirlenen alanda kalmaktadır. Bu olaydan yola çıkılarak Demirkazık Dağı bölgesi temel çalışma alanı olarak belirlenmiş, çözünürlüğü daha hassas çığ duyarlılık haritası üretilmiştir. Haritanın üretimi süreci genel olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada CBS yardımıyla topografik analizler (özel puanlama analizi) ve jeomorfojik analizler yapılarak çığ kaynak alanları, ikinci aşamada ise sayısal yükseklik modeli ve çığ kaynak alanları girdi olarak kullanılarak CONEFALL yazılımı aracılığıyla yayılım zonları belirlenmiştir. Bu yayılım zonları CBS ortamında çakıştırılarak derecelerine göre Çığ Duyarlılık Bölgeleri üretilmiştir. Üretilen harita ile dağcılarının tırmanış rotalarını, çığ duyarlılığının olmadığı ya da çok düşük olduğu bölgeleri dikkate alarak oluşturmaları hedeflenmiş ve bu kapsamda temel önlemler belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çığ Afeti, çığ duyarlılık haritaları, özel puanlama sistemi, CONEFALL

Abstract: Accepted as a natural disaster, avalanches often cause life and material losses despite occurring in much lesser frequency. Similarly in Nigde, the number of avalanches is lesser than the other natural disasters while its the only disaster causing losses of life. Indeed, in December 2018, two mountaineers were caught by an avalanche in famously known Demirkazık Mountains where local and foreign climbers spend their time. The avalanche took place in an area classified as potential release area according to the Avalanche Sensitivity Maps of 25-m resolution that were prepared by Nigde Directorate of Disaster and Emergency Management. The maps were obtained by the studies performed between 2015-2017 within the scope of circular issued by Presidency of Disaster and Emergency Management on 06.24.2015 with number 2015/5. In this study, considering the mentioned avalanche disaster, Demirkazık and surrounding area is focused for its avalanche potential and high resolution avalanche susceptibility maps are generated. The maps are generated after two phases of work. The first phase involved determination of the avalanche starting zones through geomorphological and topographic analysis (subjective weight assignment) based on GIS. In the second phase, digital terrain models (DTM) and avalanche starting areas are put into CONEFALL program to obtain release areas. Then these release areas are overlapped in GIS environment to generate the Avalanche susceptibility maps. through this study, it is aimed to

generate reference maps to be used in determination of safer climb routes by taking into account of the areas with zero or minimum susceptibility against the avalanche hazard.

1 .Giriş

Doğal afetler arasında tanımlanan çığ, ülkemizde can veya mal kaybına neden olan diğer afetlere kıyasla daha az sayıda gerçekleşmektedir [1]. Benzer bir biçimde Niğde ilinde de gerçekleşen çığ afet sayısının diğer afetlere göre daha seyrek olmasına rağmen, can kaybına neden olan tek afet türü olduğu bilinmektedir [2]. Diğer afet türlerine göre tehlikenin giderilebilmesi ve gerçekleştiğinde de kurtulma olasılığının düşük olması nedeniyle, bu afetin can ya da mal kaybına engel olabilmek için alınabilecek en iyi önlem, çığından uzak durmaktır [3]. Böyle bir durumda, çığ tehlikesinin afete dönüşmemesi için yapılabilecek çalışmaların başında çığ tehlikesinin bulunduğu alanların hassas şekilde belirlenmesi gelmektedir. Sonrasında ise, bu alanlarda herhangi bir yapılaşma ya da etkinliklerin ya kısıtlanması ya da hiç yaptırılmaması en uygun yaklaşım olacaktır. Çalışmamızda bu yaklaşıma uygun olarak Niğde ilinde çığ afetinin gerçekleştiği ve can kayıplarının meydana geldiği Demirkazık ve civarında çığ tehlikesi belirlenmeye çalışılmış, çığ tehlike haritalarına altlık olacak çığ duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen duyarlılık haritalarının çığ afetinin meydana geldiği alanları başarılı bir şekilde ayırt etmesi ve can kayıplarının meydana geldiği alanlarında yüksek duyarlılığı olan alanlarla çakışması, çalışma sonuçlarının ne kadar önemli olduğu ile ilgili ipuçlarını da vermektedir. Aslında çalışmanın amaçlarından belki de en önemlisi çığ duyarlılığı yüksek olan ve tehlikeli olarak sınıflandırılması gereken alanların belirlenmesi ve bu alanlarda etkinliklerin kısıtlanmasının bilimsel altyapısının oluşturulmasıdır.

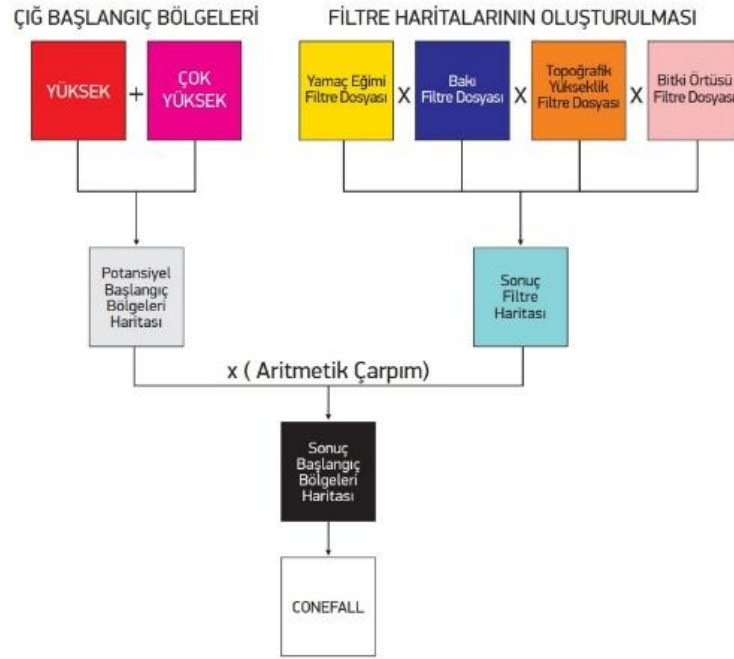
2.Yöntem ve Girdiler

Çığ eğimli bir kayma yüzeyi boyunca gerçekleşen oldukça hızlı kar akışına verilen addır. Çığlar tetiklenme olarak adlandırılan, kar örtüsü içinden ya da dışından kaynaklanan bir etken tarafından başlatılmaktadır. Bir kez tetiklenen çığ, hemen hızlanmaya başlayarak akış patikasındaki kar kütlelerini de hareketlendirir. Çığ olayının gelişebileceği bölgelerin haritalanabilmesi için, çığ değerlendirme amacına (envanter, duyarlılık vb.) yönelik olarak, farklı parametreler ve yöntemler ile haritaların üretilmesinin temel amacı, can ve mal kayıplarının minimize edilmesidir.

CBS yazılımları sayesinde çeşitli topografik parametrelerden yararlanarak çığ başlama bölgeleri belirlenebilmektedir. Özellikle [4] Bühler ve diğ. (2013) çalışmasında da özetlendiği gibi, bu bölgelerin CBS tabanlı olarak belirlenebilmesi basit algoritmalarla çabuk ve kolaylıkla yapılabilir hale gelmiştir.Şekil 1'den de anlaşılacağı üzere, iki ana temel üzerine bina edilen çalışmanın ilk girdisi potansiyel çığ başlangıç bölgelerinin belirlenmesi olup, ikinci ayağında ise belirlenen bu haritaların aritmetik çarpımla süzgeçlenerek sonuç başlangıç bölgeleri harita elde edilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu haritaların tamamı CBS tabanlı olarak üretilmekte ve çığ tehlikesi değerlendirilmelerinde girdi olarak kullanılmaktadır [5,6,7].

Potansiyel başlangıç bölgeleri haritası türetilmesinde kullanılan yükselti; kar yağışı, rüzgar, sıcaklık, radyasyon maruziyeti [8] gibi etmenlerin doğrusal orantılı olarak ilişkilendirildiği bir değişken olması nedeniyle, yükseklik tek girdi olarak kullanılmaktadır. Aslında yükselti arttıkça çığ başlangıç bölgelerinin sayısında da artma meydana gelmesi [9] başka bir deyişle yükselti ile bağıntılı olarak arazinin çığ oluşumuna elverişli hale gelmesi, bahsi geçen etmenlerin çığ oluşumuna neden olacak değerlerde bulunması ile doğrudan ilişkilidir. Yani

kısaca özetlemek gerekirse, yükseltinin tek başına etmen olmasının ardında yatan birçok neden bulunmaktadır.



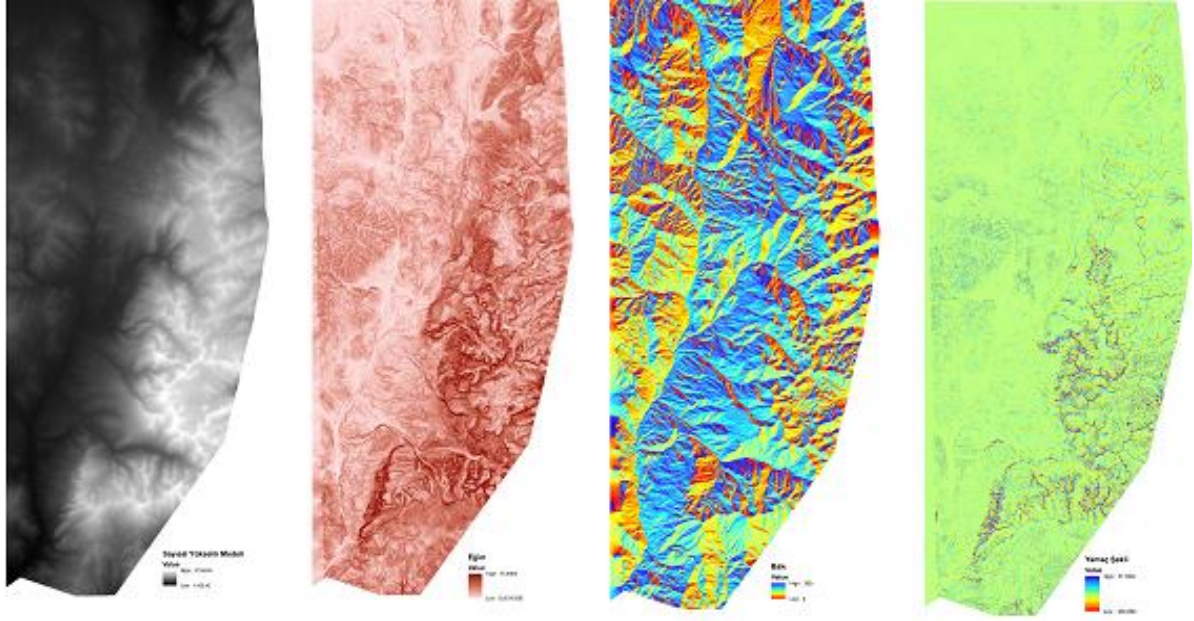
Şekil 1. Çığ Duyarlılık Haritaları Yöntemi Şeması [10]

Şekil 1'de sağda gösterilen filtre haritaları ([11] ve kaynakçası), potansiyel çığ oluşum alanlarının belirlenmesi için kullanılan yükselti ve bağıntılı etmenlerin yanı sıra, eğim, bakı, topografik yükseklik ve bitki örtüsünün de kullanıldığını göstermektedir. Bu haritalar, kesin çığ başlangıç bölgeleri haritası elde etmeden önde uygulanması gereken bir süzgeç görevi görmektedirler.

Çalışmaya girdi olacak verilerin üretilebilmesi için, Harita Genel Müdürlüğünden (HGM) temin edilen 10m aralıklı sayısal münhane haritaları, 1/25000 ölçekli topografik haritalar ve Tarım ve Orman Bakanlığında elde edilen sayısal arazi kullanım veritabanı derlenmiştir. Derlenen verilerden sayısal münhane harita verileri kullanılarak sayısal yükseklik modeli (SYM) türetilmiş, bu modelden de eğim, bakı ve yamaç şekli haritaları elde edilmiştir. (Şekil 2). Sonrasında, üretilen beş adet parametre haritası (yükseklik, eğim, bakı, yamaç şekli ve arazi kullanımı) literatür de yaygın olarak kullanılan verilere göre elde edilmiş Tablo 1'e göre belirli oranlarda puanlandırılarak sınıflandırılmıştır. Öznel puanlama analizi yöntemi olarak adlandırılan bu yöntemde, gerek duyarlılık gerekse tehlike değerlendirmeleri için analizi yapacak kişinin deneyimi doğrultusunda, çığ oluşumunda etkin olduğu düşünülen parametreler ve bunlara ilişkin alt gruplara puanlar verilerek değerlendirmeler yapılmakta ve parametreler kendi içinde gruplandırılarak, toplam puanlar, ilgili alt parametre gruplarına atanmaktadır. Herhangi bir istatistiksel değerlendirme yapılmaksızın gerçekleştirilen bu puanlama sisteminde daha çok, parametre ve alt gruplarının teorik olarak çığ oluşumu açısından hangi puantajı alacağı şeklinde öznel bir yorumlama yapılmaktadır [10].

Tablo-1'e göre sınıflandırılan bu parametre haritaları daha sonra CBS ortamında aritmetiksel olarak toplanarak olası çığ başlangıç bölgeleri belirlenmiş, oluşturulan bu haritada yüksek ve çok yüksek potansiyele sahip alanlar potansiyel çığ başlangıç bölgesi olarak belirlenmiştir. Bu

aşamadan sonra mevcut harita yeniden puanlandırılarak yüksek ve çok yüksek potansiyelli alanlar +1 değeri diğer alanlar ise 0 değeri ile değerlendirilmiştir.



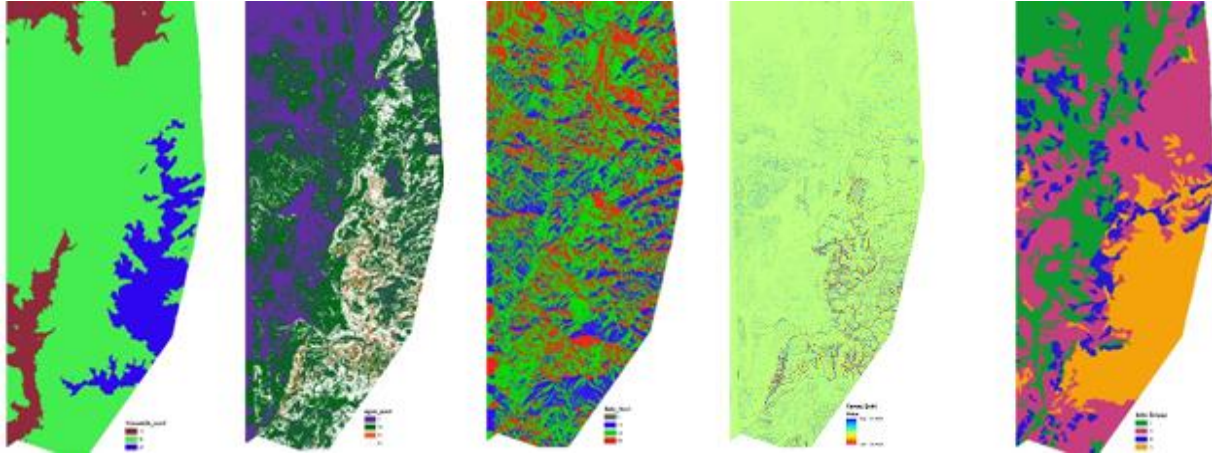
Şekil 2. SYM ve Üretilen Parametre Haritaları

Tablo 1. Parametre Haritaları Puanlama Tablosu [10]

PARAMETRE	SINIFLAR	PUAN	% AĞIRLIK	TOPLAM PUAN
Yükseklik (m)	< 1000	0	15	0
	1000 - 1500	1		15
	1500 - 3000	2		30
	> 3000	3		45
Eğim °	0 - 10	0	30	0
	10 - 28	1		30
	28 - 45	3		90
	45 - 55	2		60
	> 55	1		30
Bakı °	DÜZ	0	20	0
	Kuzey (0 -45; 315-360)	3		60
	Doğu (45 - 135)	2		40
	Güney (135 - 225)	1		20
	Batı (225 - 315)	2		40
Yamaç Şekli (Eğrisellik) (* Eğrisellik değeri için, Maggioni ve Gruber (2003) temel alınmıştır)	İçbükey (Eğrisellik< -0.2)*	3	20	60
	Düz (-0.2<Eğrisellik<0.2)*	2		40
	Diş Bükey (0.2<Eğrisellik)*	1		20
Arazi Kullanımı Bitki Örtüsü	Ormanlık Alan	0	15	0
	Seyrek Orman	1		15
	Bodur Bitki-Çalı-Ot	2		30
	Çıplak-Kayalık	3		45

Çığ Başlangıç Bölgeleri haritasının üretilmesinden sonra filtre haritası oluşturulması aşamasında gelinmiştir. Bu aşamada her bir parametre haritası için, Tablo-1 deki puanlama sistemine göre 0 puan alanlar 0, geriye kalan tüm değer 1 değeri alacak şekilde sınıflandırılmıştır. Buradaki temel gerekçe, CBS ortamında elde edilen “potansiyel çığ başlangıç bölgeleri” haritasında 1 değeri alan ancak önerilen puanlama sisteminden kaynaklanabilecek ve teorik olarak çığ başlangıç bölgesi olamayacak alanlarda, analize girdi verisi olarak puan alabilecek alanların analizden ayıklanmasıdır. Filtre dosyası ile

sınıflandırılan bu parametre haritaları CBS yardımıyla aritmetiksel çarpılarak Filtre Haritası oluşturulmuştur.



Şekil 3. Tablo 1'e Göre Sınıflandırılmış Parametre Haritaları

Potansiyel çığ başlangıç bölgeleri haritası ile filtre haritası matematiksel olarak çarpılarak potansiyel çığ kaynak alanlarını gösteren çığ başlangıç bölgeleri haritası üretilerek 1/25000 liktopografik haritalara işlenmiştir. Saha çalışmaları, arşiv ve potansiyel çığ başlangıç bölgelerinin tespiti ile ortaya konulan alanların doğrulanması için arazide yapılacak çalışmaları kapsamakta olup envanter çalışmalarının en önemli kısmını oluşturmaktadır. Potansiyel çığ kaynak alanlarını gösteren çığ başlangıç bölgeleri haritası arazi çalışmaları ve uzaktan algılama yöntemleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme kapsamında CBS de kaynak alan olarak çıkan bölgelerin arazide de varlığı irdelenmiştir. Potansiyel Kaynak Alan Haritasında tespit edilen ancak arazide varlığı teyit edilemeyen bölgeler haritadan çıkartılmıştır. Potansiyel çığ başlangıç noktası arazide doğrulanmayan alanların ise sınırları netleştirilmiştir.

Tablo 2. Parametre Haritalarını Filtreleme Katsayıları

Parametre	Değer	Filtre Değeri
Yükseklik	0-1500	0
Yükseklik	1500>	1
Eğim	0-10	0
Eğim	10-90	1
Bakı	-1-0	0
Bakı	0-360	1
Arazi Kullanımı	0	0
Arazi Kullanımı	15	1
Arazi Kullanımı	30	1
Arazi Kullanımı	45	1

3. Çığ Duyarlılık Analizleri

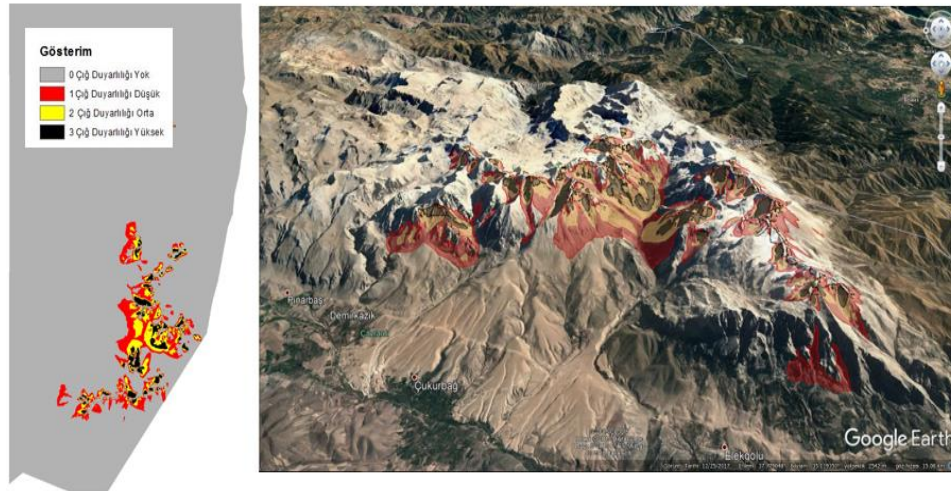
Bu aşamada ilk olarak eldeki vektörel verilerin tümü raster (hüresel) veriye dönüştürülmüştür. Bu işlem yapılırken dosyaların satır, sütun, yükseklik, koordinat gibi özelliklerin aynı olmasına özen gösterilmiştir. Bu işlemlerin hepsi CBS yardımı ile yapılmıştır. Bu aşamadaki analizlerde "Conofall" yazılımı kullanılmıştır. Conofall programında kullanılan dosyaların formatı ".asc" dir. Bu sebeple çığ başlangıç bölgeleri ve SYM haritasının formatları ".asc" formatına dönüştürülmüştür. Conofall yazılımı ile

düşebilecek bir çığ kütlelerinin enerjisinin biteceği ve duracağı nokta hesaplanmaya çalışılmıştır. Bu sebeple programda girdi verisi olarak potansiyel kaynak alan ve SYM haritaları kullanılmıştır.

Literatürde önerildiği üzere enerji çizgi açısı olarak 30,35 ve 40 dereceler kullanılmıştır. 30, 35 ve 40 derece için ayrı ayrı elde edilen yayılım haritaları üst üste çakıştırılarak “düşük”, “orta” ve “yüksek” olmak üzere 3 adet zonlama dosyası elde edilmiştir. Bu zonlama haritaları ile kaynak alandan itibaren hareket edecek çığ kütlelerinin tercih edilen enerji yayılım açalarına ve arazi yapısına göre en çok etkili yani en duyarlı olduğu bölgelerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu zon haritasında 3 yayılım alanının da kesiştiği pikseller yüksek duyarlı, 2 yayılım alanının kesiştiği pikseller orta duyarlı ve tek yayılım alanı olan yerler ise düşük duyarlı olarak belirlenmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen “.asc” uzantılı dosyalar CBS yardımı ile raster veri haline dönüştürülmüştür. Raster veriye dönüştürülen bu haritalara aritmetik toplama işlemi yaptırılarak Niğde Çamardı Demirkazık Dağlarına ait çığ duyarlılık haritası üretilmiştir.

Çalışma alanı sınırlarında belirlenen potansiyel kaynak alanları duyarlılık haritasında 0-3 Aralığında değerlendirilmiştir. Bu arada 3 değeri yüksek duyarlılıktaki çığ bölgesini, 2 değeri orta duyarlılıktaki çığ bölgesini, 1 değeri düşük duyarlılıktaki çığ bölgesini ve 0 değeri de çığ düşme potansiyeli olmayan yani duyarsız çığ bölgesini simgelemektedir.



Şekil 4. Çığ Duyarlılık Haritası ve Google Earth Görüntüsü

4.Değerlendirme ve Sonuç

Üretilen Çığ Duyarlılık Haritası ile Demirkazık Dağlarındaki potansiyel çığ bölgeleri belirlenerek, olası bir çığ hareketinde enerjin en yüksek nerede olacağı ve enerjisinin nerede sönmüneceği belirlenmeye çalışılmıştır. CBS ile belirlenen potansiyel kaynak alanların arazide teyit edilmesi aşamasında, bölgenin el verişsiz coğrafi koşulları (yükseklik,eğimvb) nedeniyle her alan irdelenmemiştir. Arazide çıplak gözle teyit edilemeyen bu alanlar uzaktan algılama yöntemleri (hava fotoğrafları) ile değerlendirilmiştir. Bu tür olumsuzluklara karşın CBS ortamında doğru verilerin girdi olması ve parametrelerinin doğru kullanılması ile problemin çözümüne yönelik başarılı bir harita üretilmiştir. Nitekim aynı yöntemlerle üretilen ve 2017 yılında rapor haline getirilen “Niğde İli Çığ Duyarlılık Haritası” da potansiyel çığ bölgesi olarak belirlenen bir alanda 2018 yılında 2 dağcının maruz kaldığı bir çığ afeti meydana gelmiştir.

Bu durumdan da yola çıkılarak hazırlanan Demirkazık Dağlarına ait bir çığ duyarlılık haritaları ile bölgeyi ziyaret eden sporcular ve ilgili federasyonlar için farkındalık oluşturulmaya çalışılmıştır. Elde edilen Duyarlılık Haritası, bölgedeki çığ olayını tetikleyen unsurların da araştırılması ve meteorolojik verilerinde katkısı ile bölge için tehlike ve risk haritalarına altlık teşkil edecek nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Gökçe O., Özden Ş., Demir A., *Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri*, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, ANKARA,2008
- [2] Karaca H., Gokalp S., Ocal K., "Niğde İli Doğal Afetler, Tehlikeler, Önleme ve Zarar Azaltma Çalışmaları", Uluslararası Kapadokya Yerbilimleri Sempozyumu, Niğde, 2018
- [3] Kadioğlu M., *Afet Yönetimi, Beklenilmeyeni beklemek, En Kötüsünü Yönetmek*, Marmara Belediyeler Birliği Yayınları, ISTANBUL , 2015
- [4] Bühler Y., Kumar S., Veitinger J., Christen M., Stoffel A., Snehmani,. "Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 1321–1335, 2013
- [5] Selçuk L., "An avalanche hazard model for Bitlis Province, Turkey, using GIS based multicriteria decision analysis", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 523-535, 2013
- [6] Aydın A., Eker R., "GIS-Based snow avalanche hazard mapping: Bayburt-Aşağı Dere catchmentcase", *Journal of Environmental Biology*, 38, 937-943, 2017
- [7] Ersan H., Aydın A., Eker R., "Davraz Kayak Merkezi (Isparta) Çığ Tehlike Gösterim Haritasının Oluşturulması", *Journal of Forestry*, 13(1): 28-38, 2017
- [8] Aydın A., Eker R., "Topografik Parametreler Kullanılarak Potansiyel Çığ Tehlike Bölgelerinin CBS Tabanlı Olarak Belirlenmesi", II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim 2014, Isparta
- [9] Biskupič, M., Barka, I. "Spatial modeling of snow avalanche run-outs using GIS". In: Proceedings from symposium GIS Ostrava 2010, Ostrava, ISSN 1213-239X.
- [10] AFAD, *Çığ Temel Kılavuz*, Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması Projesi, ANKARA, 2018
- [11] Yılmaz İ., Öztürk D., "Integration of Bayesian Networks with GIS for Dynamic Avalanche Hazard Assessment: NSDI Perspective", *Journal of Natural Hazards and Environment*, 4(1): 34-44, 2018

Otomatik ığ İstasyonu Kurulumu ve İşletilmesi

Installation and Operating of Avalanche Weather Station

Levent BÜTÜN¹, Önder KOÇYİĞİT²

¹ Öğr. Gör. Gazi Üniv. Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. Maltepe Ankara +(312)5823264
leventbutun@gazi.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi Gazi Üniv. Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. Maltepe Ankara +(312)5823212
konder@gazi.edu.tr

Özet: - Tahmine yönelik çalışmaların en önemli aşamalarından birisi meteorolojik ve kar örtüsüne ait verilerin sağlıklı olarak elde edilmesidir. ığ tahmini için bölgenin genel karakterini yansıtan meteorolojik bilgilerin yanısıra, çığ oluşması muhtemel hatların üst kotlarından (muhtemel çığ başlama bölgeleri) toplanacak kar verileri de oldukça önemlidir. Bu nedenle muhtemel çığ arazisi üst kotlarına kurulan meteorolojik ve kar örtüsü bilgilerini toplayan otomatik çığ istasyonları kurulması tahmin açısından önemli bir aşamadır. Sensör ve iletişim teknolojilerindeki gelişim araziden daha kaliteli veri elde edilmesini sağlayarak araştırmalarda güncelliğini korumaktadır. Araştırma amaçlı olarak arazide kurulumu gerçekleştirilmiş bir otomatik çığ istasyonundan elde edilen deneyimler bu çalışmada özetlenmiştir. Araştırma sonuçları, otomatik çığ istasyonlarının kurulumunun uygulanmaya öncelikle ığ riskinin ve yoğun insan aktivitelerinin en fazla yaşanacağı kayak merkezlerinden başlanılabileceğini göstermiştir.

Abstract: - One of the most important stages of the forecasting studies is to obtain the most possible accurate meteorological and snow cover data from the site. In addition to meteorological data which reflects of the general climatological characterization of the region, the data collected from upper zone of the potential avalanche release area is enormously important as well. Therefore, setting up of the automatic avalanche weather station on higher elevations where the potential avalanche hazard exists is an essential stage in terms of avalanche forecast. Advances of sensor and communication technologies delivers getting more quality of data from the field and therefore the installation of the avalanche stations remains up to date. The experiences obtained from an automatic avalanche station installed in the field for research purposes are summarized in this study. The research results offered that initial installations of avalanche stations can be commenced from the ski centers where the avalanche risk and intensive human activities will be experienced most.

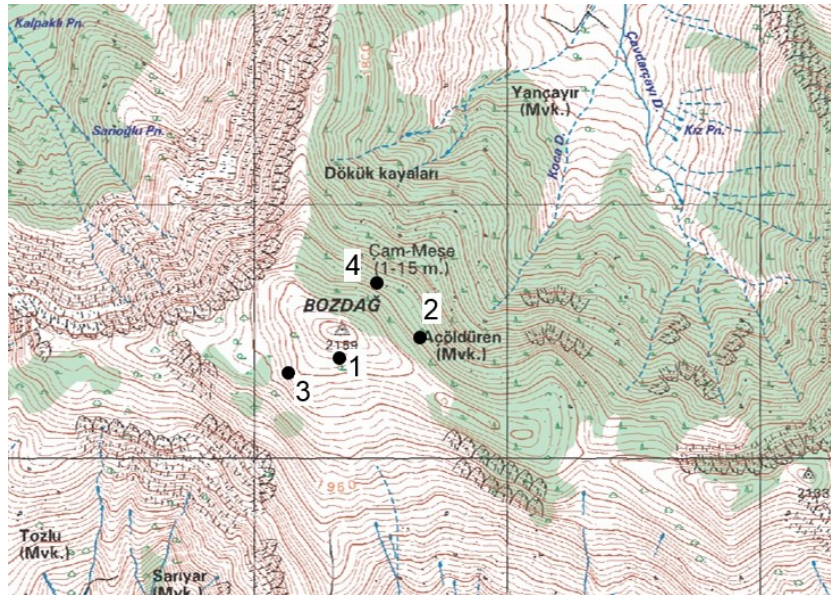
1. Giriş

Ülkemizde yaşanan meteorolojik kaynaklı doğal afetlerden birisi de çığ olayıdır. Avrupa Alp dağlarını içeren ülkelerde de yaşanan bu doğa olayının önceden tahmini için çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmaların başında veri toplama ve değerlendirme öncelikli olarak ele alınmıştır. Bu nedenle İsviçre'nin önceliğini yaptığı bazı Avrupa ülkelerinde 1930'lı yıllardan günümüze kadar araziden veri toplama için farklı yöntemler geliştirilmektedir. Tahmine yönelik çalışmaların en önemli aşamalarından birisi meteorolojik ve kar örtüsüne ait verilerin sağlıklı olarak elde edilmesidir. ığ tahmini için bölgenin genel karakterini yansıtan meteorolojik bilgilerin yanısıra, çığ oluşması muhtemel hatların üst kotlarından (muhtemel çığ başlama bölgeleri) toplanacak kar verileri de oldukça önemlidir. Bu nedenle

arazinin üst kotlarına kurulan meteorolojik ve kar örtüsü bilgilerini toplayan çığ istasyonları kurulmaktadır. Avrupa ülkelerinde ve A.B.D. 'de oldukça fazla sayıda örnekleri mevcuttur [1],[2]. Fakat ülkemizde otomatik çığ istasyonlarının henüz araştırma amaçlı hariç kullanımı mevcut değildir.

2. Otomatik Çığ İstasyonu Yer Tespiti

Çığ istasyonu kurulumu TÜBİTAK projesi kapsamında İzmir İli Ödemiş İlçesi yakınlarında bulunan Bozdağ Kayak Merkezi üst kotlarında 2015 yılının Aralık ayında gerçekleştirilmiştir. İstasyon yeri tespiti çığ tahmini açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle arazi çalışması ve mümkün olan meteorolojik tüm veriler birlikte değerlendirilmelidir. Örneğin, hâkim rüzgâr yönü, bakı ve kar derinliği bilgileri en önemlileridir. Bu çalışma kapsamında kurulan istasyon için arazi çalışması öncesinde muhtemel dört alternatif yer tespit edilmiştir. Fakat arazi çalışması sonrası Şekil 1'de "1" ve "3" numaralı noktaların güney cephe olmaları ve bölge için riskli çığ hatlarının kuzeye bakan cephede bulunması nedeniyle bu noktaların uygun olmayacağı, bu nedenle "2" ve "4" numaralı alternatiflerin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu iki alternatif yeniden arazi bilgileri ile birlikte değerlendirildiğinde en uygun seçeneğin "2" numaralı yer olduğu sonucuna varılmıştır. Çünkü "4" numaralı nokta mevcut telesiyej tesisi arasında kalmıştır. Ayrıca "2" numaralı nokta etrafında herhangi bir engel bulunmamaktadır. Bununla birlikte aynı noktada istasyon gövdesinin stabilitesinin sağlanması amacıyla gerçekleştirilecek olan ankraj çalışmasının yapılabileceği kayaç formasyonu da mevcuttur.



Şekil 1. Muhtemel istasyon noktaları

3. Otomatik Çığ İstasyonunun Kurulumu ve Bileşenleri

Otomatik çığ istasyonu arazide Şekil 1'de belirtilen "2" numaralı noktada kurulmuştur. Kurulum iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada 6 m'lik ana direk, cihaz ve sensörlerin yerlerine montajı, ikinci aşamada gerekli kablo bağlantılarının hazırlanması, takılması ve son olarak işleme başlanmasıdır. İstasyon uygulaması, ankrajlar ile tespit, ana taşıyıcı kafes sistemin yerleştirilmesi ve montajı, cihazların montajı ve kontrol paneline bağlantılarının gerçekleştirilmesi aşamaları Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.



a) Taşıyıcı ana gövdenin kayaç zemine tespit edilmesi.

b) Gerdirme halatlarının bağlanacağı mapanın zemine ankrajı



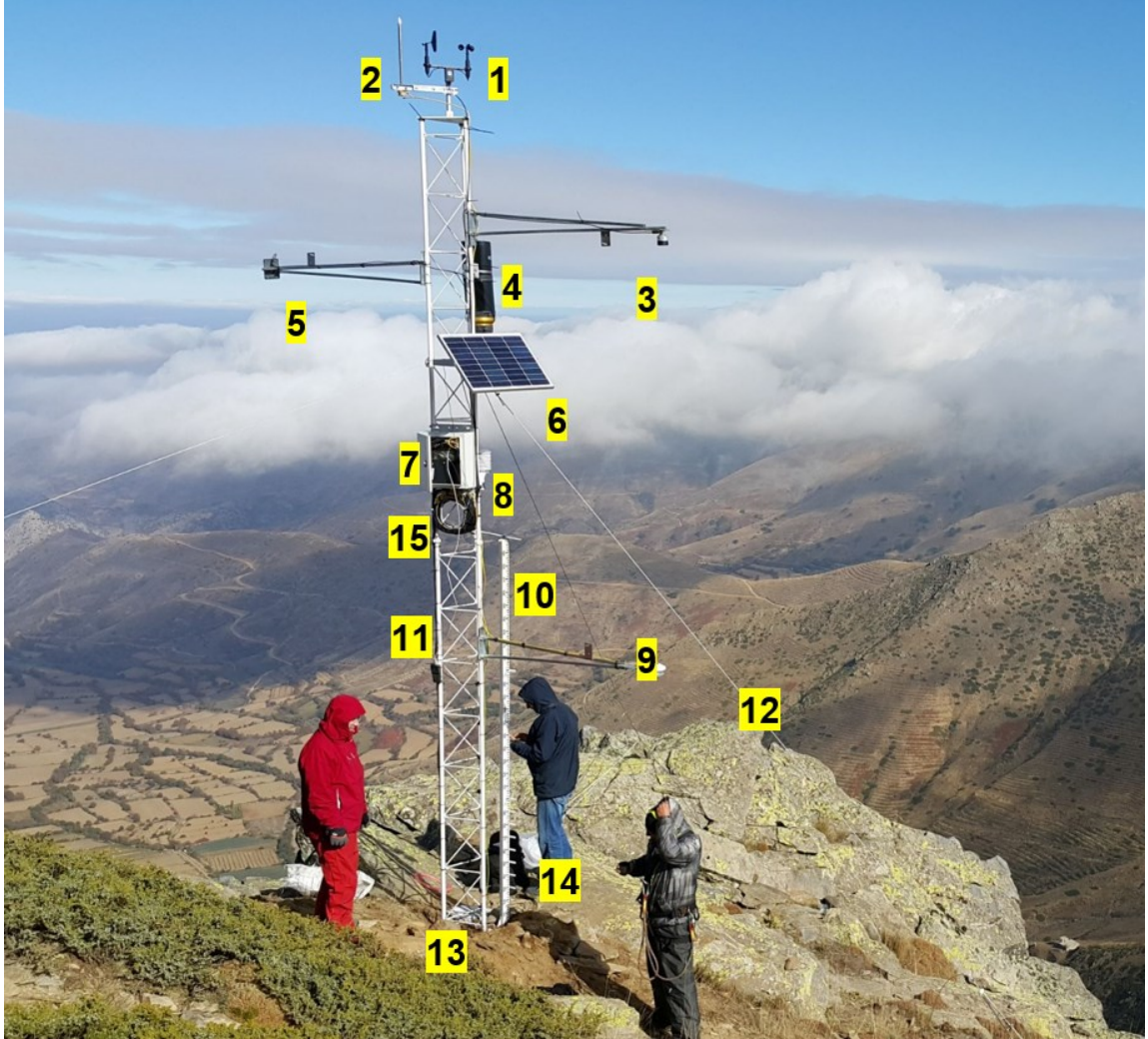
c) Gövdenin stabilitesini kuvvetlendirmek için kullanılan gerdirme halatlarının mapaya bağlanması

d) İstasyon gövdesinin montajı



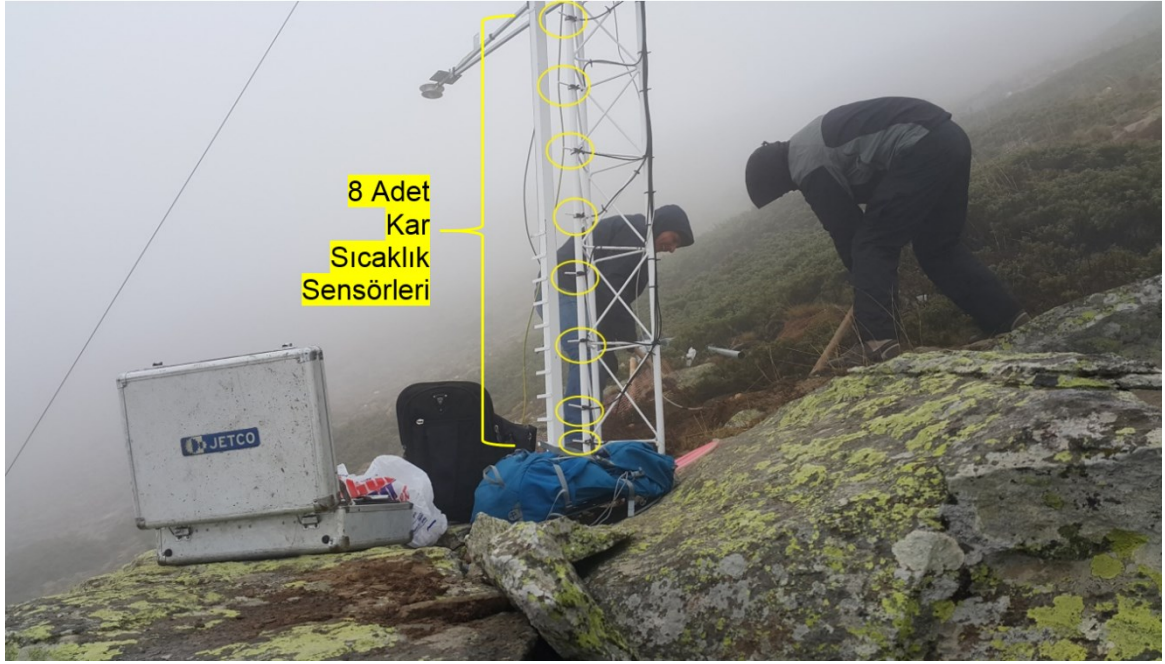
Şekil 2. İstasyon kurulum aşamaları

Stabilite öncelikle düşünülen husus olduğundan ana direk 6 noktadan ankrajlanmıştır. Kaya zemin uygun olduğundan kayaya yapılan ankrajların direk stabilitesinde yeterli olacağına karar verilmiştir. Güvenlik açısından bir diğer husus yıldırım konusudur. Bu nedenle istasyon tasarımında bir yıldırım savar inşa edilmiştir.



- | | |
|--|---|
| 1. Anemometre (Rüzgâr hızı ölçer) ve Rüzgâr yönü ölçer | 8. Hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçer |
| 2. Yıldırım koruma (paratoner) | 9. Gelen ve Yansıyan Radyasyon (albedo) ölçer |
| 3. Kar yüksekliği ölçüm sensörü | 10. Manuel eşel |
| 4. Sıvı yağış ölçer ve yağmur ölçer | 11. İstasyon ana taşıyıcı kafes sistem |
| 5. Yüzey sıcaklık sensörü | 12. Gergi halatları |
| 6. Güneş paneli | 13. Paratoner topraklama bağlantısı |
| 7. Kontrol paneli (akü, data logger, veri depolama kartları vb.) | 14. 8 adet kar sıcaklığı ölçüm sensörleri |
| | 15. Veri kabloları |

Şekil 3. Otomatik çığ istasyonu ve bileşenleri



Şekil 4. Kar örtüsü sıcaklık değerleri ölçümü için yerleştirilen sensörler

3. Sonuçlar ve Tartışma

TÜBİTAK araştırma projesi kapsamında arazide kurulan otomatik çığ istasyonunda ölçülen veriler, GSM şirketi aracılığı ile sağlanan kablosuz veri iletimi yöntemi sayesinde Gazi Üniversitesinde kurulan merkezde toplanmaktadır. Veri toplama ünitesinde veriler hafıza kartına yazılmaktadır. İnternet üzerinden istenilen zamanda modemle bağlantı kurularak bu veriler LoggerNet Connect yazılımıyla masaüstü bilgisayara aktarılabilir.

Toplanan veriler aşağıda listelenmiştir:

- Rüzgâr Yönü (°)
- Rüzgâr Hızı (m/s)
- Albedo
- Sıvı yağışı (mm)
- Hava Sıcaklığı (°C)
- 8 Noktada Kar Sıcaklık (°C)
- Bağıl (Nispi) Nem (%)
- Kar Yüksekliği (cm)
- Yüzey Sıcaklığı (°C)

İstasyonda bulunan sensörlerden her 5 saniyede bir ölçüm alınmasına rağmen ölçüm hatasını minimuma indirmek için bu veriler kayıt edilmemiştir. Bu nedenle 5 saniyelik ölçümlerin ortalaması 10 dakikalık periyodlarla kayıt edilmiştir. Kayıt aralığı araştırmacıların deneyimleri ve [3] tarafından önerilen değerlendirmeler dikkate alınarak seçilmiştir. Böylelikle bazı verilerin anlık değişkenliğinden meydana gelebilecek hatalı sonuçların önüne geçilmiştir. Örneğin rüzgâr yönünde anlık değişimler olabilmektedir. Bu nedenle 10 dakikalık periyod içerisinde alınan verilerin ortalaması en doğru rüzgâr yönünü vermektedir.

Proje çalışmaları kapsamında çığ başlangıç kotlarında kurulan otomatik çığ istasyonundan toplanan verilerin düzenli olarak doğrulukları kontrol edilmiştir. Bu kontrollerden elde edilen deneyimler neticesinde, verilerle ilgili yaşanan sorunların  ana kaynaktan meydana geldiği tespit edilmiştir. Bunlar;

- GSM kaynaklı veri iletimindeki sıkıntılar,
- Hava şartları nedeniyle istasyon bileşenlerinde oluşan arızalar,
- Sensör kaynaklı arızalar.

Dağın yüksek kesimlerinde, özellikle çığ başlangıç kotlarında arazide otomatik istasyon yerinin belirlenmesi için birçok n çalışma yapılması gerekmektedir. Hâkim rüzgâr yönü, güneşlenme durumu, istasyon ana direklerinin sabitlenebileceği bir zeminin bulunması, seçilecek noktanın alanı iyi temsil etmesi, mümkün olduğunca yatay bir alanın olması gibi birçok faktör göz önünde bulundurulması gereken parametrelerdendir. Bu alışma alanında kaya zeminin bulunması istasyonun stabilitesi için büyük avantaj olmuştur.

İstasyondan elde edilecek verilerin kayıtları ve anında ulaştırılması bölgede bulunan GSM şirketlerinin veri iletim kapasiteleri ve kaliteleri ile doğrudan ilişkilidir. Kış şartlarında GSM hatlarında yaşanan problemler nedeniyle verilerin merkeze ulaştırılması konusunda dönem-dönem sorunlar yaşanabilmektedir. GSM şirketinin bölge ile ilgili sorumluları ile yapılan görüşmeler sayesinde dönemsel arızanın giderilmesi sağlanmış olmasına rağmen dağlık arazide iletişim şartlarının beklenenden düşük gerçekleşmesi her ne kadar veriler istasyonun kendisinde depolansa da yaşanan en önemli zorluklardan sayılabilir.

İstasyonun kaya zemine 5 farklı noktadan ankraj yapılarak stabilitesi sağlanmıştır. İstasyonun açık rüzgarlara müsait 1900 m rakımda kurulmasından dolayı proje süresince şiddetli rüzgarlara maruz kalması doğaldır. 2016 yılı kış mevsimi şubat ayında yaşanan şiddetli fırtınada dahi ayakta kalması tasarımın stabilite açısından yeterli olduğunu göstermiştir. Ancak istasyon üzerindeki bazı bileşenlerin örneğin güneş panelinin yerinden koparak istasyona ufak çaplı zarar vermesi bu rakımlarda hava şartları nedeni ile yaşanabilecek sıkıntıları göstermiştir. Bu durum da proje ekibi tarafından proje önerisinde ngrlmş ve her kış mevsimi öncesinde istasyonun tüm parçalarının bakım ve onarımı gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte istasyon, her ne kadar st kotlarda olsa da yaz döneminde telesiyej ile st kotlara çıkan ziyaretçiler veya hayvancılıkla uğraşan yerel halkın sahibi olduğu hayvanlar tarafından verilebilecek zararlara açıktır.

Sonuç olarak, ülkemizde yüksek dağ kesimlerinde çığ tahmini açısından gerekli otomatik çığ istasyonlarının kurulması ve işletilmesi gerekmektedir. Bu sayede çığ nedeniyle can kayıplarının önüne geçilmesi sağlanabilir. Bu uygulamaya öncelikle çığ riskinin ve yoğun insan aktivitelerinin en büyük olduğu kayak merkezlerinden başlanılabilir.

Teşekkür

Bu alışma, TÜBİTAK 114M311 numaralı “ığ Verilerinin Toplanması, ığın Dinamik ve İstatistiksel Modellemesi ve Durma Mesafesi Uygulaması; Bozdağ rneği” isimli proje kapsamında gerçekleştirilmiş olup katkılarından dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] Moore, M., *Evolution, Challenges and Management of Mountain Weather Observations*, Proceedings of the 2004 International Snow Science Workshop, Jackson Hole, Wyoming pp: 270-278, USA, 2004

- [2] Bellaire, S., Jamieson, B., Thumlert, S., Goodrich, J., & Statham, G. (2016). *Analysis of long-term weather, snow and avalanche data at Glacier National Park, BC, Canada*. Cold Regions Science and Technology, 121, 118-125.
- [3] Canadian Avalanche Association. (2014). *Observation guidelines and recording standards for weather, snowpack and avalanches*. A revision of: NRCC Technical Memorandum No. 132, Canadian Avalanche Assoc. ISBN 0-9685856-3-9.

SSlope Stability Hazard Assesment On Sedimentary Rock And Metamorphic Rock Cut Slopes

Nur Anati Bt Azmi¹, Zainuddin MdYusoff² Muhammad Najmi¹

¹ *Postgraduate (Civil Engineering Department, Universiti Putra Malaysia, 43400, anati.azmi@gmail.com)*

² *Senior Lecturer (Civil Engineering Department, Universiti Putra Malaysia, 43400, zmy@upm.edu.my)*

Abstract - Slope failure is one of hazard risks that can cause casualties, damage on properties and loss of lives especially to highway users. The study area is underlain by Semantan Formation, a rock formation of Triassic age comprising of various sedimentary rocks with some volcanic and igneous intrusions. The intrusions generated localized metamorphism activities forming various metamorphic and sedimentary rocks. These metamorphic and sedimentary rocks undergone several tectonic activities and as such, several sets of fractures developed due to quite a number of tectonic episodes. To determine the slope hazard risk, an investigation on the geotechnical and geology engineering characteristics on two typical slopes representing a sedimentary rock and a metamorphic rock along a road in Malaysia had been conducted. Discontinuity data collected from the field were analysed using DIPS software to distinguish the potential mode of slope failure. Results from the analysis shows that the highway stretch potential failure were wedge, planar and topple failure. Factor of safety for the slopes also had been analysed using laboratory analysis and SLIDE software. Results of the analysis from SLIDE software shows that majority of the slopes are stable. It also shows that the sedimentary rocks created different modes of failures compared to the metamorphic rocks. These are due to the irregularities of the geological deformations that causes the variations of the strength properties of each type of rocks. Precautionary measures need to be addressed differently based on the geological properties as it is the source of deterioration of strengths.

Keywords: slope hazard, hazard risk, slope failure

1. Introduction

Slope stability analysis is a computational measure to determine the stability of slope either natural or artificial. It is performed to assess the safe design of artificial or natural slope, especially in the designing of highways, railroads, canals, as well as other human activities involving construction or excavation. All the related analysis are usually carried out at the first stage and sometimes throughout the project life. The numerical determination of the slope stability (Factor of Safety), generally, must be based on understanding of the geological properties or structure of the project area, site geomorphological history and the strata composition and orientation. In this paper it will discuss on influences of geological structure can influences to the slope stability design hazard risk of the highway.

2. Geological setting

The Semantan Formation was first named and mapped by Jaafar (1976) along the road cut from Karak to Temerloh. The Semantan Formation is a rock formation of Triassic age comprising of various sedimentary rocks with some volcanic and igneous intrusions. The intrusions triggered localized metamorphism activities forming various metasedimentary rocks. These meta-sedimentary rocks undergone several tectonic activities and develop several sets of fracture that contribute to the instability of slopes. Based on Hutchinson interpretation Temerloh to Maran lithology comprises phylites, slate and shale subordinate sandstone and schist's prominent limestone with intermediate to basic volcanic. Also comprises continental deposits of thick cross bedded sandstone with subordinate conglomerate and shale, There is also some fault across the lithology as shown in Figure 1.



Figure 1. Sample locations marked on the Geological Map. “Slope A” is on the sedimentary rock while “Slope B” is on metamorphic rock.

3. Material and Method

Slope A is located between Temerloh and Maran towns, the slope were 31 m height and each berm height between 4m to 6m. The strata of the slope consist of residual soil and metamorphic rock. Slope B consists of residual soil of sedimentary rocks and interbedded sandstones. The data such as dips and strikes and soil sample were taken at the first berm of slope A as shown in Figure 2. Soil sample were taken between the discontinuities of rock such joint and fault at the slope. For Slope B the height of this slope is approximately 10m from the ground level. The failed slope occurred at the top layer strata which is sedimentary residual soil (Figure 3). The sedimentary rock slope is stable. The grading of fresh rock to weathered rock of grade 5 was exposed at the sedimentary rock slope. At this area, sedimentary rock and soil were taken

at slope layer number 1. Meanwhile, the dip and strike data were collected between layer number 1 and 2. Soil samples taken at layer number 1 were represented the failed residual soils of sedimentary rock at layer number 2 and 3.

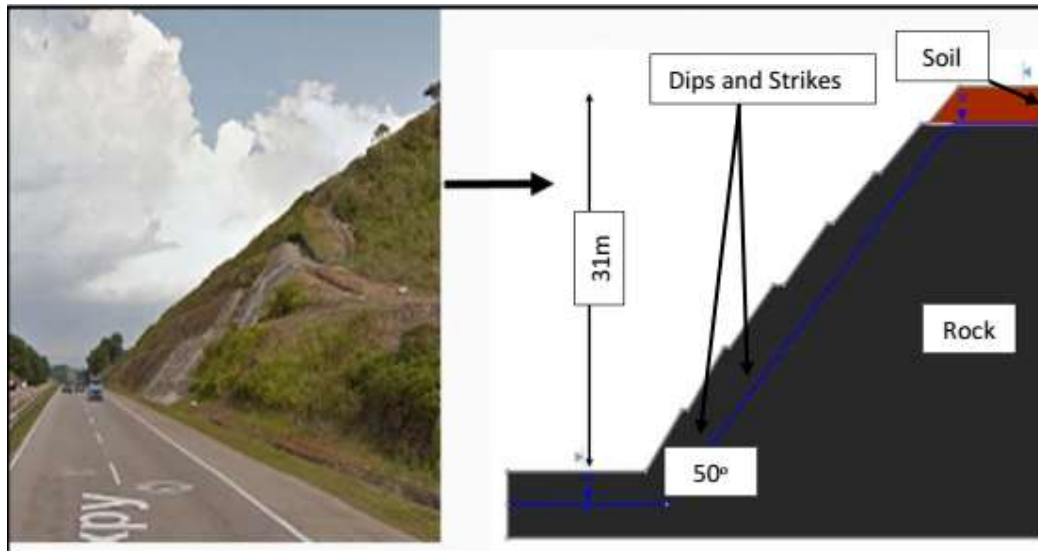


Figure 2 Slope and cross section of location of samples obtained at the Slope A



Figure3 Slope and cross section of location of samples obtained at the Slope B

In this study, method data used to for geological features analysis obtained from discontinuity survey at field area. Discontinuity in geological engineering is defined as a surface or plane that marks change in physical characteristic of rock mass. The discontinuity surveys involved data collection for dip and dip direction along the study slope. The data obtain was then analysed with the software such as DIPS software to determine the mode of failure of the slope along the stretch. The discontinuity survey also involves with the observation and checking of discontinuity condition such as; fault, surface roughness, present of water at the discontinuity either if flow, dripping and others.

Laboratory test were conducted to determine the engineering properties of the soil and rock sample taken from the slope. Index test such as Atterberg’s Limit is carried out on the soil sample taken at the faults, while mechanical sieve is conducted on the infilling material between the rocks discontinuity, meanwhile rock sample were tested with Point Load, Slake Durability and Shear Box. The result or data obtain such as shear strength were used to analyse the slope stability and also to find the Factor of Safety of the design slope by using software.

3.1 Laboratory Analysis

3.1.1 Soil

The soil used for Slope A and Slope B for this study are residual soil. The properties for air dried residual soils are summarized in Table 1 based on BS 1377-2. The grain size distribution of soil also showed in Figure 5 and Figure 6. According to the Unified Soil Classification System, the soil was classified as clayey silt for Slope A and silty sand for Slope B. Generally, both soil are poor instability especially in presence of water and decreased in permeability.

Table 1. Basic Soil Properties for Slope A and Slope B

Basic Soil Properties	Slope A	Slope B
Natural Moisture Content (%)	24	35.38 - 41.43
Grain Size Analysis		
Gravel (%)	-	0.1-0.3
Sand (%)	-	49.5-59.3
Silt and Clay (%)	44	40.5 - 50.4
<i>Consistency limit</i>		
Liquid limit (%)	32	55
Plastic limit (%)	21	32.37
Plasticity index	11	22.63

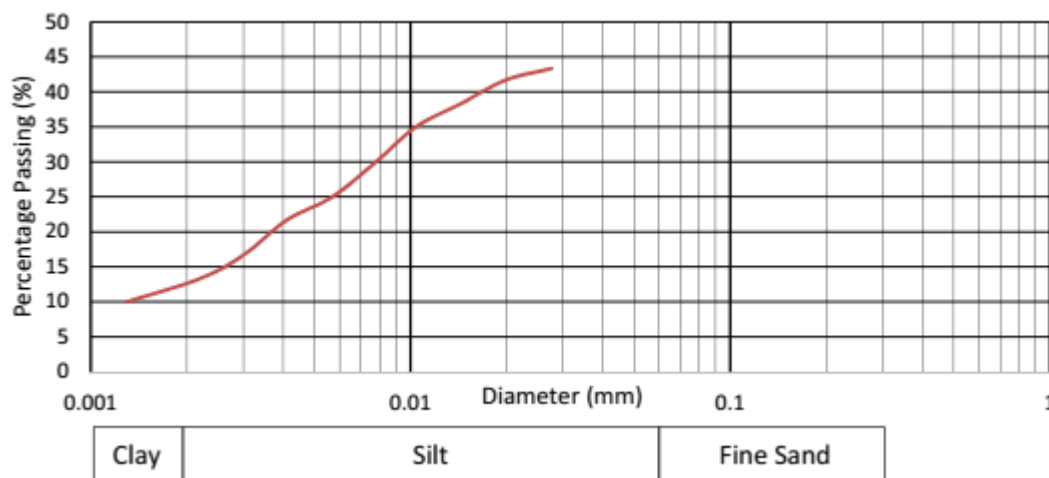


Figure 5 Particle Size Distribution Slope A

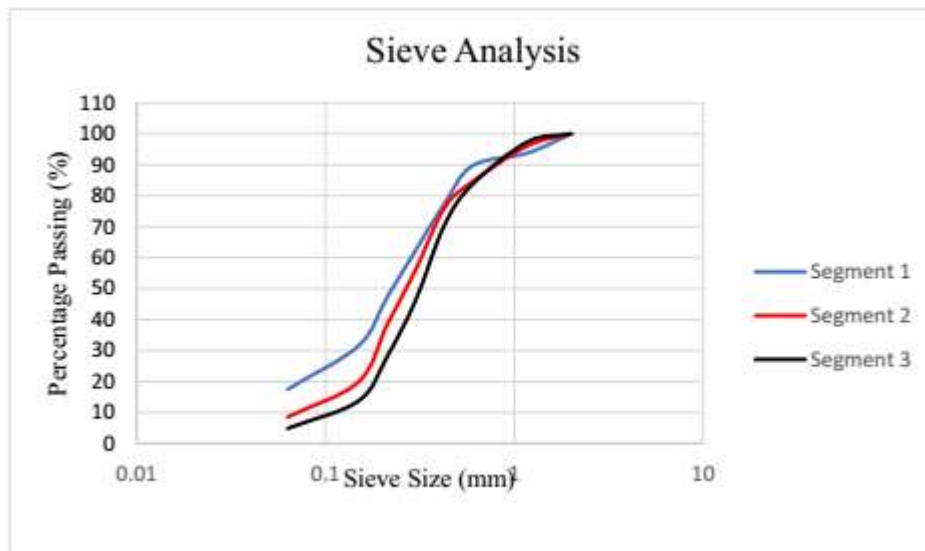


Figure 6 Particle Size Distribution Slope B

3.1.2 Rock

Rock sample for Slope A is weathered metamorphic rocks which is known as shale and for Slope B is interbedded sandstone. Sample were collected and tested to determine the rock strength properties as summarized in Table 2.

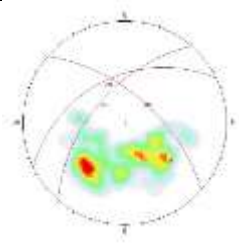
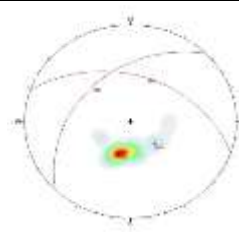
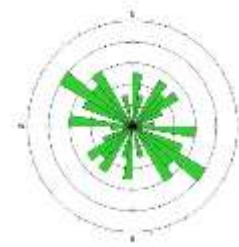
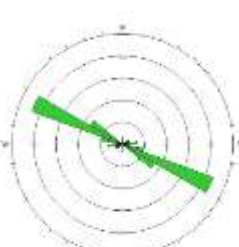
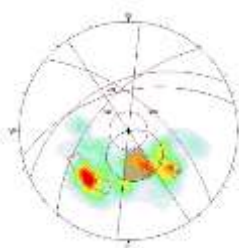
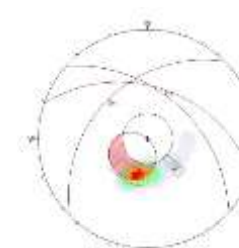
Table 2 Rock Strength Properties for Slope A and Slope B

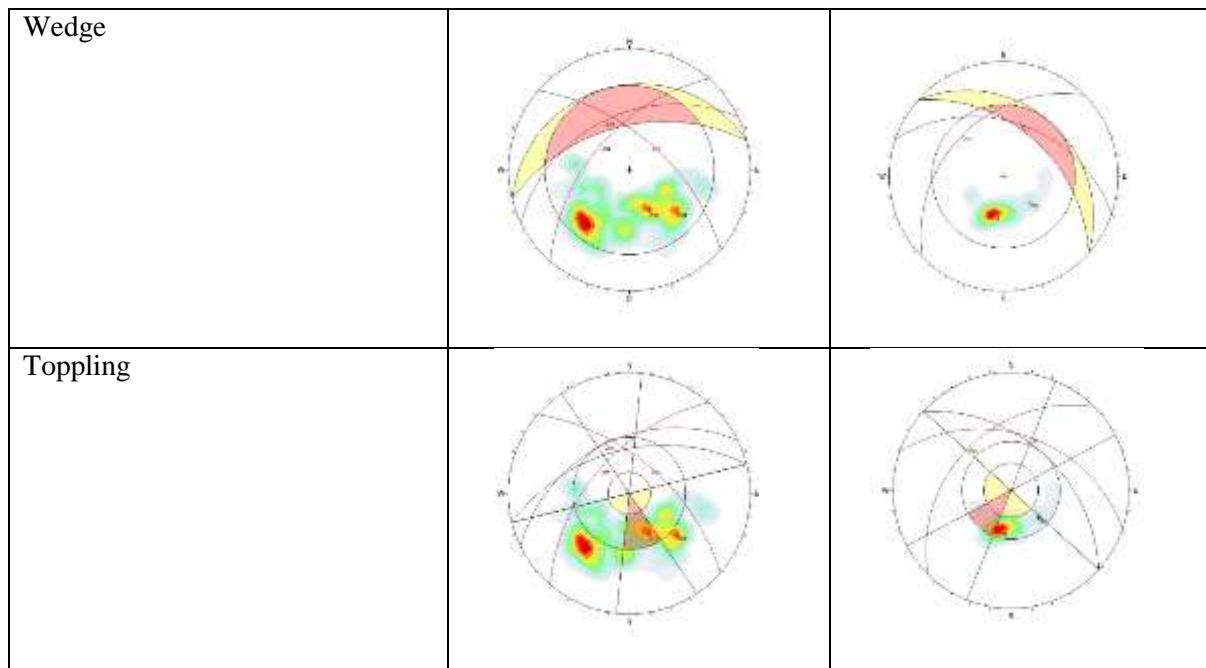
Rock Properties	Slope A	Slope B
<i>Shear Strength</i>		
Cohesion <i>c</i> , (Mpa)	0.1-0.453	0.031 to 0.037
Internal Angle Friction	19.799 - 45.463	22.7 to 26.3
Point Load	1-3	-
Slake Durability	98 to 97.4	

3.2 Stereographic Analysis

The stability analysis was done using DIPS software to determine the possibility of the failure mode. Joint or discontinuity is a factor contribute to weak plane to slope design and an analysis need to be done to foresee possibility type of failure. Based on the analysis three major dominant plane were distinguish for Slope A and the rosette diagram indicates the dominant strike NW-SE and NE-SW meanwhile for Slope B distinguish two dominant plane and from the rosette diagram show strike dominant to NW-SE direction. Analyses of the potential failure mode by using DIPS software distinguish slope will fail in the mode of planar sliding, wedge and topple failure for Slope A stretch and planar failure for Slope B stretch.

Table 3. Summarize of Kinematic Analysis for Slope A and Slope B

	KM149	KM152
Stereographic		
Rosette		
Failure		
Planar		



3.3 Factor of Safety Analysis

SLIDE 6.0 software was used to obtain the cut slope. Factor of safety. According to Woo and Ho (1984), the factor of safety of cut slope must be greater than 1.4 for slope with high risk. Usually in practice, the value of FOS normally chosen for both total and stress and effective stress analysis is in the order of 1.5. However sometimes, FOS low as 1.2 are used for site know characteristics (Huat etal, 2007). Public Works Department (JKR) Malaysia stated in the slope design guideline, the minimum global FOS for treated slopes shall be greater than 1.5. The analysis started with define the slope dimension, properties and assumption. Trial procedure are involved in order to determine the minimum FOS of slope. In order to investigate the effect of water towards the slope stability, the FOS value at different water table are also determined. The overall slope are analysed using the minimum value of cohesion, c , so that the minimum Factor of Safety can be achieved. An increase of water table, caused a decreased in the FOS values. There are significant increment in factor of safety when water table depth was decreased from 5m, 15m, and 28m, for Slope A and 7m to 3m for Slope B in the slope as tabulated on Table 4.

Table 4. Summarize of Water Table Height and Factor of Safety Slope A and Slope B

Slope A		Slope B	
Water Table Height (m)	Factor of Safety	Water Table Height (m)	Factor of Safety
5	1.998	3	1.593
15	1.796	5	1.691
28	1.611	7	1.593

4. Discussion

The presence of water on rock slope contribute to instability of slope result in failure. Rainwater infiltrates into the slope through the aperture of discontinuities such as joint and fault. It became worse during the long duration of rainfall with high intensity such as during monsoon season. When water flow through this discontinuities, it decrease the available shear resistance and determines active forces, which is planar failure at the study location. Besides that, water give rise to rock fatigue phenomenon, discontinuity apertures increment, weathering process due to volume reduction. The presence of water on rock slope contribute to instability of slope result in failure. Rainwater infiltrates into the slope through the aperture of discontinuities such as joint and fault. It became worse during the long duration of rainfall with high intensity such as during monsoon season. When water flow through this discontinuities, it decrease the available shear resistance and determines active forces, which is planar failure at the study location. Besides that, water give rise to rock fatigue phenomenon, discontinuity apertures increment, weathering process due to volume reduction

Conclusion

Based on the result, the properties of residual soil and rock sample are identified. Results from moisture content and Atterberg limit tests show that the residual soil sample has high moisture content. In regard to the stability of rocks slope, one of the main controlling factors is the peak shear strength of rock joints. Kinematic analysis shows that the slope has the tendency to fail in planar and wedge failure. Stability analysis using SLIDE software shows that the slope is stable since the Factor of Safety (FOS) is higher than 1.5. However, the present of infill material such as fine sand, silt or clay between the discontinuities effect the shear strength of rocks results in changes of slope stability

References

- Huat, B.K. and Ali, F. (2007) Essential soil mechanics for engineers. University Putra Malaysia, Serdang, Malaysia.
- Hutchinson, C. S., & Tan, D. N. K. (Eds.). (2009). *Geology of Peninsular Malaysia*. Universiti Malaya.
- Jaafar Ahmad, (1976). The Geology and Mineral Resources of Karak and Temerloh Area, Pahang. Geological Survey of Malaysia Memoir 15: 127p.
- JKR, Malaysia. 2009. Natinal Slope Master Plan 2009–2023. JKR, Malaysia, Kuala Lumpur
- Tajul, A.J. (2000). Engineering Geological Mapping for Slopes, Short course on slope stability, 12-14 June 2000, IKRAM, Selangor, Malaysia (Unpublished lecturer note).
- Woo, S.M. and Ho, Y.M. (1984) Conceptual Design of Slope in Mountainous Terrains. In a Seminar Organizd by Jabatan Kerja Raya, Malaysia

Investigation of Slope Movements of Gümüşköy-Topçam Highway Landslide by Inclinometer Measurements

İlkay Baştuğ¹, Ayberk Kaya¹, Ali Gürbüz¹

¹ *Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering,
Corresponding author e-mail: ilkybastug@hotmail.com.tr*

Abstract - In this article, slope movements in landslide regions are examined. Inclinometer is used to monitor slope movements. Gümüşköy-Topçam (Ulubey) highway, which is located in Ordu, has been chosen as the application site. The reason for selecting these areas as the application area is the landslides that have occurred in these regions before. Scope of work; In order to investigate the landslides occurring in the researched areas, inclinometer measurements were made. The results obtained from the study were examined. As a result of measurements and investigations; movements in wells and soils were evaluated.

Keywords; Landslide, inclinometer, slope measurement

1. Introduction

There is always a risk of hazard in all construction works with ground and rock[1]. In order to avoid these surprises, many engineering applications have been developed from past to present [2, 3]. Despite strong developed theory and complex numerical models, reliable measurements are needed in the field for healthy application [4,5,6].

Rock and soil masses and tools developed to monitor the engineering structures constructed in these masses are generally considered in four classes. These; The tools used to monitor slope movements are the instruments used to measure groundwater pressures and changes in groundwater level, instruments used to measure rock and soil pressures and instruments used to monitor ground vibrations. Extensometers and inclinometer devices for inclination have been developed to be used in underground wells. In this study; Wilson and Mikkelsen (1977) developed by the inclinometer device and the case studies are given for the application [7]. In the proposed method, landslides, temporary excavations, soil or rock fill dams, mine galleries, slopes and tunnels to monitor the movements, the surface of the movement to determine the surface can be taken with higher precision measurements than other methods.

Inclinometer is a measurement and analysis system that we can measure the vertical deviations of the landslide and shoring systems and is used extensively in the world. It is considered a reliable method for monitoring horizontal and vertical movements that may occur at certain depths from the surface. In inclinometer measurements, horizontal and vertical drilling wells are placed in 3 m long heat resistant plastic or aluminum pipes with high compressive strength. Measurements; it is based on the determination of deviations from the primary positions of these pipes by means of the inclinometer device [8].



Figure 1. Inclinator Device

The inclinometer instrument detailed in Figure 1 consists of a sensor recording device and a connecting cable. There are 2 different types of sensors made of stainless steel body. The vertical inclinometer sensors used for monitoring lateral movements have two axes. One of the axes is in the plane of the wheels and the other is 90° perpendicular to this axis. In this way, deviations in both north-south and east-west directions can be calculated. The diameter and length of the sensors are variable. In this study, a vertical inclinometer sensor with a length of 500 mm and a diameter of 25.4 mm was used. The voltage values from the sensor are directly proportional to the angle formed by the vertical deviation of the long axis. Horizontal inclinometer sensors are used to determine the amount of swelling and sitting that will occur in the vertical direction. The diameter and length of these sensors are also variable.device

As a possible sliding direction, the location and magnitude of the lateral movements that may occur in the accepted A + direction can be determined by calculating the angles with the help of the sensor. The measurement taken with the help of a sensor pulled up every 0.5 m from the bottom of the well shows the vertical deviations of the sensor's long axis and therefore the inclinometer tube at the depths where the sensor is actually located (Figure 2).

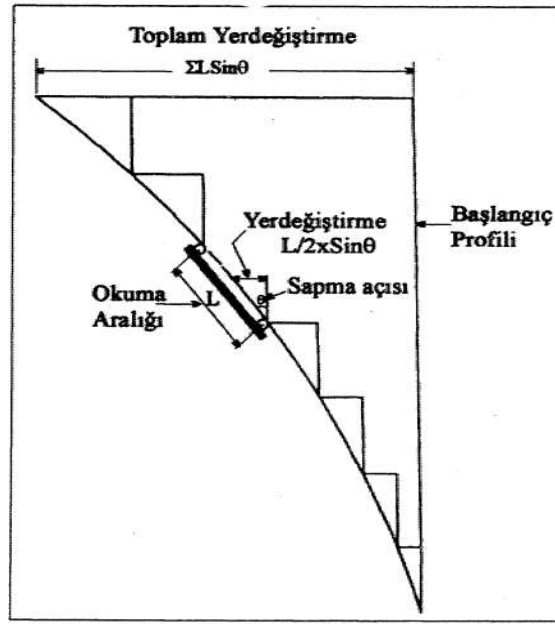


Figure 2. Principle of Inclinometer

2. Azimuth Correction

Azimuth specifies the angle between the north of the terrain and any object [7]. Azimuth can also be described as a compass. The azimuth angle can be between 0 and 360 degrees. Counting is done clockwise. The reference point (0 °) is the northernmost point on the map. In this case, the easiest way to determine azimuth is north and south, east and west objects: 0 °, 180 °, 90 ° and 270 ° respectively (Figure 3).

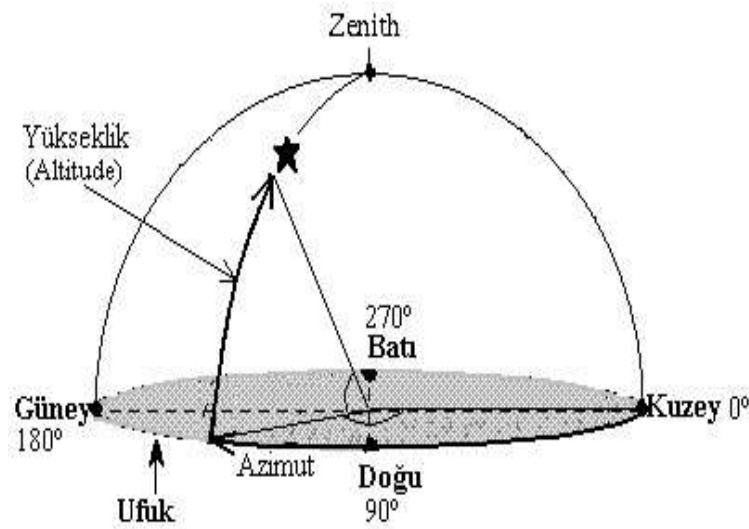


Figure 3. Azimuth Angle

The 360 ° azimuth value does not exist because its value coincides with the 0 ° azimuth [7]. Therefore, it is usual to evaluate the north direction at an angle of 0 °. This method was used to correct the angle of deviation (Figure 4) of the graphs we included in the inclinometer measurements.

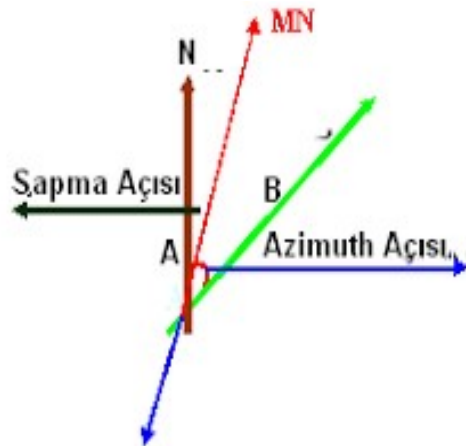


Figure 4. Azimuth Deflection Angle

3. Case Study: Gümüşköy-Topçam (Ulubey-Ordu) Highway Landslide

In this study, in order to determine the depth of the sliding surface of the landslide between KM: 1 + 600-1 + 800 of Gümüşköy-Topçam (Ulubey-Ordu) highway, inclinometer measurement studies were performed in three boreholes (USK 1-3). The aerial view of the location of the drillings in the field is given in Figure 5. The results are presented as graphs in the summary below.

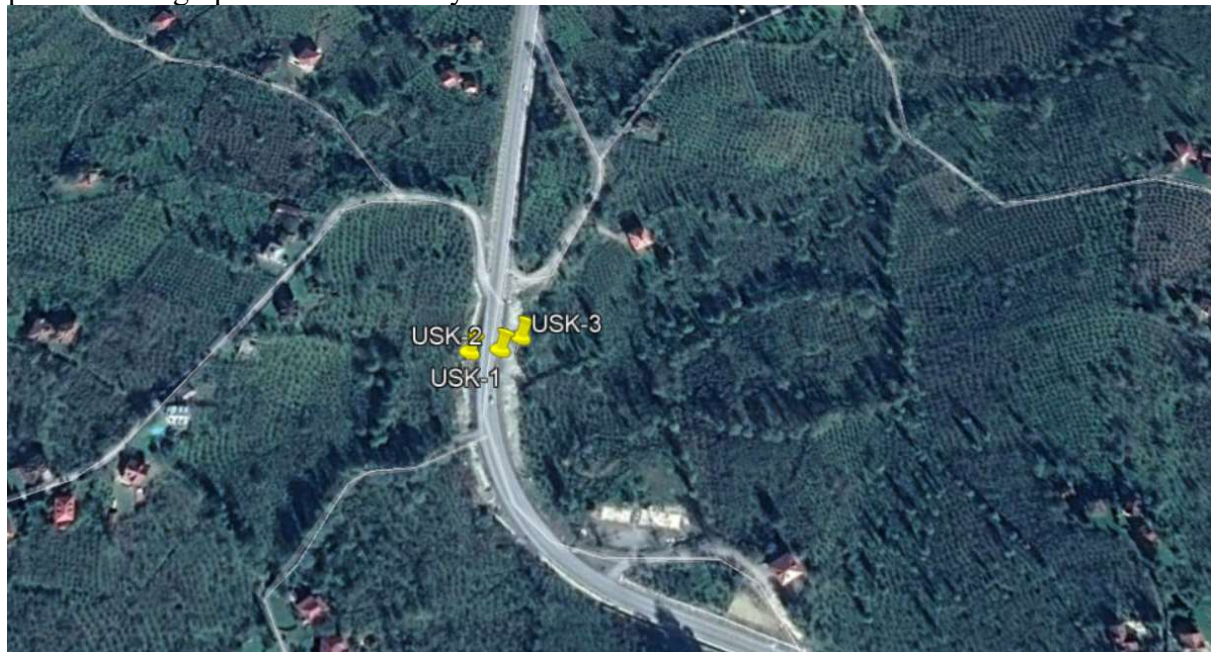


Figure 5. Aerial Photo of Drilling Points

Inclinometer equipment was placed in the USK-1 borehole with a depth of 20 meters and 3 measurements were taken every 10 days. As a result of the measurements made about 3 and 8 m. two defeat surfaces at depths (Figure 6). The total shift in the 30-day measurement period is around 2.5 mm.

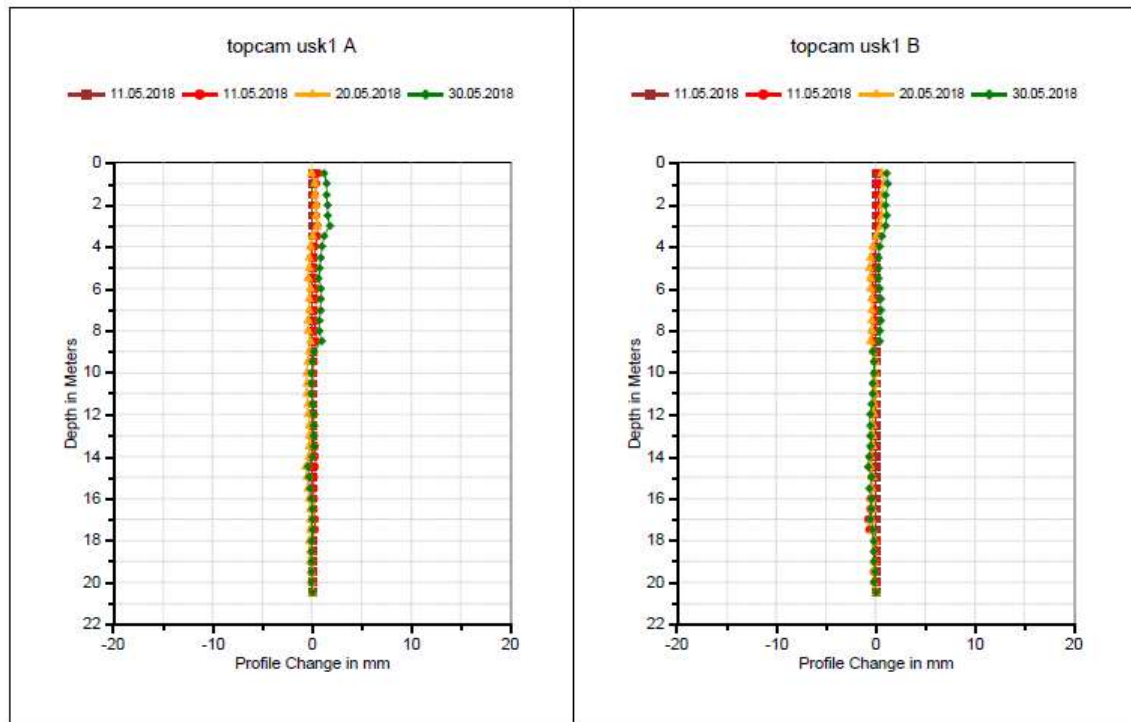


Figure 6. Measurement Results Obtained from USK-1 Borehole

Inclinometer equipment was placed in the 30 m deep USK-2 borehole and 4 measurements were taken every 10 days. As a result of the measurements made; It was found that there were four defeat surfaces at depths of 9, 11, 16 and 26 m (Figure 7). The total shift in the 40-day measurement period is about 2.5 mm.

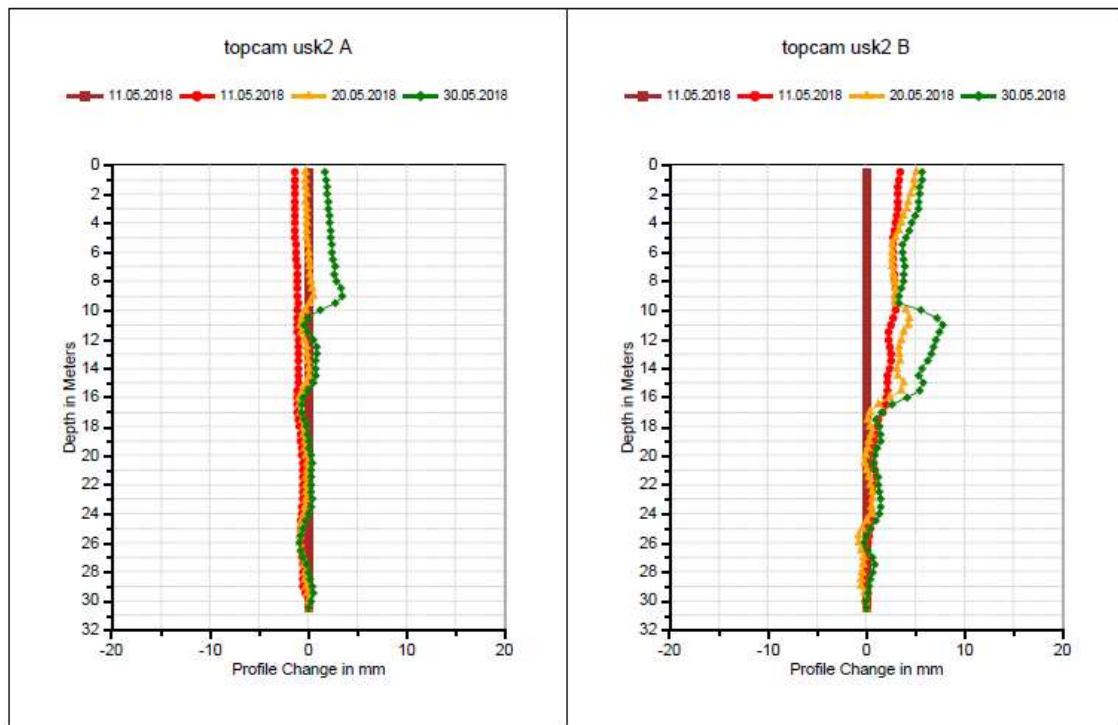


Figure 7. Measurement Results Obtained from USK-2 Borehole

Inclinometer equipment was placed in the drill well USK-3 which is 20 meters deep and 4 measurements were taken every 10 days. As a result of the measurements made; It was found that there were four defeat surfaces at 3, 7, 9 and 16 m depths (Figure 8). The total shift in the 40-day measurement period is around 12.5 mm.

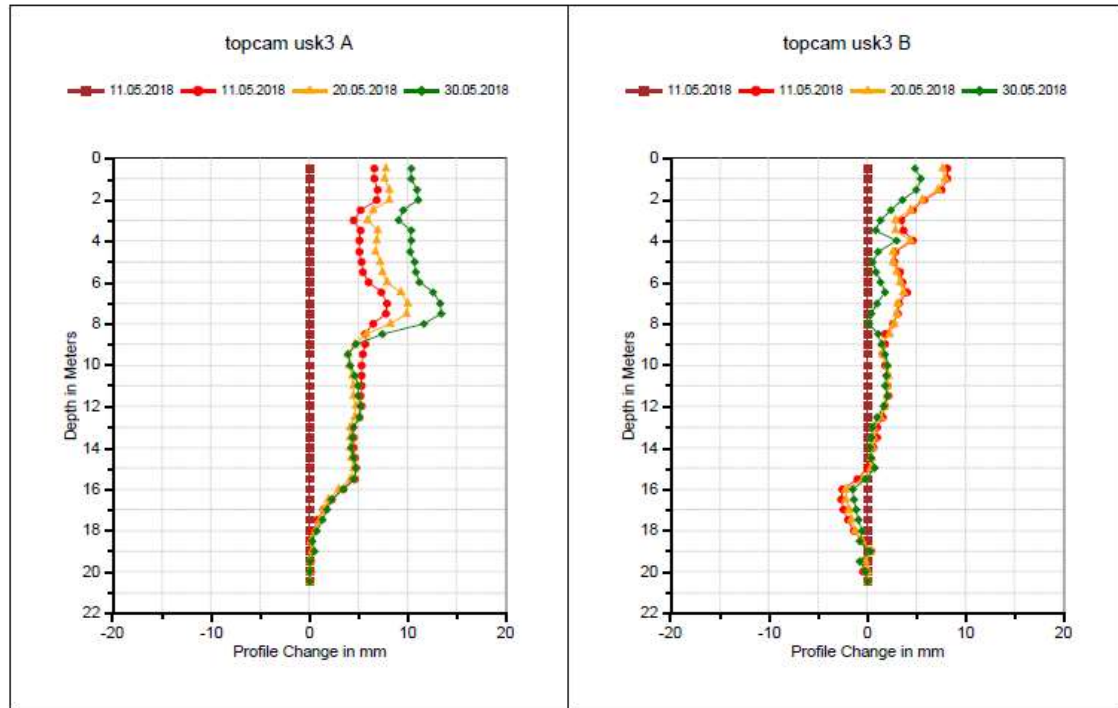


Figure 8. Measurement Results Obtained from USK-3 Borehole

Conclusions

In this study, landslides were evaluated with inclinometer device. Theoretical information and field applications for the application of inclinometer measurements are given. For this purpose, inclinometer measurements were made to investigate the landslides occurring on the Gümüşköy-Topçam (Ulubey) highway in Ordu. The results obtained from these measurements are presented in the following items.

In order to determine the depth of the sliding surface of the landslide between KM: 1 + 600-1 + 800 of Gümüşköy-Topçam (Ulubey-Ordu) highway and to determine the direction of the slip, a total of three drilling wells (USK 1-3) were drilled. . Inclinometer measurements were taken in all of these wells. USK-1 in the drilling well about 3 and 8 m. depths and total slip amount was around 2.5 mm.

As a result of the measurements made in USK-2 drilling well; At the depths of 9, 11, 16 and 26 m there were four defeat surfaces and a shift of about 2.5 mm.

As a result of inclinometer measurements made in USK-3 borehole; At the depths of 3, 7, 9 and 16 m, four defeat surfaces were determined and a total slip amount of 12.5 mm was determined at these defeat levels.

As a result of the study, it was observed that inclinometer device gives successful results in landslide researches.

References

- [1] Kaya A. , Bulut F., Dağ S., "Bearing Capacity And Slope Stability Assessment Of Rock Masses At The Subasi Viaduct Site, Ne Turkey", *Arabian Journal Of Geosciences*, Vol.11, Pp.1-17, 2018
- [2] Graham, P.J., 1989. *Inclinometer Data Reduction Computer Program*, Mitre Software Corporation, Alberta, Canada, 53 P.
- [3] Sinco, 1990. *Data Mate Manager Software*, Albion Place N. Seattle, Usa, 10 P.
- [4] Kaya A. , "Geotechnical Assessment Of A Slope Stability Problem In The Citlakkale Residential Area (Giresun, Ne Turkey)", *Bulletin Of Engineering Geology And The Environment*, Vol.76, Pp.875-889, 2017
- [5] Kaya A. , Alemdağ S., Dağ S., Gürocak Z., "Stability Assessment Of High-Steep Cut Slope Debris On A Landslide (Gumushane, Ne Turkey)", *Bulletin Of Engineering Geology And The Environment*, Vol.75, Pp.89-99, 2016
- [6] Kaya A. , Akgun A., Karaman K., Bulut F., "Understanding The Mechanism Of Slope Failure On A Nearby Highway Tunnel Route By Different Slope Stability Analysis Methods: A Case From Ne Turkey", *Bulletin Of Engineering Geology And The Environment*, Vol.75, Pp.945-958, 2016
- [7] Wilson, S.D. And Mikkelsen, P.E., 1.977. *Foundation Instrumentation: Inclinometers Report*, Department Of Transportation, 96 P.
- [8] Gordon, E.G. And Mikkelsen, P.E., 1988. *Measurements Of Ground, Movement- With Inclinometers. Proceeding Of The 4th. International Geotechnical Seminar, Field. Instrumentation And In.Si.Tui*, Nanyang Technical Institute, Singapore, 235-246.

Erzurum Uzundere Heyelan Duyarlılık Haritasının Hazırlanmasında UA ve CBS Tekniklerinin Kullanılması

Using of the RS and GIS Techniques in Landslide Susceptibility Map Production of the Erzurum Uzundere

Azimollah Aleshzadeh¹, E. Vural Yavuz²

¹İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul, 02122856218,
aaleshzadeh@itu.edu.tr

²İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul, 02122856218,
vural@itu.edu.tr

Özet: - Uydu görüntüleri işlenerek analizlerinin yapılmasını konu alan uzaktan algılama (UA) tekniklerinin son yıllarda çok hızlı bir şekilde gelişmesini takiben, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve UA birbirini destekleyen ve birçok sektörde mükemmel çözümler sunan iki ana dal haline gelmiştir. Bu çalışmada CBS ve UA teknikleri kullanılarak Erzurum Uzundere İlçesinin (yaklaşık 840 km²) heyelan duyarlılık analizi yapılmıştır. Heyelanlar, dünyada olduğu gibi Türkiye'yi de yakından ilgilendiren doğal afetlerden bir tanesidir. Heyelan olayları ciddi can ve mal kayıplarına neden olmakla birlikte insanların yaşadığı arazinin değişmesine sebep olarak tarım alanlarının kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu zararları ve olumsuz etkileri en aza indirmek ve gerekli önlemleri alabilmek için heyelana duyarlı alanların tespiti büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, heyelan duyarlılık haritası üretiminde Entropi Endeksi (EE) yöntemi uygulanmıştır. Arazi çalışmaları ve saha gözlemleri sonucu bölgedeki heyelan envanter bilgileri toplanmış ve her bir heyelana ait kaya türü özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanının güncel sayısal yükseklik modeli, topografya haritaları ve ulusal arazi örtüsü sınıflandırma sistemi haritası ise temin edilmiştir. Heyelan riski taşıyan alanların belirlenmesinde, eğim, bakı, yükseklik, kaya türü, arazi örtüsü, drenaj yoğunluğu, yollara yakınlık, topografik nemlilik endeksi (TNE) ve akarsulara yakınlık verileri heyelanı etkileyen parametreler olarak kullanılmıştır. Üretilen duyarlılık haritası Uzundere ilçesini çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olmak üzere 5 farklı sınıfa ayırmıştır. Elde edilen sonuçlar sayesinde, muhtemel heyelanlarda zarar görece alanlar belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Entropi Endeksi (EE), Erzurum Uzundere, Heyelan Duyarlılık Haritalama, Uzaktan Algılama (UA).

Abstract: - Following the rapid development of remote sensing (RS) techniques which focused on the analysis of collected satellite images, in recent years both geographic information systems (GIS) and RS became two main branches that support each other and provide excellent solutions in many sectors. In this study, landslide susceptibility analysis was performed for Erzurum Uzundere District (840 km²) by using GIS and RS techniques. As in the world, landslides are one of the natural disasters that also interest turkey closely. Besides serious losses of lives and property, landslides have a negative effect on the use of farming areas by causing people to change settlements. In order to minimize these damages and unfavorable effects and to take necessary prevention, the determination of landslide-prone areas has of great importance. In the present study, Index of Entropy (IoE) method was applied in the landslide susceptibility map production. Landslide inventory information of the study area was collected by field studies and field observations, and lithology of each landslide was identified. In addition, the current digital elevation

model, topography maps and national land cover classification system map of the study area were provided. Slope angle, slope aspect, elevation, lithology, land cover, drainage density, distance to roads, topographic wetness index (TWI) and distance to streams were used as a landslide-conditioning factor in the determination of areas prone to landslide. The produced susceptibility map was divided the Uzundere district into 5 different classes: very high, high, medium, low and very low. Thanks to the results, the areas prone to damage in potential landslides were determined.

Key Words: Geographic Information System (GIS), Index Of Entropy (IoE), Landslide Susceptibility Mapping, Remote Sensing (RS), Uzundere Erzurum.

1. Giriş

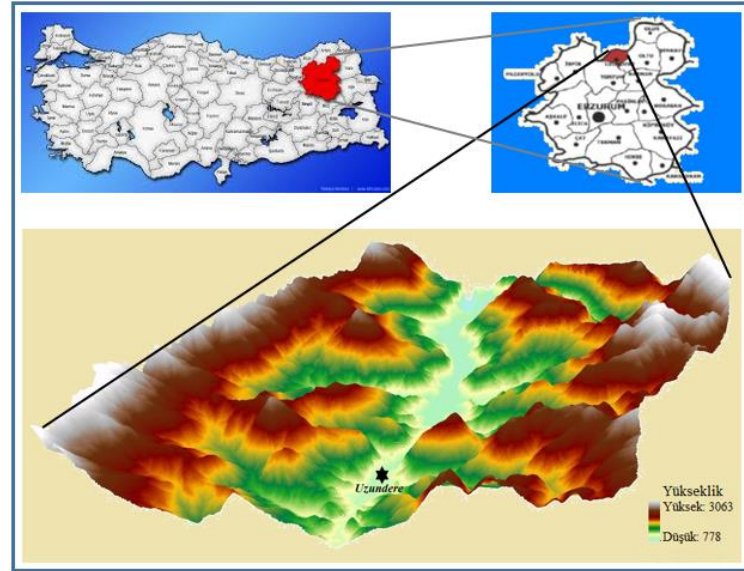
Heyelanlar Türkiye için önemli doğal tehlikedir. Genel tanımı ile heyelan, yamaç dengesinin bozulması sonucu yer çekimin etkisiyle arazinin bir bölümünün yamaç eğilimi doğrultusunda hareket ederek şekil ve yer değiştirmesidir [1]. Bu doğal afetin meydana getirdiği can kaybı ve maddi zararlar ülke için büyük ölçülerdedir. Bu zararların en az seviyeye indirilmesi için araştırmacıların çabaları yıllardır sürmektedir. Heyelan duyarlılık haritalaması (HDH) heyelan tehlikesi ve risk değerlendirmesinin en kritik aşamalarından biridir. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında gelişen teknoloji ile birlikte çok önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri bu tür haritaların hazırlanmasında çok büyük üstünlükler sağlamıştır [2]. Uydu görüntüleri işlenerek analizlerinin yapılmasını konu alan uzaktan algılama (UA) tekniklerinin son yıllarda çok hızlı bir şekilde gelişmesini takiben, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve UA birbirini destekleyen ve birçok sektörde mükemmel çözümler sunan iki ana dal haline gelmiştir [3]. Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak veriler kısa zamanda ve kolayca toplanıp analiz edilebilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri kullanılarak çok karmaşık ve veri hacmi yüksek olan verilerin depolanması, işlenmesi ve analiz edilmesi gibi işlemler kısa zaman içerisinde mümkün olabilmektedir. Uzaktan Algılama tekniklerinin kullanımıyla kolayca elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri yardımıyla istatistiksel ve matematiksel ölçütlere göre analiz edilmekte ve saklanmaktadır [2].

Bu çalışmada, Erzurum İlinin kuzeyinde yer alan ve Karadeniz iklimine dahil olan Uzundere İlçesi için heyelan değerlendirilmesi yapılmıştır. Heyelan duyarlılık haritasının oluşturulmasında Entropi Endeksi (EE) yönteminden faydalanmıştır. Bu yöntem farklı bölgeler için farklı araştırmacılar tarafından uygulanmıştır [4-8]. Heyelan duyarlılık haritasının hazırlanmasında eğim, bakı, yükseklik, kaya türü, arazi örtüsü, drenaj yoğunluğu, yollara yakınlık, topografik nemlilik endeksi (TNE) ve akarsulara yakınlık etkenleri dikkate alınmıştır.

2. Çalışma Alanı

Uzundere İlçesi, 41° 24' ve 41° 48' D boylamları ile 40° 27' ve 40° 42' K enlemleri arasında yaklaşık olarak 840 km²'lik bir alan kapsamaktadır (Şekil 1). İlçe, Erzurum İl merkezine 84 km, Artvin İl merkezine 116 km mesafede olup Erzurum-Artvin karayolu üzerinde ve Tortum Çayı Vadisinde yer almaktadır. Çalışma alanı engebeli araziye sahip olup ortalama yüksekliği 1050 metre'dir. İlçenin doğusunda Oltu, batısında İspir, güneyinde Tortum, kuzeyde ise Artvin İli Yusufeli ilçeleri bulunmaktadır. Tortum Çayınının 25 km'lik bölümü,

Tortum Şelalesi ve Tortum Gölü ilçe sınırları içerisindedir. Balıklı Köyü batısında bulunan Kemerli Dağı'ndan heyelan sonucu kopan bir kütle Tortum Çayı vadisinin önünü tıkayarak, Tortum Çayı ve Tortum Şelalesinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı

3. Yöntem

Heyelan değerlendirmelerinde kullanılan yöntemler, sayısal olmayan (nitel) ve sayısal (nicel) yöntemler olmak üzere iki başlık altında incelenebilmektedir. Sayısal olmayan yöntemler, genel olarak, tehlike veya duyarlılık değerlendirmesini yapan kişi ya da kişilerin doğrudan saha gözlemlerine dayanan, kişisel bilgi ve deneyimini esas alan yöntemlerdir. Sayısal yöntemlerde, heyelana neden olabilecek çok sayıda etken dikkate alınarak, değerlendirmeler çoğunlukla bilgisayar destekli olarak yapılmaktadır. Ayrıca bu yöntemlerde, ortamsal koşullar ile heyelanların oluşumu arasındaki ilişki, sayısal olarak ortaya konulabilmektedir. Sayısal yöntemler, daha çok matematiksel işlemin uygulandığı, istatistiksel yöntemleri içermektedir [9]. Bu çalışmada istatistiksel yöntemlerden olan Entropi Endeksi (Index of Entropy) yöntemi heyelan duyarlılık haritasının oluşturulması için kullanılmıştır.

Entropi Endeksi (EE)

Entropi, bir sistemin düzensizliği, dayanıksızlığı, dengesizliği ve belirsizliğinin bir ölçüsüdür. Bir sistemin entropisinin miktarı ile düzensizlik derecesi arasında birebir ilişki vardır. Boltzmann ilkesi denilen bu ilişki, sistemin termodinamik durumunu tanımlamak için kullanılmıştır [8]. Bilgi kuramından (information theory) olan EE modeli, Shannon (1948) tarafından Boltzmann ilkesine dayanarak geliştirilmiştir [10]. Bu modelde, ağırlıklandırma işlemi Vlcko vd. (1980)'nin önerdiği yöntemle dayanır [11]. Entropi endeksi söz konusu ortamdaki düzensizlik boyutunu gösterir [4]. Heyelan entropisi, çeşitli etkenlerin bir heyelanın gelişimini tetiklediği anlamına gelir. Birkaç önemli etken sistemine

ek bir entropi sağlar. Sonuç olarak, entropi değeri, sisteminin nesnel ağırlıklarını elde etmek için kullanılabilir [7]. Aşağıda verilen denklemler entropi endeksi modelini hesaplamak için kullanılır [4,5]:

$$P_{ij} = b / a \quad (1)$$

$$(P_{ij}) = P_{ij} / \sum P_{ij} \quad (2)$$

$$H_j = -\sum(P_{ij}) \log_2 (P_{ij}); j = 1,2,\dots,n \quad (3)$$

$$H_{j \max} = \log_2 S_j \quad (4)$$

$$I_j = (H_{j \max} - H_j) / H_{j \max}; I = (0,1); j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$W_j = I_j \times P_j \quad (6)$$

$$HDH_{EE} = \sum (z/m_i) \times C \times W_j \quad (7)$$

Bu denklemlerde, a; birincil sınıflandırmadan sonra sınıfın kapsadığı alan, b; verilen sınıftaki heyelanlı alan, (P_{ij}) ; olasılık yoğunluğu, H_j ve $H_{j \max}$; entropi değerleri, S_j ; sınıf sayısı, I_j ; ilgili katmanın katsayısı, W_j ; ilgili katmanın tamamını temsil eden ağırlık değeri, P_j ; ($j = 1,2,\dots,n$) için heyelan olasılığı, i ; ilgili katmanın sınıfları, z ; en fazla sınıf sayısına sahip olan katmanın sınıf sayısı, m_i ; ilgili katmanın sınıf sayısı, C ; ikincil sınıflandırmadan sonra sınıfın değeri ve HDH_{EE} ; nihayi haritadaki heyelan duyarlılığının değeridir.

4. Çalışmada Kullanılan Veri Katmanları

Önceki çalışmalara ait veriler, hava fotoğrafları ve yapılan arazi incelemesi sonucu heyelan envanter haritası hazırlanmıştır. Hazırlanan haritada toplam 40 heyelan konumu tek veya grup halinde belirlenmiştir. Belirlenen heyelanların %70'i heyelan duyarlılık modellerinin oluşturulmasında geri kalan kısmı ise bu modellerin doğruluğunu ölçmek için kullanılmıştır. Heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde toplam 9 etken dikkate alınmıştır. Bu etkenler eğim, bakı, yükseklik, kaya türü, arazi örtüsü, drenaj yoğunluğu, yollara yakınlık, topografik nemlilik endeksi (TNE) ve akarsulara yakınlık olarak seçilmiştir.

Eğim, bakı, yükseklik, akarsulara yakınlık, topografik nemlilik endeksi, yollara yakınlık ve drenaj yoğunluğu haritaları sayısal yükseklik modelinden (SYM) elde edilmiştir. Yamaç ya da şevlerin eğimi, heyelanların oluşumunda doğrudan etkili olup duyarlılık çalışmalarının esasını oluşturmaktadır. Yamaç eğimi kayma yüzeyindeki kayma ve normal gerilmeleri etkileyen asıl duyarlılık etkenidir. Ayrıca bu etkenin kolaylıkla haritalanabilir nitelikte olması, eğim açısının duyarlılık çalışmalarında sıkça kullanılan bir etken olmasının başlıca nedenlerindedir. Yamaç eğiminin artmasıyla, heyelana karşı duyarlılık da artmaktadır [9]. Oluşturulan eğim haritası 11 farklı sınıfa sahip olup en düşük eğim derecesi 0 ve en yüksek eğim derecesi 75 olmuştur. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında eğim gibi bakı da önemli etkenlerdendir [12]. Bakı yönü, topraktaki nem tutma oranı ve arazi örtüsü gelişimi gibi etkilere neden olmaktadır, böylelikle toprak dayanımı ve heyelan duyarlılığı üzerinde bakının etkisi olduğu söylenebilir [13]. Bakı haritası -1(düz kısım) ve 360 derece aralığında 10 sınıftan oluşmaktadır ve 22,5 derecelik aralıklarla toplam 9 coğrafi yönü içermektedir. Heyelan duyarlılık çalışmalarında sıkça kullanılan bir diğer etken yüksekliktir [12]. Çalışma alanına ait yükseklikler 778-3063 metre arasında değişmektedir. Yükseklik haritası 8 sınıfa ayrılmış ve her sınıfın heyelanla olan ilişkisi değerlendirilmiştir. Yamaçların dayanıklılığını kontrol eden etkenlerin en önemlilerinden birisi de yamaçlardaki malzemenin doygunluk derecesidir. Yamaçların

drenaj ağlarına yakınlığı da dayanıklılık açısından önemli diğer bir etkidir. Akarsular, yamaç ya da şevleri ya topuktan aşındırma şeklinde ya da yamaçları oluşturan malzemenin akarsu seviyesine kadar olan kısmını suya doyurma veya her iki şekilde de etkileyerek dayanıklılığı bozmaktadır [14]. Bu çalışmada, akarsulara yakınlık haritası 0-50, 50-100, 100-150 ve >150 olmak üzere 4 farklı sınıfı kapsamaktadır. Topografik nemlilik endeksinin (TNE) özellikle heyelan duyarlılığı ile ilgili çalışmalarda sıklıkla kullanıldığı görülmektedir [15]. TNE bir alanın nem oranını işaret etmektedir. TNE i yüksek olan alanlar heyelana karşı daha duyarlı durumdadırlar. Oluşturulan topografik nemlilik endeksi haritasında çalışma alanı 6 sınıfa ayrılmış ve 3.1 ile 20.3 arasında değişmektedir. Akarsulara yakınlık gibi yol ve yolun etkilediği yamaçlarda da dayanıklılık sıkıntıları görülmektedir [14]. Çalışma alanı Erzurum-Artvin karayolunun bir kısmını barındırmaktadır, genel olarak bu tür yollarda seyreden taşıtların yaptığı titreşimler, heyelan oluşumunu tetiklemektedir. Hazırlanan yollara yakınlık haritasında, yollara olan mesafe 100, 200 ve 200 metrenin üstünde olmak üzere 3 ayrı sınıfta incelenmiştir. Drenaj yoğunluğu, birim alana düşen akarsu uzunluğu olarak tanımlanmaktadır [16]. Bu etken heyelanı tetikleyen etken olarak bilinmektedir. Drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde heyelan olaylarının sık görülme ihtimali daha yüksek oranlardadır. Çalışma alanı için hazırlanan drenaj yoğunluğu haritası, Uzundere İlçesini az, orta ve yüksek drenaj yoğunluğuna sahip 3 farklı sınıf altında yorumlanmıştır.

Kaya türü, heyelan oluşumunu etkileyen önemli etkenlerden bir tanesidir [17] ve heyelan duyarlılık çalışmalarında önemli rol oynar. Çünkü farklı kaya birimleri, heyelanlar gibi etkili jeomorfolojik süreçler için farklı duyarlıklara sahiptir. Jeomorfolojik süreçler, kısmen kaya türüne ve kaya türünü oluşturan temel malzemelerin ayrışma özelliklerine bağlıdır [12]. Çalışma alanındaki kaya türü birimleri, Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından Üretilen jeoloji haritalarından elde edilmiştir. Üretilen kaya türü haritası, j1-2 (volkanitler ve sedimenter kayalar, alt-orta jura), j3k1 (kırıntılar ve karbonatlar, orta jura-kretase), k (plajik kireçtaşı, kretase), k2(c) (kırıntılar ve karbonatlar (fliş), kretase), k2 (volkanitler ve sedimenter kayalar, üst kretase), k2s (kırıntılar ve karbonatlar (fliş), üst senoniyen), m1-2 (evaporitli sedimenter kayalar, alt miyosen), pn2e (kırıntılar ve karbonatlar, üst paleosen-eosen), pnn (ayrılmamış volkanitler, paleosen) ve Q (ayrılmamış kuvaterner, kuvaterner) olmak üzere toplam 10 farklı kaya biriminden oluşmaktadır.

Yamaç duyarlılığında arazi örtüsünün çok önemli yer tuttuğu ortaya konulmuştur [18]. Ormanlarla kaplı arazi örtüsüne sahip olan alanlar heyelana karşı daha dirençli ve duyarsız bölgelerdirler. Çalışmada, arazi örtüsü haritasının oluşturulmasında LANDSAT ETM+ uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Elde edilen harita 6 sınıf içermektedir, bu sınıflar tarım, yerleşim, sulak (göl ve akarsular), ormanlık, mera ve kayalık (örtüsüz arazi) alanlardan oluşmaktadır.

5. Heyelan Duyarlılık Analizi

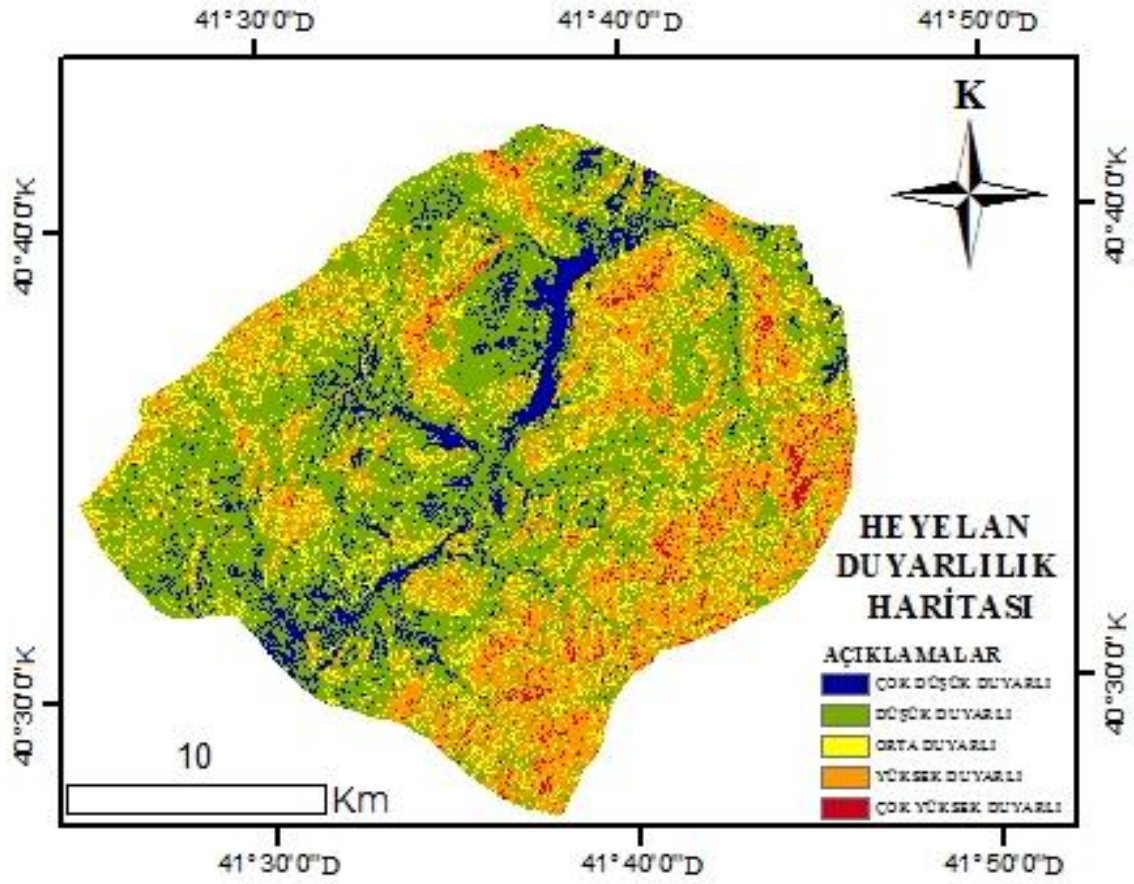
Seçilen etkenlere ait haritalar CBS ortamında hazırlandıktan sonra, belirlenen parametreler ve bölgede daha önce meydana gelmiş olan heyelanlar arasında ilişkiyi anlamaya çalışılmıştır, çünkü ileride yaşanacak olan heyelan olayları genel olarak aynı özellikleri taşımaktadır, bunun için parametrelere ait haritalarla heyelan envanter haritası ArcGIS 10.4 yazılım ortamında karşılaştırılarak her bir etkenin her bir alt sınıfına düşen heyelanlı ve

heyelansız piksel sayıları belirlenmiştir. Elde edilen piksel sayıları EE modelince değerlendirilerek her bir alt sınıfın ait olduğu etken sınıfında değer payı ve böylelikle tüm çalışma alanına bakıldığında tüm seçilen parametrelerin ağırlık oranı (etki payı) ortaya konulmuştur. Tablo 1’de örnek olarak drenaj yoğunluğu parametresi için uygulanan EE yönteminin sonuçları gösterilmiştir. Son adım olarak, her bir ağırlık oranı ilgili parametreye yansıtılarak çalışma alanına ait heyelan duyarlılık endeksleri belirlenmiş ve nihayetinde eşitlik 8 uygulanarak heyelan duyarlılık modeli oluşturulmuştur (Şekil 2).

$$HDH_{EE} = \text{Eğim} \times 0.3217 + \text{Bakı} \times 0.0711 + \text{Yükseklik} \times 0.2327 + \text{Kaya türü} \times 0.2103 + \text{Arazi örtüsü} \times 0.1312 + \text{Drenaj yoğunluğu} \times 0.1155 + \text{Yollara yakınlık} \times 0.1450 + \text{Topografik nemlilik endeksi} \times 0.0421 + \text{Akarsulara yakınlık} \times 0.0537 \quad (8)$$

Tablo 1. Drenaj yoğunluğu katmanına ait Entropi Endeksi değerleri
(*km², $\sum a = 840 \text{ km}^2$, $\sum b = 107.52 \text{ km}^2$, $S_j=3$)

	Az	Orta	Yüksek
a*	398.8206	249.4369	191.7425
b*	29.1381	20.1706	58.2112
P _{ij}	0.0731	0.0809	0.3036
(P _{ij})	0.1597	0.1768	0.6635
H _j		1.2574	
H _{jmax}		1.5851	
I _j		0.2067	
W _j		0.0315	



Şekil 2. Entropi Endeksi yöntemi ile oluşturulan Heyelan Duyarlılık Haritası

6. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında, CBS tabanlı Entropi Endeksi (EE) yöntemi kullanılarak Erzurum İli Uzundere İlçesinin heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Uygulamada, heyelanı etkileyen 9 farklı parametre dikkate alınmıştır. Üretilen heyelan duyarlılık haritasına göre inceleme alanının %8.9 çok düşük, %38.4 düşük, %20.5 orta, %28.1 yüksek ve %4.1 çok yüksek heyelan duyarlılık sınıfına sahip olmuştur. Elde edilen model için doğrulama testi yapılmış ve ROC eğrisinin altında kalan alan, 0.6654 olarak belirlenmiştir. Hazırlanan heyelan duyarlılık haritası ile arazide gözlenen heyelanlar karşılaştırılmış ve uyum başarılı oran sergilemiştir.

Kaynaklar

- [1] Öztürk, K., "Heyelanlar ve Türkiye'ye etkileri", *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22 (2), s.35-50, 2002.
- [2] Reis, S., Yalçın, A., Atasoy, M., Nişancı, R., Bayrak, T., Sancar, C., Ekercin, S., "CBS ve uzaktan algılama teknikleri ile heyelan duyarlılık haritalarının üretimi: Rize İli örneği", *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB 2009)*, 11-13 Şubat 2009, Ankara.
- [3] Aydal, D., "Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi tekniklerinin jeoloji, madencilik,

- çevre araştırmalarında ve inşaat sektöründe kullanılma örnekleri”, *Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, s.8, <http://www.doganaydal.com/-nesneler/uzaktanalgilama.pdf>, 2012.
- [4] Bednarik, M., Magulova, B., Matys, M., Marschalko, M., “Landslide susceptibility assessment of the Kralovany–Liptovsky Mikulas railway case study”, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(3–5), s. 162–171, 2010.
- [5] Constantin, M., Bednarik, M., Jurchescu, M.C., Vlaicu, M., “Landslide susceptibility assessment using the bivariate statistical analysis and the index of entropy in the Sibiciu Basin (Romania)”, *Environmental Earth Science*, 63, s. 397–406, 2011.
- [6] Lee, S., Hwang, J., Park, I., “Application of data-driven evidential belief functions to landslide susceptibility mapping in Jinbu, Korea”, *Catena*, 100, s. 15–30, 2013.
- [7] Yang, Z., Qiao, J., Zhang, X., “Regional landslide zonation based on entropy method in Three Gorges Area, China”, *Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2010)*, s. 1336- 1339, 2010.
- [8] Yufeng, S., Fengxiang, J., “Landslide stability analysis based on generalized information entropy”, *International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, s. 83-85, 2009.
- [9] Dağ, S., Bulut, F., Alemdağ, S., Kaya, A., “Heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde kullanılan yöntem ve parametrelere ilişkin genel bir değerlendirme”, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), s. 151-176, 2011.
- [10] Shannon, C.E., “A mathematical theory of communication”, *Bell System Technical Journal*, 27(3), s. 379–423, v.
- [11] Vlcko, J., Wagner, P., Rychlikova, Z., “Evaluation of regional slope stability”, *Mineralia Slovaca*, 12(3), s. 275–283, 1980.
- [12] Çevik, E., Topal, T., “GIS-based landslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek (Turkey)”, *Environmental Geology*, 44, s.949-962, 2003.
- [13] Dai, F.C., Lee, C.F., “Landslide characteristics and, slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong”, *Geomorphology*, 42(3-4), s. 213-228, 2002.
- [14] Yalçın A., “GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations”, *Catena*, 72(1), s. 1–12, 2008.
- [15] Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Nefeslioğlu, H.A., Duman, T.Y., Can, T., “The 17 March 2005 Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity”, *Engineering Geology*, 81, s. 65-83, 2005.
- [16] Bayazit, M., “*Hidroloji*”, İTÜ kütüphanesi, Sayı: 1229, Üçüncü baskı, Teknik Üniversite matbaası, İstanbul, 1982.
- [17] Kumtepe, P., Nurlu, Y., Cengiz, T., Sütçü, E., “Bolu çevresinin heyelan duyarlılık analizi”, *TMMOB Coğrafî Bilgi Sistemleri Kongresi*, 02-06 Kasım, 2009, İzmir.
- [18] Yalçın, A., “Environmental impacts of landslides: A case study from East Black Sea region, Turkey”, *Environmental Engineering Science*, 24(6), s. 821-833, 2007.

Rockfall Characteristic In The Kazıklıali Canyon (Emli Valley-Aladağlar)

Mustafa Utlu¹, Muhammed Zeynel Öztürk²

¹ *Department of Geography (Faculty of Arts and Sciences, Bingöl University, Bingöl, Turkey, 0426 2160031, utlumus@gmail.com)*

² *Department of Geography (Faculty of Arts and Sciences, Niğde Ömer Halisdemir University, Niğde, Turkey, 0388 2252072, muhammed.zeynel@gmail.com)*

Rockfalls are one of the most hazardous types of landslides and are related to slope stability. Dynamic processes such as freeze-thaw events during day and night depending on temperature difference, seismic activities, ground movements and slope characteristics are main factors on the rockfall events. Due to their velocity, rock falls may be extremely dangerous for both to the environment and structure such as roads, settlements, transportation corridors, etc, as well as to human life and elements. Due to topographic, lithology characteristics and climatic factors, many places of Turkey have high rockfall risk. Rock falls are the corresponding % 10 percent of the total natural hazards in Turkey.

Unmanned air vehicles (UAV) technologies has provided a great advantage in terms of time and cost in tracking the changes in the temporal dimension of natural disasters. In this study, rockfalls characteristics in Kazıklıali Canyon, which is an important place especially for nature and rock climbing athletes, are investigated based on high-resolution digital elevation models (DEM) and orthophoto data obtained by unmanned aerial vehicle (UAV). In order to reduce the margins of both horizontal and vertical errors, 15 ground control points (YKN) coordinated via GNSS (Global Navigation Satellite System) was used in the formation of the orthophoto. 553 stereo aerial photos taken from the UAV, which was flown from a height of 100 meters, were processed in Pix4D program and 5 cm resolution orthophoto and SYM maps were created. Then, in Geographic Information Systems (GIS), fallen blocks with diameters greater than 0.5 m were digitized.

Kazıklıali Canyon is located at the lower part of the Emli River Basin at SW part of the Aladağlar Mountains. Mass movements in the field generally take the form of toppling and falling, and sometimes cause the valley to be closed. The rock fall risk of in the area is generally due to the climatic and lithological characteristics. The annual average temperature of the Kazıklıali Canyon (Çamardı Meteorology Station) are 8.9°C and the annual total rainfall is 328 mm. The wettest period is April (48 mm), May (46 mm), and July-October corresponds to the dry period and 7.4 mm monthly rain falls in this period. The temperature in winter is below 0°C, while in summer it is 20°C. The maximum temperature is 35°C, while the lowest temperature is -25°C in winter. Freezing events, which are particularly effective in rock falls, appear as 102 days in this area. Aladağlar having a continental climate day and night temperature differences are quite high; therefore, the rate of physical dissolution of rocks plays a significant role in the rock falls.

As a result of the digitization, a total of 10.348 rock falls were detected in all over the canyon valley. According to the kernel density map, the rockfall density is high in the upper and middle parts of the valley where are correspond to the narrowest parts while is low in the lower parts where the valley is correspond to the widest part of canyon. 75.7% of the fallen rocks have a diameter of <2 meters, only 2.9% ≥5 m in diameter and 78% of all fallen rocks have a surface area of <2 m² and only 10.2% ≥5 m².

Keywords: Rock falls, Natural hazard, UAV, GIS.

Evaluation of Constructed Rockfall Protection Systems in Trabzon Province

Trabzon İlinde Uygulanmış Kaya Islahı Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Mohammad Manzoor Nasery¹, Muhammet Çelik², Ercan Osmanoğlu³, Mustafa Topçuoğlu⁴

¹ *Dynamica Mühendislik, Kabil, Afganistan, Dr. İnşaat Müh. mnasery@ktu.edu.tr*

² *AFAD, Trabzon Türkiye, Dr. İnşaat Müh. muhammetcelik@ktu.edu.tr*

³ *AFAD, Trabzon Türkiye, Jeofizik Müh. ercan.osmanoglu@afad.gov.tr*

⁴ *AFAD, Trabzon Türkiye, Jeoloji Müh. mustafa.topcuoglu@afad.gov.tr*

Özet:- Eğimli arazilerde fiziksel veya kimyasal nedenlerle ana kayadan ayrılarak alt kotlara yüksek hız ve enerji ile ulaşan kaya blokların hareketi kaya düşmesi olarak tanımlanmaktadır. Doğal afet türlerinden olay kaya düşmesi olayı çoğu zaman yıkıcı etkilerle beraber can ve mal kaybına sebep olabilmektedir. Bu çalışmada, Trabzon ilin genelinde son yıllarda uygulanması bitmiş ve hizmet ömrü devam eden kaya ıslahı projeleri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, ilk önce günümüzde yaygın olarak kullanılan kaya ıslahı yöntemlerinden bahis edilmiş, daha sonra Trabzon ilinde uygulanan ıslah yöntemlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen değerlendirmelerden çıkan sonuç ise; kaya ıslahı yöntemi uygun seçildiğinde ve doğru bir yere inşa edildiğinde planlanan hizmeti rahatlıkla verebilmektedir. Ayrıca projelendirme sırasında sadece mevcut risklere göre değil olası riskler de göz önüne alınarak kaya ıslahı çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Doğal afet, hizmet ömrü, kaya düşmesi, kaya ıslahı yöntemleri.

Abstract:- A rock fall is defined as the process of separation of rock blokes from the bedrock and movement of these blokes due to physical or chemical reasons which will reach the lower elevations with high speed and energy. The event of rock fall is categorized as a type of natural disaster. When it occurs, it not only has destructive effects but can also cause loss of life and goods. In this study, initially the general concepts and widely used rock fall protection systems were described. Later on, the constructed rockfall protection systems, which are at the midst of their service life and are located in Trabzon province have been evaluated. At the end of the study, it was established that if the rockfall protection system is selected appropriately and built in the right place, it can easily provide the planned service. In addition, not only the existing risks but also some other possible risks should be considered during the project design and selection of rockfall protection system.

Keywords: Natural hazard, service life, rockfall, rockfall protection systems.

1.Giriş

Türkiye’de kaya düşmesi afeti Karadeniz, İç ve Doğu Anadolu Bölgelerinde sık görülmektedir [1]. 1998 yılında Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan raporda kaya düşme afeti yüzünden 26400 konutun yıkıldığı rapor edilmiştir [2]. Bu rapor günümüze taşındığında ve çeşitli nedenlerle bu istatistiğe girmemiş vakalar eklendiğinde çok daha yüksek değerlere ulaşacaktır. Ayrıca kaya düşmesi afeti karayolları [3], baraj ve diğer su yapıları [4] gibi birçok yapıyı da etkilemektedir. Uzun yıllar boyunca kaya düşme afetinden etkilenen veya potansiyel etkilenme riski bulunan konutlarda yaşayan vatandaşlar nakledilerek kaya düşme tehlikelerinden korunmaya çalışılmıştır. Nakil insanları tehlikeli alanlardan uzaklaştırma

yöntemidir, ancak beraberinde sosyal ve kültürel sorunlar getiren bir yöntemdir. Teknolojik bilgi azlığı, tecrübesizlik ve ekonomik nedenlerden dolayı kayaları ıslah yerine tercih edilen nakil işlemi, uzun vadede genel bir hesaplama yapıldığında daha maliyetli bir yöntem olduğu tespit edilmiştir. Zira nakledilen afet bölgelerinde bulunan devlet yatırımları (Okul, cami, sağlık ocağı, yol, tesisat hatları vs.) şahıs yatırımları (Müştemilat depo ahır kümes vb.) tarım arazileri ve meralar da terkedildiğinden hesaba katılmaktadır. Zamanla gelişen teknoloji ve tecrübe kaya ıslahı yöntemlerini de daha verimli hale getirmiştir [5]. Günümüzde ıslah seçeneği daha fazla tercih edilir hale gelmiştir. İleride ıslah seçeneğinin daha da çok değerlendirilmesi için kaya ıslahı uygulamaları bitmiş çalışmaların bilgi ve tecrübesinden faydalanarak yeni çalışmalarda güvenliğinin maksimum ve ekonomik boyutunun minimuma indirmesinde oldukça faydalı olacaktır.

Bu çalışma kapsamında bu denli önemli bir afet türü olan kaya düşmesi afetinden basit bir şekilde bahsedilecek daha sonra ise Trabzon İlinde son birkaç senedir yapılan kaya düşmelerini engelleme (ıslah) uygulamalarının bitmiş olanlarından detaylar verilecektir.

1.1. Kaya Düşme Olayı

Kaya ıslahı doğal engebeli arazilerde veya insan eliyle açılmış yol platformu, maden ocağı gibi şevlendirilmiş alanlarda oluşan, can ve mal güvenliğini tehlikeye sokan bir afet türüdür [6]. Kaya düşmesi, eğimli arazilerde (şev veya yamaçlarda) bulunan süreksizlik yüzeylerinde ayrılma olan kaya bloklarının yer çekimi etkisiyle aşağı kotlara doğru hareketi olarak tanımlanır [7,8]. Kaya düşmelerinin nedenleri fiziksel veya kimyasal kaynaklı olabilir, buna göre ana kayadan ayrılmış veya ayrılma riski bulunan kayaların, dağ, tepe, yamaç vb. yerlerden toprak yapısı, nem, yağış rejimi, bitki örtüsü, ani sıcaklık değişimleri, volkanik hareketlilik, deprensellik vb. nedenlerle buldukları bölgelerden aşağı doğru hızlanması, yuvarlanması veya sıçraması şeklinde yaşanabilir [9]. Özetle kaya düşme mekanizması yukarıda örnekleri verilmiş nedenlerden dolayı oluşan süreksizliklerde, serbest yüzeye doğru yer çekimi etkisi ile ayrılması ve düşmesi ile oluşmaktadır [10]. Kaya düşmelerinde afetin büyüklüğü kayanın kazandığı enerji ve boyutları ile alakalıdır. Kayaların enerjisinin artması düşme açısına ve aldığı mesafeye bağlıdır. Ayrıca engellere çarpması veya zeminde enerji sönmeyecek toprak gibi malzemelerin bulunması enerji miktarını düşüren etkenlerdir. Düşen kaya boyutları da gerek tek tek, gerekse bütün olarak boyutları önem arz eder. Kaya düşmesi afetinde düşen kayaların hacimleri kaynak kayalıkların süreksizliklerine, duraylılığına ve jeolojik özelliklerine bağlıdır [11]. Duraylılık ise, herhangi bir cismin yerini ve konumunu koruyabilmesi koşuluna denilmektedir [12]. Kaya düşmesi vakaları özellikle donma çözülme döngüsünün çok sık rastlandığı, yağışların fazla olduğu ve sismik aktivitenin çok olduğu bölgelerde daha sık rastlanan bir afet türüdür [13]. Bununla birlikte ormanlık bölgelerde ağaçların kökleri kayalarda oluşan çatlakların içine girerek zamanla çatlağın büyümesine ve sonunda düşmesine sebep olmaktadır.

Karadeniz bölgesi Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesidir [14]. Ayrıca iç bölgelerde yükseltinin arttığı rakımlarda donma çözünme oldukça sık yaşanmaktadır. Son olarak bölge deprem kuşağı üzerinde bulunmasa bile kuzey Anadolu fay hattı çok yakınından geçtiği için sismik hareketliliğin etkisi özellikle bölgenin iç kesimlerde hissedilmektedir. Bu nedenle bölgede bulunan illerde birçok kaya düşme vakası kaydı bulunmaktadır. Trabzon ilinde de benzer şekilde kaya düşmesi vakaları ile ilgili teknik raporlar tutulmuştur. Bu nedenle şehirde birçok kaya ıslahı projesi uygulaması da yapılmıştır. Kaya ıslahı yönteminin belirlenmesinde diğer mühendislik projelerinde olduğu gibi en önemli kriter olarak emniyet kriteri dikkate

alınmaktadır. Bununla birlikte ıslah projelerinin maliyetlerinin oldukça yüksek olması nedeniyle ekonomi kriteri de emniyet kriteri kadar önem arz etmektedir. Bazı bölgelerde ıslah için yapılan yapıların bölgenin tarihsel, turistik veya kültürel yapısını bozmaması için dikkat edilecek diğer bir hususta estetik kaygılardır. Örneğin Şekil 1’den görüldüğü gibi turizm bölgesi olan Uzungöl bölgesinde riskli kayalar mevcuttur. Buraya uygulanacak kaya ıslahı çalışması bu bölgenin doğal özelliklerini de dikkate alınarak imal edilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Trabzon İli Uzungöl Turizm Bölgesi

Bu noktada kaya ıslahı yöntemleri arasında seçimin iyi yapılması ve mühendislik analiz ve hesaplarının dikkatli olunması, alternatif yöntemler üzerine hesap yapılarak oluşacak maliyet farklılıklarının karşılaştırılması oldukça önemlidir [15]. Kaya ıslahı çalışmalarında kaya ile ilgili birçok bilgi değerlendirilerek en uygun risk önleyen projeyi uygulamak gerekmektedir [6]. Bunun için, günümüzde gelişen güncel kaya ıslahı metotlarını ve uygulanan projeleri takip ederek optimum proje belirlemede faydalı olmaktadır.

2. Kaya Islah Metotları

Kaya düşmesi afetinden etkilenen bölgelerde çeşitli yöntemler ile kaya düşmesinin etkisi engellenmekte veya başka bir deyişle ıslah edilmektedir. Genel olarak aktif ve pasif olarak yöntemler ikiye ayrılmaktadır. Aktif yöntemler kaya harekete geçmeden önce alınan önlemleri içermektedir. Pasif yöntemlerde ise kaya blokları harekete geçmekte ancak düşüşü kontrol altında olup gerekli yerlerde durdurulmakta veya tehlike yaratmadan tahliyesi sağlanmaktadır.

2.1 Aktif Yöntemler

Kaya düşmesine karşı aktif koruma yapıları olarak bilinen koruma yapılarının en büyük özelliği kaya harekete geçmeden önce hareketini önlemek, başka bir deyişle düşme olayı gerçekleşmeden önce düşecek olan parçayı tutmak veya bertaraf etmektir. Kaya harekete geçmeden önce durdurma (aktif yöntemler/stabilizasyon yöntemleri) yöntemleri kendi içerisinde Tablo 1’de görüldüğü gibi iki ana başlık olmak üzere sınıflanmaktadır.

Tablo 1. Aktif yöntemlerin sınıflandırılması

<u>Aktif Yöntemler (Stabilizasyon yöntemleri)</u>	
Kaya kütleinin güçlendirilmesi	Kontrollü Blok temizliği
<ul style="list-style-type: none">• Kaya bulonları• Kaya çivisi• Püskürtme beton• Payanda• Kablo ile sabitleme• Ankrajlı çelik kafesler• Drenaj sistemleri	<ul style="list-style-type: none">• Tıraşlama ile blok temizliği• Patlatma ile şevlendirme• Temizleme ve İstifleme

Aktif yöntemlerin iki ana başlığı kaya kütleinin güçlendirilmesi ve kontrollü blok temizliği olarak adlandırılmıştır. Kaya kütleinin güçlendirilmesi başlığı altında genellikle blokları çeşitli malzemeler ve yöntemler ile kaynak kayalıklarda yerinde sabitleme tercih edilmektedir. Bu nedenle güçlendirme yapılacak kaya bloklarının yük taşıyabiliyor olması böylelikle süreksizliklere sahip kaya bloklarını harekete geçmesini engelleyebiliyor olması gerekir. Ayrıca bu tarz güçlendirme yapılacak kayaların kolay ufalanmıyor olması yani kaliteli kaya olması gerekir aksi durumlarda kayaların temizleme yöntemleri ile güvenli bölgelere taşınması yani kontrollü blok temizliği yöntemi daha güvenli bir tercih olur [16].

Bulon yönteminde genellikle düşme tehlikesi olan kayaların içinden geçen bulon altında bulunan ana kayaya güvenli miktarda çakılarak sabitleme yapılması işlemidir. Bulon yönteminde çelik bulonların etrafı reçine veya grout harcı ile desteklenmesi gerekmektedir aksi halde korozyona maruz kalabilir.

Kaya çivisinde farklı olarak düşme tehlikesi olan kaya bloklarının önüne hareketleri engelleyecek şekilde çakılan çiviler kullanılmaktadır. Kayma çivisinin kesme kuvvetlerine karşı güçlü olması ve kaymaya direnebileceği kadar derine çakılması gerekmektedir.

Püskürtme beton sınırlı bir kaya ıslahı yöntemidir. Bazı durumlarda ikincil koruma yöntemi olarak da kullanılmaktadır. Genellikle bol çatlaklı yüzeylerde oluşan yüzey erozyonlarını engellemek için yapılmaktadır. İçine yerleştirilen hasır donatılar veya lifler ile dayanımı artırılmaktadır.

Payanda ile kaya düşmesini engellenmesi, çivi ile olan yöntemle benzerdir. Düşme ihtimali bulunan kayanın hareket yönünde müsait bir alan olduğunda yapılacak kalıp ve yerleştirilecek beton kayanın altına kama gibi girerek onun hareketini engellemektedir. Bazı durumlarda beton içerisine donatı veya ankrajlarla güçlendirme de uygulanmaktadır. Payandalarda temel amaç düşme ihtimali bulunan kaya bloklarının kayma direncini artırmak ve dönme isteğini azaltmaktır.

Kablo ile sabitleme işleminde düşme ihtimali olmayan güçlü kayalara yapılmış ankrajlardan kablolar çekerek düşme ihtimali bulunan kayaları gerdirilerek sarılmasıdır. Kablolar devamlı yük altında kalacaklarından yorulma etkisi hesaba katılmasında oldukça büyük fayda vardır.

Ankrajlı çelik kafesler yönteminde, çelik ağlar ile sıkı sık sarılmış kayaların halat ve ankrajlarla güçlendirilmesi yöntemidir. Uygulamada bohçalama olarak adlandırılır. Kaya düşmeyecek şekilde sıkı sıkı ağ ve halatlar ile sarılır. Güvenli yerlere çakılmış ankrajlardan yükleri taşıyarak sistemi destekler. Bu yöntemde yüzeyde düşmek isteyen kaya bloklarının sürtünme kuvveti artırılır ve destek verilerek düşmesi engellenmiş olunur.

Kayaların bazılarında özellikle yer altı suları veya yüzey sularının etkisi süreksizlikleri artırdığı tespit edilirse drenaj sistemleri ile süreksizlik oluşumunun önüne geçilmiş olunur. Drenaj sistemleri genellikle başka yöntemlere destek olarak da imal edilmektedir [16].

Kaya bloklarının ayrıca temizleme yani tehlikeli alandan uzaklaştırılması yöntemleri de aktif yöntemler olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemin alt başlıkları genel olarak aynı mantık ile çalışmakta sadece kaya ıslahı yapılacak blokların uzaklaştırılması yönteminde farklılıklar oluşmaktadır. Tıraşlama ve blok temizliği yönteminde şev yüzeyinde uzun süren fiziksel ve kimyasal nedenlerden dolayı oluşmuş süreksizlikler giderilerek altta kalan daha sağlam yapıya ulaşılması hedeflenmektedir. Bu yöntemde ayrılmış kayaların güvenli şekilde şevden uzaklaştırılması sırasında el ile veya makine ile müdahale yapılmaktadır. Esas olan müdahale sırasında yeni ayrılmış yüzeyler oluşturmamaktır. Bazen şevlerde istenilen zemine ulaşılması oldukça zor imalatlar ile sağlanabilir, böyle durumlarda patlatma ile elde edilen gaz basıncından faydalanarak şevin yüzeyinde istenilen seviyelere inilir. Patlatma titizlikle yapılması gereken ve tecrübeli teknik insanların yapabileceği bir çalışmadır. Aksi halde istenilmeyen sonuçlar elde edilebilir. Özellikle oluşan titreşimler yeni süreksizliklere yol açabilir. Bu nedenle yerleşim birimlere yakın yerlerde çok gerekmedikçe tercih edilmez. Temizleme istifleme ise kaya bloklarının taşınabilir boyutta olması veya taşınabilir boyuta getirilebiliyor olması durumunda kullanılan bir yöntemdir. Bloklar açılan hendekler/çukurlarda veya şevin müsait kısımlarında bulunan düzlüklerde çeşitli bağlayıcı malzemeler ile istiflenir. Bazı durumlarda İstifleme ve temizleme çalışması küçük kayalar için yapılmayıp projenin durumuna göre onlarca ton ağırlığındaki büyük bloklar da patlayıcılar yardımıyla parçalanarak temizlenebilmektedir. Kontrollü blok temizliği yöntemlerinin her birinde temizlik işlemi zor olduğu yerlerde ankraj ve/veya halatlar ile kayaların ana kayaya daha sıkı bağlanması gerekebilme veya halatlarla kayaların aşağı kotlara indirilmesi sağlanabilmektedir [16].

2.2 Pasif Yöntemler

Kaya ıslahı çalışmalarında kaya harekete geçtikten sonra önlem alınması yöntemlerine pasif yöntemler veya pasif koruma yapıları denilmektedir. Pasif koruma yapıları genelde düşecek olan kaya blokları net bir şekilde belli olmadığı veya birden çok kaya bloğunun düşme riski olduğunda özellikle büyük etki alanlarında kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca bazı durumlarda pasif koruma yöntemleri daha uygulanabilir daha ekonomik olduğundan ve daha uzun süreli çözüm istendiğinden kullanılmaktadır [13]. Pasif koruma yapılarının kullanımındaki en büyük nedenlerden biri çok geniş bir yamacın olmasıdır. Yamacın birçok yerinde düşme riski olan kaya bloklarının olmasında ise çok yaygındır, elbette bu pasif koruma yapıları yerleştirecek müsait bir alan şevin altında veya üzerinde olmak zorundadır. Pasif koruma yapıları genellikle dört ana gruba ayrılmaktadır [17].

- Kaya tutma alanları ve hendekler
- Sabit Bariyerler (İstinat yapıları ve Gabionlar)
- Enerji Kırıcı Esnek Bariyerler
- Yüzey kaplaması (kafes sistemleri)

Kaya tutma alanları ve hendekler, yapılan hesaplarla kayaların düşerken kazandıkları enerjinin azaldığı veya aşamayacakları hendekler ile durduruldukları sistemlerdir. Kırsal alanlarda daha kolay ve ekonomik olarak uygulanabilir tipte projelerdir. Hendek, düz satırlar veya ters eğimli satırlar yapılarak elde edilen enerji kırıcı alanlar kayaların durmasını sağlanmaktadır. Yol kenarlarında fazla yüksek olmayan şevlerin dibinde de hendekler ile şevlerden düşen küçük

kayaların yola zarar vermesi engellenmektedir. Şev yüksekliği ve açısına göre hendek tipinin boyutları hakkında Ritchie 1963’de bir çalışma yapmış bu çalışma 1989’da FHWA tarafından abaklaştırılmıştır [18,19].

Sabit bariyerler, kaya blokları harekete geçtiklerinde durdurma veya yön değiştirerek tehlikesiz yere doğru tahliye etme amacıyla kullanılan yapılardır. Sabit bariyerler klasik istinat duvarları gibi çalışmaktadırlar. Klasik istinat yapıları genellikle statik yanal yükleri taşıyan yapılardır. Bunlar betonarme, taş, çelik ve toprak gibi yapı malzemelerinden inşa edilebilmekte ve farklı tiplerde günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. 100 KJoule’den düşük enerji bölgelerinde genellikle kolay üretimi veya prefabrik temin edilebilmesi nedeniyle beton bariyerler tercih edilir. Betonun rijit olması ve kaya çarpması sırasında oluşan hasarların kalıcı olması nedeniyle kayaların çarpma enerjilerinin daha yüksek olduğu yerlerde tercih edilmezler. Bazı durumlarda kaya düşme yönüne esnek malzemeler (lastikler veya keresteler) ile destekler yapılarak 150 KJ’e kadar kullanımı sağlanmaktadır [16]. Beton bariyerler genellikle karayolları kenarlarında düşük enerji ve 2 metreden daha düşük kullanımının sağlandığı yerlerde tercih edilmektedir [20]. Sabit bariyerlerin diğer türü ise gabion dayanma yapılarıdır. Yandan gelen yüklerin tutulması için gabion dayanma yapıların içi taş veya toprak ile doldurulmaktadır. Birçok amaç için kullanılan gabion duvarlar kaya ıslahı için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Toprak kullanılan yapılarda sıkıştırılmadan yapılan tümsekler olduğu gibi sıkıştırılarak üretilenlerde bulunmaktadır. Kaya ıslahında yüksek enerji için tercih edilen gabion duvarlar genellikle toprağın mekanik olarak sıkıştırıldığı yapılardır. [20-24] Kaya ıslahı veya kaya düşmesine karşı koruma yapısı olarak kullanılan gabion donatılı toprak dolgu duvarlar klasik gabion duvarlar gibi dik olmayıp 67° olarak inşa edilmelidir [25]. Burada gabion teller U şeklinde tabakalar halinde serilip içi sıkıştırılmış toprak ile doldurulmaktadır. Ayrıca toprağın erozyonunu engellemek için gabion tellerin içine dayanıklı geotekstiller, brandalar veya benzeri örtüler yerleştirilmektedir. Gabion tellerini dolgu sırasında 67° açıda tutmak için sehpa ve hasırlı donatılar kullanılmaktadır.

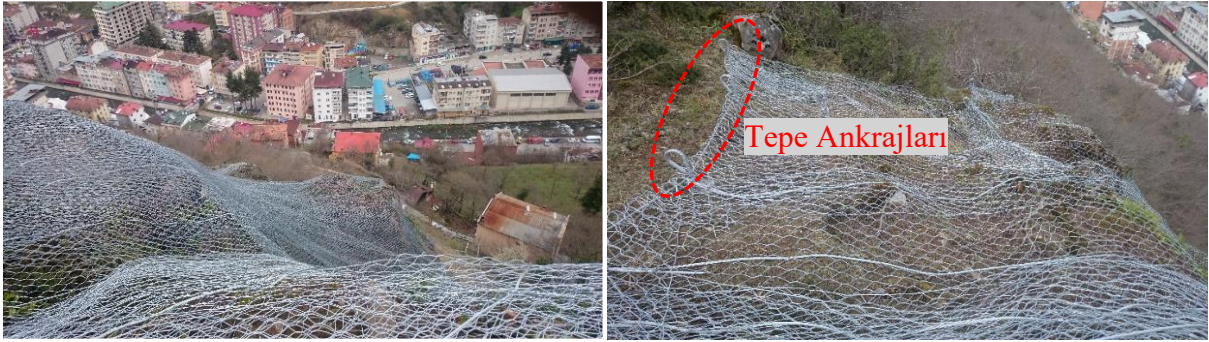
Esnek bariyerler genellikle çelik profil direklerin arasında gerilmiş çelik ağlar ve direkleri yere sabitleyen halat ve ankrajlardan oluşmaktadır. Çelik direkler pinlerle kaya düşme yönünde hareket edebilen mesnetler şeklindedir. Direklerin hareketini ankrajlarla sabitlenmiş halatlar engellemektir. Halatların ankrajlar ile birleşim yerlerinde enerji sönümleyici olarak dissipatörler bulunmaktadır. Dissipatörler, kaya çarpmasından gelen enerjiyi emerek sistemin geri kalan kısımlarında oluşabilecek mekanik gerilmeleri azaltan aparatlara denilmektedir. Kaya düşmesi yaşandığında, kaya blokları gerilmiş ağlara çarpmakta, ağlar enerjiyi profil direklere iletmektedir. Profil direkler kaya düşme yönünde hareket etmek istediğinde halatlar gerilerek dissipatörlerin zorlanmasına ve uzama göstermesine neden olmaktadır. Böylelikle kayalar çarpma etkisi düşürülerek durdurulmaktadır [26].

Pasif koruma metotlarının son türü de, çelik kafes ve halatlarla kayanın yerinde sıkı bir şekilde tabiri caizse boğalayarak sarılmasıdır. Bu sistemde yamaçta yüzey ankrajları sadece gerekli görüldüğü yerlerde kullanılmaktadır. Sistemin yapı yükü ve düşmek isteyen kayaların oluşturduğu yükü tepe ankrajları taşımaktadır. Bu nedenle tepe ankrajlarını kopma veya kaymanın olmayacağı yerlerde yapılmasında fayda vardır. Halat sıklığı ve kafes tel tipi kaya blokların özelliklerine göre seçilmektedir.

3. Trabzon İlinde yapılan kaya ıslahı çalışmaları

Trabzon İlinde uzun süredir, ilk bölümde bahsedilen nedenlerden ötürü kaya düşmesi afeti yaşanmaktadır. Bu afetlerin neticesi olarak birçok yerleşim birimi, turizm alanı, karayolu ve su yapısı etkilenmektedir. Bu nedenle İl genelinde çeşitli kaya düşmesi afetini engelleyecek yapılar yapılmaktadır. Çalışmanın bu kısmında ilde yapılan afet önleyici tedbirlerden bahsedilecektir.

İlk olarak Maçka İlçesi Kozagaç köyünde yapılan afet önleyici tedbir yapısından bahsedilecek olursa, Şekil 2’de gösterildiği gibi bu projede aktif bir koruma yöntemi kullanılmıştır. Halat ve kafes sistemlerle kaya bloklarının sarılması şeklinde imal edilmiştir. Çelik ağlar 50 cm bindirme payı ile üst üste bindirilmiş aralarında halat ile örgü yapılmıştır. Ayrıca şekilde görüldüğü gibi tepe ankrajları geride güvenli kısımda imal edilmiştir. Bu imalatla 3 mm kalınlığında galvanizli çelik tel kullanılmıştır. Yüzeyde ayrıca ankraj yapılmamıştır. Kullanılan çelik tel 1500 MPa çekme dayanımına sahiptir. Ayrıca 12 mm çapına sahip halatlar ile teller kayaya tamamen bitişik hale getirilmiştir. Tepe ankrajları ve dip ankrajları kayaların iyice boşalmasını sağlamıştır. İmalatın üzerinden 4 sene geçtiği halde hiçbir kayada oynama yaşanmamış, bitki örtüsü telin arasından çıkarak yapıyı doğaya uyumlu hale getirmiştir. Ayrıca bitki örtüsü doğal ankraj görevi görmüştür.



Şekil 2. Maçka Güney Mahallesi'nde kaya ıslahı çalışmaları.

Aynı mahallede farklı mevkide küçük boyutlara sahip toplu halde dar bir alanda bulunan kayaların düşerek evlere zarar verdiği bir bölge daha önce rapor ile belirtilmiştir. Bu bölgede yapılan incelemelerde tasarımı Trabzon AFAD mühendislerine ve yüklenici firmanın teknik personellerine ait olan hesaplara göre en az 50 KJoule enerjiyi sorun yaşamadan taşıyabileceği düşünülen şekilde görülen yerli sabit bariyerler imal edilmiştir. Bu bariyerler 22 mm çapına sahip çelik çubuklar arası geçirilmiş 12 mm halat ve 3 mm kafes teli şeklinde imal edilmiştir. Çelik çubuklar yere ankraj edilmişlerdir. Enerji sönümleyici aparat kullanılmamıştır. Kaynak kayalıklara yakın yerde imal edildiklerinden düşme hareketini gerçekleştirecek kaya bloklarının enerji kazanmayacakları ve bu nedenle sıçrama yapmayacakları düşünülmüştür. Bu nedenle 2 metre yüksekliğinde imal edilmişlerdir. İmalat üzerinden 4 sene geçmiş olduğu halde sağlam bir şekilde hizmet vermektedir.



Şekil 3. Maçka Güney Mahallesi'nde yerli sabit bariyerler.

Maçka İlçesinde Güney Mahallede de iki farklı kaya ıslahı yöntemi uygulanmıştır. Yöntemlerden biri esnek bariyerler diğeri ise aktif koruma sağlayan Ankrajlı çelik kafeslerdir. Enerji kırıcı çelik bariyer 2 metre yüksekliğine sahip 500 KJoule olarak uygulanmıştır. İki farklı bölgede uygulanan bariyerler, dissapatörler ile yere ankraj edilmişlerdir. Aşağıda Şekil 4'te gösterildiği gibi birinci bölgede bulunan bariyerlerin sağlam bir şekilde çalıştıkları tespit edilmiştir.



Şekil 4. Maçka Güney Mahallesi'nde esnek bariyerler.

Ancak ikinci bölge olan Kanlıpelit Mahallesi'nde bulunan bariyerler, ankrajlarının yetersizliği ve toplu göçme nedeniyle çalışmamıştır. Şekil 5'te bölgede oluşan toplu göçme ve bariyerlerin çalışmamış ankrajları görülmektedir.



Şekil 5. Maçka Kanlıpelit Mahallesinde oluşan toplu göçme sonrası esnek bariyerler.

Bölgede ayrıca yapılan aktif koruma yöntemi olan çelik ağ kaplama 4 senedir aktif olarak çalışmaktadır. İçerisinde biriken malzemeler dip ankrajlarının sökülebiliyor olması sayesinde temizlenebilmektedir. Şekil 6'da imalat aşaması ve bitmiş hali görülmektedir.



Şekil 6. Maçka Kanlıpelit Mahallesinde çelik ağ kaplama uygulaması.

Araklı İlinde Yeşilyurt Mahallesinde büyük hacimli ve sayısı fazla olan riskli kayaların ıslahına yönelik Toprakarme Gabion duvar ile pasif koruma yöntemi imal edilmiştir. Bu bariyerin taban genişliği 3,5 m üst genişliği 1.1 m ve yüksekliği 3 metre olacak şekilde uzunluğu 250 metre bir bariyerdir. Aşağıda imalat fotoğrafları görülmekte olup 4 katlı şekilde imal edilmiştir. Kısa sürede doğaya uyumlu hale gelebilmesi için etrafı erozyon örtüsü ile sarılmıştır.



Şekil 7. Araklı ilçesi, Yeşilyurt Mahallesinde Toprakarme Gabion duvarı

Toprakarme kaya tutucu bariyerler 250 m olan uzunluğu boyunca yapılması gerekmektedir. Bu durumda vatandaşın otlak ve tarım arazilerine ulaşımı engellediği için Şekil 8’de gösterildiği gibi geçişler verilmiştir. Geçiş bölgeleri birbirinin içine geçerek düşecek olan kayanın boşluktan geçmesini engellemektedir. Bu geçiş yerleri iki farklı noktada uygulanmış, böylelikle duvar üç parça şeklinde imal edilmiştir.



Şekil 8. Araklı ilçesi, Yeşilyurt Mahallesi'nde Toprakarme Gabion duvarın geçiş bölgeleri

Trabzon İlinde yapılan bir diğer çalışma ise Şalpazarı Çetrik Mahallesi'dedir. Mahalle genelinde bir vadi ve vadi içerisinde dağınık halde bulunan kayalar tespit edilmiştir. Vadinin dar çıkışına 2 metre yüksekliğinde ve 500 KJoule enerji sönümlenme kapasitesi olan bariyer inşa edilmiştir. Vadiye bulunan diğer kayalar ise aktif yöntemler kullanılarak önlemler alınmıştır. Alınan önlemlerden biri de şekil’de görüldüğü gibi evin üzerine gelen kayanın parçalanmış güvenli bölgede istiflenmiştir. Ayrıca arazi genelinde birçok noktada bulunan çeşitli kaya parçaları toplanarak güvenli noktalarda çimento ile sabitlenmiş veya çelik ağı kaplama yapılan alanlara taşınmıştır. Yıllar geçmesine rağmen bu bölgelerde herhangi bir problem oluşmamıştır.



Şekil 9. Şalpazarı Çetrik Mahallesi'nde istifleme ve temizleme yöntemiyle kaya ıslahı

4. Sonuçlar

Bu çalışma, Trabzon ilin genelinde son yıllarda uygulanması bitmiş ve hizmet ömrü devam eden kaya ıslahı projelerin değerlendirmesi amacıyla yapılmıştır. Böylece kullanılan kaya ıslahı yöntemlerinin etkinliği, projelendirme sırasında belirlenen hedeflere hizmet ömrü boyunca karşılayıp karşılayamadığı ortaya konulmaktadır. Çalışma sonunda elde edilen

değerlendirmeler gelecekte yapılacak olan kaya ıslahı çalışmalarına faydalı olacaktır. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilmektedir;

- Projelendirme sırasında arazinin veya başka bir deyişle riskin iyi tespit edildiği durumda hizmet ömründe planlanan hedeflere ulaşılabilir.
- Maçka Kozağaç köyünde uygulanmış proje planlanan hedefe göre hizmet vermektedir. Yıllar geçmesine rağmen sabitlenmiş bölgeden herhangi bir kaya düşmesi gerçekleşmemiştir. Aynı köyde uygulanmış sabit bariyer de doğru bölgede inşaa edildiği için düşen kaya parçaları harekete geçmeden tutmuştur.
- Maçka İlçesi Güney Mahallede iki bölgede esnek enerji kırıcı bariyer inşa edilmiştir. Birinci bölgedeki bariyer gelen birçok kaya düşmesi sırasında güvenli bir şekilde düşen blokları durdurabilmiştir. Fakat ikinci bölge olan Kanlıpelit Mahaltesinde uygulanmış bariyer ise toplu göçmeye maruz kalmıştır. Buradan çıkan sonuç ise; projelendirme sırasında mevcut olmayan veya öngörülemeyen durumlarda kullanılan yöntem etkin bir şekilde çalışmamaktadır.
- Araklı ilçesi, Yeşilyurt Mahaltesinde uygulanmış Toprakarme Gabion kaya tutucu bariyer dört yıl boyunca birçok kaya düşme olayını geçirmiş ve önemli bir hasar almadan hizmet vermeye devam etmektedir. Bu duvarda oluşturulan geçiş bölgelerinden bölgedeki vatandaşlar ve hayvanları rahat bir şekilde geçmektedir. Ayrıca geçiş bölgeleri ani sağanaklar sırasında gelen yağmur suların geçmesine müsaide etmiş ve ani su birikmesinin duvara zararını önlemiştir.
- Şalpazarı ilçesi, Çetrik Mahaltesinde uygulanmış istifleme ve temizleme çalışmada herhangi bir problem oluşmamış ve kaya düşme olayları gerçekleşmemiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Ergünay, O., "Türkiye'nin Afet Profili", TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Aralık 2007, Ankara, s. 1-15
- [2] Anonim, (1998). "Türkiye'nin Doğal Afet Haritaları", Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [3] Sabir M.A., Ur-Rehman S.S., Umar M.Z., Waseem A., Farooq M., Khan A., "The Impact of Suspended Sediment Load on Reservoir Siltation and Energy Production: a Case Study of the Indus River and Its Tributaries." Polish Journal of Environmental Studies, vol. 22, no. 1, 2013, pp. 219-225.
- [4] Gnyawali K.R., Shrestha R., Bhattarai A., Magar P.R., Dhungana A.R., Sukupayo I., and Dumaru R., "Rockfall Characterization and Structural Protection in the Siddhababa Section of Siddhartha Highway H10, Nepal" Journal of the Institute of Engineering, 11(1): 1-11, 2015, Nepal
- [5] Çelik, M., Seferoğlu, M.T., Seferoğlu, A.G., Akpınar, M.V., "Rehabilitation Methods, Challenges, Cost Benefit Analysis of Disaster Area Exposed due to Rockfalls in Trabzon Province" Doğal Afet ve Afet Yönetimi Sempozyumu (DAAYS'16), Karabük, Türkiye, 2-4 Mart 2016.
- [6] Volkwein, A., Schellenberg, K., Labiouse, V., Agliardi, F., Berger, F., Bourrier, F. Dorren, L.K:A., Gerber, W., Jaboyedoff, M. (2011) Rockfall characterization and structural protection-a review. Natural Hazards and Earth System Sciences, 11, 2617-2651.
- [7] Varnes, D. J. (1978) Slope movement types and processes, In: R. L. Schuster and R. J. Krizek, Eds., Landslides, Analysis and Control, National Academy of Sciences, pp. 11-33.
- [8] Hutchinson, J.N., "Morphological and geotechnical parameters of landsline in relation to geology and hydrogeology, 5th international symposium on landslides, 1,3-35, Lausanne, 1988
- [9] Talobre, J., Kaya Mekaniğinin ve İnşaat İşlerinde Tatbikatı, Mars Matbası, Ankara, 1970
- [10] Heyelan ve Kaya Düşmesi Temel Kılavuzu, AFAD Başkanlık, Ankara, 2015
- [11] Varnes, D.J., "Slope Movements: types and processes" Transportation Research Board, Special Report No: 176 Washington, 1978
- [12] Wyllie, C. D., Mah, C.W., "Kaya Şev Mühendisliği", Çev: Kayabalı, K., Gazi Kitapevi, Ankara, 2006

- [13] Wyllie, D.C. (2015) Rock Fall Engineering. CRC Press, Taylor & Francis Group. 270 pp.
- [14] Bahadır, M. ve Özdemir, M. A., "Trabzon ve Rize'de Yağışın Mevsimsel Değişimlerinin Marginal ve Matrix Yöntemleri ile Belirlenmesi ve Trend Analizleri", Uluslararası Sosyal Araştırma Dergisi, Cilt 4, Sayı 17, 2011.
- [15] Agliardi F, Crosta GB, Frattini P. "Integrating rockfall risk assessment and countermeasure design by 3D modeling techniques" Nat Hazards Earth Syst Sci 9:1059–1073, 2009
- [16] Turner, A.K., Schuster, R.L. (2012) Rockfall Characterization and Control, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington D.C., 658 p.
- [17] Andrea L., Monica B., Daniele M., Daniele P., "Maintenance and risk management of rockfall protection net fences through numerical study of deteriorations" ,Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss, 24 March 2016
- [18] Ritchie, A.M. (1963) Evaluation of rockfall and its control. Highw Res Board Rec 17,13–27. Robotham, M.E., Wang, H., Walton, G. (1995) Assessment of risk from rockfall from active and abandoned quarry slopes. Institution of mining and Metallurgy, Section A.,104(Jan-April), pp A25-A33
- [19] FHWA (1989) Rock Slopes: Design, Excavation and Stabilization. Publication FHWA-TS-89-045. Turner-Fairbank Highway Research Center, McLean.
- [20] Peckover, F. L. and Kerr, W. G., "Treatment And Maintenance Of Rock Slopes On Transportation Routes", Can. Geotech. J., 14(4), 487–507, 1977.
- [21] Giani, G. P., "Rock Slopes Stability Analysis", Balkema, Rotterdam, Netherlands, 347 pp., 1992.
- [22] Wyllie, C. W. and Norrish, I. N., "Stabilization of rock slopes, Landslides", Investigations and Mitigation, 247, 474–506, 1996.
- [23] Oggeri, C. and Peila, D., "Protection Of Transportation System Against Rock Falls, İn: Proceedings Of Landslides İn Research, Theory And Practice", 8th International Symposium on Landslides, Cardiff, UK, 26–30 June 2000, 1141–1146, 2000.
- [24] Nomura, T., Inoue, S., Fuchigami, M., Yokota, Y., Kubo, T., Tatta, N., ve Arai, K., "Experimental Research Of Reinforced Soil Wall For Rock-Fall Protection", Proceedings of 7th International Conference, On Geosynthetics, Nice, France, 22–27 September, 303–308, 2002.
- [25] Ronco C., Oggeri C., ve Peila D., "Design Of Reinforced Ground Embankments Used For Rockfall Protection", Natural Hazards and Earth System Sciences 9 1189-1199, 2009.
- [26] Castañón Jano, Laura & Blanco-Fernandez, Elena & Castro-Fresno, Daniel & Ballester-Muñoz, Francisco. "Energy Dissipating Devices in Falling Rock Protection Barriers". Rock Mechanics and Rock Engineering. 10.1007/s00603-016-1130-x. November 2016

Sentinel 2 Uydusunun Orman Sınıflandırma Kabiliyetinin İncelenmesi

Investigation of Forest Classification Capability of Sentinel 2 Satellite

Majid Aghlmand^{1*}, Kaan Kalkan², Mehmet İnanç Onur¹

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Eskişehir, Türkiye,

² TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye

* e-mail: meecitt@gmail.com

Özet: - İklim değişikliği ve çevre üzerindeki etkileri nedeniyle, çevresel kısıtlamalarda dikkate alınarak ormanlardaki değişimin ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir. Günümüzde bu tür çalışmalar uzaktan algılama ve uydu teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Sentinel 2 uydusu, bitkileri diğer uydulardan daha fazla inceleme yeteneğine sahip bir uydudur. Bu çalışmada, Sentinel 2 uydusunun orman türleri üzerindeki kabiliyetini araştırmak için Eskişehir kuzey ormanının görüntüsü alınmıştır. Ön işlemeden sonra, dört Vejetasyon indeksi hesaplanmış ve Random Forrest yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma, orman alanı haritası ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, bu uydunun orman çalışmalarında kabiliyetini gösteren doğruluk değeri % 87,5 olarak belirlenmiştir.

Abstract: - Due to the climate change and its impact on the environment, it is necessary to have a thorough study of the change in forests under environmental constraints. Nowadays, such studies are performed using remote sensing and satellite technology. Sentinel 2 is a satellite that has a higher ability to study plants than similar satellites. In this research, the image of the northern forest of Eskişehir was obtained to examine the ability of the Sentinel 2 satellite on forest species. After preliminary processing, four vegetation indexes were calculated and classified by Random Forrest method. The classification was compared with the forest area map. At the end of the study, the validation value was determined as 87.5 %, indicates the ability of this satellite in the forest studies.

1.Giriş

Ormanlar karasal ekosistemlerin en yüksek biyolojik çeşitliliğine sahiptirler ve karbon döngüsünde önemli rol oynamaktadırlar. Orman yönetimi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve iklim değişikliği anlaşmalarının uygulanması açısından önemli bir araştırma konusudur [1]. Orman araştırmalarında yapılan uzaktan algılama çalışmaları, ormansızlaşma ve orman arazisi dönüşümü ile farklı orman türlerinin karakterizasyonunun tespit edilmesine işaret etmiştir. Bu çalışmalar geniş ve orta ölçeklerde, farklı orman özelliklerinde, ücretsiz ve çok aşamalı şekilde uydu verileri kullanılarak başarıyla gerçekleştirilmiştir [1, 2, 3 ve 4]. Son yıllarda, bilimsel ve ekolojik soruları yanıtlamak için belirli türlerin gelişimini veya detaylı değişikliklerini izlenerek ormanların ayrıntılı bir şekilde tanımlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Orman sınıflandırması hususu birçok farklı makalede ele alınmıştır [5, 6, 7 ve 8]. Gelişmiş orman karakterizasyonu ise yeni uzaktan algılama araçları ile sağlanabilmektedir. Diğer yandan, mevcut olan uydu açık erişim verileri (örn. Landsat,

MODIS), sınırlı mekânsal ve spektral çözünürlüklerinden dolayı çok ince ekolojik haritalama ve izlemeyi mümkün kılmamaktadır. Bu sınırlamalara rağmen, mikrodalga verileriyle birlikte çok boyutlu uydu verilerini kullanan bazı araştırmacılar, orman sınıflarının karakterizasyonu hakkında bilgiler elde etmeyi başarmıştır [9].

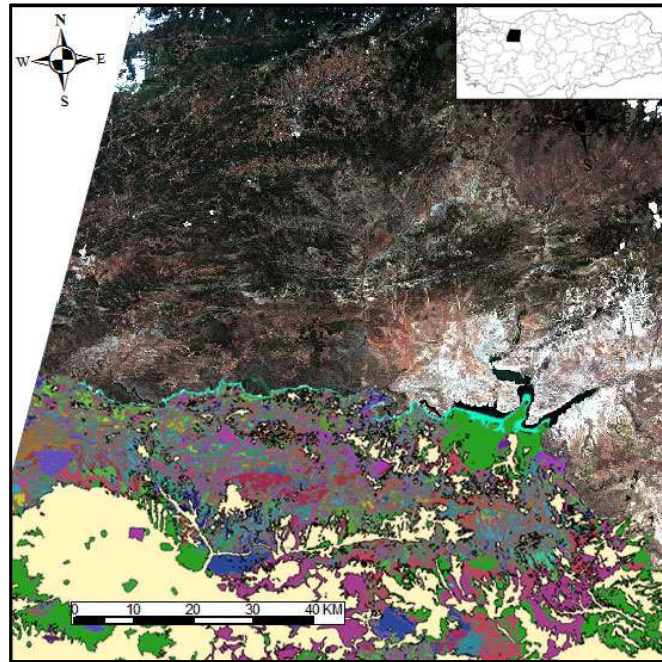
Sentinel-2 (S2), orman türlerinin büyük ölçeklerde yüksek hassasiyetle sınıflandırmasını ve izlenmesini sağlayan yeni nesil bir uydudur [10]. S2, yüksek mekânsal çözünürlük, geniş kapsama alanı ve hızlı tekrar ziyaret süresini birleştirerek, arazi sınıflarının iyi bir şekilde ayırt edilmesi için fırsatlar sunmaktadır. S2, 0,443 ila 2,190 μm arasında 13 bantlı, multispektral bir sensöre sahiptir. Görünür R, G, B ve NIR bantları, bitki örtüsü kanopilerinde kullanım için oldukça uygun olan 10 m. mekânsal çözünürlüğe sahiptir. İlave olarak 20 m. çözünürlükte dört kırmızı bantı da mevcuttur ve özellikle klorofil içerik analizi ve ekofizyolojik büyük ölçekli modelleri parametreleştirmek için uygundur. Potansiyeline rağmen, S2'nin orman haritalama ve izleme yeteneği üzerine az sayıda çalışma bulunmaktadır [11]. Bu çalışmanın temel amacı S2 ile elde edilen verilerin kapasitesini değerlendirmektir.

Bu amaçla Sentinel-2 (S2) verileri kullanılarak kuzey Eskişehir ormanları sınıflandırılmış ve bölgenin orman haritası ile karşılaştırılmıştır.

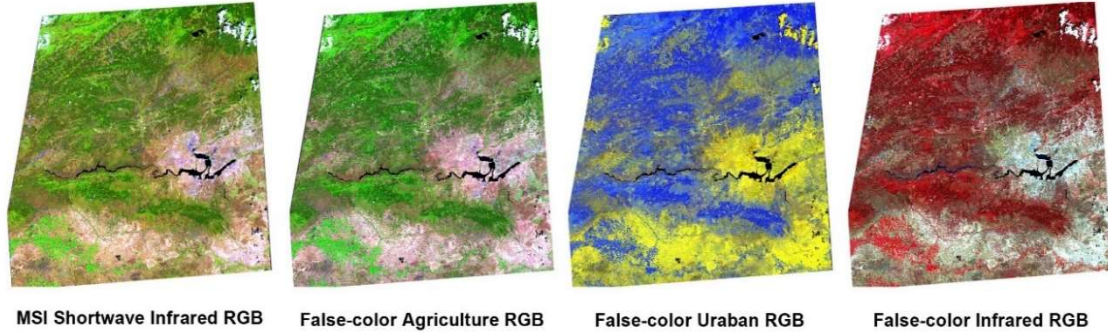
2. Model ve Yöntem

2.1. Test Alanı

Çalışma, Türkiye'de Eskişehir ilinin kuzey bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı uydu görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir. S2'den alınan görüntünün 4500 km^2 lik kısmında çalışılmıştır. Bu bölgeye ait orman türleri Ship file olarak Eskişehir Büyükşehir Belediyesinden alınmıştır. Şekil 2'de çalışma alanı farklı bantlar kullanılarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı



Şekil 2. Çalışma alanının farklı bantlar ile gösterimi

2.2. Veri İşleme

Sentinel-2 uydusu 13 spektral bant, 10, 20 ve 60 metre mekânsal ve 12 bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. Bu çalışmada sadece 10 m ve 20 m bantlarına (B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11, B12) odaklanılmış ve 60 m mekânsal çözünürlük bantları kullanılmamıştır. Ayrıca, S2 uydusunun 11.07.2018 tarihine ait görüntüleri üzerinde çalışılmıştır. Elde edilen görüntü Level-1C olarak (<https://scihub.copernicus.eu>) adresli internet sitesinden sağlanmıştır. Çizelge 1’de S2 nin spektral bant özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1. Sentinel-2'nin spektral bantların özellikleri (S2A) [5]

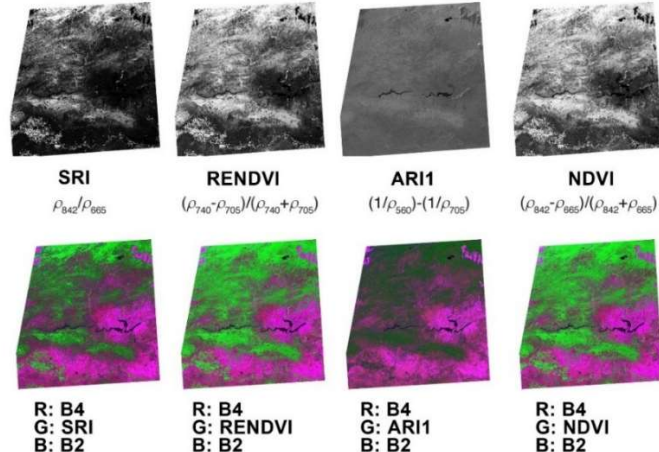
Sentinel-2 Spektral Bantları	Merkezi Dalga Boyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Mekânsal Çözünürlük (m)
1	442.7	21	60
2	492.4	66	10*
3	559.8	36	10*
4	664.6	31	10*
5	704.1	15	20*
6	740.5	15	20*
7	782.8	20	20*
8	832.8	106	10*
8a	864.7	21	20*
9	945.1	20	60
10	1373.5	31	60
11	1613.7	91	20*
12	2202.4	175	20*

2.2. Model Oluşturulması

Bu kısımda orman kategorileri ve orman türleri arasındaki farklılık değerlendirilmiştir. İlk olarak, yaz ürünlerinin sınıflandırma yeteneği, 10 metrede yeniden subset yapılarak ve 10m mekânsal çözünürlük bandı kullanarak ayrı ayrı tanımlanmıştır. İkinci adım olarak Vegetasyon endekslerinin analizi sırasıyla yapılmıştır (NDVI, SRI, RENDVI & ARI1). Yapılan analiz indeksleri Çizelge 2’de verilmiştir. Gösterimde G bantı vejetasyon indekslerini değiştirmiştir ve Şekil 3’te hesaplama sonuçları daha belirgin bir şekilde görülmektedir.

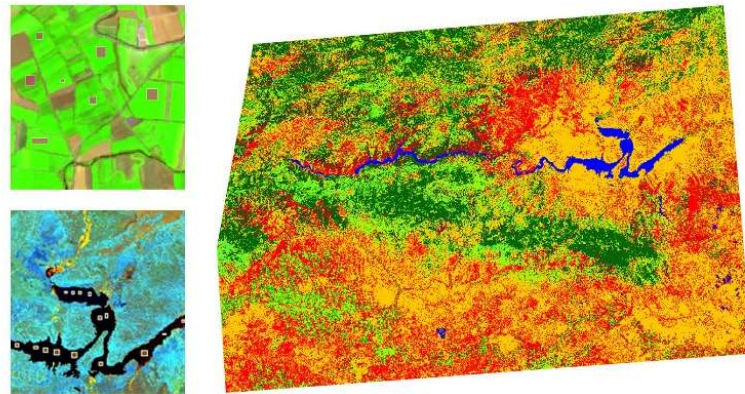
Çizelge 2. Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri

Vejetasyon indeksleri	Formül
Normalized Difference Vegetation (NDVI)	$(\rho_{842}-\rho_{665})/(\rho_{842}+\rho_{665})$
Simple Ratio (SRI)	ρ_{842}/ρ_{665}
red-edge Normalized Difference Vegetation (RENDVI)	$(\rho_{740}-\rho_{705})/(\rho_{740}+\rho_{705})$
Anthocyanin Reflectance Index 1 (ARI1)	$(1/\rho_{560})-(1/\rho_{705})$

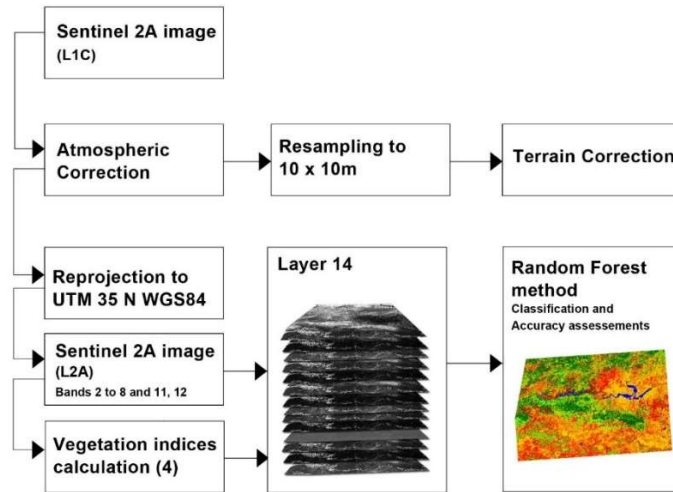


Şekil 3. Çalışma alanının vejetasyon indeksleri ile gösterimi

Üçüncü adım olarak 10 farklı bant ve 4 vejetasyon indeks hesaplamasından sonra, farklı RGB fotoğrafları kullanarak 8 sınıf belirlemiştir. Random Forest yöntemi kullanarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Random Forest yöntemi regresyon ve sınıflandırma problemlerinde uygulanan popüler modellerden biridir [12]. Şekil 4’de sınıflandırma görüntüsü ile Şekil 5’de çalışma planı akışı verilmiştir.



Şekil 4. Random Forest yöntemi yardımı ile sınıflandırma



Şekil 5. Çalışma akış şeması

3. Modelin Değerlendirilmesi

Random Forest yöntemi kullanıldıktan sonra SNAP programında pin tools kullanılmıştır. Her sınıf için 15 tane piksel seçilerek, sınıflandırma haritasının karışıklık matrisi (confusion matrix) oluşturulmuştur. Çizelge 3’de karışıklık matrisi detaylı olarak gösterilmektedir.

Çizelge 3. Karışıklık matrisi

	Yol	Orman 1	Orman 2	Orman 3	Su	Tarım	Tarım boş	Boş alanlar	Toplam
Yol	15		1						16
Orman 1		12							12
Orman 2		3	14	6					23
Orman 3				8					8
Su					15				15
Tarım						15			15
Tarım boş			5	1			13	2	21
Boş alanlar							2	13	15
Toplam	15	15	15	15	15	15	15	15	

Her sınıflandırma birimi için Üretici doğrulama (Producer's accuracy) ve Kullanıcı doğrulama (User's accuracy) miktarı hesaplanmıştır. Sınıflama parametrelerinde üretici doğrulama ve kullanıcı doğrulama olarak %53 ile %100 oranında değerler elde edilmiştir. Tüm elde edilen değerler Çizelge 4’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4. Karışıklık matrisinin karşılaştırılması

Sınıflandırılmış	Üretici Doğrulama	Kullanıcı Doğrulama
Yol	100%	93.75%
Orman 1	80%	100%
Orman 2	93.33%	60.87%
Orman 3	53%	100%
Su	100%	100%
Tarım	100%	100%
Tarım boş	87%	61.90%
Boş alanlar	87%	86.67%
Toplam Eğitim Alanı		120
Toplam Doğruluk		105
Genel Doğruluk		87.5 %

4. Değerlendirme

Bu çalışma kuzey Eskişehir ormanları üzerinde Sentinel 2 uydu verilerinin kapasitesinin değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Bölgenin yaz mevsimi görüntüsü indirildikten sonra 10 bant ve 4 Vejetasyon indeksleri hesaplanmış, ardından Random Forest yöntemi ile sınıflandırma yapılmıştır. Son olarak karışıklık matrisi oluşturulmuş ve genel doğruluk %87,5 olarak hesaplanmıştır.

Tüm çalışma ışığında, uydudan farklı zamanlarda görüntü alındığında ve her görüntü için bitki örtüsü endeksleri ayrı ayrı hesaplandığında daha doğru sonuçlar elde edileceği açıktır. En iyi sınıflandırmayı elde etmek için farklı sınıflandırma yöntemlerinin değerlendirilmesi ve her biri için doğruluk analizi hesaplaması önerilmektedir.

Kaynaklar

[1] GV Laurin, N Puletti, W Hawthorne, V Liesenberg, P Corona, D Papale, Q Chen, and R Valentini, “Discrimination of tropical forest types, dominant species, and mapping of functional guilds by hyperspectral and simulated multispectral Sentinel-2 data”, *Remote Sensing of Environment*, vol. 176, pp. 163-176, 2016.

[2] MC Hansen, SV Stehman, PV Potapov, TR Loveland, JR Townshend, RS DeFries, and C DiMiceli, “Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multi-temporal and multiresolution remotely sensed data”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105(27), pp. 9439–9444, 2008.

[3] MM Hansen, DP Roy, E Lindquist, B Adusei, CO Justice, and A Altstatt, “A method for integrating MODIS and Landsat data for systematic monitoring of forest cover and change in the Congo Basin”, *Remote Sensing of Environment*, vol. 112(5), pp. 2495–2513, 2008.

[4] P Vicharnakorn, RP Shrestha, M Nagai, AP Salam, and S Kiratiprayoon, “Carbon stock assessment using remote sensing and forest inventory data in Savanna-khet, lao PDR”, *Remote Sensing*, vol. 6(6), pp. 5452–5479, 2014.

- [5] N Puletti, F Chianucci, and C Castaldi, “Use of Sentinel-2 for forest classification in Mediterranean environments”, *Annals of Silvicultural Research*. 2017.
- [6] S Bajocco, E Raparelli, F Patriarca, G Di Matteo, P Nardi, L Perini, L Salvati, and GS Mugnozza, “Exploring forest infrastructures equipment through multivariate analysis: complementarities, gaps and overlaps in the Mediterranean basin”, *Annals of Silvicultural Research*, vol. 37(1), pp. 1-6, 2013.
- [7] A Barbati, M Marchetti, G Chirici, P Corona, “European forest types and forest Europe SFM indicators: tools for monitoring progress on forest biodiversity conservation”, *Forest Ecology and Management*, vol.321, pp. 145-157, 2014.
- [8] H Davi, K Soudani, T Deckx, E Dufrene, V Le Dantec, C Francois, “Estimation of forest leaf area index from SPOT imagery using NDVI distribution over forest stands”, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 27, pp. 885-902, 2006.
- [9] GV Laurin, JCW Chan, Q Chen, JA Lindsell, DA Coomes, L Guerriero, R Valentini, “Biodiversity mapping in a tropical West African forest with airborne hyperspectral data”, *PloS One*, vol. 9(6), 2014.
- [10] SJ Baillarin, A Meygret, C Dechoz, B Petrucci, S Lacherade, T Tremas, and F Spoto, “Sentinel-2 level 1 products and image processing performances”, *Geoscience and Remote Sensing Symposium IEEE International*, pp. 7003–7006, 2012.
- [11] MJ Hill, “Vegetation index suites as indicators of vegetation state in grassland and savanna: An analysis with simulated SENTINEL 2 data for a North American transect”, *Remote Sensing of Environment*, vol. 137, pp. 94-111, 2013.
- [12] L Breiman, “Random forests”, *Machine Learning*, vol. 45(1), pp. 5–32, 2001.

Analitik Ağ Süreci Yöntemi İle Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi

Production of Landslide Sensitivity Maps by Analytical Network Process Method

Majid Aghlmand^{1*}, Hakan Uyguçgil², Mehmet İnanç ONUR¹

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Eskişehir, Türkiye

² Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye

* e-mail: meecitt@gmail.com

Özet: - En önemli doğal afet türlerinden biri olan heyelan, özellikle dünyanın dağlık bölgelerinde çok fazla maddi hasar ve ölüme sebep olmaktadır. Heyelanlar sırasında büyük çaplı zararların meydana gelme potansiyeli yüksek olup, depremlerden sonra en çok hasarlar heyelanlar nedeniyle meydana gelmektedir. Son yıllarda heyelana duyarlı alanların belirlenmesi çalışmaları oldukça yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada, Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak, İran'ın Ardabil bölgesindeki Saqezchi için bir heyelan duyarlılık haritası hazırlanması amaçlanmaktadır. Heyelan duyarlılık haritası oluşturmak için geçmiş araştırmalardan 9 adet parametre seçilmiştir. Bunlar; arazi kullanımı, yağış miktarı, faylara uzaklık, litoloji, akarsu ağlarına uzaklık, yükselti, eğim, bakı ve yola uzaklıktır. İkinci aşama olarak bu parametreler ortak bir ölçekte standartlaştırılmıştır. Üçüncü aşamada her bir parametrenin heyelan oluşumuna katkısı; Analitik Ağ Süreci yöntemleri kullanılarak incelenmiş ve bu parametrelerin ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Son aşamada ise ağırlık değerleri dikkate alınarak heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir.

Abstract: - The landslide, which is one of the most important types of natural disasters, causes a lot of material damage and death in the mountainous regions of the world. Landslides have very damaging potential and the most damages occur due to landslides after earthquakes. In recent years, the determination of landslide-sensitive areas has become widespread. In this study, it is aimed to prepare a landslide susceptibility map for Saqezchi in Ardabil region of Iran by using Analytical Network Process (ANP) method and Geographic Information Systems (GIS). In order to prepare landslide susceptibility map, 9 parameters were selected from previous studies. These are; land usage, amount of precipitation, distance to faults, lithology, distance to stream networks, elevation, slope, view, and distance to road. As a second step, these parameters are standardized on a common scale. In the third stage, the contribution of each parameter to the formation of landslides were analyzed by using Analytical Network Process methods and the weight values of these parameters were calculated. map was produced by taking into consideration the weight values.

1. Giriş

Heyelan dünyanın önemli doğal afetleri arasında yer almaktadır ve can ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Dünyada olduğu gibi İran'da depremlerden sonra heyelan ikinci en önemli doğal afettir [1-4]. Ardabil bölgesinde görülen heyelanlar, her yıl altyapı sistemlerine büyük zararlar vermektedir. Ayrıca, yeni heyelan oluşumları bölgede imar faaliyetlerini zorlaştırmıştır [5].

Son 40 yıllık geçmişinde, heyelanın sosyo-ekonomik etkilerin artması dünyadaki uluslararası bilim insanlarının dikkatini çekmeyi başarmıştır [6-8] Bir bölgedeki şevler jeolojik, jeomorfolojik ve hidrojeolojik faktörlere göre analiz edilmelidir. Heyelanlara duyarlı bir alanın değerlendirilmesi ve riskin belirlenmesi, o bölge ve toplum için çok önemlidir [5]. Heyelana duyarlı bir alanda, arazi kullanım planlaması veya inşaat programı olası heyelan tehlikesine göre yapılmalıdır. Heyelan tehlikesi ve risk analizi, "geçmişin geleceğin anahtarı olduğu" varsayımına dayanmaktadır, böylece eski heyelanlar ve özellikleri gelecektekileri tahmin etmek için kullanılabilir.

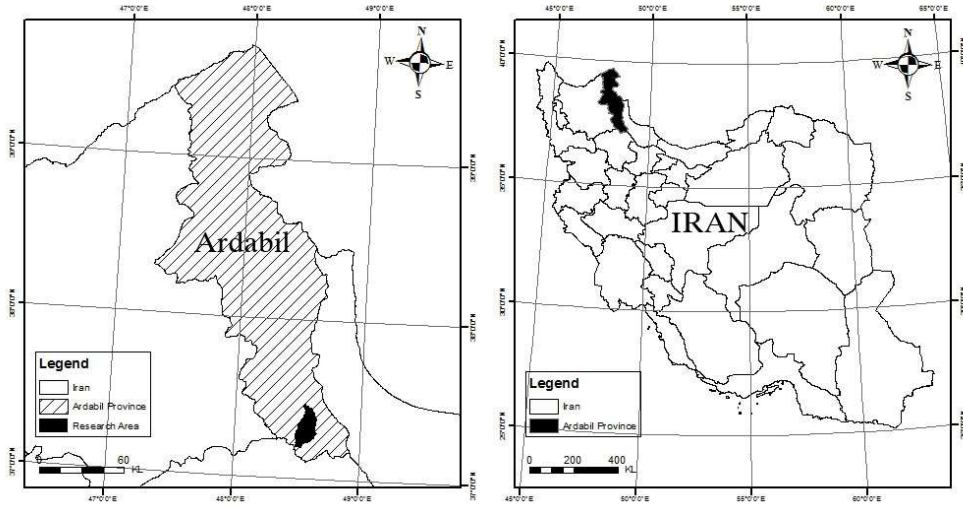
Dünyada farklı yöntemler uygulanarak heyelan tehlikesini değerlendirmek ve duyarlılık haritaları üretmek için birçok araştırma yapılmıştır [9, 10]. Bu araştırmalarda kullanılan yöntemlerden birisi CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) olup, sıkça uygulanmakta ve geliştirilmektedir. CBS heyelan oluşumuna katkıya sahip olan tüm faktörleri sistemli ve daha yüksek bir hassasiyetle analiz edilebilmektedir. Son günlerde heyelan duyarlılık haritası çalışmalarında CBS yanı sıra ANP (Analitik Ağ Süreci) yöntemi de kullanılmaktadır. Literatürde, İran'ın Ardabil bölgesindeki heyelanlar üzerine birçok araştırmalar yapılmıştır [11, 12]. Ancak; bu çalışmalarda ANP yöntemi nadir olarak uygulanmıştır.

Bu çalışmada İran'ın Ardabil bölgesindeki Saqezchi İlçesinin heyelan duyarlılık haritalarının ANP yöntemi ile CBS teknikleri kullanılarak hazırlanması amaçlanmıştır.

2. Model ve Yöntem

2.1. İnceleme Alanı ve Genel Özellikleri

İnceleme alanı, İran'ın kuzeybatısında yer almakta olup, İran'ın coğrafi Bölgeleri'ne göre Güney Azerbaycan'da bulunan Ardabil şehridir. İl alanı, kuzeyden Azerbaycan Cumhuriyeti, batıdan Doğu Azerbaycan Eyaleti, güneybatıdan Gazvin Eyaleti, doğudan Gilan Eyaleti ile çevrelenmiştir. Coğrafi Koordinat Sistemine göre $48^{\circ} 13' 36''$ - $48^{\circ} 54' 1''$ K enlemleri ile $37^{\circ} 4' 17''$ - $37^{\circ} 34' 16''$ D boylamları arasındadır. Yüzölçümü ise 1758.45 km² olup genel yerleşim Şekil 1'de gösterilmiştir.

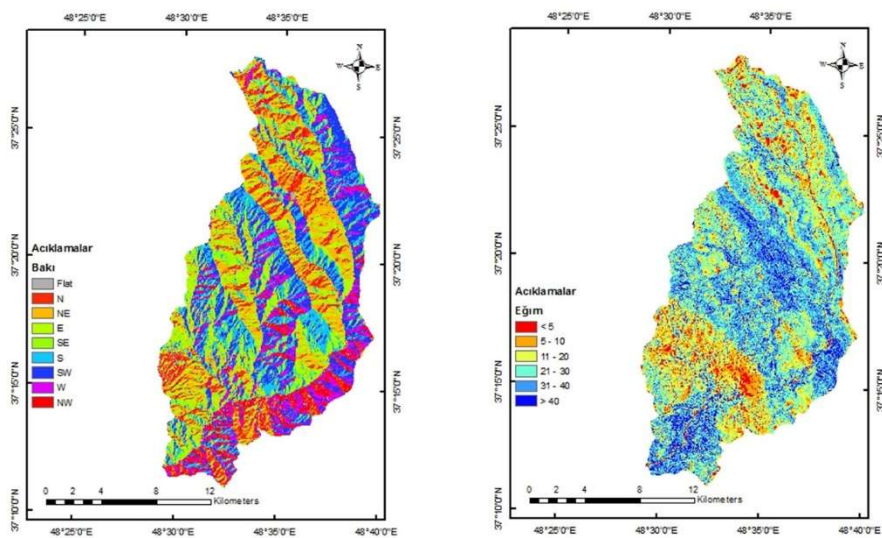


Şekil 1. Çalışma alanı

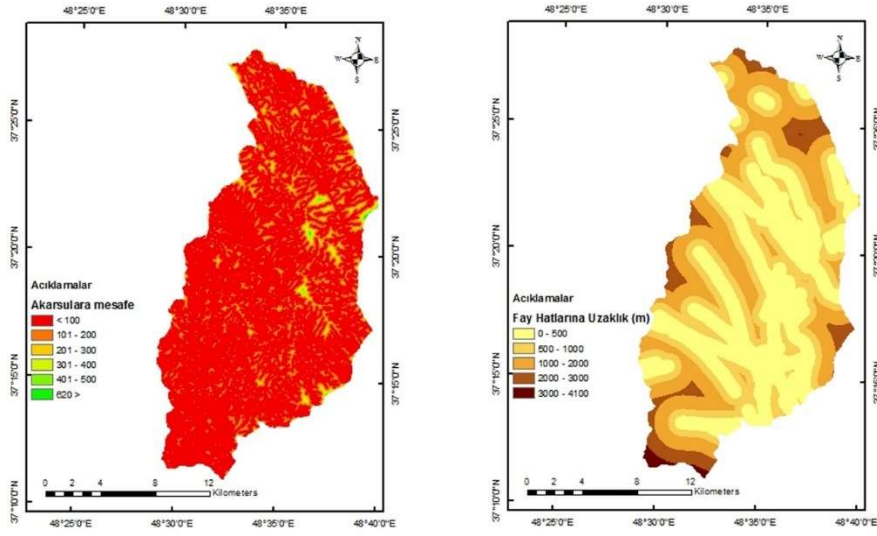
2.2. Veri Analizi

Heyelanlar üzerinde çeşitli faktörlerin etkisi bulunmaktadır [5, 9, 10]. Her bir faktörün heyelan üzerindeki etkisini belirlemek için farklı verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu faktörler, arazi kullanımı, yağış miktarı, faylara uzaklık, litoloji, akarsu ağlarına uzaklık, yükselti, eğim, bakı, yola uzaklıktır. Bu çalışmada bu faktörlere ait haritalar için İran Tarım ve Orman Bakanlığı'nın farklı veri tiplerinden yararlanılmıştır. Haritalar Şekil 2, 3, 4, 5 ve 6'da sunulmuştur. Haritaların hazırlanmasında dikkate alınan faktörler ve ağırlıkları ise Çizelge 1'de verilmiştir.

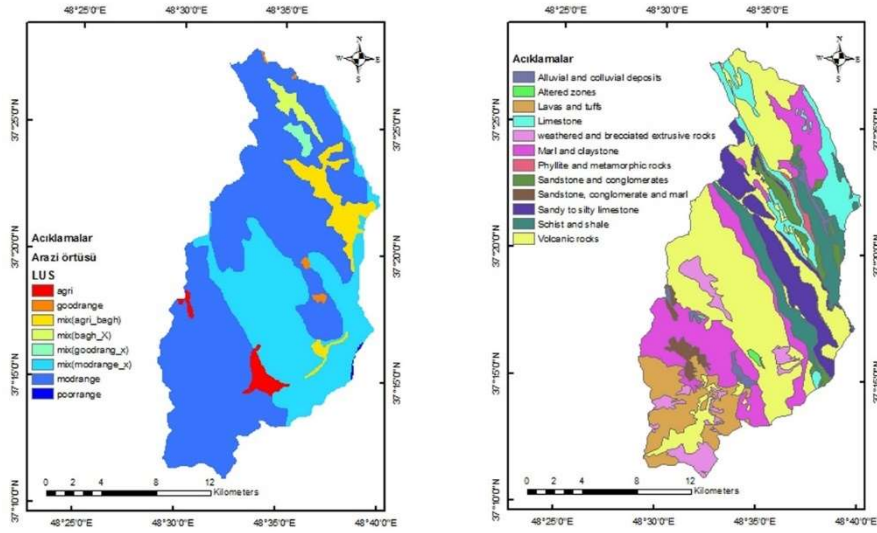
Literatürde sıkça karşılaşılan çalışmalara benzer şekilde görüntü analizleri ve tüm faktörleri içeren haritalarının üretilmesinde CBS tabanlı yazılımlarından ArcGIS/ArcMap isimli paket program kullanılmıştır.



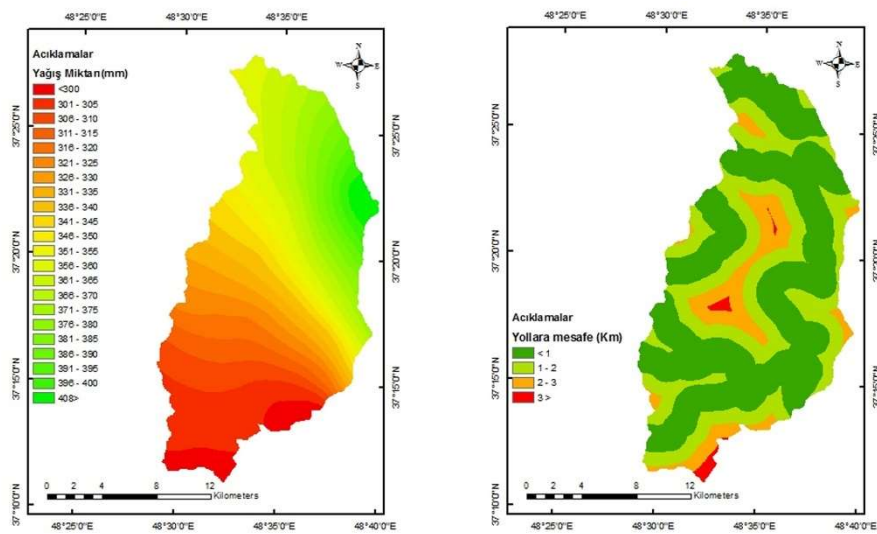
Şekil 2. Bakı ve eğim haritaları



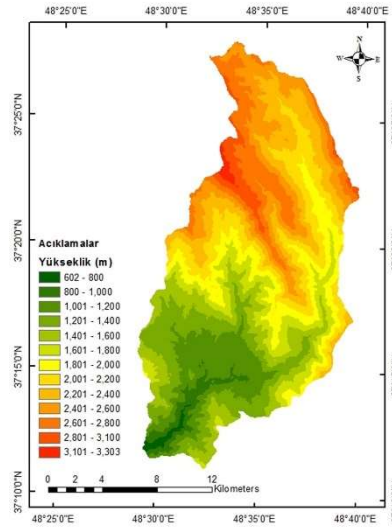
Şekil 3. Akarsulara mesafe ve fay hatlarına uzaklık haritaları



Şekil 4. Arazi örtüsü ve litoloji haritaları



Şekil 5. Yağış miktarı ve yollara mesafe haritaları



Şekil 6. Yükseklik haritası

Çizelge 1. Heyelan Duyarlılık Analizinde Etkili Olan Faktörler

Kriterler	Ağırlık	Alternatifler	Ağırlık
Litoloji (Lithology)	0.040078891	A: Altered zones	100
		C: Limestone	0
		M: Marl and claystone	80
		Q: Alluvial and colluvial deposits	35
		SC: Sandstone and conglomerates	0
		SCM: Sandstone, conglomerate and marl	10
		Sh: Schist and shale	0
		SL: Sandy to silty limestone	20
		SP: Phyllite and metamorphic rocks	0
		V: Volcanic rocks	0
		VT: Lavas and tuffs	10
		WV: Weathered and brecciated ext. rocks	0
Bakı (Slope aspect)	0.047484486	N facing (45° about N)	0
		NE facing (45° about N 45° E)	40
		E facing (45° about E)	80
		SE facing (45° about S 45° E)	83.3
		S facing (45° about S)	100
		SW facing (45° about S 45° W)	0
		W facing (45° about W)	0
		NW facing (45° about N 45° W)	0
Yağış (Rain)	0.016168677	< 300	18.56
		310-305	0
		315-310	8.25
		320-315	88.66
		325-320	100
		330-325	1.03
		335-330	0
		340-335	0
		345-340	0
		350-345	0
		355-350	3.1
		360-355	2.06
365-360	0		
370-365	1.03		
375-370	2.06		

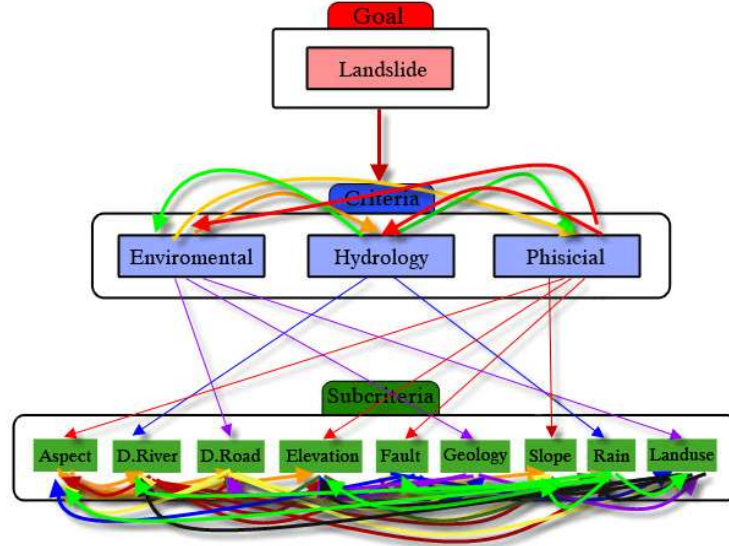
		380-375	0
		390-385	2.06
		395-390	0
		400-395	3.1
		405-400	2.06
		410-405	1.03
Fay hatlarına uzaklık (Distance to main faults) (m)	0.035228042	< 500	100
		500-1000	95
		1000-2000	85
		2000-3000	80
		3000-4100	40
Yollara mesafe (Distance to Road) (Km)	0.051507348	0-1	0
		1-2	0
		2-3	90
		3-4	100
Yükseklik (Elevation) (m)	0.050255646	1200-1400	0
		1400-1600	32
		1600-1800	58
		1800-2000	0
		2000-2200	0
		2200-2400	0
		2400-2600	0
		2600-2800	15
		2800-3000	100
		>3000	0
Arazi örtüsü (Land cover)	0.024925699	Mod range	100
		Poor range	20
		Mix Bagh	60
		Mix Agri bagh	60
		Mix Good range	70
		Mix Mod range	70
		Agri	30
		Good range	43
Eğim (Slope gradient)	0.104665394	0-5	0
		5-10	0
		10-20	13
		20-30	36
		30-40	100
		>40	0
Akarsulara mesafe (Distance to River) (m)	0.017905923	0-100	100
		200-100	100
		300-200	90
		400-300	80
		500-400	75
		620-500	72

2.2. Model

Çalışmanın amacı doğrultusunda çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan ANP' den yararlanılmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerin arasında bu yöntem sıkça başvurulan bir tekniktir [13]. Bu çalışmada yöntemin uygulanması SuperDecisions yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bunun için öncelikle çalışma amacı (hedef) belirlenmiş ve bu amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler belirlenmiş ve Şekil 7'de gösterilmiştir. Daha sonra bu kriterler göz

önüne alınarak sub-kriterler tespit edilmiş ve hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. Bunun akabinde ilk aşamada tespit edilen kriterler ve alt-kriterler Saaty [13] tarafından ortaya konan önem ölçğine göre kıyaslanmış ve bu ölçek yardımıyla 1 ile 9 arasında derecelendirilmiştir. Bu derecelendirme literatürde bildirilen ölçütlere göre gerçekleştirilmiştir.



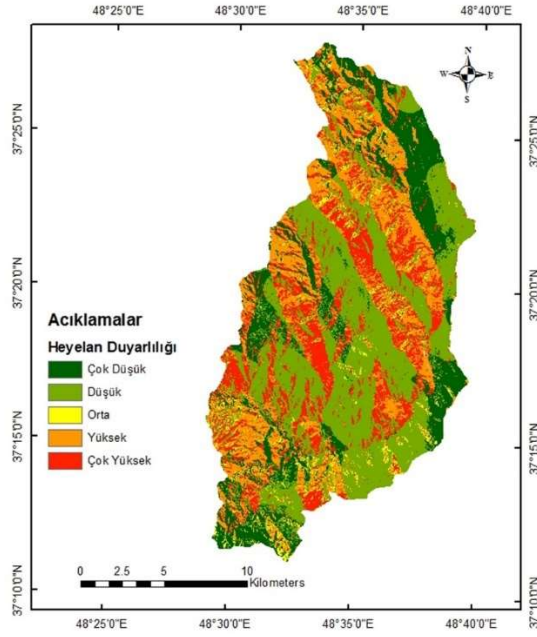
Şekil 7. Yükseklik haritası

3. Analiz ve Sonuçlar

CBS ortamında, ANP yöntemine kullanılarak her kriterin ağırlığı hesaplanarak Çizelge 2 de verilmiştir. Bu sonuçlara göre Şekil. 8’de gösterilen heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

Çizelge 2. ANP yöntemi sonuçları

Alt-kriterler	Alt-kriter Ağırlıkları	Kriterler ve Ağırlıklandırma	Sonuçlar
Aspect	0.08996	0.52784	0.047484
D. River	0.12822	0.13965	0.017906
D. Road	0.15490	0.33252	0.051507
Elevation	0.09521	0.52784	0.050256
Fault	0.06674	0.52784	0.035228
Geology	0.07593	0.52784	0.040079
Landuse	0.07496	0.33252	0.024926
Rain	0.11578	0.13965	0.016169
Slope	0.19829	0.52784	0.104665



Şekil 8. Heyelan duyarlılık haritası

4. Değerlendirme

Heyelan duyarlılık çalışmalarının özellikle afet yönetim planlamalarında kullanılabileceğini ve risk haritalarının hazırlanmasında büyük yarar sağlayacağı açıktır. Heyelan duyarlılık haritaları gelecek arazi kullanım planlaması için de önemli bir rehber olacaktır. Süregelen çalışmalarda elde edilen bulgular özellikle il/ilçe bazlı çalışmaların gerekliliğini de ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak, İran'ın Ardabil bölgesindeki Saqezchi için bir heyelan duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Heyelan duyarlılık haritası oluşturmak için geçmiş araştırmalardan 9 adet parametre seçilmiştir. Her bir parametrenin heyelan oluşumuna katkısı; Analitik Ağ Süreci yöntemleri kullanılarak incelenmiş ve ağırlık değerleri dikkate alınarak heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir.

Diğer yandan heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında CBS temelli ANP yönteminden yararlanılabileceği anlaşılmıştır. Bu tür haritaların yer seçimi ve planlamalarda kullanılabileceği görülmüştür. Benzer yöntem ve teknikler kullanılarak idari sınırlar dahilinde yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca bu tür çalışmaların diğer doğal afetler içinde hazırlanması oldukça mühim bir husustur.

Kaynaklar

[1] C Wang, T Esaki, M Xie, and C Qiu, "Landslide and debris-flow hazard analysis and prediction using GIS in Minamata–Hougawachi area, Japan", *Environmental Geology*, vol. 51(1), pp. 91-102, 2006.

- [2] V Ilinca, I Gheuca, “The Red lake landslide (Ucigaşu Mountain, Romania)”, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, vol. 6(1), pp. 263-272, 2011.
- [3] FC Dai, CF Lee, JH Li, and ZW Xu, “Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong”, *Environmental Geology*, vol. 40(3), pp. 381-391, 2001.
- [4] E Yesilnacar, T Topal, “Landslide susceptibility mapping: a comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, Hendek region (Turkey)”, *Engineering Geology*, vol. 79(3-4), pp. 251-266, 2005.
- [5] R Talaei, “Landslide susceptibility zonation mapping using logistic regression and its validation in Hashtchin Region, northwest of Iran”, *Journal of the Geological Society of India*, vol. 84(1), pp. 68-86, 2014.
- [6] KO Niemann, D Howes, “Applicability of digital terrain models for slope stability assessment”, *ITC Journal*, vol. 3, pp. 127-137, 1991.
- [7] CJ Van Westen, AC Seijmonsbergen, F Mantovani, “Comparing landslide hazard maps”, *Natural Hazards*, vol. 20(2-3), pp. 137-158, 1999.
- [8] E Özşahin, “Tekirdağ ilinde coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi süreci kullanarak heyelan duyarlılık analizi”, *Humanitas-Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, vol. 2(3), pp. 167-186, 2014.
- [9] J Corominas, C Van Westen, P Frattini, L Cascini, JP Malet, S Fotopoulou, F Catani, M VanDen Eeckhaut, O Mavrouli, F Agliardi, and K Pitilakis, “Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk”, *Bulletin of Engineering Geology And The Environment*, 73(2), pp.209-263, 2014.
- [10] B Feizizadeh, MS Roodposhti, P Jankowski, and T Blaschke, “A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping”, *Computers & Geosciences*, vol. 3, pp. 208-221, 2014.
- [11] SH Tabatabaei, “Landslide hazard zonation in southwest of Ardabil Province Iran”, *Ministry of Roads and Urban Development-IRAN*, vol. 2, pp.72, 1998.
- [12] A Uromeihy, MR MahdaviFar, “Landslide hazard zonation of the Khorshrostan area, Iran”, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 58(3), pp. 207-213, 2000.
- [13] TL Saaty, C Brandy, “*The encyclicon, volume 2: a dictionary of complex decisions using the analytic network process*”. Pittsburgh, RWS Publications. 2009.

KARDEMİR Yüksek Fırın Cürufalarının Şişebilen Zeminlerin İyileştirilmesinde Kullanılabilirliği

Usability of KARDEMİR Blast Furnace Slag for Improvement of Swelling Soil

İbrahim ŞENTÜRK¹, İnan KESKİN¹, Ermedin TOTİÇ², Ali ATEŞ³

¹Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 78050 KARABÜK
(ibrahim.senturk37@hotmail.com)

Bartın Üniversitesi Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 74100
BARTIN (ermedintotic@bartin.edu.tr)

³Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 81010 Düzce (alirates@duzce.edu.tr)

Özet: Zemin iyileştirme genel olarak zeminlerin taşıma kapasitesini arttırmak amacıyla çeşitli yöntem ve malzemeler kullanılarak yapılan çalışmalardır. Bu çalışmada zeminlerin iyileştirmesinde ülkemizde bir yılda yaklaşık 7,8 milyon ton demir çelik üretiminden atık madde olarak ortaya çıkan yüksek fırın curufunun kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanılmıştır. Bu kapsamda yapılan deneylerde Kardemir A.Ş.'den temin edilen yüksek fırın curufu ile GeoPLAS firmasından temin edilen bentonit zemin numunesi kullanılmıştır. Bentonit ağırlığının %5, %10, %15 ve %20 oranlarında yüksek fırın curufu ilave edilerek hazırlanan numuneler üzerinde 1, 7, 14 ve 28 günlük kür süreleri sonunda çeşitli deneyler yapılmıştır. Deneylerde kullanılan numuneler, optimum su içeriklerinde hazırlanmış olup tüm numuneler standart proktör kalıbında aynı sıkışıklık koşullarında hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında, numunelerinin kıvam limitlerini belirlemek amacıyla likit limit ve plastik limit deneyleri, serbest basınç dayanımında meydana gelen değişimler için serbest basınç deneyleri ve şişme basıncındaki değişimlerini gözlemlemek amacı ile de şişme deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kür süresi ve karışım içerisindeki yüksek fırın curufu oranına bağlı olarak likit limit değerinin düştüğü, serbest basınç dayanımlarında ise artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte cüruf katkısı ve kür süresine bağlı olarak şişme basıncının genel olarak azaldığı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zemin iyileştirme, bentonit, yüksek fırın cürufu, şişme basıncı

Abstract: Soil improvement is generally used to increase the capacity of ground transport with different kind of materials and methods. In this study, it is aimed to investigate the usability of blast furnace slag obtained from 7,8 million tons of iron and steel production in our country each year. In this context, the blast furnace slag was provided from Kardemir A.Ş. and bentonite soil sample was provided from GeoPLAS company. The furnace slag was added 5%, 10%, 15% and 20% to bentonite according to weight of it and some experiments were made at the end of the 1, 7, 14 and 28 days of cure time. First, experiments samples that were compressed with standard technique proctor, compaction technique was carried out to determine the water content and dry unit weights. In order to determine the consistency limits of liquid and plastic test specimens

prepared with specific water content and specific weight and proportions, the shear box test and free pressure tests were carried out for test ground cohesion and shear strength changes. In order to observe the swelling changes of bentonite soil by increasing the blast furnace slag rates in the prepared samples, swelling tests were performed. As a result of experiments, it was observed that the liquid limit value decreased and internal friction angle decreased, cohesion and free pressure strengths increased due to the curing time and the rate of blast furnace slag in the mixture. However the swelling pressure decreased due to the curing time and the rate of blast furnace slag in the mixture.

Keynote: Soil improvement, bentonite, slag, swelling pressure

1. Giriş (Introduction)

Atıkların kentsel alanlarda depolanması, uygun alanların bulunmasındaki ve emniyetli bir şekilde depolanmasındaki güçlükler nedeniyle oldukça pahalıya mal olmaktadır. Bu malzemelerin farklı alanlarda kullanılması, depolanacak atık miktarının azalmasını ve ucuz stabilizasyon malzemelerinin kullanılmasını sağlamaktadır. Değişik üretim sektörlerinden yan ürün olarak alınan atık maddelerin atılmak ya da atıl olarak bekletilmek yerine bazı sektörlerde özellikle inşaat sektöründe yardımcı malzeme olarak veya bazı esas malzemelerin yerine kullanılarak değerlendirildiği sıkça görülmektedir. Zeminlerin katkı maddeleri ile iyileştirilmesi diğer iyileştirme yöntemlerine göre daha ekonomik olmasından dolayı çok geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Zemin iyileştirilmesinde genellikle kireç, uçucu kül, çimento, asfalt, kimyasal maddeler gibi katkı malzemelerinin kullanıldığı bilinmektedir. Bunun yanında; köpük beton, talaş, ağaç kabuğu, çakıl taşı, endüstriyel atıklar, yonga, deniz kabuğu, atık pirinç kabuğu külü, yanmış yağ atığı, volkanik kül, mermer tozu, atık lastik gibi malzemeler de zemin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır (Kamon ve Nontananandh, 1991; Aksoy, 1998; Tremblay vd., 2001; Cokca ve Toktaş, 2002; Şenol ve Edil, 2004; Hossain, 2004a,b). Zemin iyileştirmesinde kullanılan katkıların atık malzemeler olarak kabul edilen malzemelerden olması, bunların depolama masraflarının azalmasını ve daha ucuz malzemelerin kullanılmasını sağlamaktadır (Baykal vd., 2004). Yine bu tür atık maddelerin çeşitli amaçlarla kullanılması, depolama için daha az alan ayrılması ve çoğunlukla ucuz olarak elde edilmesi nedeniyle tercih edilmektedir. 1987-1989 yıllarına ait istatistiklere göre dünyada toplam 415 milyon ton uçucu kül ve 147 milyon ton cüruf üretilmektedir. Üretilen kül miktarının %16'sı, inşaat sektöründe, büyük çoğunluğu katkılı çimento, hafif agrega, tuğla, kiremit, seramik, hafif yapı elemanları, yol stabilizasyonu, maden ve ocak doğuları gibi çeşitli uygulamalarda ve % 10'u ise akıcı dolgu şeklinde değerlendirilmektedir (Döven vd., 2003).

Literatürde demir-çelik endüstrisinin bir başka artık maddesi olan uçucu külün zemin iyileştirmesinde kullanılması ile ilgili birçok çalışma mevcut iken, inşaat sektöründe değişik işlerde kullanılan, yüksek fırın cürufunun bu amaca yönelik olarak kullanılabilirliği konusunda oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak günümüzde dünyadaki çelikhane cüruflarının değerlendirilmesi amacıyla yapılan araştırmalara göre cürufklar, genellikle demiryolu balastı, beton agregası ve asfalt agregası, yol temel ve alt temel malzemesi olarak, çimento sanayiinde, briket ve tuğla yapımında, cüruf yünü ve prefabrik elemanların yapımı gibi geniş bir alanda kullanılmaktadır (Akyiğit, 1992; Ahmed, 1993; Arm, 2003).

Bu çalışma ile de zeminlerin şişme özelliklerinin iyileştirilmesinde Kardemir A.Ş cürüflarının performansının belirlenmesi hedeflenmiş olup bu kapsamda yapılan çalışmalar ile Kardemir A.Ş demir-çelik fabrikasından elde edilen cürüflar ile oluşturulan zemin-cürüf karışımlarının mekanik özellikleri ile şişme performansları irdelenmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında, Kardemir A.Ş. demir-çelik fabrikasından yan ürün olarak çıktıktan sonra atılan demir-çelik cürufunun şişebilen zeminde katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılarak endüstri üretiminde açığa çıkan bu atık malzemenin daha etkin ve fazla kullanılması konusuna ve dolayısıyla çevrenin korunmasına katkıda bulunulduğu düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında; zemine kuru ağırlığının %5, %10, %15 ve %20 oranında cüruf ilave edilerek belirlenecek olan optimum su içeriğinde hazırlanmış ve hazırlanan bu numunelere 1, 7, 14 ve 28 günlük kür uygulanmıştır. Daha sonra; hem karışımsız hem de kürlere bırakılan cüruf karışımı numuneler üzerinde şişme basıncı, tek eksenli basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak Kardemir A.Ş. cürufunun şişebilen killerin iyileştirilmesindeki etkisinin karışım oranları, kür süreleri bağlı olarak detaylı analizleri yapılmıştır. Deneylerin benzer koşullarda ve benzer özellikteki numunelerde yapılması için çalışma kapsamında her bir karışım üzerinde kompaksiyon deneyleri yapılarak optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlık belirlenmiş ve tüm deneyler bu su içeriklerinde hazırlanan numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Böylelikle farklı oranlardaki kil-cüruf karışımlarında gerçekleştirilecek olan şişme ve dayanım deneylerinde numune özelliklerinden dolayı olacak olası numune farklılığı ortadan kaldırılmıştır.

2. Materyal ve Method (*Materials and Method*)

Killi zeminlerin mühendislik yapılarını etkileyen en önemli özelliği, killerin su etkisiyle deformasyona uğrayabilmeleridir. Su alarak şişme ve su kaybederek büzülme şeklinde görülen deformasyonlar iyi projelendirilmemiş mühendislik yapılarında sürekli problemler oluşturmaktadır. Bu tür problemlerin görülebildiği yüksek plastisiteli killerde iyileştirme teknikleri kullanılarak, şişme ve taşıma gücü probleminin azaltılmasında katkı malzemeleri kullanılarak yapılan iyileştirme teknikleri tercih edilmektedir. Literatür araştırmasının bir sonucu olarak; killi zeminlerin şişme problemlerinin iyileştirilmesinde kullanılan katkı maddelerinin genel olarak çimento, kireç ve uçucu kül ile sınırlı kaldığı, alternatif malzemelerin katkı maddesi olarak kullanımına ve kullanım yöntemlerine ilişkin çalışmaların sayısının göreceli olarak çok sınırlı olduğu açıktır. Deneysel çalışmalarda kullanılan cürüflar KARDEMİR'den temin edilmiş olup, Demir Çelik imalatı esnasında atık madde olarak elde edilen yüksek fırın cürufunun (Şekil 1(a)). Karabük Demir Çelik Fabrikası verilerinden elde edilen kimyasal özellikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Deneylerde kullanılan Bentonitler ise (Şekil 1.b) GeoPLAS (Çankırı) firmasından temin edilmiş olup özellikleri Çizelge 1'de gösterildiği gibidir. Çalışma kapsamında yapılan tüm deneyler saf su ile yapılmıştır.

Çizelge 1. Bentonit özellikleri.

Analizler	Ölçüm Değerleri
Birim Alan Kütle	4200 (gr/m ²)
Şişme İndeksi	24 (ml/2gr)
Sıvı Kaybı	18 (ml)
Su Muhtevası	10 (%)



Şekil 1.(a) Granüle edilmiş yüksek fırın cürufu, (b) GeoPLAS firmasından temin edilen ham Bentonit.

Çizelge 2. Yüksek fırın cürufu özellikleri.

Analizler	Ölçüm Değerleri (%)
SiO ₂	8,96
Al ₂ O ₃	1,12
Fe ₂ O ₃	40,33
MnO	2,88
CaO	37,89
MgO	7,11
S	0,35
P ₂ O ₅	0,75
K ₂ O	0,02
TiO ₂	0,44
Na ₂ O	0,03
Baz	4,462

Bu çalışma kapsamında bentonit numunesi ağırlığının %5, %10, %15 ve %20 oranlarında yüksek fırın cürufu ilave edilerek 1, 7, 14 ve 28 gün kür sürelerinin ardından 4 farklı deney yapılmıştır. Bentonit zemin üzerinde yüksek fırın cürufunun kıvam limitleri üzerindeki etkisini görmek amacıyla likit limit, plastik limit deneyleri, serbest basınç dayanımlarında meydana gelen değişimler için serbest basınç deneyleri, hazırlanan numunelerde yüksek fırın cürufu oranlarının artırılarak bentonit zeminin şişme değişimlerini gözlemlemek amacı ile şişme deneyleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında

deneylerde kullanılan karışımlar, kür süreleri ve deneylerin ayrıntıları Çizelge 3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Çalışmada kapsamında yapılan deneyler ve kür süreleri.

Çalışma Kapsamında Yapılan Deneyler	Kür Süreleri			
	1. Gün	7. Gün	14. Gün	28. Gün
Kompaksiyon Deneyleri ve Optimum Su İçeriğinin Belirlenmesi				
Doğal Zemin	X			
Kıvam Limitlerinin Belirlenmesi				
Doğal Zemin	X	X	X	X
Doğal Zemin + %5 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Doğal Zemin + %10 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Doğal Zemin + %15 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Doğal Zemin + %20 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Serbest Basınç Deneyleri				
Doğal Zemin	X			
Doğal Zemin + %5 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Doğal Zemin + %10 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Doğal Zemin + %15 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Doğal Zemin + %20 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Şişme Basıncı Deneyleri				
Doğal Zemin	X			
Doğal Zemin + %5 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Doğal Zemin + %10 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Doğal Zemin + %15 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X
Doğal Zemin + %20 Yüksek Fırın Cürufu	X	X	X	X

3. Sonuçlar (Results)

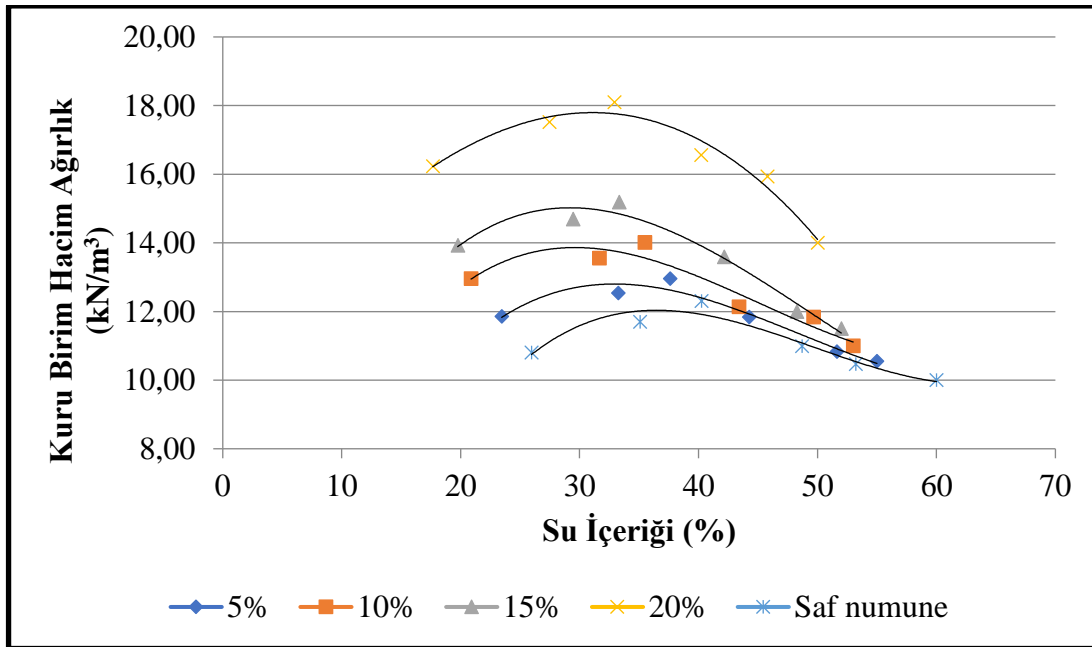
Çalışmaya başlamadan önce tüm karışımların optimum su içeriklerinin belirlenmesi için standart proctor deneyi yapılarak karışımların optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler sonrasında deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere 4000 gr ağırlığındaki saf bentonit numunesine ağırlığının %5, %10, %15 ve %20 oranlarında yüksek fırın cürufu ilave edilerek optimum su içerikleri kadar su eklenmiş ve karıştırılmıştır. Su içeriğinde kayıp olmaması için deney numuneleri sıkıca sarılmıştır. Belirli kür sürelerinde yapılacak olan deney numunelerinin hazırlanması için 105 mm çapındaki kalıp içerisine 3 tabaka halinde yerleştirilen deney numunesinin her bir tabakasına 2,5 kg ağırlığındaki çekiç kullanılan 25 defa vuruş yapılarak sıkıştırılmıştır ve üst yüzeyi traşlanmıştır. Yapılacak deney kalıpları kullanılarak numune çıkartma aleti yardımıyla deney kalıplarına yüzeyleri düzlenerek yerleştirilmiştir.

Ham bentonit kompaksiyon özelliklerini belirlemek için deneyler yapılarak deneyler sonucunda ham bentonit için optimum su içeriği (ω_{opt}) %40 ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değeri ise (γ_{kmax}) 12 kN/m³ olarak bulunmuştur. Daha sonrasında

deneylerde kullanılacak her bir karışımın optimum su içeriklerini belirlemek amacıyla deney tekrarlanarak Çizelge 4'deki değerler bulunmuş olup kompaksiyon grafikleri ise toplu olarak Şekil 2'de sunulmuştur. Deneylerde kullanılacak karışımlar elde edilen bu optimum su içerikleri ile hazırlanmış ve belirlenen sürede küre bırakılmış ve numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır.

Çizelge 4. Kompaksiyon deneyi sonuçları.

Saf numune	KBHA (kN/m ³)	Opt. Su İçereği (%)
Saf numune	12	40
5%	12,8	33
10%	13,9	30
15%	15	29
20%	17,8	31

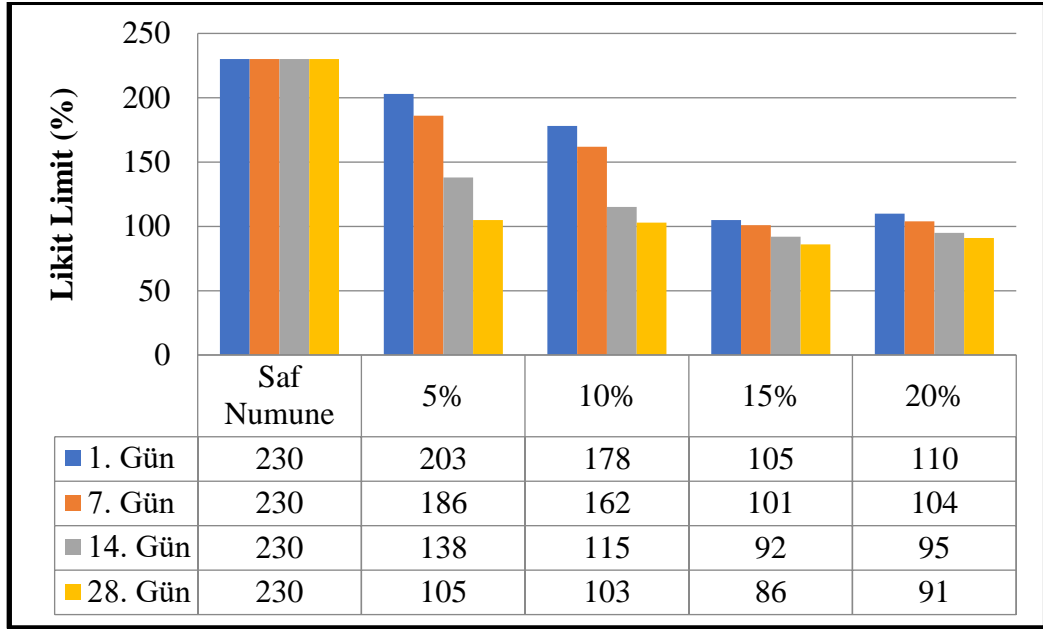


Şekil 2. Farklı karışımlar için kompaksiyon deney sonuçları.

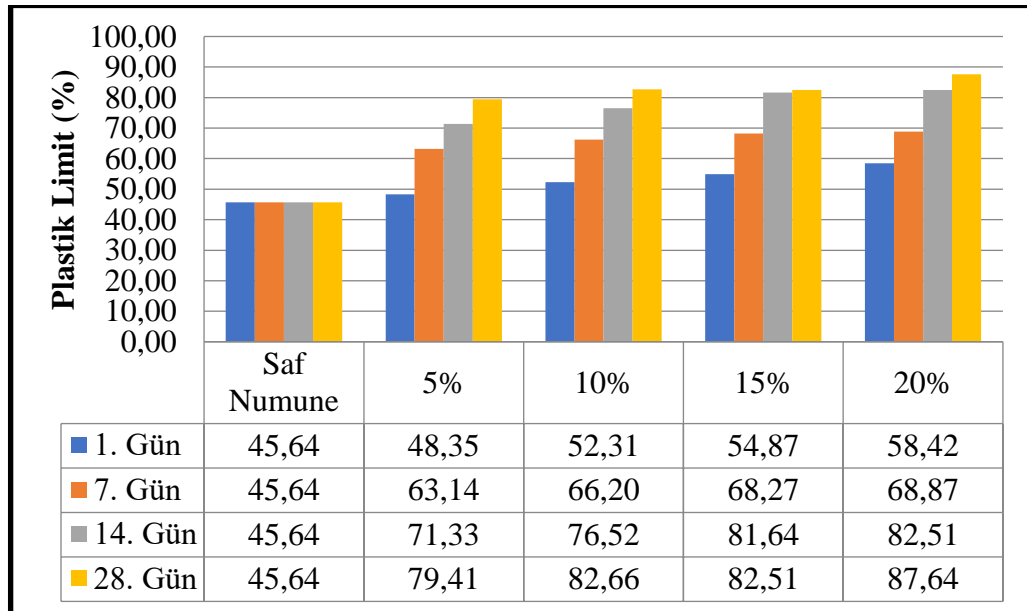
Bentonit zemin numunesinin katkısız saf halde ve daha önce belirtilen oranlarda yüksek fırın cürufu ilave edilerek hazırlanan numuneler üzerinde yapılan likit limit ve plastik limit sonuçları Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, karışım içerisinde yüksek fırın cürufunun ağırlığı arttıkça ve kür süresi uzadıkça numunelere likit limit değerlerinin azaldığı, plastik limit değerlerinin ise karışım içerisinde yüksek fırın cürufunun ağırlığı arttıkça ve kür süresi uzadıkça arttığı görülmektedir.

Serbest basınç deneyleri ile cüruf-bentonit karışımların serbest basınç dayanımına cüruf içeriğinin değişimi ile katkı etkinliğinin, katkı içeriğininve kür süresinin etkisi de incelenmiştir. Bu kapsamda bentonit ağırlığının %5, %10 %15 ve %20 oranlarında yüksek fırın cürufu katılarak hazırlanan numunler için 1, 7, 14 ve 28 günlük kür sürelerinde serbest basınç deneyi tekrarlanarak yapılmıştır. 38 mm çapındaki numuneler

üzerinde uygulanan deney sonuçları Çizelge 5’da toplu olarak sunulmuştur. Karışım içerisindeki yüksek fırın curufu oranlarına göre kür sürelerine bağlı olarak serbest basınç dayanım değerlerinde meydana gelen değişimlerin verildiği Şekil 5 incelendiğinde serbest basınç dayanımlarının kür sürelerine bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Likit limit deneyinden elde edilen sonuçlar.



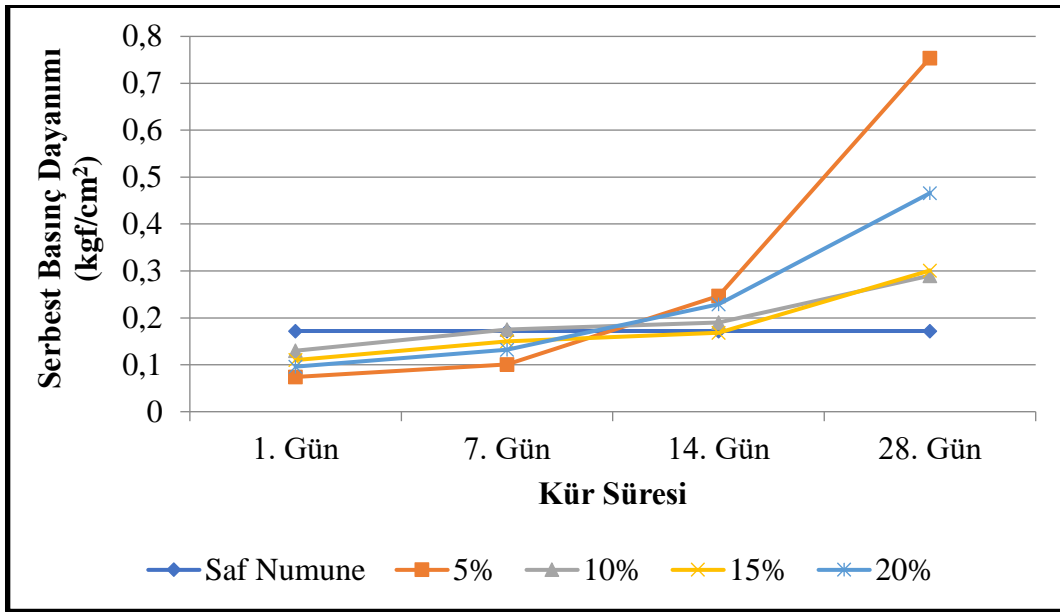
Şekil 4. Plastik limit deneyinden elde edilen sonuçlar.

Bentonit ağırlığının %5’i oranında yüksek fırın curufu eklenerek hazırlanan numunenin 28 günlük kür süresi sonundaki serbest basınç dayanımının diğer deney numunelerinin serbest basınç dayanımından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Şekil 5 incelendiğinde 1,

7 ve 14 günlük kür süreleri sonunda serbest basınç dayanımlarının benzer oranlarda artış göstererek birbirlerine yakın değerler aldığı gözlenmiştir. Serbest basınç dayanımlarında 14 günlük kür süresi sonrasında ani artışlar meydana geldiği belirlenmiştir.

Çizelge 5. Serbest basınç deneyinden kür sürelerine göre elde edilen deney sonuçları.

	1. Gün	7. Gün	14. Gün	28. Gün
Saf Numune	0,172	0,172	0,172	0,172
5%	0,074	0,101	0,247	0,754
10%	0,13	0,176	0,19	0,29
15%	0,11	0,151	0,169	0,602
20%	0,096	0,132	0,229	0,466



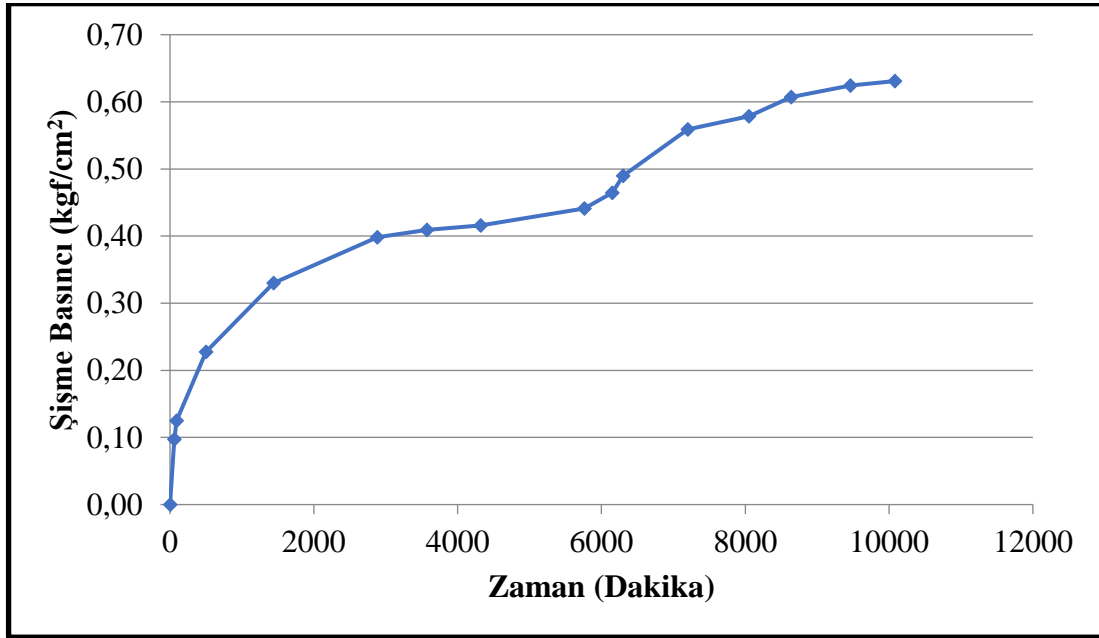
Şekil 5. Serbest basınç dayanım değerleri.

Şişebilen killer mühendislik yapılarında önemli hasarlara neden olmaktadır. O nedenledirki zeminlerin şişme basınçlarının ve şişme potansiyelinin ortaya konulması inşaat mühendisliği açısından oldukça önemlidir. Yine bu sorunun ortaya konulması yanısıra problemin ortadan kaldırılması da oldukça önemlidir. Bu bakış açısı ile hazırlanan bu tez kapsamında şişebilen bir zemin olan bentonitin şişme basınçlarının cüruf katkısıyla nasıl değiştiğinin belirlenmesi amaçlanılmış ve bir dizi deney yapılmıştır. Çalışma kapsamında şişme basıncı deneyleri sabit hacim şişme cihazı ile 4 kanallı veri toplayıcı kullanılarak otomatik kayıt yapabilen bir cihaz aracılığı (Şekil 6) ile gerçekleştirilmiş olup deneyler, numunelerin şişme basınç eğrilerinin düzleşmeye başladığı bir noktada sonlandırılmıştır.



Şekil 6. Serbest şişme ödometre deney aleti.

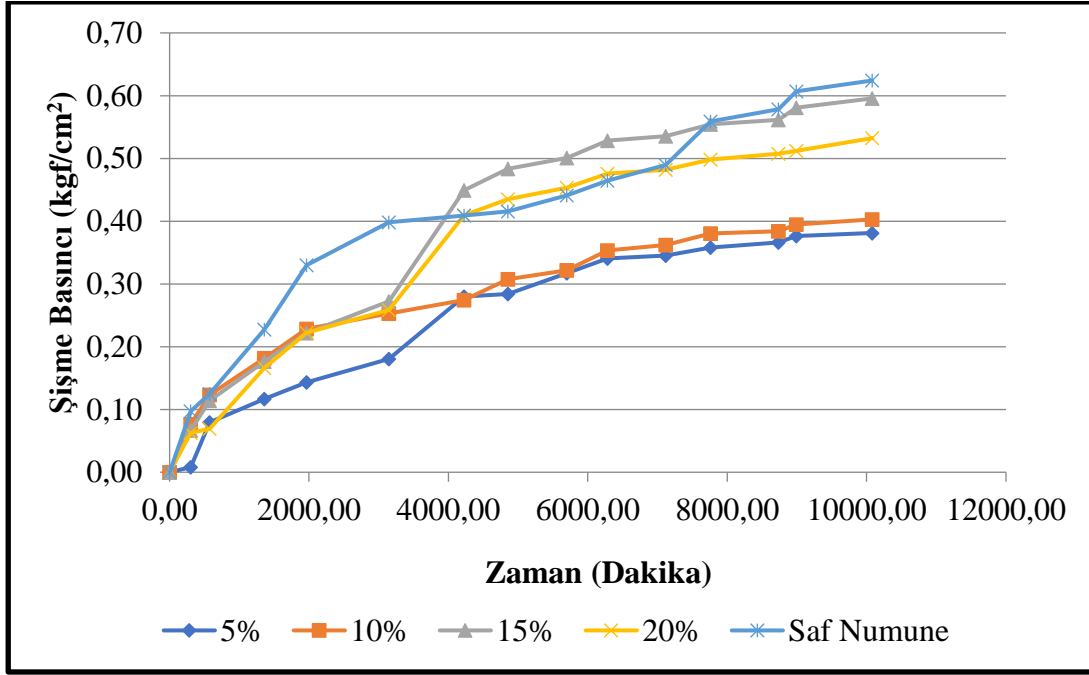
Çalışma kapsamında ilk olarak saf numunenin şişme basıncı belirlenmiş olup zamana karşılık şişme basıncı eğrisi Şekil 7’da verildiği gibidir. Buna göre saf bentonit numunesinin şişme basıncı 7 gün sonrasında $0,63 \text{ kg/cm}^2$ değerine ulaşmıştır.



Şekil 7. Saf numuneye şişme basıncı ait deney sonuçları.

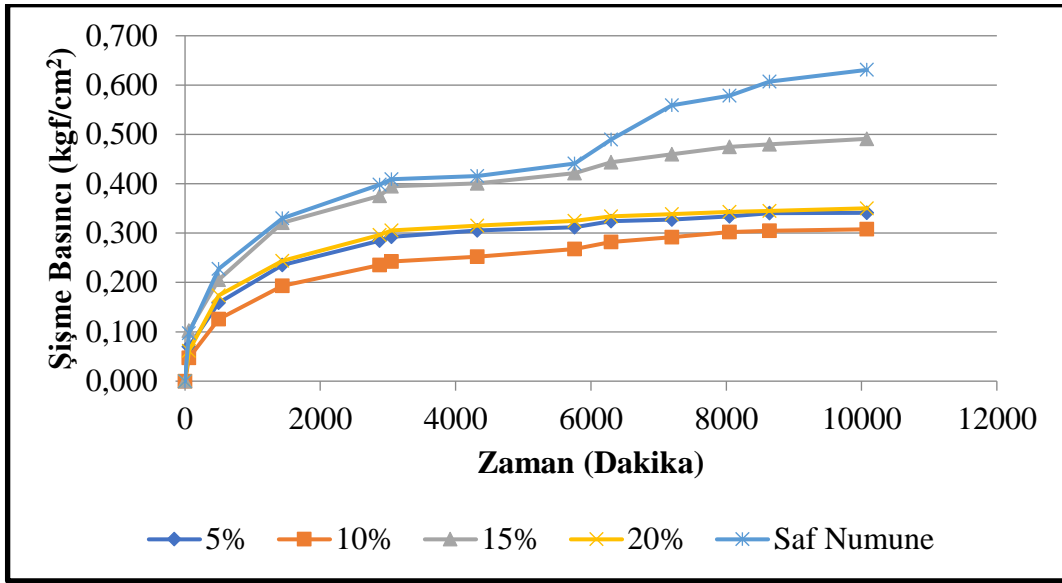
Çalışma kapsamında cüruf katkısının bentonitin şişme basıncına etkisini ortaya koyabilmek amacıyla ağırlıkça %5, %10, %15, %20 cüruf katkılı numuneler, 1, 7, 14 ve 28. gün kürlenirdikten sonra saf bentonit için gerçekleştirilen şişme basıncı deneyleri ile aynı koşullar gözetilerek şişme basıncı deneyine tabi tutulmuştur. Buna göre 1 günlük

kür süresi için şişme basıncı deneylerinden elde edilen zamana karşılık şişme basıncı eğrileri Şekil 8'deki gibi olup, şişme grafikleri incelendiğinde en büyük artışın %15 cüruf katkılı numunede gerçekleştiği en az şişmenin ise %5 cüruf katkılı numunede olduğu gözlenmektedir. Ayrıca elde edilen verilere göre % 15 cüruf katkılı numunenin nihai şişme değerinin saf numuneninkine yakın olduğu görülmektedir. Diğer karışım oranlarında da şişme basıncının zamana bağlı olarak arttığı ancak nihai şişme değerlerinin saf numunenin şişme değerinden daha az olduğu gözlenmektedir.



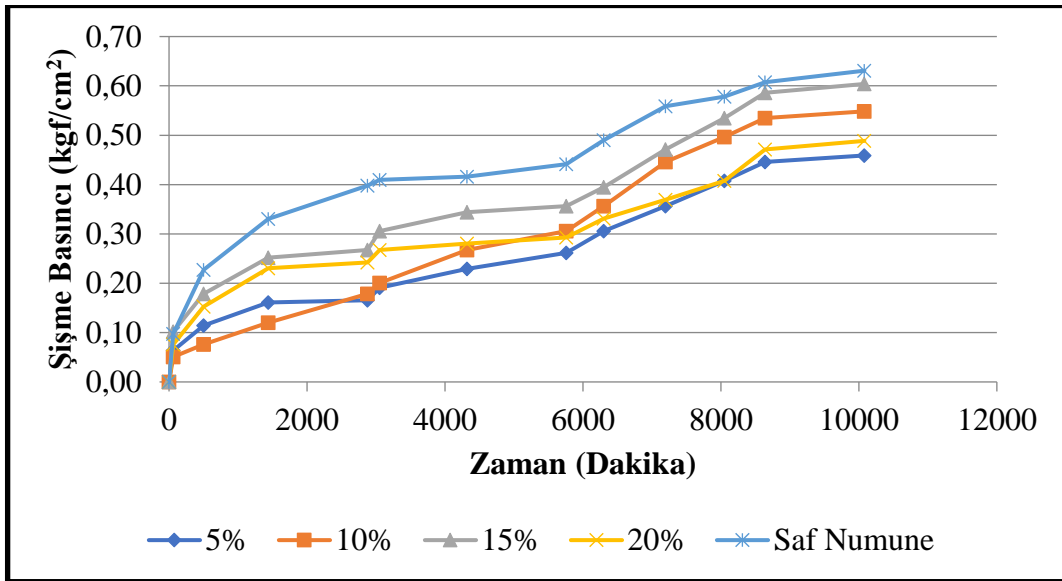
Şekil 8. 1 günlük kür süresi sonunda şişme basıncında meydana gelen değişim.

Deney numuneleri üzerinde 7 günlük kür süresi sonrasında şişme basıncı deneyi tekrarlanmış ve deneylerden elde edilen zaman karşılık şişme basıncı değişimi grafikleri Şekil 9'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde her ne kadar tüm karışımlarda şişme gözlenmiş olsada en fazla şişme %15 yüksek fırın curufu ile hazırlanan karışımda meydana geldiği gözlemlenmiştir. %5 ile %20 karışımlarının benzer bir eğri oluşturdukları gözlenmiştir. Deney sonrasında en az şişmenin ise %10 karışımında olduğu gözlenmektedir. Şekil incelendiğinde 4. günden sonrasında ise %15 hariç diğer karışımlarda genel itibariyle şişme basınç eğrilerinde düzleşmenin olduğu görülmektedir. Ayrıca deney sonuçları incelendiğinde tüm karışım oranlarındaki numunelerin şişme basınçlarının saf numunenin şişme basıncının altında kaldığı gözlenmektedir.



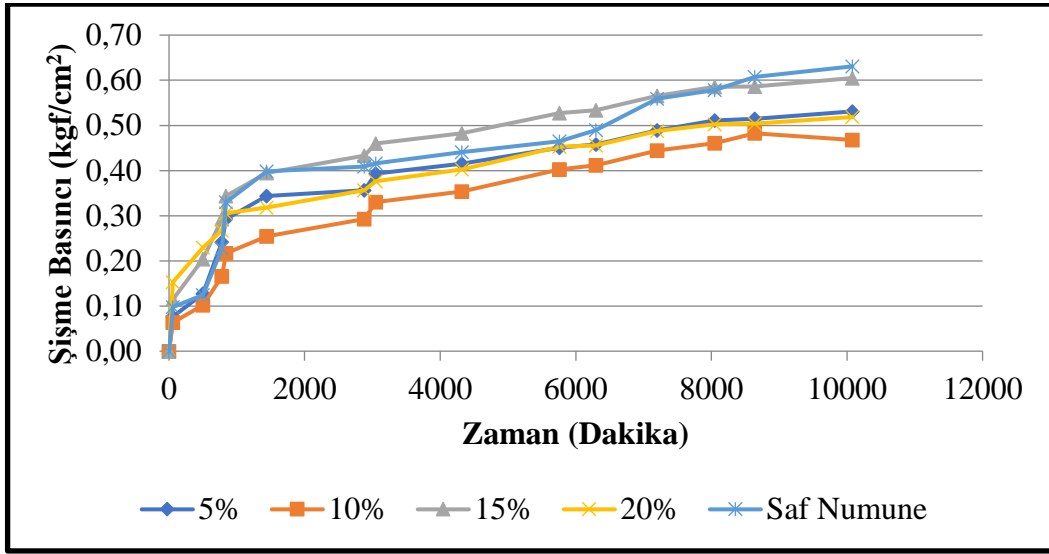
Şekil 9. 7 günlük kür süresi sonunda şişme basıncında meydana gelen değişim.

14 gün kür süresi sonunda şişme basıncı deneyi tüm numuneler için tekrarlanmış olup şişme basıncı deneyinden elde edilen sonuçlara ait zamana karşılık şişme basıncı eğrileri Şekil 10'da verilmiştir. Buna göre %15 oranında yüksek fırın cürufu eklenerek hazırlanan karışım numunesinin diğer karışım oranlarına göre daha fazla artış göstermiş ancak saf numunenin şişme basıncı değerinden daha düşük olmuştur.



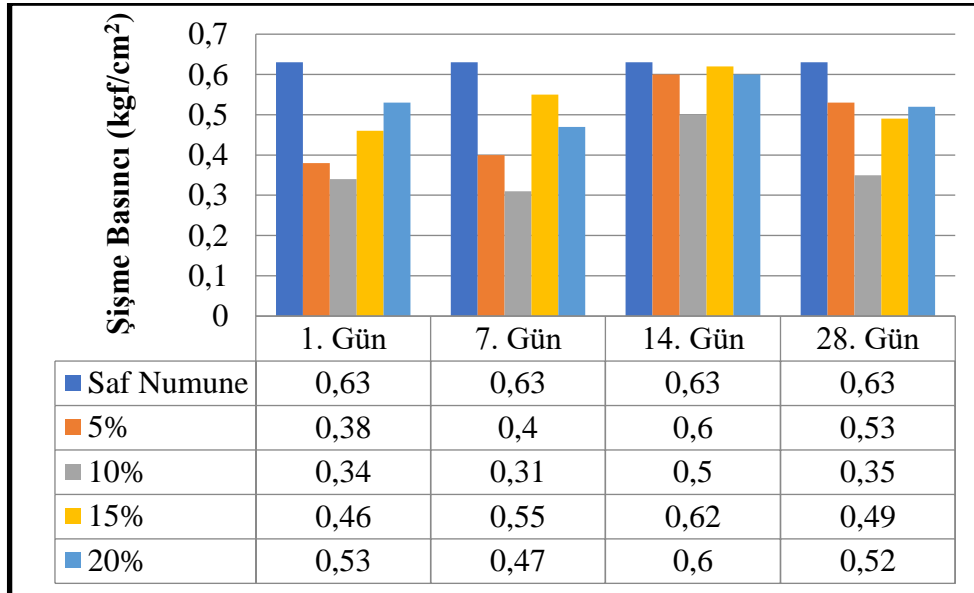
Şekil 10. 14 günlük kür süresi sonunda şişme basıncında meydana gelen değişim.

Çalışma kapsamında en fazla kür süresi olarak belirlenen 28 gün kür süresi sonrasındaki numuneler için yapılan şişme basınç deney sonuçları Şekil 11'de toplu olarak verilmiştir. 28 günlük kür sonunda yapılan deney sonuçları incelendiğinde %15 yüksek fırın cürufu ilave edilerek hazırlanan karışım en yüksek şişme basıncı değerine ulaştığı görülmüştür. Şekil incelendiğinde %5 ve %20 oranlarında yüksek fırın cürufu ile hazırlanan karışımın birbirine benzer bir seyir gösterdikleri görülmektedir. Şekil incelendiğinde en az şişmenin %10 cüruf karışımlı numunede olduğu görülmektedir.



Şekil 11. 28 günlük kür süresi sonunda şişme basıncında meydana gelen değişim.

Çeşitli oranlarda yüksek fırın curufu ilave edilerek hazırlanan zemin numunelerinin belirli zaman aralıklarında kürlendirilmesi sonrasında yapılan şişme basıncı deney sonuçlarının genel gösterimi Şekil 12’de toplu olarak verilmiştir. Şekil 12. incelendiğinde yüksek fırın curufu katkısının genel anlamda bentonitin şişme basıncını düşürdüğü belirlenmiştir. Kür süresinin şişme basıncına etkisi incelendiğinde 7. güne kadar bir düşüş görülsede daha sonrasında şişme basıncında düşüş gözlenmemiştir. O nedenle cüruf katkısının şişme basıncına etkisinin kürlenme ile değişmediği değerlendirilmektedir.



Şekil 12. Katkı oranları ve kür sürelerine bağlı olarak şişme basıncında meydana gelen değişimler.

4. Tartışma (*Discussion*)

Yüksek fırın curufunun zemin iyileştirmesinde kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışma ile

- Yüksek fırın curufu miktarının arttıkça kuru birim hacim ağırlın arttığı, optimum su içeriğinin ise azaldığı görülmüştür.
- Karışım içerisindeki yüksek fırın curufu oranındaki artış bentonit zemin numunesinin likit limit değerinde düşüş meydana getirmiştir. Bentonit ağırlığının %15 ve %20 oranlarında yüksek fırın curufu ilave edilen karışımların likit limit değerlerinde 28 günlük kür süresi sonunda %25 oranlarında ani düşüş görülmüştür. Plastik limit değerinin ise karışımdaki yüksek fırın curufu oranlarındaki artışa bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. En yüksek artış ise %20 oranında yüksek fırın curufu ile hazırlanan karışımında %32 oranında meydana gelmiştir.
- Serbest basınç deneyi yapılan zeminin yanal destek olmadan karşılayabileceği düşey yükler hakkında bilgi edinilmiştir. Serbest basınç dayanımlarının 28 günlük kür süresi sonunda artış gözlenirken, %5 oranında yüksek fırın curufu ilave edilerek hazırlanan karışım serbest basınç değeri yaklaşık 6 katına çıkmıştır.
- Killi zeminlerin en önemli parametrelerinden biri olan şişme basıncına ait yüksek fırın cüruf ilave edilerek hazırlanan karışımlar üzerinde yapılan şişme basıncı deney sonuçları incelendiğinde yüksek fırın cürufu ilave edilerek hazırlanan numunelerin saf bentonitin şişme basıncını genel olarak düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu çalışmada şişme basıncındaki en büyük artışın %15 cüruf katkılı numunede gerçekleştiği en az şişmenin ise %5 cüruf katkılı numunede olduğu gözlenmektedir. Ayrıca elde edilen verilere göre %15 cüruf katkılı numunenin nihai şişme değerinin saf numuneninkine yakın olduğu görülmektedir. Bu duruma neden olan sebebin %15 cüruf katkısının bentonitin geçirimsizliğini artırması olduğu düşünülmüştür. Deney sonuçlarına göre diğer karışım oranlarında da şişme basıncının zamana bağlı olarak arttığı ancak nihai şişme değerlerinin saf numunenin şişme değerinden daha az olduğu gözlenmektedir.
- Cüruf katkısının genel anlamda bentonitin şişme basıncını düşürdüğü belirlenmiştir. 1 günlük kür süresi için hazırlanan şişme grafikleri incelendiğinde en büyük artışın %15 cüruf katkılı numunede gerçekleştiği en az şişmenin ise %5 cüruf katkılı numunede olduğu gözlenmektedir. Ayrıca elde edilen verilere göre % 15 cüruf katkılı numunenin nihai şişme değerinin saf numunenin şişme değerine yakın olduğu görülmektedir. 1 günlük kür süresi için diğer karışım oranlarında da şişme basıncının zamana bağlı olarak arttığı ancak nihai şişme değerlerinin saf numunenin şişme değerinden daha az olduğu gözlenmektedir. 7 günlük kür süresi incelendiğinde her ne kadar tüm karışımlarda şişme gözlenmiş olsada en fazla şişme %15 yüksek fırın curufu ile hazırlanan karışımında meydana geldiği gözlemlenmiştir. 14 günlük kür süresi verilerine göre %15 oranında yüksek fırın cürufu eklenerek hazırlanan karışım numunesinin diğer karışım oranlarına göre daha fazla artış göstermiş ancak saf numunenin şişme basıncı değerinden daha düşük olmuştur. 28 günlük kür sonunda yapılan deney sonuçları incelendiğinde %15 yüksek fırın cürufu ilave edilerek hazırlanan karışım en yüksek şişme basıncı değerine ulaştığı görülmüştür. 28 günlük kür süresi incelendiğinde %5 ve %20 oranlarında yüksek fırın cürufu ile hazırlanan

karışımın birbirine benzer bir seyir gösterdikleri görülmektedir. Bu kür süresi deney sonuçlarına göre en az şişmenin %10 cüruf karışımli numunede olduğu görülmektedir.

- Kür süresinin şişme basıncına etkisi incelendiğinde 7. güne kadar bir düşüş görülsede daha sonrasında şişme basıncında düşüş gözlenmemiştir. O nedenle cüruf katkısının şişme basıncına etkisinin kürlenme ile değişmediği değerlendirilmektedir.

References

Ahmed, I. (1993). Use of Waste Materials in Highway Construction, Noyes Data Corporation, Park Ridge USA, 305.

Aksoy, İ.H., (1998). Hafif Dolgu Malzemeleri Ve Geoteknikte Kullanımı. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 7. Ulusal Kongresi, Cilt 2, 428-437,

Akyigit, M. (1992). Ergani Bakır İşletmeleri Cürufunun Bitümlü Sıcak Karışımlarda Kullanımı Üzerine Bir Arastırma, (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Arm, M. (2003). Mechanical Properties of Residues As Unbound Road Materials, (PhD.), KTH Land and Water Resources Engineering, Stockholm.

Baykal, G., Erdinçliler, A., Saygılı, A., (2004). High Wayem Bankment Construction Using Flyash Incold Regions, Resources, Conservation and Recycling, 42, 3, 209-222

Çokça E., Toktaş, F. (2002). Dispersif Bir Kilin C Tipi Ucucu Kül İle Stabilizasyonu. Zemin Mekaniği ve Temel Muhendisliği 9. Ulusal Kongresi, Cilt 2, 659-668

Döven A.T., Tümay, M.T., Çelik, T., Güçbilmez, E., Pekrioğlu, A., Aydın, E., Uygur, E., Atak, C.E. (2003). Fiber Donatılı Uçucu Kül Çimento Hamurunun İnşaat Mühendisliği Uygulama Alanlarında Kullanım Olanakları, Tübitak Proje No 199I027 (İNTAG-650) 76.

Hossain, K.M.A. (2004b). Potentialuse Of Volcanic Pumice As A Construction Material. Journal of Materials in Civil Engineering, December, 573-577

Kamon, M., Nontanandh, S. (1991). Combining Industrial Wastes With Lime For Soil Stabilization, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 117, 1-17.

Şenol, A., Edil, T.B., Bin-Shafique, M.S., Acosta H.A., Benson, C. H. (2006). Softsub Grades Stabilization By Using Various Flyashes, Resources, Conservation and Recycling, 46, 4, 365-376

Tremblay, H., Leroueil, S., Locat, J. (2001). Mechanical İmprovement and Verticalyield Stres Prediction of Clayey Soils From Eastern, Canada Treated With Lime Or Cement., 38, 567-579

Siltli Kumların Sıvılaşma Direncinin Dinamik Basit Kesme Testi Kullanılarak Araştırılması

Investigation of Liquefaction Resistance of Silty Sands Using Cyclic Simple Shear Test

Yetiş Bülent Sönmezer¹

¹ Kırıkkale Üniversitesi, İnşaat Müh., Kırıkkale/Turkey, 0318 3574242/1257, bsonmezer@kku.edu.tr

Özet: Suyu doymuş gevşek kum ve siltli kumlardan meydana gelen zeminler deprem gibi tekrarlı yükleme koşullarına maruz kaldıklarında sıvılaşma olarak adlandırılan mukavemet kayıplarına maruz kalmaktadırlar. Bu mukavemet kayıplarının mekanizmasını anlamak ve sonuçlarını belirlemek için öteden beri araştırmacılar zemin sıvılaşması üzerine odaklanmışlardır. Bu çalışmada %5, %10 ve %30 oranında iki farklı siltle karıştırılan kumun sıvılaşma direnci, dinamik basit kesme test cihazında sabit hacim koşullarında deformasyon kontrollü olarak test edilmiştir. Testler iki farklı siltte de farklı sonuçlar göstermiştir. Silisten öğütülerek elde edilen silt (BS) kumla karıştırıldığında numunenin sıvılaşma direncini artırırken doğal silt (CS) sıvılaşma direncini %5'e kadar artırırken daha sonra azaltmaktadır. Bu sonuç silt tane yapısının ve $D_{50-kum}/d_{50-silt}$ oranının sıvılaşma direnci üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir.

Abstract: Soils composed of loose sand and silty sands saturated with water are exposed to strength losses called liquefaction when exposed to repeated loading conditions such as earthquakes. In this study, 5%, 10% and 30% liquefaction resistance of two different silt mixed sand was tested in a dynamic simple shear tester under constant volume conditions with controlled deformations. The tests showed different results in two different silts. Silt (BS) obtained by grinding from silica increases the liquefaction resistance of the sample when mixed with sand, while natural silt (CS) increases the liquefaction resistance by up to 5% and then decreases. This result shows that silt grain structure and $D_{50-sand}/d_{50-silt}$ ratio have a significant effect on liquefaction resistance.

1. Giriş / Introduction

Zemin sıvılaşması konusu uzun yıllardır geoteknik deprem mühendisliğinde önemli bir araştırma alanı olmuştur ve birçok araştırmacı tarafından da araştırılmaya devam etmektedir. Sıvılaşma suya tamamen doymuş kumlarda ve düşük plastisiteli siltlerde meydana gelebilmektedir. Suyu doymuş zemin kütlesi sismik veya tekrarlı yüklemelere maruz kaldığında, zeminde meydana gelen kayma gerilmeleri taneleri yeniden yerleşmeye zorlamakta ve bu esnada taneler arasındaki boşluklarda bulunan su da basınç artışı meydana gelmektedir. Aşırı boşluksuyu basıncı olarak adlandırılan bu su basıncı artışı zeminin dayanımının kaybolmasına neden olmaktadır. Bu durumda zemin bir sıvı gibi davranarak büyük deformasyonlara ve oturmalara maruz kalmaktadır. Bunun sonucu olarak zeminin bina, köprü, baraj ve istinat yapılarının temellerini destekleme yeteneği azalmakta ve büyük felaketlere neden olmaktadır.

1964 Niigata ve Büyük Alaska depremlerinde meydana gelen sıvılaşma olaylarından bu yana kumların sıvılaşması konusunda sayısız araştırma çalışması yapılmıştır. Önceleri sadece temiz kumların ve az miktarda ince tane içeriğine sahip kumların sıvılaşabileceği düşünülüyordu ancak 1999 İzmit ve Chi-Chi depremlerinde kohezyonlu zeminlerinde sıvılaşabileceğine dair birçok kanıt gözlenmiştir [1]. Bu nedenle son zamanlarda yapılan araştırma çalışmaları ince tane içeriğine sahip siltli kumların sıvılaşma duyarlılığına odaklanmıştır.

Birçok araştırmacı kumların sıvılaşma direncine ince tane oranının etkisini araştırmışlardır. Kuerbis vd. (1988) [2] ve Amini ve Qi (2000) [3] ince tane oranının artışı ile zeminin sıvılaşma direncinin arttığını ileri sürmüşlerdir. Bu görüşün aksine Xenaki ve Athanasopoulos (2003) [4], Papadopoulou ve Tika (2008) [5] ve Cubrinovski ve Bowman (2010) [6] ise zeminin sıvılaşma direncinin ince tane oranının artışı ile azaldığını bildirmişlerdir. Fakat Thevanayagam (2000) [7] ve Polito ve Martin (2001) [8] düşük ince tane içeriklerinde kumların sıvılaşma direncinin azaldığını yüksek ince tane içeriklerinde ise arttığını bildirmişlerdir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde plastik olmayan silt içeriğine sahip kumların sıvılaşma davranışının nasıl olduğu henüz kesin değildir ve birçok çelişkili sonuç bildirilmektedir. Bu nedenle bu çalışma da %30'a kadar plastik olmayan silt içeriğine sahip kumların sıvılaşma davranışı üzerine odaklanılmıştır. Bu amaçla dinamik basit kesme testi kullanılarak plastik olmayan siltli kumlar üzerinde sabit hacim koşullarında 14 adet test gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot / Materials and Method

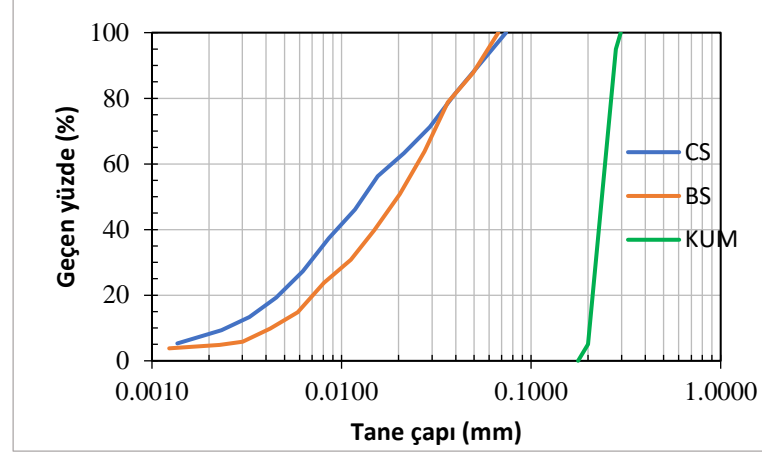
Bu çalışmada, 100 kPa efektif gerilme altında konsolide edilen %30 ve %50 rölatif sıklıkta, %5, %15 ve %30 silt içeriğinde hazırlanan siltli kum numunelerinin sıvılaşma potansiyeli deformasyon kontrollü dinamik basit kesme testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Testler %1 deformasyonda 0,1 Hz frekans koşullarında yapılmıştır. Çalışmada doğal silt (CS) ve silis kumundan öğütülerek elde edilen silt (BS) olmak üzere iki farklı silt kullanılmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kumun özellikleri

Özellik	Değer
USCS classification symbol	SP
Median grain size, D_{50} (mm)	0,26
Specivic gravity, G_s	2.65
Max. void ratio (e_{max})	0.852
Min. void ratio (e_{min})	0.571
Cu	1.75
Cc	0.89

Çalışmada kullanılan kumun özellikleri Tablo 1'de, siltlerin ve kumun tane dağılım eğrisi

ise Şekil 1’de verilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan deney programı da Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan kum ve siltlerin tane dağılım eğrisi

Tablo 2. Test programı

Dr	Kum	BS silti+ Kum	CS silti+ Kum
30%	-	5%	5%
		15%	15%
		30%	30%
50%	-	5%	5%
		15%	15%
		30%	30%

ASTM D4253 ve D4254 standartları en fazla %15 ince tane içeriğine sahip kumların maksimum (e_{max}) ve minimum (e_{min}) boşluk oranlarının belirlenmesi için önerilmesi sebebiyle bu çalışmada siltli kum numunelerinin minimum ve maksimum boşluk oranlarının belirlenmesinde Lade vd. (1998) [9] tarafından önerilen metot kullanılmıştır. Çalışma kapsamında tüm numunelerin hazırlanmasında ıslak tokmaktama metodu kullanılmıştır. Ladd (1978) [10] tarafından bu tekniğin iyi, kabul edilebilir ve uygulanabilir olduğu gösterilmiştir. Bu metotta istenilen rölatif sıklık için gerekli siltli kum yaklaşık %8 su ile karıştırılmakta ve mold içerisine tabaka tabaka serilerek hafifçe tokmaklanmaktadır.

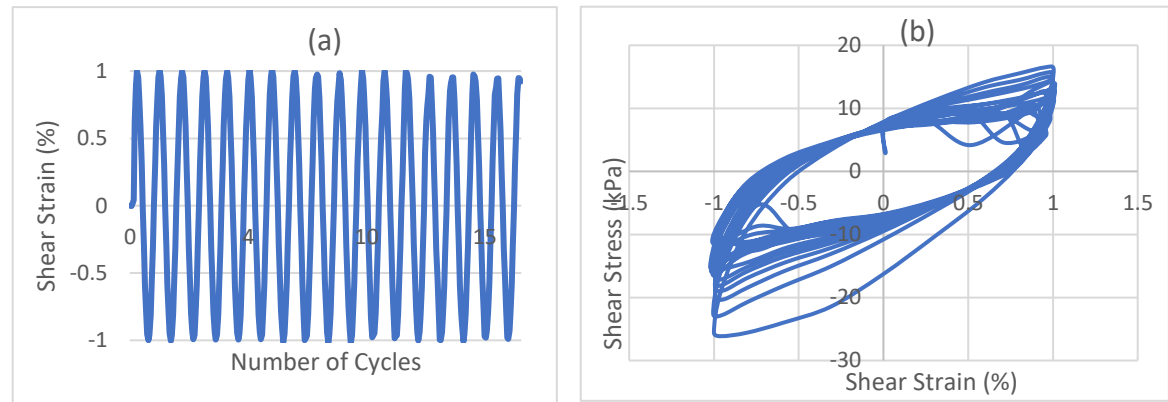
Bu çalışmada yapılan testler cyclic simple shear deney aleti kullanılarak drenajsız sabit-hacim koşullarında gerçekleştirilmiştir. Bir çok araştırmacı sabit-hacim kesme testinde efektif gerilmedeki artış ve azalışın eşdeğer bir drenajsız kesme testinde aşırı boşluksuyu basıncındaki artış ve azalışı simule edebileceğini göstermiştir [11, 12, 13]. Siltler düşük geçirimsizlikleri nedeniyle suya doyurulmaları zordur ve ayrıca boşluksuyu basıncının uniform dağılmasında problemler yaşanabilmektedir [14]. Dolayısıyla sabit-hacim metodu özellikle siltli zeminler için avantajlıdır çünkü numunenin suya doyurulması aşaması elimine edilmektedir ve testler kuru koşullarda gerçekleştirilmektedir. Çalışma enerjiye dayalı yaklaşım kullanılarak yapılmıştır. Sıvılaşma enerjisi kayma gerilmesi-kayma birim

deformasyonu histerez döngüsü içinde kalan alana eşdeğer olmaktadır [15, 16] . Her döngüdeki enerji ve bu enerjilerin sıvılaşma başlangıcına kadarki toplamı, zeminin sıvılaşma enerjisi olarak tanımlanmaktadır [17].

Cyclic simple shear testinde deneyler “drenajsız” ve “drenajlı sabit hacim” şartlarında yapılabilmektedir. Drenajlı sabit hacim testinde, numunenin yüksekliği deney sırasında değişmediği için sabit hacim, numune üzerindeki efektif gerilmenin büyüklüğü ayarlanarak korunmaktadır. Deney esnasında drenaj sağlandığı için aşırı boşluksuyu basıncı oluşmamakta fakat drenajsız teste eşdeğer boşluksuyu basıncı düşey efektif gerilmedeki değişimden tahmin edilmektedir [18].

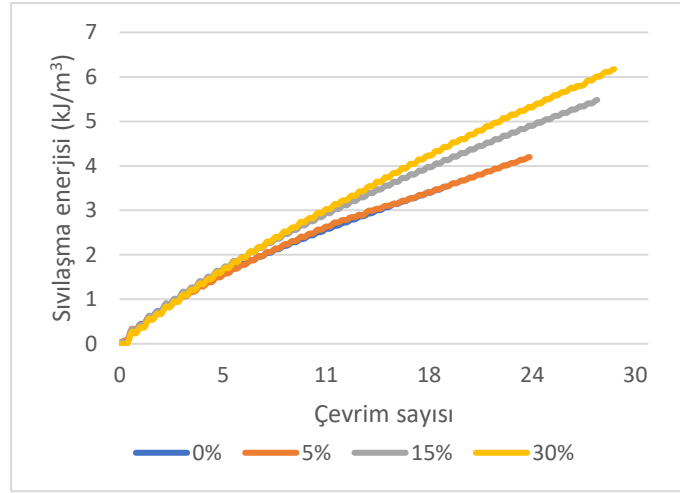
3. Test Sonuçları / Test Results

Çalışma kapsamında yapılan ve efektif gerilme değeri 100 kPa, rölatif sıklığı %30 ve %30 BS silti eklenerek hazırlanan numunenin test sonuçları Şekil 2.a ve Şekil 2.b’de verilmiştir. Bu testte numuneye uygulanan %1’lik kayma birim deformasyonun çevrim sayısına göre değişimi Şekil 2.a’da verilmiştir. Deformasyon kontrollü deneylerde kayma birim deformasyonunun genliği deney başlangıcından sonuna kadar sabit olarak uygulanmaktadır. Bu testin kayma gerilmesinin kayma birim deformasyonuna göre değişimini gösteren histerez döngü Şekil 2.b’de verilmiştir.



Şekil 2. 100 kPa efektif gerilme %30 rölatif sıklık ve %30 BS silti içeren numuneye ait testin **a)** Kayma deformasyonu çevrim sayısı ilişkisi **b)** Kayma gerilmesi kayma deformasyonu ilişkisi

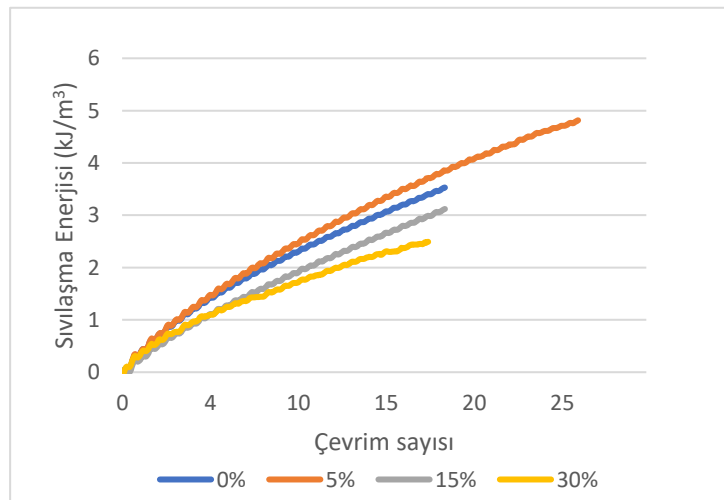
Şekil 3’de %30 rölatif sıklıkta temiz kum ve BS silti kullanılarak hazırlanan %5, %15 ve %30 silt içeriğindeki numunelerin sıvılaşma enerjisi çevrim sayısı ilişkisi gösterilmiştir. Tüm numunelerin sıvılaşma enerjisi artan çevrim sayısı ve silt içeriği ile beraber artmaktadır. Yani numunelerin sıvılaşmaya karşı direnci artmaktadır. Benzer sonuçlar Ni vd. (2004) [19] ve Georgiannou (2006) [20] tarafından da bildirilmiştir.



Şekil 3. 100 kPa efektif gerilme %30 rölatif sıkılıkta %5, %15 ve %30 BS silti içeren numunelerin kümülatif sıvılaşma enerjisi çevrim sayısı ilişkisi

Silt içeriğindeki artışla beraber numunenin sıvılaşma direncinin artmasının, kum taneleri arasındaki boşluklara silt tanelerinin yerleşmesi ve numunenin daha yoğun hale gelmesi sonucu zemin sürtünmesini artırarak numunenin sıvılaşmaya karşı direncinin artırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte esas etkinin BS siltinin silis kumunun öğütülmesinden elde edilmiş olması sebebiyle tanecik şekillerinin daha köşeli olması ve zemin sürtünmesini daha da artırması sebebiyle olduğu düşünülmektedir.

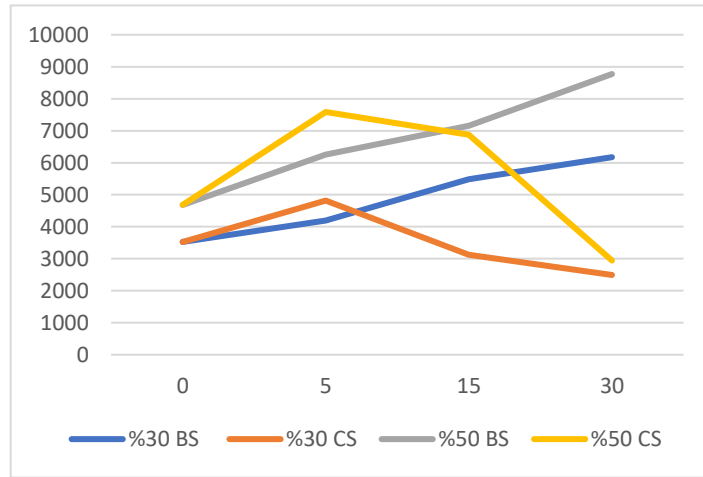
Şekil 4’de CS silti kullanılarak %30 rölatif sıkılıkta 100 kPa efektif gerilme altında temiz kum ve %5, %15 ve %30 silt içeriğindeki numunelerin sıvılaşma enerjisi çevrim sayısı ilişkisi gösterilmiştir. Tüm numunelerin sıvılaşma enerjisi artan çevrim sayısı ile beraber artmaktadır. Doğal CS silti %5 oranında kuma ilave edildiğinde aynı BS siltinde olduğu gibi kumun sıvılaşma enerjisini artırmaktadır.



Şekil 4. 100 kPa efektif gerilme %30 rölatif sıkılıkta %5, %15 ve %30 CS silti içeren numunelerin kümülatif sıvılaşma enerjisi çevrim sayısı ilişkisi

Ancak %15 ve %30 silt oranlarında kumun sıvılaşma enerjisini azaltmaktadır. Bu durumun silt numunelerinin Sitharam ve Dash (2008) [21] ve Carraro vd. (2009) [22] tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur.

Şekil 5’de her iki silt türünde de artan rölatif sıklıkla birlikte sıvılaşma enerjisi artmaktadır. BS silti katılarak hazırlanan numunenin %30 rölatif sıklıkta ve %5 silt içeriğinde kümülatif sıvılaşma enerjisi 3527 kJ/m^3 iken %50 rölatif sıklıkta sıvılaşma enerjisi 4681 kJ/m^3 olmaktadır Artış oranı BS siltinde %32 iken CS siltinde bu oran %57 olmaktadır. Bu durum rölatif sıklığın siltli kumların sıvılaşma direnci üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Ancak her iki silt türü için belirgin fark BS silti artan oranlarda kuma katıldığında sıvılaşma enerjini artırırken CS silti %5 oranına kadar artırırken %5’den %30’a kadar sıvılaşma enerjisini azaltmaktadır.



Şekil 5. 100 kPa efektif gerilme altında a) %30 ve %50 rölatif sıklıkta %5, %15 ve %30 CS silti içeren numunelerin kümülatif sıvılaşma enerjisi çevrim sayısı ilişkisi

4. Tartışma / Discussion

CS ve BS siltleri eklenerek hazırlanan numuneler arasındaki farkın tane yapısından kaynakladığı düşünülmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi silisten öğütülerek elde edilen BS siltinin yüzey pürüzlülüğünün doğal CS siltinden daha yüksek olması sebebiyle oluşmuş olabileceği düşünülmektedir. CS silti daha daha yuvarlak pürüzsüz yüzeye sahip olması nedeniyle ve muhtemelen daha az bir içsel sürtünmeye sahip olması nedeniyle artan silt içeriğinde %5 e kadar sıvılaşma direncini artırırken %5-30 arasından numunenin sıvılaşmaya karşı direncini azaltmaktadır. Monkul vd. tarafında ortaya konulan ortalama tane çapı oranı ($D_{50\text{-kum}} / d_{50\text{-silt}}$) yeterince büyükse, plastik olmayan silt eklenmesi başlangıçta kumun sıvılaşma direncini artırırken daha sonra kumun sıvılaşma direncini azaltmaya başlar. Monkul vd. [23] tarafından belirtilen bu durum CS siltinde karşılaşılan durumla çok benzerlik göstermektedir. Çünkü Şekil 1’de görüldüğü gibi CS siltininin d_{50} değeri 0,012 mm iken kullanılan kumun D_{50} değeri 0,26 mm ve numunenin $D_{50\text{-kum}}/d_{50\text{-silt}}$ oranı 21,6 gibi yüksek bir değer olmaktadır. Dolayısıyla çalışmada kullanılan CS siltinin davranışının bu sebeple olmuş olabileceği düşünülmektedir.

Sonuçlar / Conclusions

Çalışma kapsamında yapılan testlerden elde edilen sonuçlara göre; Kumun sıvılaşma direnci artan silt oranı ile birlikte artar ya da azalır demek çok doğru olmamaktadır. Çünkü BS silti kumun sıvılaşma direncini artırırken CS silti %5'e kadar artırırken %5 den %30 a kadar sıvılaşma direncini azaltmaktadır. BS silti yüzey pürüzlülüğü sebebiyle numunenin sıvılaşma direncini artırmaktadır. Bu sebeple siltli kumların sıvılaşma direncinin karışımdaki siltin tane yapısından büyük oranda etkilendiği düşünülmektedir. Ayrıca CS siltinde olduğu gibi $D_{50-kum} / d_{50-silt}$ oranı da yeterince büyükse artan silt içeriği siltli kumların sıvılaşma direncini bir miktar artırırken daha sonra azaltmaktadır.

References

- [1] Akhila, M., Rangaswamy, K. and Sankar, N., "Effect on none plastic fines on undrained response of fine sand", International Journal of GEOMATE, Vol. 16(54), pp. 170-75, 2019.
- [2] Kuerbis, R., Negusse, D. and Vaid, Y. P., "Effect Gradation and Fines Content on the Undrained Response of Sand", Geotechnical Special Publication, vol. 21, pp. 330-345. 1988.
- [3] Amini, F. and Qi, G. Z., "Liquefaction Testing of Stratified Silty Sands", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 126(3), pp. 208-217, 2000.
- [4] Xenaki, V. C. and Athanasopoulos, G. A., "Liquefaction Resistance of Sand-Silt Mixtures: An Experimental Investigation of the Effects of Fines", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, vol. 23, pp. 183-194, 2003.
- [5] Papadopoulou, A. and Tika, T., "The Effect of Fines on Critical State and Liquefaction Resistance Characteristics of Non-Plastic Silty Sands", Soils and Foundations, vol. 48(5), pp. 713-725, 2008.
- [6] Cubrinovski, M., Rees, S., and Bowman, E., Chapter 6: "Effects of Non-Plastic Fines on Liquefaction Resistance of Sandy Soils", Earthquake Engineering in Europe, Springer, pp. 125-144, 2010.
- [7] Thevanayagam, S., "Liquefaction Potential and Undrained Fragility of Silty Soils", Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 2000.
- [8] Polito, C. P. and Martin, J. R., "Effects of Nonplastic Fines on the Liquefaction Resistance of Sands", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127(5), pp. 408-415, 2001.
- [9] Lade, P. V., Liggio, C. D. and Yamamuro, J. A., "Effects of nonplastic fines on minimum and maximum void ratios of sand", Geotechnical Testing Journal, 21(4), 336-347, 1998.
- [10] Ladd R. S. "Preparing test specimens using undercompaction", Geotech Test J., 1(1), 16-23, 1978.
- [11] Sadrekarimi A., Olson S. M. "A new ring shear device to measure the large displacement shearing behavior of sands", Geotech. Test J., vol. 32, pp. 197-208, 2009.
- [12] Finn W. D. L., Ledbetter R. H., Wu G., "Liquefaction in silty soils: design and analysis", In: Prakash S, Dakoulas P, editors. Ground failures under seismic conditions, geotechnical special publication vol. 44, pp. 51-76, 1994.

- [13] Dyvick R., Berre T., Lacasse S., “Comparison of truly undrained and constant volume direct simple shear tests”. *Geotechnique*, vol. 37, pp. 3–10, 1987.
- [14] Zhou J., Lee W., Zhou K., “Dynamic propertie sand liquefaction potential of silts”, In: K.Ishihara(Ed.). *International conference on earthquake geotechnical engineering*, pp. 833–838, Tokyo, 1995.
- [15] Zhang W., Goh A. T. C., Zhang, Y., Chen, Y., Xiao, Y. “Assessment of soil liquefaction based on capacity energy concept and multivariate adaptive regression splines” *Engineering Geology*, vol.188, pp. 29-37, 2015.
- [16] Green, R.A., “Energy-based Evaluation and Remediation of Liquefiable Soils”, (PhD dissertation). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA. 2001.
- [17] Alavi, A. H., Gandomi, A. H. “Energy-based numerical models for assessment of soil liquefaction”, *Geoscience Frontiers*, vol. 3(4), pp. 541-555, 2012.
- [18] Bjerrum L., Landva A., “Direct simple shear tests on a Norwegian quick clay”, *Geotechnique*, 16(1), pp. 1–20, 1966.
- [19] Ni, Q., Tan, T. S., Dasari, G. R., and Hight, D. W., “Contribution of fines to the compressive strength of mixed soils”, *Géotechnique*, vol. 54(9), pp. 561–569, 2004.
- [20] Georgiannou, V. N., “The undrained response of sands with additions of particles of various shapes and sizes”, *Géotechnique*, vol. 56(9), pp. 639–649, 2006.
- [21] Sitharam, T.G., and Dash, H.K. 2008. Effect of non-plastic fines on cyclic behavior of sandy soils. In *GeoCongress 2008: The Challenge of Sustainability in the Geoenvironment*, New Orleans, La., 9–12 March 2008.
- [22] Carraro, J.A.H., Prezzi, M., and Salgado, R. 2009. Shear strength and stiffness of sands containing plastic or nonplastic fines. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135(9): 1167–1178
- [23] Monkul, M. M., Yamamuro, J. A., “Influence of silt size and content on liquefaction behavior of sands”, *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 48(6), pp. 931-942, 2011.

Zemin Özelliklerinin Deprem Hasarlarına Etkisi

Effect of Soil Properties on Earthquake Damages

Recep Özay¹, Mahmut Bilgehan², Ayfer Erken³

¹ *Istanbul Arel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece/İstanbul, Tel: +90 850 8502735, Fax: +90 212 8600481, recepozay@arel.edu.tr*

² *Istanbul Arel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece/İstanbul, Tel: +90 850 8502735, Fax: +90 212 8600481, mahmutbilgehan@arel.edu.tr*

³ *Istanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Maslak/İstanbul, Tel: +90 212 285 7525, Fax: +90 212 2856587, erken@itu.edu.tr*

Özet

Doğal bir afet olan deprem sonucunda yeryüzünde bulunan mühendislik yapılarında çeşitli hasarlar meydana gelmektedir. Depremlerin büyüklüğüne bağlı olarak yeryüzü şekilleri değişebilmekte ve buna bağlı olarak yeryüzünde bulunan mühendislik yapıları da bunlardan etkilenmektedir. Deprem etkisinde oluşan hasarlar en çok şehirlerde belirgin bir şekilde kendini göstermektedir. Bu çalışmada, 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen ve Richter ölçeğine göre 7.4 büyüklüğünde olan büyük Marmara depreminde Adapazarı civarındaki yapılarda ve zemin yüzeyinde oluşan hasarlar ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca Adapazarı şehir merkezindeki lokasyonlardan alınan örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde deprem yüklerinin etkisini göstermek amacı ile yapılan üç eksenli dinamik yükleme deney sonuçları irdelenmiş ve deprem yüklerinin yumuşak zeminlere etkisi incelenmiştir.

Abstract

Various damages occur in the engineering structures on the earth due to the earthquake, which is a natural disaster. Depending on the magnitude of the earthquakes, the shape of the earth can change and the engineering structures on the earth are affected. Earthquake damages are most evident in cities. In this study, evaluations were made on the damages on the surface in the vicinity of Adapazarı and the structures in the Marmara earthquake which occurred on August 17, 1999 and which is 7.4 magnitude according to Richter scale. In addition, the results of three-axis dynamic loading tests carried out in order to show the effect of earthquake loads on the undisturbed soil samples taken from the locations in Adapazarı city center were analyzed and the effect of earthquake loads on soft soils were examined.

1. Giriş

Mühendislik yapıları hem doğal afetlerin hem de insan eli ile oluşan tehlikelerin etkisi altındadır. İnsanların neden olduğu etkiler yangınlar ve patlamalar gibi olaylardır. Doğal afetler ise insan eli ile oluşan etkilerin yanında daha çok yer kaplarlar. Doğal afetlerin başlıcaları iklim değişimi sonucu oluşan etkilerdir ki bunlar kuraklık, seller, heyelanlar ve

benzeri etkilerdir. Dünyanın oluşumu ile ilgili ve yüzyıllardır etkisini gördüğümüz doğal olaylardan en önemlileri ise volkanik patlamalar ve depremlerdir. Depremlerin etkisi diğer doğal afetler gibi uzun süreden beri incelenmekte olup halen üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Afet çok geniş kapsamlı bir tanım olup onun etkileri ve afetten korunmanın temel ilkeleri bazı araştırmacılar tarafından detaylıca incelenmiştir [1]. Bu genel değerlendirmenin yanında depremler etkisinde oluşan etkiler özellikle yumuşak zemin tabakalarının tekrarlı yükler altında davranışının incelenmesi ile başlanmıştır. Bu çalışmalar laboratuvar ve arazi deneylerini içeren geniş çaplı geoteknik incelemeler sonucunda elde edilen verilere dayanmaktadır. Bilindiği gibi depremlerden dolayı yapılarda oluşan hasarlar, depremin, yapının ve zeminin özelliklerine bağlıdır. Bunlardan hangisinin daha etkin olduğunu açıklamak bir yerinde inceleme problemidir. Bu çalışmada yurdumuzda meydana gelen geçmiş depremlerin yapılara olan etkileri ile yerel zemin özelliklerinin etkisi incelenmiştir. Yapılardaki göçmenin veya başlıca hasarın nedenini gösteren ve deprem sonrası yerinde çekilen fotoğraflarda yapı ve zemin özelliklerinin etkileri yorumlanmıştır.

2. Deprem Etkileri

Depremlerin yapılara olan etkileri başlıca şöyle sıralanabilir:

Yer sarsıntısı sonucu oluşan etkiler: Fay üzerinde deprem sırasında atım çok büyük olursa veya çok şiddetli bir yer sarsıntısı olursa, başka bir deyişle depremin açığa çıkardığı enerji çok büyük ise yapılar, köprüler, yollar, tüneller ve barajların zarar görme olasılığı yüksektir. Bu etki yer hareketi ile ilgili olup yüzeysel yayılan deprem dalgaları sonucu meydana gelir.

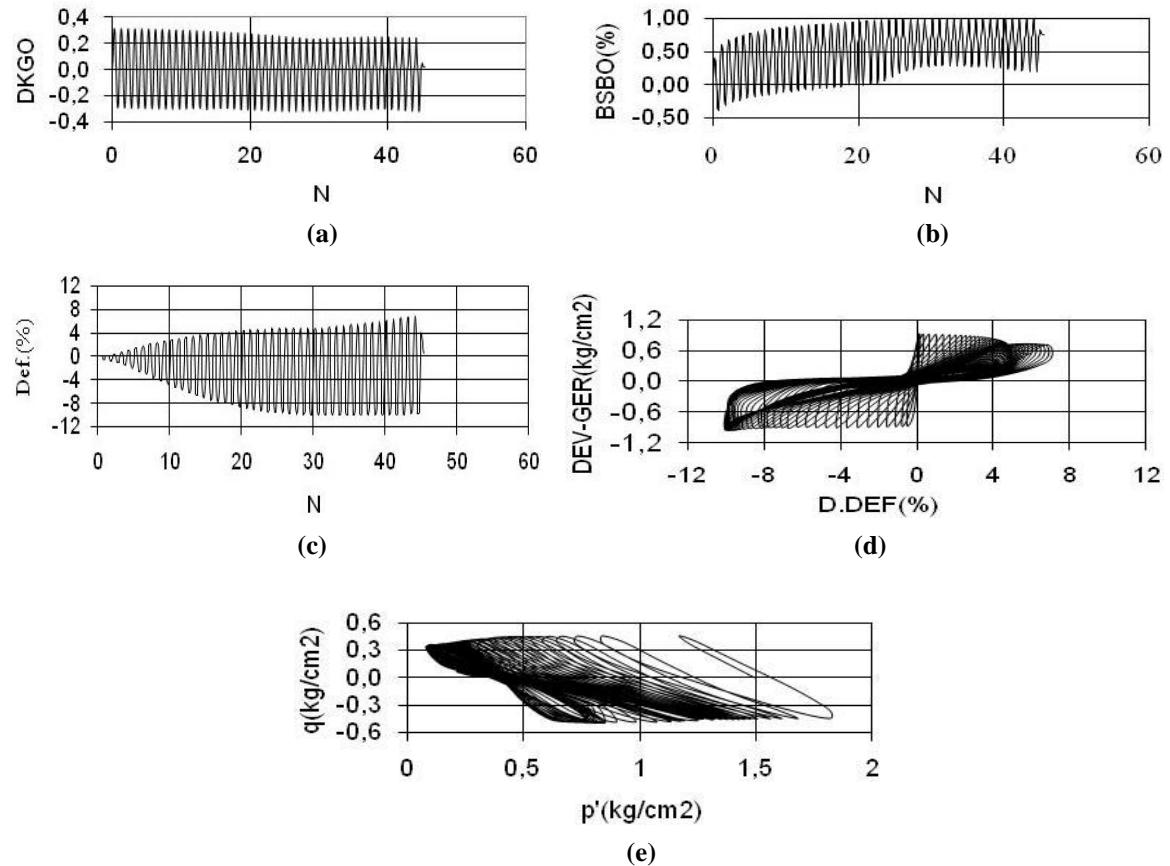
Yanal yayılma ve sıvılaşma sonucu oluşan etkiler: Bu etkiler daha çok suya doymuş zemin tabakalarında görülmekte olup üzerindeki yapıları etkilerler.

Denizlerde veya okyanuslarda bulunan fayların hareketi sonucu oluşan etkiler: Denizlerde veya okyanuslarda bulunan fayların hareketi sonucu oluşan depremlerden hemen sonra meydana gelen ve Tsunami adı verilen dalgalar, depremin ve oluşturduğu dalga yüksekliğinin büyüklüğüne bağlı olarak kıyılarda bulunan yapılara büyük zarar verirler. Bu etki özellikle Pasifikte ve Hint okyanusunda meydana gelen depremlerde görülmüş, çok büyük can ve mal kaybına neden olmuştur.

3. Zemin Özelliklerinin Yapısal Hasara Etkisi

Yumuşak zeminler genellikle ince zemin danelerinden oluşur ve su içerikleri yüksektir. Bu zeminleri yüksek plastisiteli killer ve siltler olarak sınıflandırabiliriz. Tekrarlı gerilmeler etkisindeki zemin davranışı ile ilgili ilk çalışmalar Seed ve Chan [2] ile Thiers ve Seed [3] tarafından yapılmıştır. Daha sonra Andersen ve diğ. [4], Ansal [5] ile Ansal ve Erken [6-8] tekrarlı yükler altında zemin davranışı ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Matsui ve Bahr [9], Özay ve diğ. [10], Erken [11], Özay ve Erken [12] ile Özay ve Erken [13] yaptıkları çalışmalarda tekrarlı yük altında zemin davranışını etkileyen parametreler kapsamlı olarak incelenmiştir. Zeminler plastisite indislerine ve kıvamlarına göre tekrarlı yükler etkisinde farklı davranış göstermektedirler. Diğer bir indis olan likidite indisine bağlı olarak da aynı plastisitedeki kil farklı davranış göstermektedir. Burada üzerinde durulması gereken en

önemli unsur deformasyon seviyesidir. Zemin belli bir deformasyon seviyesinden sonra kayma modülünün de aşırı azalması sonucunda büyük yer değiştirme ve şekil değiştirme göstermektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar daha çok laboratuvar menşeli ve deneysel çalışmalardır. Üç eksenli tekrarlı yüklemeli deney sistemlerinde yumuşak killer üzerinde yapılan deney sonuçları Şekil 1’de verilmiştir. Bu deney, 1999 Marmara depreminden hemen sonra yapılan geoteknik inceleme sonucu Adapazarı bölgesinde yaklaşık 10 m derinlikten alınan %11 kaba dane içeren bir zemin örneği üzerinde yapılmıştır. Numune %100 suya doymun olup non-plastik silt bir numunedir. Adapazarı şehir merkezinden alınan non-plastik bir silt zemin örneğinin tekrarlı gerilme altında davranışı Şekil 1’de görülmektedir. Şekilde DKGÖ ile gösterilen deviatorik gerilme Dinamik Kayma Gerilmesi Oranı olup çevre gerilmesine göre normalize edilmiştir. Değeri $\sigma_d/2\sigma_c$ oranına eşittir. Burada σ_d tekrarlı düşey deviatorik gerilme, σ_c ise deneyde uygulanan hücre basıncı veya çevre basıncıdır. Bu değer numunenin arazide etkisinde kaldığı jeolojik yükten daha büyük seçilerek numune örselenmesinin önüne geçilmiştir. Deney sonuçlarından görüldüğü gibi numune üzerindeki tekrarlı gerilme 20 çevrim sayısına geldiği zaman boşluk suyu basıncı artışları sonucu efektif gerilme sıfır değerine yaklaşmakta ve numune sıvılaşımaktadır. Bu sırada numunede oluşan tekrarlı düşey deformasyon değeri $\varepsilon_{da} \pm 6$ seviyesindedir. Laboratuvarında oluşan bu değerler bize bu tür zemin üzerinde bulunan yapılarda dönme ve aşırı oturmaların olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Adapazarı’nda 1999 depreminden hemen sonra araziden alınan örselenmemiş non-plastik bir silt numunesinin laboratuvarında yapılan dinamik üç eksenli basınç deneyi sonuçları

- (a) Tekrarlı kayma gerilmesi oranı-çevrim sayısı ilişkisi (b) Boşluk suyu basıncı oranı-çevrim sayısı ilişkisi
(c) Düşey deformasyon-çevrim sayısı ilişkisi (d) Gerilme-deformasyon ilişkisi
(e) Gerilme izleri yöntemi ile gerilmelerin gösterilişi

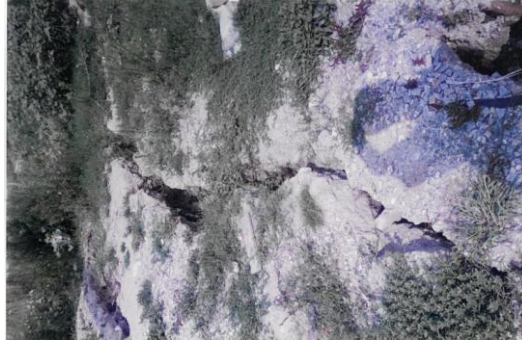
Deney sonuçlarından da görüldüğü gibi non-plastik siltli zeminlerde de kumlar gibi sıvılaşma olmaktadır. Bu gibi zeminler üzerinde bulunan yapılarda oluşan hasarlar Şekil 2’de görülmektedir. Şekil 2(a)’da yapı rijit olduğundan üst yapıda kolon ve kirişlerde bir kırılma ve hasar oluşmazken yapıda devrilme ve dönme meydana gelmiştir. Burada yapının temel derinliğinin yeterli olmadığı da söylenebilir. Şekil 2(b)’de ise geleneksel yöntemle yapılmış yığma ahşap payandalı eski bir binada ise taşıyıcı sistemde hasar olmadan yapıda aşırı oturmalar oluşmaktadır. Yapı yaklaşık kaldırım seviyesinden 1 m civarında oturmuştur. İnce daneli zeminlerde oluşan bu etkiler sıvılaşma ve taşıma gücü kaybından ileri gelmektedir. Şekil 2(c)’de zemin sıvılaşması sonucu tali çatlaklardan ince zeminin aktığı görülmektedir.



(a) Sıvılaşan zeminde yetersiz temel derinliğinden dolayı oluşan yapı hasarı



(b) Sıvılaşma ve aşırı mukavemet kaybı olan zeminde geleneksel eski bir yapıda oluşan oturma



(c) Sıvılaşan zeminin çatlaklardan akması

Şekil 2. 1999 Marmara depreminde Adapazarı’ndaki yapılarda ve zeminde görülen hasarlar.

4. Üst Yapı Özelliklerinin Yapısal Hasara Etkisi

Yapılarda oluşan hasarların genel olarak üst yapıda tasarımdan ve imalattan kaynaklanan kusurlu işler olduğu söylenebilir. Bu konu ile ilgili ulusal ve uluslararası pek çok yayın yapılmış olup çalışmalara halen devam edilmektedir. Ülkemizde Cumhuriyet döneminde başlanan afet yönetmeliklerinde ilk adım Erzincan depreminde sonra 1940 yılında atılmıştır. Daha sonra her büyük depremden sonra oluşan etkiler göz önüne alınarak bu yönetmelikler güncellenmiştir. Üst yapıda imalat hataları ve malzeme önemli etkenlerdendir. Özellikle betonarme yapılarda malzeme özellikleri önemli yere sahiptir. Gelişen teknolojilere paralel olarak beton kalitesinin artması sonucu yüksek yapılar artık betonarme olarak yapılabilmektedir. Artık yapılarda C30 sıradan beton olarak kullanılmakta,

laboratuvar şartlarında C100 betonu elde edilebilmektedir. Ancak şantiye koşullarında betonun yerleştirilmesi, korunması, iyi kontrol ve nitelikli işçilik gerektirir. Donatı çeliği ve onun projesine göre yerleştirilmesi ile düğüm noktaları işçiliği oldukça önemlidir ve kritik hataların yapıldığı yerlerdir. Özellikle 1999 Marmara depreminden sonra toplumda duyarlılığın artmasına karşın yeterli denetim ve işçilik hala istenilen düzeyde değildir. Yeni yönetmelikler ve yapısal analizde ulaşılan noktalarda en ileri düzeylere varılmasına karşın denetim ve üretimde oluşan eksiklikler, halen büyük zararların, can ve mal kayıplarının oluşmasına neden olmaktadır. Üst yapıda oluşan hasarların nedenlerini, geçmişte yaşadığımız depremlerden elde ettiğimiz bilgileri yerinde çekilen fotoğraflarla Şekil 3, 4, 5 ve 6'da görebiliriz.

Şekil 3'de betonarme bir binada güçlü kiriş-zayıf kolon sonucu oluşan hasar görülmektedir. Bu tip hasarların oluşmaması için düzenlenen son yönetmeliklerimizde kolon ve perdelerin güçlü olması ve yapının performansının artırılması şartı getirilmiştir.



Şekil 3. Güçlü kiriş-zayıf kolon hatası sonucu yıkılan bir bina (1999 Marmara depremi, Adapazarı)

Şekil 4 ve 5'de ise yumuşak kat sonucu yıkılan binalar görülmektedir. Bu binalar genellikle ticari amaç için yapılırlar. Özellikle 1999 depreminde Adapazarı ve İzmit te bu şekilde yıkılan bina sayısı oldukça fazladır. Katların rijitliklerindeki ani değişimlerde hasarın diğer nedenidir.



Şekil 4. Yumuşak kat veya zayıf zemin kat sonucu yıkılan binalar (1999 Marmara depremi, Adapazarı)



Şekil 5. Yumuşak kat veya zayıf zemin kat sonucu yıkılan binalar (1999 Marmara depremi, Adapazarı)

Betonarme yapılardaki imalat kusurları, paspayın yeterli olmaması, etriye sıklaştırma ve kanca boylarının yanlış yapılması oluşan hasarın diğer nedenleridir. Özellikle beton yerleştirme sırasında oluşan boşluklar iyi vibrasyon uygulanmadığı takdirde aderansı etkilemektedir. Ayrıca boşluklu olması hem betonun dayanımını düşürmekte hem de donatının ileride korozyona uğramasına neden olmaktadır.



Şekil 6. Kolon-kiriş bileşim yerinde yetersiz etriye olması

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, deprem kuşağında bulunan ve sürekli deprem riski ile karşı karşıya bulunan ülkemizde deprem sonucu yapılarda ve zeminde oluşan hasarın nedenleri, zemin ve yapı özellikleri açısından ayrı ayrı kısaca açıklanmaya çalışılmıştır. Yumuşak zeminlerde görülen etkiler deneysel çalışma ve arazi gözlemlerine göre değerlendirilmiştir. Yumuşak zeminlerde oluşan büyük deformasyonlar, sıvılaşma ve taşıma gücü kayıpları sonucu yapılarda olan hasarlar 1999 Marmara depremi görselleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Yapısal hasarın diğer paydası olan üst yapı özellikleri de görsellerle yorumlanarak belirtilmiştir. Günümüzde tasarım yöntemlerinin gelişmesi pek çok önlemleri önceden almamızı olanaklı kılmaya rağmen, imalat ve denetimdeki eksiklikler daha fazla önlem alınması gereken hususlar olarak karşımıza çıkmaktadır. İmalatı yapan ustaların eğitimi ve imalat denetimi ülkemizde üzerinde durulması gereken konuların başında gelmektedir. Sonuç olarak, tabii bir afet olan depreme karşı yapılarımızın mümkün olduğu kadar az hasar görmesi için tasarım aşamasından uygulama aşamasına kadar yapılacak denetimler önem arz etmektedir. Yönetmelikleri çok sık bir şekilde değiştirmek yerine uygulamaların ve imalatların mevcut mevzuat ve kurallara uygunluğunu denetlemek daha büyük bir önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- [1] Kadioğlu M., Özdamar E., *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*, JICA Türkiye Ofisi, Yayın No:2, Ankara, 2008.
- [2] Seed H.B., Chan C.K., “Clay Strength under Earthquake Loading Condition”, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Engineering Division ASCE*, vol. 92, pp. 53-78, 1966.
- [3] Thiers G.R., Seed H.B., “Strength and Stress-Strain Characteristics of Clays subjected to Seismic Loading Conditions”, *American Society of Testing and Materials, ASTM*, vol. 450, pp. 3-56, 1969.
- [4] Adersen K.H., Pool J.H., Brown S.F., Rosenbrand W.F., “Cyclic and Static Laboratory Tests on Drammen Clay”, *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, vol. 106, pp. 499-529, 1980.
- [5] Ansal A.M., *Zeminlerin Dinamik Kayma Gerilmeleri Altında Davranışları*, Doçentlik Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1981.
- [6] Ansal A.M., Erken A., 1982. “Rate Dependent Dynamic Behavior of Normally Consolidated Clay”, *7th European Conference on Earthquake Engineering*, 20-25 September, Athens, Greece, pp. 329-336, 1982.
- [7] Ansal A.M., Erken A., “Kohezyonlu Zeminlerin Tekrarlı Gerilmeler Altında Davranışı”, *Deprem Araştırma Bülteni*, vol. 50, pp. 10-53, 1986.
- [8] Ansal A.M., Erken A., “Undrained Behavior of Clay under Cyclic Shear Stresses”, *Journal of the Geotechnical Engineering, ASCE*, vol. 115, pp. 968-983, 1989.
- [9] Matsui T., Bahr M.A., “Prediction of Shear Characteristics of Undistributed Clays after Cyclic Loading”, *Proceedings of the 10th World Conference Earthquake Engineering*, Madrid, 1992.
- [10] Özay R., Okur V., Erken A., “Örselenmemiş Killi Zeminlerde Kıvamın Dinamik Kayma Modülü ve Sönüme Etkisi”, *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Kongresi*, pp. 437-444, İstanbul, 2000.
- [11] Erken A., “The role of geotechnical factors on observed damage in Adapazari during 1999 earthquake”, *15th ICSMGE, TC4 Satellite Conference on Lessons Learned from Recent Strong Earthquakes*, pp. 29-32, İstanbul, 2001.
- [12] Özay R., Erken A., *Örselenmemiş Killi Zeminlerin Statik Mukavemetine Deprem Yüklerinin Etkisi*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
- [13] Özay R., Erken A., “Killi Zeminlerin Tekrarlı Mukavemetine Kaba Dane Oranının Etkisi”, *Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 16. Ulusal Kongresi*, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2016.

DBYBHY07 Özelinde Yerel Zemin Özelliklerinin Bina Kaba Maliyetine Etkisi

Impact of Local Soil Properties on Rough Cost of Building in DBYBHY07

Semra ÖNAL¹, İnan KESKİN¹

¹Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 78050 KARABÜK
(inankeskin@karabuk.edu.tr)

Özet: Bu çalışmada; tipik planı aynı 8 katlı betonarme binanın, farklı deprem bölgeleri için zemin mühendislik özelliklerindeki değişime bağlı olarak kaba inşaat maliyetindeki değişimi incelenmiştir. Maliyet değişimini göstermek üzere projelendirilen bina; I. Derece, II. Derece, III. Derece, IV. Derece Deprem Bölgelerinde, depremsiz durumda ve değişen zemin sınıflarında (Z1, Z2, Z3, Z4) olduğu düşünülmüştür. Statik ve betonarme tasarımı yapılırken herhangi bir düzensizliğin olmamasına ve projenin simetrik olmasına dikkat edilerek TS500 ve DBYBHY07'ye uygun projelendirilmiştir. Tasarımlar Sta4CAD (v13.1) paket programı yardımıyla modal analiz yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Farklı deprem bölgeleri ve farklı zemin sınıflarına bağlı olarak elde edilen karkas (beton, çelik ve kalıp) inşaat metrajları çıkartılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018)'nin birim fiyatları ile her bir yapının karkas sistem maliyeti hesaplanmıştır. Metraj sonuçları zemin sınıfları ve deprem bölgelerine bağlı olarak yaklaşık toplam maliyet değerleri revize edilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Maliyet değişimi Z4 zemin sınıfında, 1. Derece Deprem Bölgesine karşılık depremsiz durumda %18,8 lik, 4.Derece Deprem Bölgesine göre ise %9,5'lik bir artış gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Zemin sınıfları, deprem bölgeleri, betonarme bina maliyeti, karkas inşaat maliyeti

Abstract: In this study; The typical plan of the same 8-storey reinforced concrete building, the change in the cost of rough construction due to the change in soil engineering properties for different earthquake zones were investigated. The building designed to show the cost change; First Degree, II. Degree, III. Degree IV. Degree Earthquake Zones, non-earthquake status and changing soil classes (Z1, Z2, Z3, Z4) were considered to be. Static and reinforced concrete designs are designed in accordance with TS500 and DBYBHY07, making sure that there are no irregularities and that the project is symmetrical. The designs were made by using modal analysis method with the help of Sta4CAD (v13.1) package program. Carcass (concrete, steel and formwork) construction quantities obtained due to different earthquake zones and different soil classes were extracted. According to the results, the unit prices of the Ministry of Environment and Urbanization (2019) and the carcass system cost of each structure were calculated. The total cost values have been revised and comparisons have been made depending on the results of the quantities, soil classes and earthquake zones. Cost change In the Z4 soil class, an increase of 18.8% was observed in the earthquake-free situation compared to the 1st Degree Earthquake Region and 9.5% compared to the 4th Degree Earthquake Region.

Keynote: Soil classes, earthquake zones, reinforced concrete building cost, carcass construction cost and so on

1. Giriş (Introduction)

Ülkemizin hemen hemen her bölgesi deprem bölgesinde yer almaktadır. Bu yüzden ülkemizde ki bölgelerin her biri farklı boyutlarda deprem etkisinde kalmaktadır. Nitekim; 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana-Ceyhan, 1999 İzmit-Adapazarı-Gölcük-Yalova ve 1999 Düzce’de meydana gelen depremlerde, ortaya çıkan can ve mal kayıpları, tehlikenin büyüklüğünü ortaya koymuştur. Bu gibi depremlerde ortaya çıkan kayıpların, ülkemizde, gelişmiş ülkelere göre çok daha büyük boyutlarda olması, üzerinde düşünülmesi gereken önemli bir konudur (Tekeli, 2003)

Yapı tasarımında amaç, deprem esnasında can kaybının olmamasını sağlamaktır. Bir yapı ömrü içerisinde; çok sık oluşabilecek hafif şiddetli depremlerde hiç hasar görmemelidir, orta şiddetli depremlerde ise taşıyıcı sistemi hiç hasar görmemelidir, şiddetli depremlerde ise taşıyıcı sistem zarar görebilir ancak yapı kesinlikle göçmemelidir. Depremde hasar gören veya yıkılan yapılar üzerinde yapılan incelemeler, hasar ve yıkılmanın çeşitli nedenlere dayandığını göstermektedir. Genelde hasarların nedeni olarak; bilgisizlik, gereken zemin etütlerinin yapılmamış olması, bina geometrisinin ve taşıyıcı sisteminin yetersiz veya eksik yapılmasından kaynaklandığı ortaya çıkmıştır (Dorum vd., 2006)

Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, ‘TS 500- Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları’ ve ‘2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’ te verilmiştir. 2007 deprem yönetmeliğinde belirtilen deprem bölgeleri, Deprem Bölgeleri Haritası’nda gösterilen birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgeleridir. Yönetmelik deprem bölgelerinde yapılacak olan binaların yerel zemin sınıflarını Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak tanımlamıştır. (DBYBHY, 2007)

Deprem hesabında, yapıya etki edecek toplam deprem yükü, yapının bulunduğu deprem bölgesi ve zemin sınıflarının yanında yapının kütesine ve periyodunada bağlıdır (DBYBHY, 2007). Deprem bölgeleri ve zemin sınıflarına göre, ön görülen deprem şiddeti birbirinden farklı olacağı için yapıya etki edecek deprem yüküde farklı olacaktır. Bu nedenle yapının taşıyıcı sisteminde ki eleman boyutları ve donatılarında buna paralel bir şekilde değişecektir.

Bu çalışmada, konut türü betonarme bir bina, sekiz katlı modellenerek Sta4CAD (v13.1) analiz programı yardımıyla çözülmüştür. Modeller; dört değişik zemin sınıfı için her bir zemin sınıfı içinde dört değişik deprem bölgeleri dikkate alınarak statik ve betonarme hesapları yapılmıştır. Her bir analiz sonucunda taşıyıcı sistem için karkas inşaat yani beton, donatı ve kalıp metrajlarının kaba maliyetleri çıkarılmıştır. Elde edilen maliyet değişimlerine göre yerel zemin sınıfları ve deprem bölgelerine bağlı olarak maliyet değişimi hesaplanmıştır.

2. Matertal ve Method (Materials and Method)

Yapılan literatür taraması sonucunda yürürlükte bulunan yönetmelikler sayesinde yapılar projelendirilmesi aşamasında depreme dayanıklı tasarlanarak yapının kendi içinde yeterli güvenliği sağlatılmıştır. Yapının güvenli projelendirilmesinin yanı sıra diğer önemli unsur ise sağlam bir zemin üzerine yapının yapılmasıdır. Maalesef ülkemizde en az önem

verilen parametrelerin başında zemin durumu gelmektedir. Bunun sonucunda da zemin mühendislik parametrelerine bağlı olarak bina maliyetlerinde gereksiz artışlar veya ön görülen düzeyde sağlam yapılar yapılamamaktadır.

Geoteknik mühendisliği; hızla artan dünya nüfusuyla orantılı olarak ihtiyaçların daha hızlı, ekonomik ve güvenli karşılanabilmesi adına sürekli gelişim içindedir. Bu gelişmelere rağmen zemin göz ardı edilen bir durumdur. Bir yapının genel olarak güvenliği, proje, zemin, üretim, uygulama ve denetim gibi öğelerin bir bütün halinde doğru ve kaliteli olarak gerçekleşmesi ile sağlanabilir. Yapılar çok iyi projelendirilmiş olsa bile zemin durumunun göz ardı edilmesi veya inşa aşamasında gerekli önemin verilmemesi sonucunda en iyi statik hesaplamalar ve projelendirmeler yapılmış dahi olsa yapının ilk karşılaşacağı dış etkilerden gereğinden fazla etkileneceği aşıkardır. O nedenle ki “Yapılar tasarlandığı gibi değil inşa edildiği gibi davranır.” sözü oldukça önemli olmaktadır. Yapının projelendirilmesinden itibaren teslimine kadar zemin, temel ve yapı bölümlerinde göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü geoteknik ve yapı mühendisliği ortak çalışıldığı zaman istenilen optimum çözümü sunmaktadır (Önal, 2019)

Çalışmada, konut türü, katlarda ikişer daire bulunan sekiz katlı betonarme bina, kat yüksekliği 3 m, döşeme kalınlığı 13 cm, kolon başlangıç boyutları 25x30 (analiz sonucu yetersiz kaldıkça arttırılmıştır), kiriş başlangıç boyutları (analiz sonucu yetersiz kaldıkça arttırılmıştır) 25x50, beton sınıfı C25/30, donatı ve etriye sınıfı S420 olan betonarme yapının, zemin yatak katsayısı 10000 t/m³, zemin emniyet gerilmesi 50 t/m², zemin sınıfı Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında ve her bir zemin sınıfı için depremsiz durum, 1., 2., 3. ve 4. Derece Deprem Bölgelerine göre Sta4CAD analiz programı yardımıyla statik ve betonarme hesaplamaları modal analiz yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Proje Verileri

	A _o	T _a	T _b
Z1	0,4-0,3-0,2-0,1-0	0,10	0,3
Z2	0,4-0,3-0,2-0,1-0	0,15	0,4
Z3	0,4-0,3-0,2-0,1-0	0,15	0,6
Z4	0,4-0,3-0,2-0,1-0	0,20	0,9

3. Sonuçlar (Results)

Değişik deprem bölgelerinin her birinde, dört farklı zemin sınıfı için çözümlenmeler yapılmış olup metrajları çıkartılmıştır (Çizelge 2). Elde edilen metraj sonuçları 2019 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarıyla çarpılarak metraj hesaplamaları yapılmıştır ve bu işlem sonucunda elde edilen toplam maliyet değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat listesine göre; C25/30 betonun m³ cinsinden birim fiyatı 185,90 TL, S420 çeliğinin Ø8-12 çap aralığının ton cinsinden birim fiyatı 3548,84 TL, Ø14-22 çap aralığının birim fiyatı 3504,78 TL ve kalıbın m² cinsinden birim fiyatı 48,50 TL'dir (www.birimfiyat.csb.gov.tr, 2018)

Çizelge 2. Metraj Sonuçlarının Gösterimi.

Deprem Bölgesi	Zemin Sınıfı	Miktarı			
		Beton m ³	Demir ton		Kalıp m ²
			Ø8- Ø12	Ø14- Ø28	
1.Derece Deprem Bölgesi	Z1	669,57	42,22	29,73	3606,60
	Z2	674,77	44,88	31,58	3756,97
	Z3	674,77	44,88	31,60	3756,97
	Z4	685,27	40,35	36,22	3820,30
2.Derece Deprem Bölgesi	Z1	667,77	42,27	26,89	3598,30
	Z2	667,77	42,36	28,86	3598,30
	Z3	672,97	44,72	30,93	3594,40
	Z4	678,77	44,55	33,46	3746,87
3.Derece Deprem Bölgesi	Z1	661,47	40,56	25,83	3585,00
	Z2	663,37	41,33	25,47	3592,00
	Z3	663,37	41,25	26,74	3592,00
	Z4	666,07	42,19	29,56	3590,00
4.Derece Deprem Bölgesi	Z1	654,19	39,63	23,15	3585,39
	Z2	663,37	40,78	24,66	3592,00
	Z3	663,37	40,97	24,66	3601,20
	Z4	666,25	41,03	24,88	3620,15
Deprem-siz Durum	Z1	599,42	32,18	25,74	3280,79
	Z2	599,72	34,42	30,07	3282,19
	Z3	614,69	34,24	29,14	3302,99
	Z4	615,75	34,19	31,15	3340,79

Çizelge 3. Toplam Maliyet Değişiminin Gösterimi.

Deprem Bölgesi	Zemin Sınıfı	Toplam Maliyet (TL)
1.Derece Deprem Bölgesi	Z1	553422,30
	Z2	577605,70
	Z3	577675,80
	Z4	582815,07
2.Derece Deprem Bölgesi	Z1	542909,10
	Z2	550132,90
	Z3	566540,50
	Z4	583278,10
3.Derece Deprem Bölgesi	Z1	531309,20
	Z2	533472,80
	Z3	537640,00
	Z4	551364,30
4.Derece Deprem Bölgesi	Z1	517281,53
	Z2	528682,10
	Z3	529802,53
	Z4	532241,00
Depremsiz Durum	Z1	474965,20
	Z2	498214,00
	Z3	498107,50

Zemin sınıfları dikkate alınmadan deprem bölgelerine bağlı olarak ortalama değerleri alındığında projelerde oluşan maliyet değişimi;

Depremsiz durum 490495,70 TL,

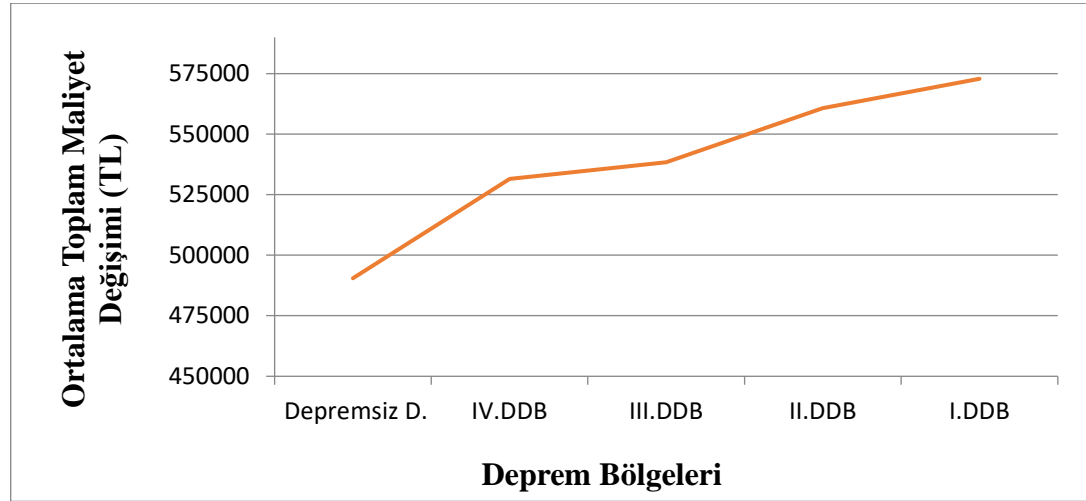
IV. Derece Deprem Bölgesi 531566,78 TL,

III. Derece Deprem Bölgesi 538421,58 TL,

II. Derece Deprem Bölgesi 560715,15 TL ve

I. Derece Deprem Bölgesi 572879,72 TL yaklaşık olarak bulunmuştur. Elde edilen değişimlere göre;

- Depremsiz duruma göre, Birinci Derece Deprem Bölgesinde %16,8'lik artış,
- Depremsiz duruma göre, Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde %14,3'lük artış,
- Dördüncü Derece Deprem Bölgesine göre Birinci Derece Deprem Bölgesi arasında %7,8'lik artış gözlenmiştir.



Şekil 1. Deprem bölgelerine bağlı olarak maliyet değişiminin grafiksel gösterimi.

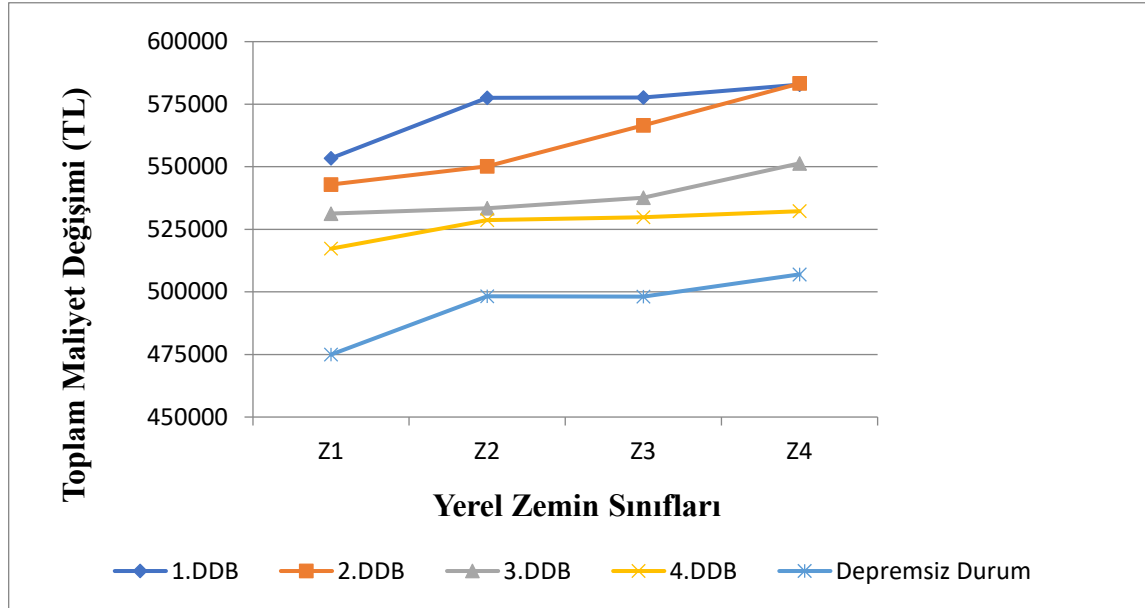
Zemin sınıflarına bağlı olarak maliyet değişimi incelenecek olursa burada oluşabilecek bir karışıklığı önlemek adına bazı zemin sınıfları arasında karşılaştırmalar yapılacaktır. Zemin sınıflarına göre;

Z1 zemin sınıfı kendi içinde;

- Depremsiz duruma göre Birinci Derece Deprem Bölgesinde %16,5'lik artış,
- Depremsiz duruma göre Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde ise %12,3'lük artış
- Dördüncü Derece Deprem Bölgesine göre Birinci Derece Deprem Bölgesinde ise %3,3'lük artış gözlenmiştir.

Z4 zemin sınıfı kendi içinde;

- Depremsiz duruma göre Birinci Derece Deprem Bölgesinde %18,8'lik artış,
- Depremsiz duruma göre Dördüncü Derece Deprem Bölgesinde ise %8,5'lik artış ,
- Dördüncü Derece Deprem Bölgesine göre Birinci Derece Deprem Bölgesinde ise %9,5'lik artış gözlenmiştir.



Şekil 2. Deprem bölgelerine ve yerel zemin sınıflarına bağlı olarak maliyet değişiminin grafiksel gösterimi.

4. Tartışma (Discussion)

Karşılaştırmalar sonucunda özellikle depremsiz durumla Birinci Derece Deprem Bölgesinde ve Dördüncü Derece Deprem Bölgesiyle Birinci Derece Deprem Bölgesi arasında belirgin farklar gözlenmektedir. Elde edilen verilere bakıldığında tüm projelerde deprem bölgesi ve zemin sınıfının önemli bir etken olduğu görülmektedir. Bu nedendir ki aynı projeyi farklı zemin koşullarında ve farklı deprem bölgelerinde yapmak gereksiz maliyet artışlarına neden olmaktadır. Sonuç olarak her bölgeye ve her zemin koşuluna bağlı olarak projeler revize edilmelidir. Ayrıca böyle yapılarak mühendislikteki 3E kuralı olan ergonomik, estetik ve ekonomik üçlüsü sağlanmış olmaktadır. Tüm bu elde edilen sonuçlara bakıldığında şunu söyleyebiliriz geoteknik kapsamında elde edilen veriler hem gerekli sağlamlığı hemde gereksiz harcamaları önlemek adına dikkate alınmalıdır.

Referanslar

- [1] Celep Z., K., N., ‘‘Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı’’, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1-596, (2000).
- [2] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ‘‘2018 Birim Fiyat Listesi’’,www.birimfiyat.csb.gov.tr, Ankara (2018).
- [3] Dorum A., Ö., E., ‘‘Farklı Deprem Bölgeleri Ve Farklı Zemin Sınıflarının Kaba Yapı Maliyetine Etkisi’’, Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi, Konya, C5 (2006).
- [4] DBYBHY-07, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara (2007).
- [5] STA4-CAD, ‘‘Sta4CAD Paket Programı Hakkında Bilgi’’, www.sta.com.tr
- [6] Semra ÖNAL, ‘Yerel zemin özelliklerinin betonarme bina maliyetlerine etkisinin araştırılması’, Yüksek Lisans Tezi, 2019.
- [7] Tekeli, H., 2003. Deprem Bölgesi ve Yerel Zemin Sınıflarının Bina Maliyetine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 76s., Isparta.
- [8] TS-500, ‘‘Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları’’, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (2000).

Afyonkarahisar İli Jeotermal Alanlarının Elektrik Özdirenç Yöntemi İle Değerlendirmesi ve Yorumu

Evaluation and Interpretation of Geothermal Fields in Afyonkarahisar Province by Electrical Resistivity Method

Eylem ŞEKER¹, Züheyr KAMACI²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü-İSPARTA, tel:0536 428 7598, e-posta: kahraman_eylem@hotmail.com

² Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü-İSPARTA.

Özet: Jeotermal alanlar temiz ve geri dönüşebilen bir enerji kaynağı olarak her geçen gün önemini arttırmaktadır. Tüm dünyada giderek artan enerji kullanımı, enerjiye olan talebi gün geçtikçe arttırmaktadır. Nüfus artışı, sanayileşme ve yaşam standartlarının yükselmesi bunun en önemli nedenleri olarak gösterilmektedir. Afyonkarahisar, termal sular yönünden zengin bir ilimizdir. Afyonkarahisar ilindeki jeotermal alanların potansiyelinin araştırılması amacıyla ilde bulunan Hüdai kaplıcalarının bulunduğu Sandıklı ilçesi, Ömer-Gecek kaplıcalarının bulunduğu Merkez ilçesi, Gazlıgöl kaplıcalarının yer aldığı İhsaniye ilçesi ve Heybeli kaplıcalarının bulunduğu Çobanlar ilçesini kapsayan araştırma sahasında özel şirketler tarafından yapılan jeofizik çalışmalarından özdirenç yöntemi verileri yeniden değerlendirilerek jeotermal alanların sıcak yerlerinin belirlenmesine katkı sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) yöntemi, arama jeofiziğinde kullanılan başlıca jeofizik yöntemlerdendir. Bu yöntemde amaç yer içinin yapısını, elektrik özelliğine (özdirenç) göre haritalamaktır. Çalışma alanında özel şirketler tarafından yapılan özdirenç çalışmalarında 52 adet DES ölçüsü bu çalışma kapsamında yeniden değerlendirilerek modellenmiştir. Değerlendirilen tüm veriler ve kesitler, araştırma sahasında bulunan sıcak su sondaj kuyularına ait parametrelerle ve sahanın tektonik durumu ile birlikte yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Afyonkarahisar, jeotermal, özdirenç.

Abstract: Geothermal fields are becoming more and more important as a clean and recyclable energy source. Increasing use of energy around the world increases the demand for energy day by day. Population growth, industrialization and rising living standards are considered as the most important reasons for this. Afyonkarahisar is a province rich in thermal waters. In order to investigate the potential of geothermal areas in Afyonkarahisar province, Sandıklı district, where Hüdai thermal springs are located in the province, Merkez district where Ömer-Gecek spas are located, İhsaniye district where Gazlıgöl spas are located, and Çobanlar geological work carried out by the geodetic analysis method which is made by geodetic analysis of the geodetic work It was prepared in order to contribute to the determination of the hot places of the areas.

Direct Current Resistivity (DAÖ) method is one of the main geophysical methods used in exploration geophysics. The aim of this method is to map the structure of the earth according to its electrical property (resistivity). In the resistivity studies conducted by private companies in the study area, 52 DES measures were re-evaluated and modeled within the scope of this study. All data and cross-sections evaluated were interpreted together with the parameters of the hot water boreholes and the tectonic status of the site.

Keywords: Afyonkarahisar, geothermal, resistivity.

1. Giriş

Jeotermal alanlar temiz ve geri dönüşebilen bir enerji kaynağı olarak her geçen gün önemini arttırmaktadır. Sanayileşme ve nüfus artışı, enerji alanındaki bilimsel ve teknolojik çalışmaları zorunlu hale getirmiştir. Jeotermal, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasal içeren sıcak su, buhar ve gazlara denilmektedir.

Ülkemiz jeolojik yapısındaki çeşitlilik dikkate alındığında, jeotermal kaynakların belli yöre ve bölgelerde yer aldığı, jeotermal sistemlerin genç tektonik ve volkanik faaliyetlere bağlı olarak geliştiği görülmektedir. Özellikle Batı Anadolu, ülkemiz jeotermal kaynaklarının oldukça yoğun olduğu bölgedir. Yüksek potansiyele sahip olan alanların Batı Anadolu'da yoğunlaşması, jeolojik unsurların ve süreçlerin doğal sonucudur. (Akkuş ve Alan, 2016)

Jeotermal enerji bakımından zengin potansiyele sahip Afyonkarahisar ilinde, jeotermal enerjinin kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Daha önceki yıllarda kaplıçalarda kullanılırken günümüzde termal turizm, konutların ısıtılması ve jeotermal seracılık gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Afyonkarahisar ilinde Ömer-Gecek jeotermal enerji sahası, Hüdai jeotermal enerji sahası, Heybeli jeotermal enerji sahası ve Gazlıgöl jeotermal enerji sahası olmak üzere dört adet jeotermal saha bulunmaktadır. Bu sahalarda daha önceden yapılan jeofizik çalışmalardan öz direnç yöntemi verileri bu çalışmada yeniden değerlendirilerek modellenmiştir. Değerlendirilen tüm veriler ve kesitler, araştırma sahasında bulunan sıcak su sondaj kuyularına ait parametrelerle ve sahanın tektonik durumu ile birlikte yorumlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Afyonkarahisar ili Ege Bölgesinin doğusunda, İç Batı Anadolu bölümü sınırları içerisinde yer almaktadır. Afyonkarahisar ili 28-32°D boylamları ile 36-40°K enlemleri arasında kalmaktadır. Afyonkarahisar ilindeki jeotermal alanların ve açılan sıcak su sondaj kuyularının dağılımına ve yapılmış olan jeofizik çalışma yerlerine göre çalışma alanı dört ayrı bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler; Gazlıgöl kaplıcalarının bulunduğu İhsaniye ilçesi 1.Bölge, Ömer-Gecek kaplıcalarının bulunduğu Merkez İlçesi 2.Bölge, Heybeli kaplıcalarının bulunduğu Bolvadin, Çay, Çobanlar ilçesi 3.Bölge ve Hüdai kaplıcalarının bulunduğu Sandıklı ilçesi ise 4.Bölge olarak isimlendirilmiştir.(Şekil 1.).



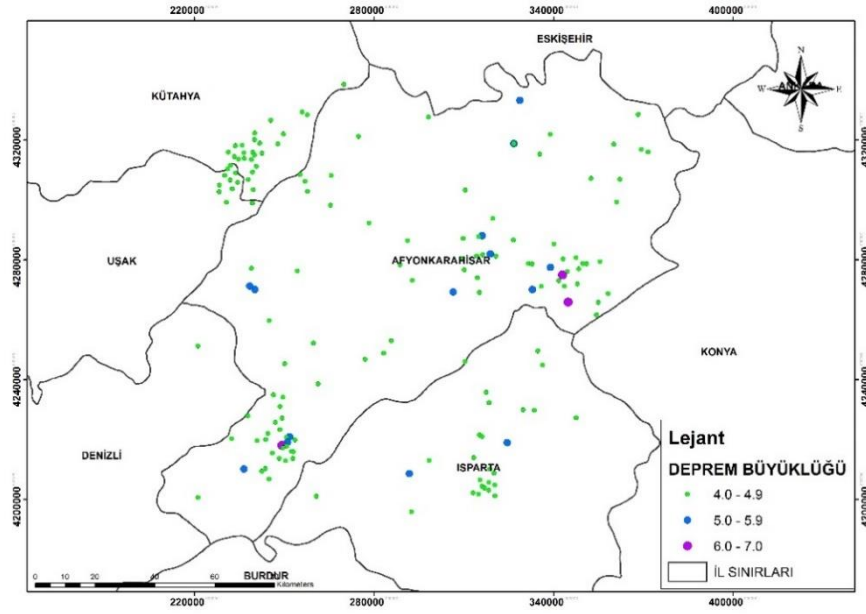
Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

2.1. Çalışma Alanı Tektonik Durumu ve Depremselliği

Ülkemizde faylarla parçalanmış olan Kuzey ve Doğu Anadolu fay kuşakları boyunca, Ege Bölgesi'nde özellikle Gediz Grabeni dahilinde, İzmir ve Çeşme civarında, Pamukkale, Bursa, Yalova, Afyonkarahisar, Haymana, Nevşehir, Acıgöl, Kızılcahamam, Doğu Anadolu'da Ilıca, Dumlu (Erzurum), Pasinler, Erzincan, Muş, Çermik (Diyarbakır), Çiftehane (Pozantı) civarında sıcak su kaynakları çıkmaktadır. Bu kaynaklar kırık hatlar boyunca yeraltına sızan suların derinlerde ısınarak ve bünyesine erimiş halde mineral maddeleri olarak yüzeye çıkmaları ile oluşmaktadır (Atalay, 1994).

Afyonkarahisar ilindeki jeotermal kaynakların oluşumunda, bölgenin jeolojik yapısının ve tektonik hareketler sonucu oluşan fay hatlarının etkisi büyüktür. Bölgede N-S ve NW-SE doğrultusunda uzanan fay hatları üzerinde ya da yakınında çıkan sıcak sular, ilin en önemli jeotermal kaynaklarını oluşturmaktadır (Kervankıran, 2012). Afyonkarahisar'ın depremselliğini etkileyen fay hatları; GD-KB yönlü Sultandağı Fayı başta olmak üzere Bolvadin Fayı, Çobanlar Fayı, Gecek Fayı, Örenkaya Fayı, Dinar Fayı ve Gemiş faylarıdır.

Afyonkarahisar ve yakın çevresinde, Ege Bölgesi'nin genişlemeli tektoniğinin etkisine bağlı olarak farklı zamanlarda değişik magnitüde depremler meydana gelmiştir. 6.1 magnitüdüdeki 1995 Dinar depremi, 6.0 ve 6.5 magnitüdüdeki 2000 ve 2002 Sultandağı ile yine 2002 yılındaki Çay depremleri bunlardan yakın tarihte meydana gelen yıkıcı depremlerdir. Afyonkarahisar İli ve çevresinde meydana gelen 4.0 ve 4.0'ın üzerinde olan depremler Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Afyonkarahisar İli ve çevresinde meydana gelen 4.0 ve 4.0'ın üzerindeki depremler(www.deprem.afad.gov.tr)

Şekil 2'deki haritaya göre, çalışma alanı içerisinde kalan depremlerin büyüklükleri 4.0-4.9 arasında değişmekte olup sadece 3.bölge çalışma alanı içerisinde meydana gelmiştir.

2.2. Çalışma Alanı Jeotermal Amaçlı Sondajlar

Afyonkarahisar ilinde MTA ve özel şirketler tarafından araştırma ve işletme amaçlı sıcak su sondaj kuyuları açılmıştır. İnceleme sahası içerisinde işletme ruhsatlı 169 adet sıcak su sondaj kuyusu bulunmaktadır. Gazlıgöl jeotermal alanı ve çevresinde(1.bölge) 57 adet sıcak su kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan 5 tanesi doğal mineralli su kuyusudur. Doğal mineralli su kuyularından şu an 2 tanesi kullanılmaktadır. 1.bölge çalışma alanında, sondaj kuyularının sıcaklıkları 19-83°C, debileri 2-45 lt/sn ve derinlikleri ise 55-1245 m arasında değişmektedir.

Ömer-Gecek bölgesinde(2.bölge) 49 adet jeotermal sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu alan içerisindeki sondaj kuyularının sıcaklığı 31-120°C, debileri 3-100 lt/sn ve derinlikleri ise 25-1330m arasında değişmektedir. Ömer-Gecek bölgesinde bulunan sıcak su kuyularının kuyu logları incelendiğinde; bu bölgedeki sıcak suların akifer kayacını Paleozoyik yaşlı Afyon Metamorfite, sıcak su akiferinin örtü kayacını ise Neojen yaşlı birimler oluşturmaktadır.

Heybeli jeotermal alanı içerisinde(3.bölge) 11 adet sıcak su kuyusu bulunmaktadır. Bu bölgede bulunan sondaj kuyularının sıcaklığı 37-56°C, debisi ise 2-50 lt/sn ve derinlikleri 146-755m arasında değişmektedir. Sondaj kuyularına ait kuyu loglarına göre, akifer kayayı Paleozoik kayalar, örtü kayayı ise senozoik birimler oluşturmaktadır. Heybeli civarında açılan sondajlarda kesilen birimler aynıdır.

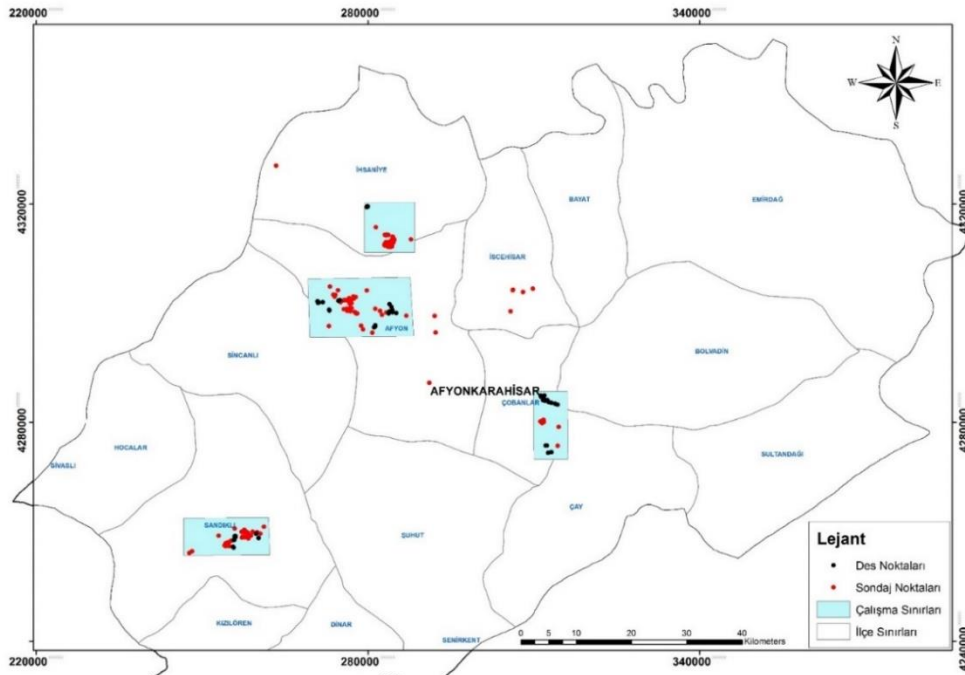
Hüdaî kaplıcası ve civarında(4.bölge) işletme ruhsatlı olan 39 adet sondaj kuyusu vardır. Bu kuyulardan bir tanesi reenjeksiyon kuyusudur. Sondaj kuyularının sıcakları 40-86°C, debileri 12-63 lt/sn ve derinlikleri 49-1300m arasında değişmektedir. Sıcak su üretimi için açılan kuyular Hüdaî Kaplıcaları yakınlarında 100–300 metreler civarında iken, kaplıcaya uzak olan doğu kesimlerde 1000 metreyi de geçmektedir.

2.3. Çalışma alanında uygulanan jeofizik yöntemler

Çalışma bölgelerinde daha önceden yapılan jeofizik çalışmalarından elektrik özdirenç yöntemi verileri kullanılacaktır. Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) yöntemi, arama jeofiziğinde kullanılan başlıca jeofizik yöntemlerdendir. Yöntem daha önce kullanılan doğal kaynaklı yöntemlerin yetersiz kalan taraflarını geliştirmek ve daha ayrıntılı yorumların yapılabilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Yöntem 20. Yüzyılın başında gündeme gelmiştir. 1912 ve 1914 yılları arasında Conrad Schlumberger tarafından yeraltını daha iyi tanımlayabilmek amacıyla yapılan çalışmalarda ilk kez kullanılmıştır (Dobrin, 1960).

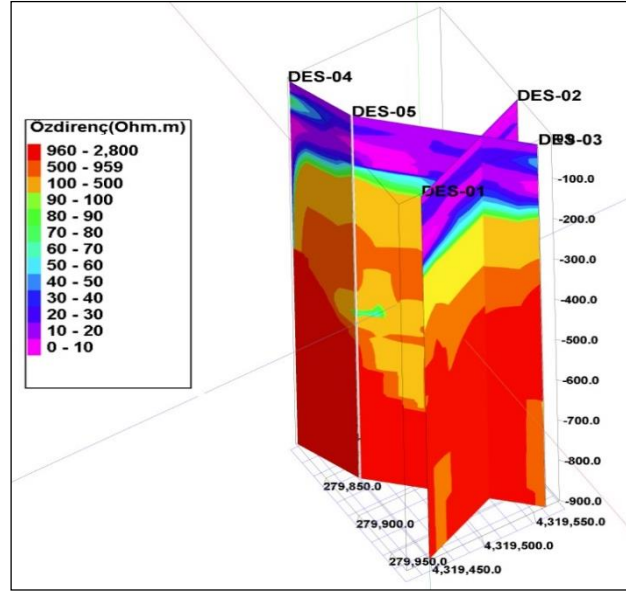
Özdirenç yöntemi ile yeraltındaki elektrik iletkenliğin değişkenliği incelenmektedir. Kayaçların özdirençleri, içerdikleri su ve çeşitli minerallere bağlı olarak değişmektedir. Buna bağlı olarak Düşey Elektrik Sondajı (DES) noktalarında kayaçların yüzeyden aşağıya doğru özdirenç değişimleri izlenerek, yeraltındaki tabakaların özdirenç ve kalınlıkları hesaplanır. Düşey Elektrik Sondajı (DES) ölçümlerinde Schlumberger dizilimi kullanılmıştır.

Çalışma alanı olarak ayrılan dört bölgede yapılan özdirenç çalışmalarından 5 adet DES ölçüsü 1. Bölgede, 18 adet DES ölçüsü 2. Bölgede, 16 adet DES ölçüsü 3. Bölgede ve 11 adet DES ölçüsü ise 4. Bölgede yer almak üzere toplam 52 adet DES ölçüsü bu çalışma kapsamında yeniden değerlendirilmiştir(Şekil 3.). Çalışma alanında 52 adet DES ölçüm noktalarından toplam 21 profil hattı oluşturulmuştur.



Şekil 3. DES ölçümlerini gösterir harita

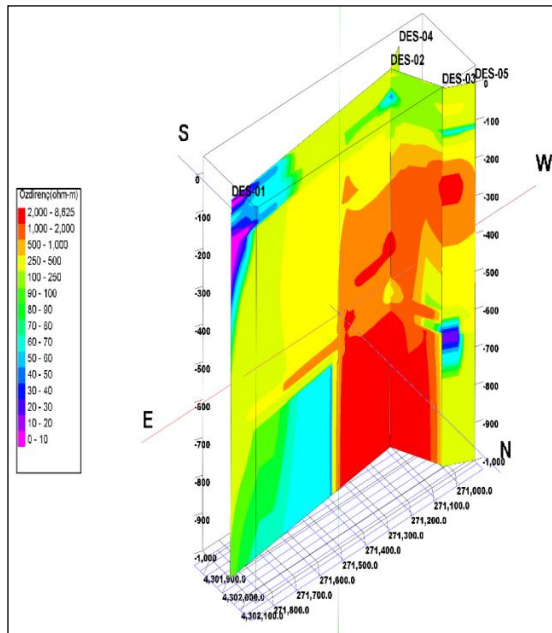
2.3.1. 1. Bölge verileri



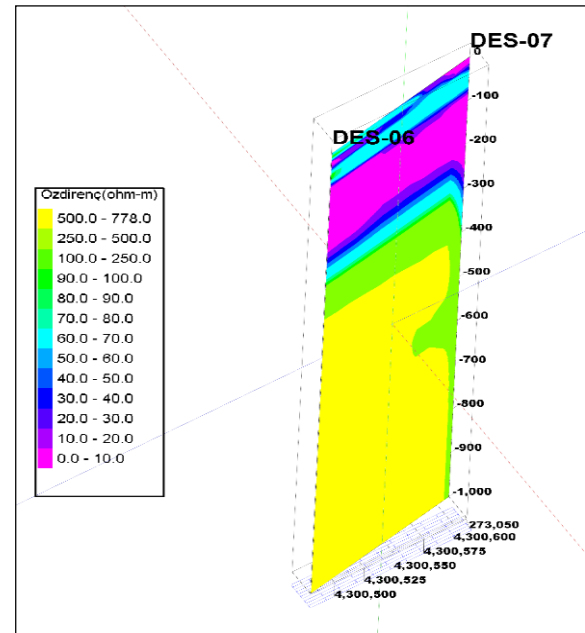
Şekil 4. Profil 1 ve profil 2'yi kapsayan üç boyutlu öz direnç derinlik kesiti

Şekil 4'de gösterilen kesitte, üst seviyelerde alüvyonal birimler, altta neojene ait birimler ve daha altlarda da tabanda beklenen paleozoik kayalar vardır. Yüzeyledeki örtü kayalardan sonra, gerçek öz dirençleri 50 ohmm'nin altında olan formasyonlar ortalama 150-200m derinliğe kadar devam etmektedir. 400-450. metrelerden sonra ise paleozoik yaşlı metamorfiklere girilecektir.

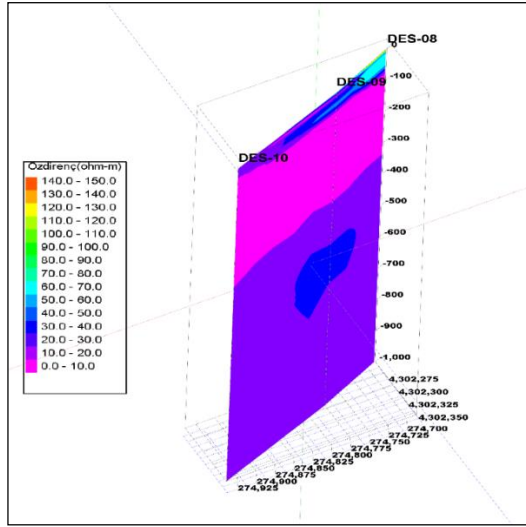
2.3.2. 2. Bölge verileri



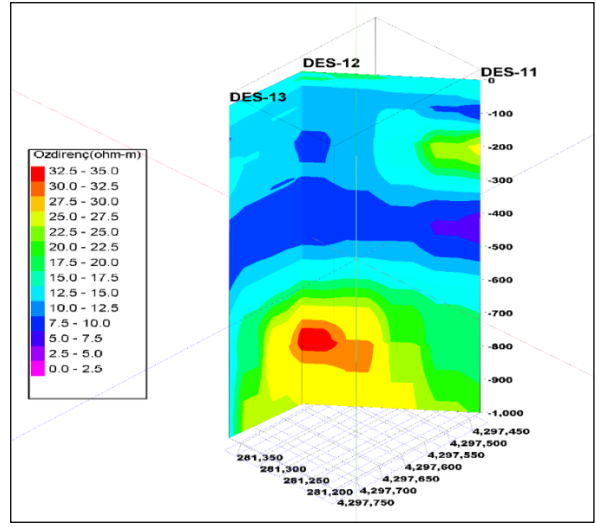
Şekil 5. Profil 3 ve 4'e ait üç boyutlu öz direnç derinlik kesiti



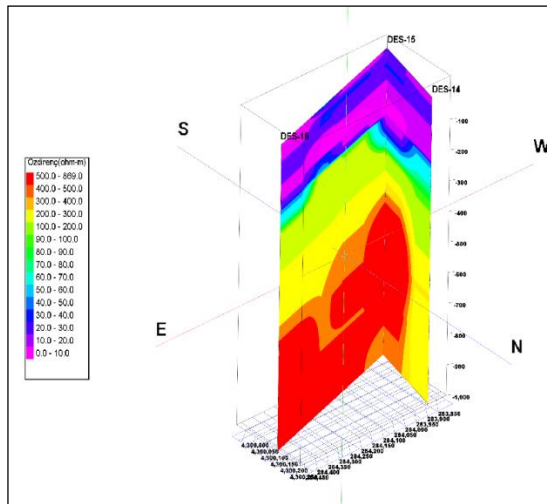
Şekil 6. Profil 5'e ait üç boyutlu öz direnç derinlik kesiti



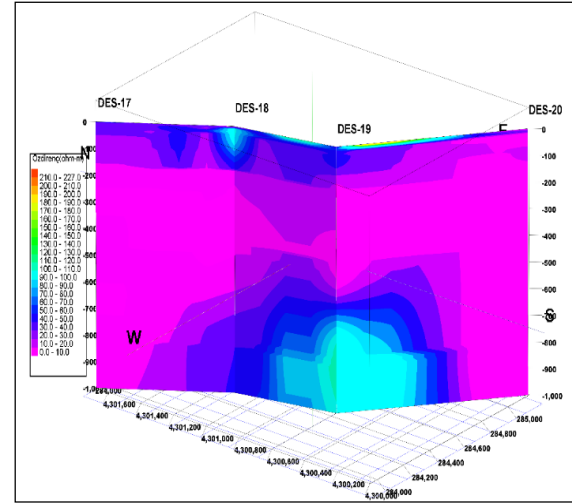
Şekil 7. Profil 6'ya ait üç boyutlu özdirenç derinlik kesiti



Şekil 8. Profil 7'ye ait üç boyutlu özdirenç derinlik kesiti



Şekil 9. Profil 8'e ait üç boyutlu özdirenç derinlik kesiti



Şekil 10. Profil 9'a ait üç boyutlu özdirenç derinlik kesiti

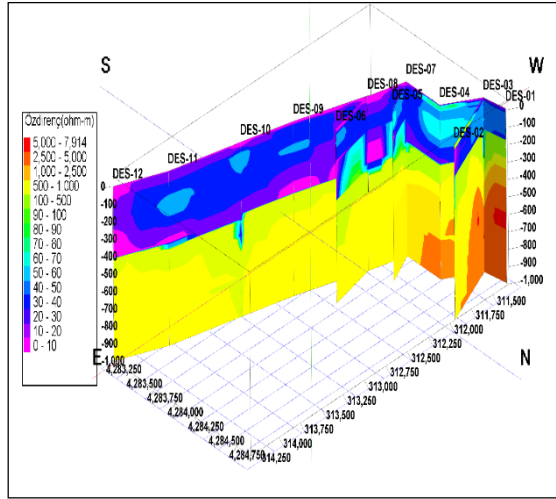
Şekil 5'deki kesitte; DES-1 noktasının altında yaklaşık 350. metrelerden sonra özdirenç değeri 200 ohmm'ler civarında olması tabanda az çatlaklı, kısmen masif kayaçların olabileceği, DES-3 noktasında yaklaşık 650-700 metreler arasındaki 14ohmm özdirençli seviyeler kısmen jeotermal ortamın örtüsü olarak yorumlanabilir. DES-4 ve DES-5 noktaları altında ise düşük özdirenç değerleri görülmemiştir. Şekil 6'da yer alan kesitte; yüzeye yakın seviyelerde özdirenç biraz düşük değerler görülürken yaklaşık 250m derinliklerden sonra DES-6 noktası altındaki kayaçların özdirenç değerleri belli bir uyum içerisinde devam etmektedir. Düşük özdirenç değerli zonların, killi, marnlı, volkanik tüflü, killi kalkerli vb. örtü olabilecek birimlerden oluştuğu, 350-400 metrelerden sonra elde edilen yüksek özdirenç değerli seviyelerinde, sahada rezervuar kayaç olabilecek andezitik kayaçlar, mermer, şistler vb. oluşan kayaçlardan oluştuğu söylenebilir.

Şekil 7'deki kesitte; volkanik kökenli ve kil ağırlıklı kayaçların 100 ile 350 metreler arasında olduğu, bu metrelerden sonra özdirenç değerlerinde çok fazla artışlar olmayarak

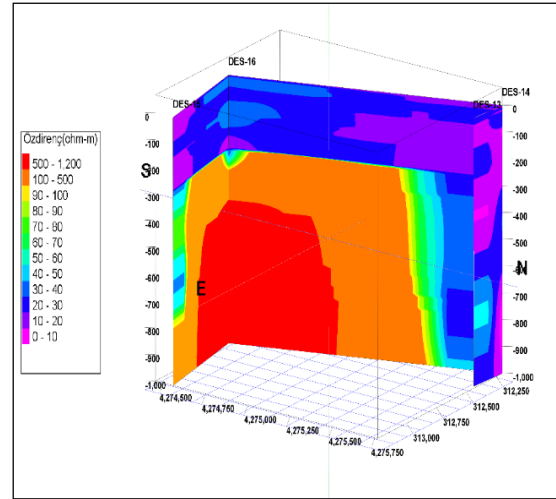
özdirenç değerleri 20-30 ohm-m arasında olduğu görülmektedir. Şekil 8’de verilen kesitte; üst seviyelerdeki alüvyonal kayalardan sonra kil ağırlıklı birimlerin yaklaşık 75 metreden, ortalama 350 metrelere kadar devam edebileceği, yaklaşık 350-550 metrelere kadar tali rezervuar kayaları olabilecek birimlere girilebileceği söylenebilir. 550 metrelere kadar beklenen örtü niteliğindeki geçirimsiz kayalar 750m derinliklere kadar devam etmektedir. Bu kayaların altında da ana rezervuar kayacı olabilecek paleozoyik yaşlı birimlere girilmesi beklenilir. Bayatçık köyü civarında yer alan şekil 9’a ait kesitte; DES-14 altında 220-550 metreler arasında, DES-15 altında ise 300-450 metreler arasında tali rezervuar kayalarına girilebileceği, devamında paleozoyik yaşlı kayaların olabileceğini söyleyebiliriz.

2.3.3. 3. Bölge verileri

Şekil 11’de verilen kesite göre; DES-1, 2, 3 noktalarında ortalama 170. metrelere kadar görülen özdirenç artışları, DES-4, 5, 6, 7, 8 noktalarında ortalama 300-350. metrelere kadar görülmektedir. DES-9-10, 11, 12 noktalarında ise özdirenç artışları 400. metrelere kadar görülmektedir. Şekil 12’deki kesitte ise, çalışma noktaları altında örtü kayacı olabilme özelliğine sahip kısmen düşük özdirençli formasyonlar Des-14 ve Des-15 noktalarında görülmektedir.



Şekil 11. Profil 10,11 ve 12’ye ait üç boyutlu özdirenç derinlik kesiti



Şekil 12. Profil 13,14’e ait üç boyutlu özdirenç derinlik kesiti

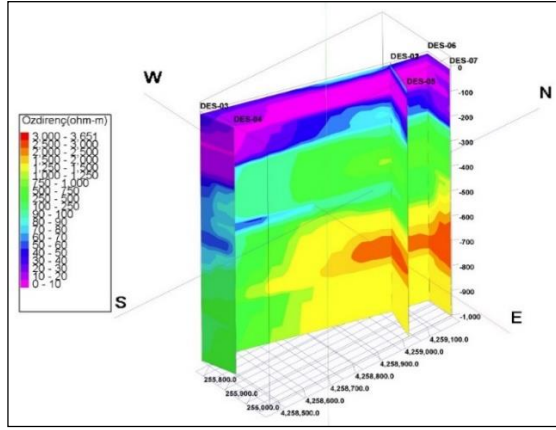
2.3.4. 4. Bölge verileri

4. bölgede yer alan profillerin bulunduğu kesitlere bakıldığında; Des-1, 2 ve 5 noktalarında, Sandıklı Formasyonunun kumlu-çakıllı ve killi seviyelerinin ardalanmalı olarak 200 metre derinliklere kadar devam edebileceği, 600-700 metrelere de paleozoik kayalara girilebileceği görülmektedir. DES-3 ile DES-4 noktaları altındaki örtü niteliğindeki düşük özdirenç değerli kayalar ortalama 250 metrelere kadar devam etmekte, daha sonra da rezervuar niteliğindeki paleozoik kayalara girilmesi beklenilmektedir.

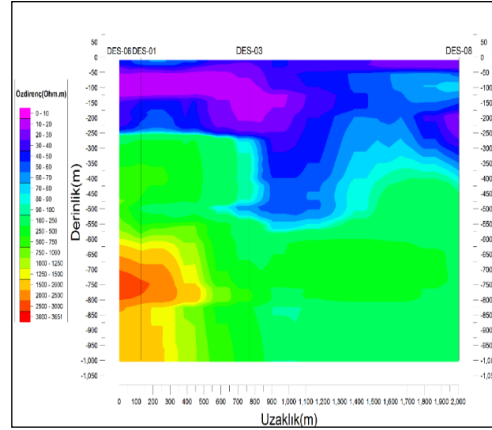
Des-6 noktası altında 200-250 metreler arasında kalan örtü birimlerinden sonra rezervuar niteliğindeki paleozoik kayalarına girilmesi beklenilmektedir. DES-3 noktası yanında açılmış olan kuyu loguna göre, örtü niteliğindeki kayalar ortalama 110 metrelere kadar

devam etmekte ve daha sonra rezervuar kayacı niteliğindeki kayalara girilmektedir. DES-3 noktasında ise ana rezervuar kayalara yaklaşık 340. metrelere kadar girilmesi beklenmektedir. Örtü olabilecek formasyonlar, DES-7 noktasında 420. metrelere DES-8 noktasında ise 300-350 metrelere kadar devam etmekte, daha sonra da rezervuar niteliğindeki paleozoik kayalara girilmesi beklenilmektedir.

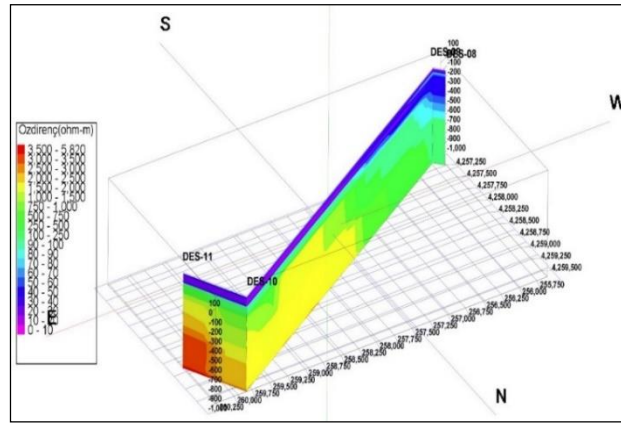
Des-10 ve Des-11 ölçümlerine yakın olan işletmedeki sondaj kuyusu formasyonları ile sahanın formasyonlarının karşılaştırılması istenilmiştir. Buna göre, ölçüm noktalarındaki formasyonların, açılmış olan kuyunun formasyonları ile benzer olacağı görülmektedir.



Şekil 13. Profil 15,16,17,18,19'a ait üç boyutlu öz direnç derinlik kesiti



Şekil 14. Profil 17 ve profil 20'ye ait öz direnç derinlik kesiti



Şekil 15. Profil 20 ve profil 21'e ait üç boyutlu öz direnç derinlik kesiti

3. Sonuçlar

Afyonkarahisar ilinde bulunan jeotermal kaynakların oluşumunda, bölgenin jeolojik yapısı ve tektonik hareketler sonucu oluşan fay hatları etkilidir. Jeotermal alanların yerleri ve jeolojik yapıları birbirine benzerlik göstermektedir. Jeotermal kaynaklar, genellikle alüvyonların üzerinde bulunmaktadır. Bunun hemen sonrasında ise, alanın en yaşlı birimi olan Paleozoik'e ait formasyonlar bulunmaktadır. Bu formasyonlar, jeotermal sahalarda rezervuar kayac niteliği taşımaktadır. Sahada yapılan öz direnç çalışmalarında da genelde örtü birimlerinden sonra rezervuar niteliğindeki paleozoik kayalarına girilmesi

beklenilmektedir. Çalışma alanındaki sondaj kuyularının sayısının artmasıyla son yıllarda açılan sondajlarda elde edilen jeotermal akışkanın derinliğinin de arttığı görülmektedir. Bu durum da reenjeksiyonun önemini artırmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Akkuş ve Alan, (2016); Akkuş, İ. ve Alan, H., 2016. Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneriler Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- [2] Arpat, E., ve Bingöl, E., 1969. Ege Bölgesi Graben Sisteminin Gelisimi Üzerine Düşünceler, M.T.A. Derg., sayı:73, 1-9s. Ankara
- [3] Afyonkarahisar İl Özel İdaresi Genel Sekreterliği, Ruhsat ve Denetim Şube Müdürlüğü.
- [4] (Atalay,1994); Atalay, İ. 1994, Türkiye Coğrafyası. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- [5] Başokur, A.T., 2004.Düşey Elektrik Sondajı Verilerinin Yorumu, Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 225syf.
- [6] Dobrin M.B., 1960. Introduction to Geophysical Prospecting (2nd Edition) : New York, McGraw-Hill Book Co., Inc., 446.
- [7] Doğdu, N., Orakcı, A., İldeş, L., Uğurlu, M., Akar, M., Ünal, H. ve Duran, Y. 2013. Gazlıgöl Jeotermal Alanına Ait Revize Jeotermal Kaynak Koruma Alanları Etüt Raporu. MTA Genel Müdürlüğü Proje No:2012-33-55, Ankara(yayımlanmamış).
- [8] Erişen, B., 1972, Afyon-Heybeli (Kızılkilise) jeotermal araştırma sahasının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA Rapor No:5490 (yayımlanmış).
- [9] Erişen, B., 1976.Afyon Bölgesi Ömer-Gecek jeotermal alanında yapılan AF-1 ve AF-3 sondajlarına ilişkin kuyu bitirme raporu. MTA Der. Rap. No:5623, 96 s, Ankara.
- [10] Gülay, A., 1973. Afyon Ömer-Gecek jeotermal enerji, rezistivite etüt ve sonuçları. MTA Rapor No:4852, Ankara.
- [11] Karamenderesi., İ.H., 1972,. Afyon K24-b paftası detay jeoloji etüdü ve jeotermal alan olanakları hakkında. MTA Rapor No:5733 (yayımlanmamış).
- [12] Kervankıran, İ. 2012. Afyonkarahisar İlinde Jeotermal Enerji Kullanımı ve Sorunları. Marmara Coğrafya Dergisi, Sayı: 25, Ocak-2012, S. 108-126.
- [13] Memiş, Ü., Demer, S., Özgür, N., 2010. Afyon-Sandıklı Hüdai Jeotermal Sisteminin Rezervuar Sıcaklığının Araştırılması; Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14-3(2010), 293-299.
- [14] Metin, S., Genç, Ş., Bulut, V., 1987. Afyon ve yakın dolayının jeolojisi, M.T.A. Rap. No:8103, Ankara, (yayımlanmamış).
- [15] M.T.A., 2005, Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, Env. Serisi: 201.
- [16] Öngör, T., 1973. Sandıklı (Afyon) Jeotermal Araştırma Bölgesine İlişkin Jeolojik Durum ve Jeotermal Enerji Olanakları. MTA Rapor No:5520, Ankara (yayımlanmamış).
- [17] Tamgaç, Ö. F., Doğdu, N., İncegil F., Ünal, H. ve Akar, M. 2012 Sandıklı (Afyonkarahisar) Jeotermal Alanına Ait Revize Jeotermal Kaynak Koruma Alanları Etüt Raporu. MTA Genel Müdürlüğü Proje No:2011-33-53, Ankara(yayımlanmamış).
- [18] Yıldız, A., Dumlupınar, İ., Bağcı, M., Ulutürk, Y., Başaran, C., Erdoğan, E. 2012, Afyonkarahisar ve Çevresinin Depremselligi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 12 (2012), 1-7.
- [19] <https://www.mta.gov.tr> , 2019
- [20] <https://www.deprem.afad.gov.tr>, 2018

Plana Dayalı Kentleşmede Jeolojik- Jeofizik Uygulamalar: Afyonkarahisar- Sandıklı Örneği

Geological and Geophysical Applications in Plan Based Urbanization: A Case Study in Afyonkarahisar- Sandıklı

Dilek Nuriye ŞENOL¹, Prof. Dr. Züheyr KAMACI²

¹ Dilek Nuriye ŞENOL (Afet ve Acil Durum İl Müdürlüğü, Afyonkarahisar, Türkiye, 0505 668 28 64, Dnuriye.Senol@afad.gov.tr)

² Prof. Dr. Züheyr KAMACI (Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 0532 688 90 53, zuheyrkamaci@sdu.edu.tr)

Özet - Bir şehrin oluşumu ve düzenlenmesi çalışmalarında imar uygulaması büyük önem arz etmektedir ve bu uygulamayla daha düzgün ve daha planlı bir kentleşme meydana gelir. Plana dayalı kentleşmede İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik-Jeofizik etütlerin uygulanma amacı, her tür, ölçek ve amaçla plan yapılması düşünülen mevcut ya da potansiyel yerleşim alanlarının ilgili 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler ve Yapılacak Yardımlara Dair Kanunda tanımlı doğal afet tehlikelerini yerbilimsel veriler ışığında bölgesel olarak değerlendirmek, olası mühendislik problemlerini belirlemek, alanların arazi kullanımı ve yerleşime uygunluk değerlendirmesini yapmak, teknik ve/veya idari gerekçelere bağlı olarak gerekli önlemleri önererek olası afet zararlarını azaltmaktır. Bu kapsamda, bu bildiriye Afyonkarahisar İli, Sandıklı İlçesinde çalışılan bir arazi uygulama örneği üzerinde durularak tartışmalar ve yorumlar yapılmıştır.

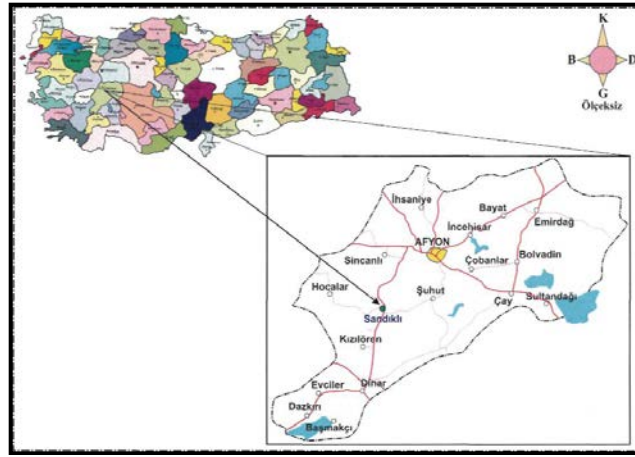
Abstract

A city zoning application in the formation and organization of work is of great importance and this application smoother and more planned urbanization occurs. The aim of implementation of the geological-geotechnical-geophysical surveys in the urban plan based on the plan is to determine the current or potential settlements that are planned to be planned for all types, scales and purposes. to evaluate disaster hazards regionally in the light of earth science data, to determine possible engineering problems, to assess land use and appropriateness of land use, and to mitigate the possible damage by proposing necessary measures depending on technical and / or administrative grounds. In this context, in this paper, a site application example studied in Sandıklı district of Afyonkarahisar Province was discussed and comments were made.

1. Giriş

Kentleşme dar anlamda, kent sayısının ve kentlerde yaşayan nüfusun artması demektir. Kentsel nüfus köyden kente göçlerle artar. Gelişmekte olan ülkelerde kentleşme bu şekilde nüfus akınları halinde gerçekleşir. Fakat kentleşme yalnızca nüfus hareketi bağlamında düşünülmemelidir. Kentleşme, aynı zamanda o toplumda ekonomik ve toplumsal yapıyla da ilintilidir. Bu nedenle kentleşmeyi tanımlarken o nüfus hareketini yaratan toplumsal ve ekonomik değişmelere de yer vermek gerekir. Bu şekilde düşünersek kentleşme, 'sanayileşmeye ve ekonomik gelişmeye koşut olarak kent sayısının artması bugünkü

kentlerin büyümesi sonucunu doğuran, toplum yapısında artan oranda örgütlenme, işbölümü ve uzmanlaşma yaratan, insan davranış ve ilişkilerinde kentlere özgü değişikliklere yol açan bir nüfus birikim süreci' olarak tanımlanabilir. Ülkemizde de sanayileşme vb. nedenlerden dolayı kentlerde nüfusun artması ile birlikte yeni yatırımlar planlanmakta ve bunlara bağlı olarak yeni alanlar imara açılmaktadır. İmara açılacak alanlarda otel, yumurta çiftlikleri, seralar, güneş enerjisi sahaları, rüzgar enerjisi sahaları, konut, sanayi vb. amaçlı yüksek maliyetli yatırımların yapılması planlanmaktadır. Yüksek maliyet gerektiren bu yatırımların öncesinde yapılan imara esas jeolojik- jeoteknik etütlerin amacı etüdü yapılan alan ile ilgili arazi ve ofis çalışmaları sonucunda hazırlanacak olan raporda yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapmaktır. Böylece alanın yerleşime veya yatırıma uygun olup olmadığı görülür, eğer önlemlenmeli alan bulunuyorsa gerekli önlemlerin alınması için öneriler sunulur. Bu kapsamda şekil-1'de yer bulduru haritasında gösterilen Sandıklı İlçesinde yapılan imar planına esas mikrobölgeleme etüt çalışması incelenerek bu bildiri hazırlanmıştır.

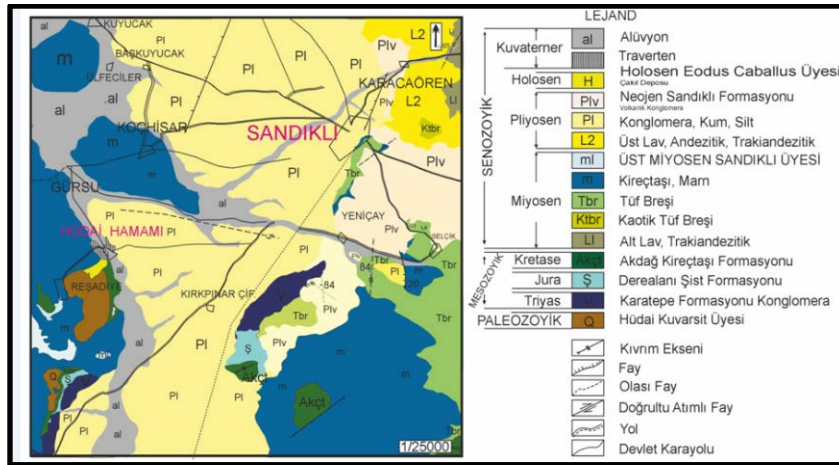


Şekil 1. İnceleme alanına ait yerbulduru haritası

2. Materyaller ve Metot

2.1. Çalışma Alanı Genel Jeolojisi

Çalışma alanında ve çevresinde otokton, allokton ve paraallokton konumlu birimler ile örtü kayaları yer alır. Otokton konumlu birimler, Anamas-Akseki otoktonuna ait Akdağ grubu, Homa-Akdağ grubu ve Kırdag-Anamasdağ grubu birimleridir. Allokton konumlu birimler ise Yeşilbarak napı, Likya napları ile Beyşehir-Hoyran-Hadim napları kapsamında çalışılan Kükürdağ ve Sazak grubu kayalarıdır. Likya napları çalışma alanı çevresinde Marmaris ofiyolit napı, Tavas napına ait Senirkent ve Barla birimleri ile Gökgöl birimi, Denizpınarı birimi, Cerityayla birimi ve Domuzdağ napına ait Dutdere kireçtaşı ile temsil edilir. Acıgöl grubu kayaları Likya napları üzerinde paraallokton konumlu yer alır. Çalışma alanında izlenen örtü kayalarını ise Oligosen'den itibaren farklı yaşlara sahip sedimanter ve volkanik karakterde kayalar ile Kuvaterner yaşlı birimler oluşturur. İlçeye ait jeolojik birimler şekil-2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Sandıklı İlçesi'nin jeoloji haritası

2.2. Materyal ve yöntemler

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmaları sonrasında, Paleozoyik yaşlı pembe-gri-kahverengi renkli Kestel Formasyonuna (Pzk) ait metamorfize olmuş metamorfik kayalar ve bunların rezidüel zonları, Orta Triyas (?) - Liyas yaşlı kırmızı-bordo renkli iri çakıl mercekli-silis çimentolu sedimanter kayalardan oluşan Karatepe (TIRJkv) Formasyonu, gri-sarı renkli resifal kireçtaşından oluşan Jura yaşlı Ergenlik Resifal Kireçtaşı (Jer) kaya birimleri, Geç Miyosen - Pliyosen yaşlı sarı-beyaz renkli Güzelyayla Formasyonuna (Tmplg) ait sarı-beyaz renkli ayrıışmış killi kireçtaşı ve bunların rezidüel zonları, gri-bej-siyah-pembe renkli tüf, aglomera gibi proklastikler ile sarı-bej-yeşil renkli marn ve killi kireçtaşı birimlerinden ve bunların ayrıışmış rezidüel zonlarının yüzeylediği yer yer bloklar şeklinde gözlenen Geç Miyosen - Pliyosen yaşlı Kumalar Formasyonu (Tmplk) birimleri, Kuvaterner yaşlı Hüdaı kaplıcaları kesiminde hidrotermal faaliyetler sonucunda oluşmuş Traverten (Qt) birimleri, çalışma sahasında büyük bir alanı kapsayan blok, çakıl, kum, silt, ve kil boyutu malzemelerin yer aldığı Kuvaterner yaşlı Alüvyon yelpazesi (Qay) birimleri ve Kuvaterner yaşlı dereler tarafından düzlüklerde biriktirilen çakıl, kum, silt, kil boyutu malzemelerden oluşan Alüvyon (Qal) birimler yer almaktadır. Ayrıca inceleme alanında dik yamaçların eteklerinde kalınlığı birkaç metre olan yamaç molozu birimleride yüzeylemektedir.

Çalışma alanında kontrolsüz dolgularda bulunmaktadır. İlçe merkezinin kuzeydoğu kesiminde çok dar bir alanda kalınlığı 0.00-3.00 metre arasında olan kontrolsüz dolgu alanlarda mevcuttur. Bu dolgu alanlar kaldırılabilir nitelikte olup, küçük bir alanda depolanmaktadır.

Bu mikrobölgeleme çalışması; ön veri toplama çalışması (haritalama ve kareajlama), arazi çalışmaları (sondaj, jeofizik, paleosismolojik çalışmalar), büro çalışması, laboratuvar çalışmaları ve en son olarak elde edilen verilerin toplanması ve değerlendirilmesi olmak üzere 5 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada çalışma sahasına ait topoğrafik harita temin edilmiş ve bölge ile ilgili önceki çalışmalar derlenmiş, kareajlama yapılmıştır. İkinci aşamada ise arazide yerinde arazi çalışmaları yapılmış, laboratuvar çalışmaları için gerekli örselenmiş (1299 adet SPT numunesi alınmıştır.), örselenmemiş (36 kuyudan UD

numunesi alınmıştır.), karot (47 m CR numunesi alınmıştır.) numuneleri ve sondaj kuyusu açılmayan bölgeden 1 adet blok kaya numunesi alınmış ve numuneler Zemin ve Kaya Laboratuvarına gönderilmiştir. Üçüncü aşamada çalışma sahasından alınan örnekler üzerinde elek analizi, Atterberg limitleri, TBHA, Su İçeriği, Konsolidasyon, Hidrometre deneyleri yapılmıştır. En son olarak elde edilen verilerin toplanması, değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılmıştır. Yapılan jeolojik- jeoteknik değerlendirmeler sonucunda alanın yerleşime uygunluk değerlendirilmesi yapılmıştır ve imar planına altlık oluşturacak mikrobölgeleme etüt raporu hazırlanmıştır.

Arazi çalışmaları kapsamında, İbank A.Ş. tarafından yaptırılan derinlikleri 7.50- 20 m arasında değişen ve toplam derinliği 2432.5 m olan 163 farklı lokasyondaki sondaj çalışmaları ile bu sondajlardan alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Paleosismolojik çalışmalar kapsamında 6 adet (27- 40 m arasında değişen uzunluklarda, 3- 5 m derinliğinde) hendek (araştırma çukuru) çalışması yapılmıştır. Toplam 189 m hendek açılımı yapılmıştır. Ayrıca jeofizik çalışmalar kapsamında 105 serim Çok Kanallı Yüzeysel Dalgası (MASW) Ölçümü, 58 serim Sismik Kırılma, 10 serim İki Boyutlu Elektrik Özdirenç (ERT) ölçümü, 163 noktada da mikrotremör etüdü ve 1000 m Radar (GPR) ölçümü yapılmıştır.

2.3. Laboratuvar Deneyleri ve Sayısı

İlk aşamada çalışma sahasına ait topoğrafik harita temin edilmiş ve bölge ile ilgili önceki çalışmalar derlenmiş, kareleme yapılmıştır. İkinci aşamada ise arazide yerinde arazi çalışmaları yapılmış, laboratuvar çalışmaları için gerekli örselenmiş (1299 adet SPT numunesi alınmıştır.), örselenmemiş (36 kuyudan UD numunesi alınmıştır.), karot (47 m. CR numunesi alınmıştır.) numuneleri ve sondaj kuyusu açılmayan bölgeden 1 adet blok kaya numunesi alınmış ve numuneler Zemin ve Kaya Laboratuvarına sevk edilmiştir. Üçüncü aşamada çalışma sahasından alınan örnekler üzerinde tablo-1’de verilen sayılarda elek analizi, Atterberg limitleri, TBHA, Su İçeriği, Konsolidasyon, Hidrometre deneyleri yapılmıştır. En son aşamada elde edilen verilerin toplanması, değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılmıştır.

Tablo 1. Laboratuvar deneyleri ve sayıları

Deney Adı	Adet	Standart	Deney Adı	Adet	Standart
Elek Analizi	1067	TS 1900-1/Mart 2006	Üç Eksenli Basınç Deneyi	18	TS 1900-2/ Mart 2006
Atterberg Limitleri	902		Şişme Yüzdesi	24	TS 1900-2/ Mart 2006
TBHA	59		Nokta Yükleme Deneyi	31	TS 699/ Mart 2006
Su İçeriği	1068	TS EN ISO 17892-1	Serbest Basınç Deneyi	12	TS EN 1926/ EN 1926
Konsolidasyon	24	TS 1900-2/ Mart 2006	Özgül Ağırlık	25	TS EN ISO 17892-3 Şubat 2016
Hidrometre	182	TS 1900-1/ Mart 2006			

2.4. Jeofizik Çalışmalar

V_p ve V_s dalga hızlarına göre hesaplanan yer dinamik- elastik mühendislik parametreleri örnekleri tablo-2’de verilmiştir.

Tablo 2. V_p ve V_s dalga hızlarına göre hesaplanan yer dinamik- elastik mühendislik parametreleri

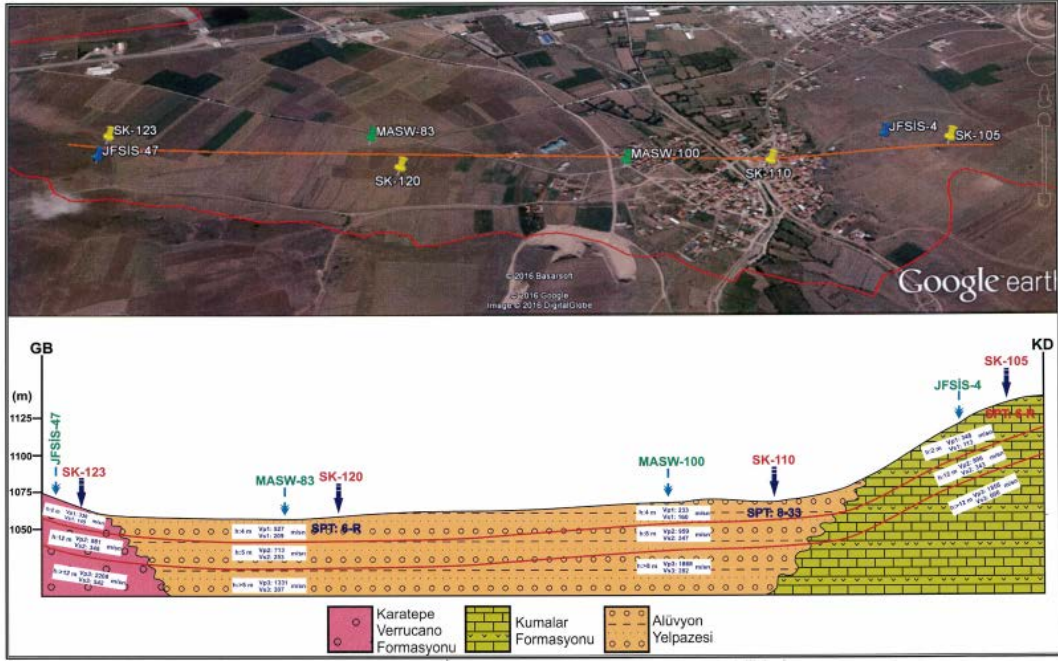
SERİM NO	Tbk	V_p (m/s)	V_s (m/s)	h (m)	Vs30	Form. (Litoloji)	SERİM NO	Tbk	V_p (m/s)	V_s (m/s)	h (m)	Vs30	Form. (Litoloji)										
Masw-1	1	644	209	4	319	Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)	Masw-17	1	461	246	2	359	Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)										
	2	974	281	4				2	1028	311	6												
	3	1391	362	-				3	1598	392	-												
Masw-2	1	328	174	2	290		Masw-18	1	494	259	3	343		Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)									
	2	595	261	4				2	1108	288	6												
	3	1281	313	-				3	1943	381	-												
Masw-3	1	337	210	5	290		Masw-19	1	439	246	2	313			Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)								
	2	673	248	4				2	1393	286	6												
	3	1301	330	-				3	2221	329	-												
Masw-4	1	346	194	5	276		Masw-20	1	423	206	3	316				Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)							
	2	786	258	3				2	1191	287	6												
	3	1262	309	-				3	2166	353	-												
Masw-5	1	219	154	3	284		Masw-21	1	487	277	3	333					Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)						
	2	908	259	7				2	1005	308	6												
	3	1837	339	-				3	1371	351	-												
Masw-6	1	423	279	3	378		Masw-22	1	418	206	3	295						Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)					
	2	1094	343	7				2	971	283	6												
	3	1792	414	-				3	1615	318	-												
Masw-7	1	575	232	4	325		Masw-23	1	379	190	2	286							Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)				
	2	880	300	8				2	788	257	6												
	3	2394	371	-				3	1368	310	-												
Masw-8	1	287	176	3	240		Masw-24	1	376	174	2	273								Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)			
	2	1000	240	7				2	646	253	4												
	3	1529	254	-				3	889	291	-												
Masw-9	1	486	241	3	326		Masw-25	1	424	183	2	242									Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)		
	2	943	292	7				2	1220	228	6												
	3	1884	360	-				3	1728	254	-												
Masw-10	1	389	249	3	349		Masw-26	1	459	186	3	269										Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)	
	2	849	337	9				2	1219	270	5												
	3	1349	381	-				3	1655	286	-												
Masw-11	1	347	283	2	379		Masw-27	1	403	210	3	332											Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)
	2	1098	336	8				2	1793	311	6												
	3	2080	415	-		3		2984	370	-													
Masw-12	1	338	231	3	269	Masw-28	1	423	235	3	407	Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)											
	2	927	261	5			2	1502	361	6													
	3	1513	277	-			3	2135	473	-													
Masw-13	1	373	220	3	341	Masw-29	1	413	227	2	395		Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)										
	2	1034	299	5			2	1463	326	6													
	3	1704	381	-			3	2114	452	-													
Masw-14	1	632	315	3	377	Masw-30	1	346	185	2	282			Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)									
	2	1379	347	5			2	999	266	6													
	3	2006	395	-			3	1536	301	-													
Masw-15	1	526	288	3	390	Masw-31	1	401	228	2	369				Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)								
	2	1780	349	5			2	1139	333	6													
	3	2671	421	-			3	1612	404	-													
Masw-16	1	583	254	3	373	Masw-32	1	411	282	2	371					Alüvyon Yelpazesi (Blok, Çakıl, Kum, Silt, Kil)							
	2	1234	326	6			2	1628	354	6													
	3	1771	418	-			3	2697	387	-													

2.5. Mühendislik Zonları ve Zemin Profilleri

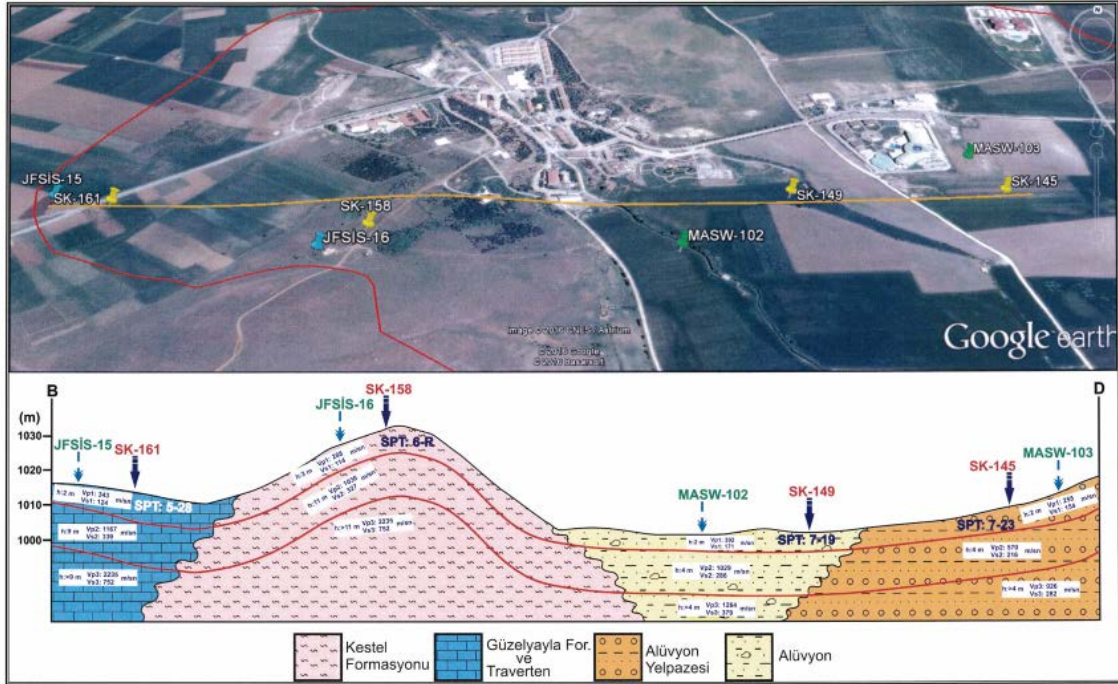
SK-123, SK-120, SK-110 ve SK-105 sondajları arasında GB- KD (A- A') yönlü, SK-161, SK-158, SK-149 ve SK-145 sondajları arasında B-D (B-B') yönlü jeolojik kesitler alınmıştır ve şekil 3, şekil 4 ve şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 3. İnceleme alanından alınan jeolojik kesitler



Şekil 4. İnceleme alanında alınan GB-KD (A-A') yönlü jeolojik kesit



Şekil 5. İnceleme alanında alınan B-D (B-B') yönlü jeolojik kesit.

3. Sonuçlar

Ülkemiz jeolojik özellik ve meteorolojik koşullarından dolayı tarih boyunca afet olayları ile sık karşılaşan bir coğrafyada yer alır. Bu coğrafyanın afet riski; depremden tıbbi jeolojik risklere, kuraklıktan heyelan ve su baskınlarına kadar oldukça geniştir. Anadolu tarihi, afet

olaylarının yarattığı zararların üzerinde yaşayan herkesi hemen hemen her dönem etkilediğini, hatta kimi zaman afet şiddetinin uygarlıkların yok olmasıyla sonuçlanmasına kadar ulaşabildiğini göstermektedir. Ülkemiz planlama, kentleşme, yapılaşma ve denetim konularında bilim ve mühendisliğe aykırı uygulamalardan uzak durmalıdır. GSMH'nin her yıl ortalama % 3'ü ile % 7'si afet zararlarını karşılamaya harcanmaktadır. Gerçekte hepsi birer doğa olayı olan deprem, heyelan/kaya düşmesi, çığ, su baskını v.b. olaylar; bilinçsizce verilmiş yer seçimi kararları, mühendislik verilerinden yoksun imar planları, mühendislik hizmeti görmemiş düşük standartlardaki yapı üretimi ve denetimi süreci ile uygulanan sosyo-ekonomik politikalar sonucu insani, sosyal ve ekonomik yıkımlara dönüşmektedir.

Afyonkarahisar İli ve ilçelerinde de geçmişte deprem, sel, kütle hareketi afetleri (heyelan, kaya düşmesi) meydana gelmiş olup, günümüzde hala bu afetler meydana gelmektedir. Bu yüzden Afyonkarahisar İline bağlı Sandıklı İlçesinde de planlama aşamasında afet tehlikeleri gözönüne alınarak planlama yapılması hem ülke ekonomisine katkıda bulunmaya yardımcı olacaktır hem de can ve mal kaybını en aza indirmek açısından önemlidir.

Bu çalışmada; Sandıklı (Afyonkarahisar) Belediyesi için yapılacak imar planlarına altlık oluşturmak amacıyla hazırlanan, imar planına esas mikrobölgeleme etüt raporuyla şekil 6'da inceleme alanının yerleşime uygunluk durumu değerlendirilmiş ve veriler bu çalışmada özetlenmeye çalışılmıştır.

Bu tür çalışmalarda, yerleşim alanı olarak seçilen alanlarda yapılan jeoteknik çalışmalar ile zeminlerin litolojik özelliklerini, düşey ve yanal yönde değişimlerini ve yeraltı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri belirlemek esas hedeftir.

Deprem büyüklüğü, fay özelliklerinin ve jeolojik formasyonların ana girdi parametresi olarak kullanıldığı yatay yer ivmesi, deprem sonrası oluşan deformasyon, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, arazi eğimi, mevcut ulaşım ve yerleşime yakınlık dikkate alınarak üretilen yerleşime uygunluk haritası, yeni yerleşim alanlarının seçimi için önemli bir altlık olarak kullanılmaktadır.

İnceleme alanında geniş ve büyük bir alanı kaplayan alüvyon yelpazesi ve alüvyon birimlerin eğim değeri % 0- 10 aralığında olup, çalışma alanının doğusunda ve batısında yüzeyleyen kaya birimlerinin ve vadi yamaçlarının eğimi ise % 10-20, % 20-30 ve % 30-50 aralığındadır.

İnceleme alanında zemin türleri sınıfında değerlendirilen Alüvyon yelpazesi ve Kumalar Formasyonu rezidüeli birimlerinde yapılan konsolidasyon deneylerine göre, şişme potansiyeli 'düşük-orta' Chen-1975'e göre ise Kumalar Formasyonu rezidüel zeminleri ve Alüvyon yelpazesi birimleri 'yüksek', Holtz ve Gibbs, 1956'ya göre ise Alüvyon yelpazesi ve Kumalar Formasyonu rezidüeli birimlerinin 'orta-yüksek' şişme derecesi bulunmaktadır.

Yapılan konsolidasyon deneylerine göre alüvyon yelpazesi ve Kumalar formasyonu rezidüelinde farklı oturmaların hesaplandığı ve bu birimlerde oturma miktarlarının kabul edilen sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür. Ayrıca alüvyon yelpazesi birimlerde yer yer taşıma gücü problemi beklenebilir.

Sondaj kuyularının 56 tanesinde yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Yeraltı suları alüvyon yelpazesi birimlerde gözlenmiş olup, derinlikleri 2.00 mt.- 16.50 mt. arasında değiştiği görülmüştür.

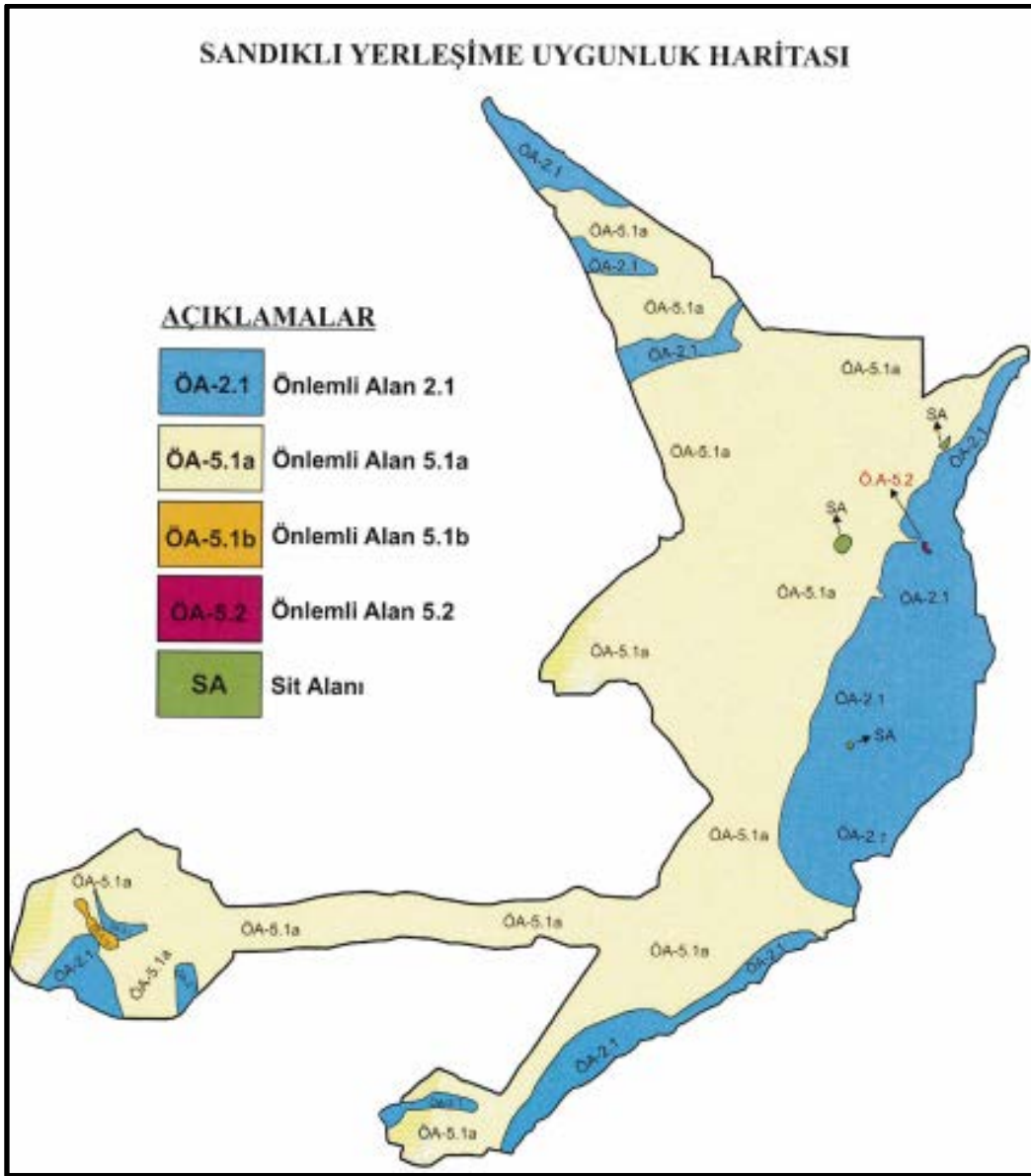
İnceleme alanı içerisinde irili ufaklı sulu ve kuru dere mevcuttur. Bunlar içerisinde arazi çalışmaları döneminde kuru dere özelliği gösteren Büyük Hamam Deresi ve Ak Dere mevcuttur. Bu derelerin mevsimsel yağışlara bağlı olarak debisi değişmektedir. Sandıklı'da bütün ana- tali akarsu yataklarında (kuru ve akar dereler) ve çevrelerinde yapılacak imar planı çalışmalarında DSİ'nin görüşü alınmadan planlama yapılmamalıdır.

Deprem Bölgeleri Haritasına göre inceleme alanı 1.derece deprem bölgesi içinde kalmaktadır, bu nedenle yapılacak yapılar için 'Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik' hükümlerine uyulmalıdır.

Bölgede yapılan ayrıntılı arazi gözlemleri, sondajlar, jeofizik çalışmalar ile laboratuvar verileri ve afet riskleri de göz önüne alınarak yapılan jeoteknik değerlendirmelerde; inceleme alanı yerleşime uygunluk açısından 4 kategoride değerlendirilmiştir:

Önlemler Alanlar

- Önlemler Alan- 2.1 (ÖA-2.1):Önlem alınabilecek nitelikte stabilite sorunlu alanlar
- Önlemler Alan- 5.1a (ÖA-5.1a): Önlem alınabilecek nitelikte şişme, oturma vb. sorunlu alanlar
- Önlemler Alan- 5.1b (ÖA-5.1b): Önlem alınabilecek nitelikte şişme, oturma vb. sorunlu alanlar
- Önlemler Alan- 5.2 (ÖA-5.2) Dolgu alanlar



Şekil 6. Sandıklı İlçesi yerleşime uygunluk haritası

Referanslar

- [1] [Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın (Afet İşleri Genel Müdürlüğü) 10337 Sayılı Plana Esas Jeolojik, Jeolojik-Jeoteknik ve Mikrobölgeleme Etüt Genelgesi].
- [2] [İller Bankası A. Ş. Mekansal Planlama Dairesi Başkanlığı tarafından, Sandıklı Belediyesi'nin verdiği yetki ile Yüksek İnşaat Müh. Mad. Ürt. Paz. San. Ve Tic. Ltd. Şti. Firmasınca 2016 yılında hazırlanan mikrobölgeleme etüt raporu].

Türkiye’de Bütünleşik Afet Yönetiminin Geliştirilmesi

Development of the Integrated Disaster Management in Turkey

Şakir Şahin

Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Isparta, Türkiye Tel:
(246) 211 1350
Faks: (246) 237 0859
E-mail: sakirshahin@sdu.edu.tr

Özet Küresel ısınma ile birlikte afet konusunu gündemimizi daha uzun süreli işgal etmeye başladı. Gün geçmiyor ki bir doğal afet ya da insan kaynaklı bir afetten bahsetmeyelim. Üstelik afet zararları her geçen gün artmaktadır. Bu zararlarının en aza indirilebilmesi için bütünleşik afet yönetiminin en etkin şekilde uygulanması gerekmektedir. Bütünleşik Afet yönetimini afet öncesi, sırası ve sonrası planlama süreçleri şeklinde düşünülebileceği gibi, önleme ve zarar azaltma, afetlere karşı hazırlık, kurtarma ve ilk yardım, iyileştirme ile yeniden inşa evrelerinden oluşan bir planlama sürecidir. Ülkemizde bu süreç, 2013 yılında yürürlüğe giren Afet ve Acil Durum Müdahale Yönetmeliği’nin daha çok kriz yönetimi evreleri olan müdahale ve ilk yardım aşamalarını düzenlemektedir. Ancak bütünleşik afet yönetiminin birinci evresi olan risk yönetiminin risk değerlendirme ve zarar azaltma ile hazırlık aşamalarının uygulanmadığı görülmektedir. Afet zararlarının azaltılması, sosyal ve çalışma hayatının güvenli bir şekilde devamı, ülke kalkınmasının sürdürülmesi ancak iyi bir afet yönetim planının uygulanması ile mümkündür.

Abstract: *With the global warming, the issue of disaster has been begun to occupy our agenda for long time. Almost every day we talk about natural or technological disasters. Moreover, the disaster losses increase day by day. In order to minimize these losses, the integrated disaster management should be applied in the most effective way. Integrated Disaster Management can be considered as pre-, during and post-disaster planning processes, as well as prevention and harm reduction, disaster preparedness, rescue and first aid, improvement and reconstruction. In our country, this process regulates with the Regulation of Disaster and Emergency Response operating from 2013 regulates the stages of crisis management, intervention and first aid and reconstruction. However, it is seen that the first stage of integrated disaster management, risk management, risk assessment and mitigation and preparedness stages cannot be applied effectively. Reducing disaster damages, maintaining social and working life in a safe way, country development are only possible with the application of the effective disaster management plan.*

1. Giriş

Doğa kaynaklı ve teknolojiye bağlı insan hayatını olumsuz etkileyen yıkıcı olaylara afet denilmektedir. Diğer taraftan herhangi bir doğa olayının afet olarak tanımlanması için, ölüm ve yaralanma ile belli bir maddi değer üzerinde kaybın olması gerekir. Afetler genellikle aniden meydana gelen olaylardır. Hasara neden olan deprem, çığ, heyelan, kaya düşmesi, volkan patlaması, tayfun, sel gibi olaylar aniden oluştuğundan afet şeklinde tanımlanmaktadır. Diğer taraftan küresel ısınma ile birlikte kuraklık, çevre kirlenmesi, orman tahribatı, erozyon, atmosferik olaylar, deniz suyu yükselmesi, küresel ısınma gibi olaylar zamanla geliştiği için tehlike olarak görülmekte, ancak ortaya çıkardığı sonuçlar afete dönüşmektedir.

September 25-27, 2019 Karabük/Turkey

Olayın büyüklüğü, nüfus yoğunluğu ve yerleşim alanına olan uzaklık, az gelişmişlik afetini şiddetini belirlemektedir. Bununla birlikte nüfus artış hızı, afet riskinin yüksek olduğu alanlarda hızlı ve kontrolsüz yapılaşma, sanayileşme, ormanların tahribi, bilgisizlik ve eğitim eksikliği ve toplumun duyarsızlığı afetini şiddetini artırmaktadır. Bu çerçevede afetlerin etkisi, çoğunlukla insan kaynaklı faaliyetlerin doğru veya yanlış yönde gelişmesine göre şekillenmektedir [1].

1999 yılında meydana gelen Gölcük ve Düzce Depremleri, ülkemizde çağdaş ve bütünlük bir afet yönetim planının oluşturulmasının gerekliliğini ortaya koymuştur [2]. Buna yönelik yapılan yasal düzenlemeler ve oluşturulan kurumlar özellikle kriz yönetiminde başarı sağlanmasında bir bilincin oluşmasına vesile olmuştur. 23 Ekim 2011 Van Depremi ise bu alanda bir miladın adı haline gelmiştir. 2009 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın (AFAD) kurulması ve 15.12.2012 tarihinde yürürlüğe giren 6306 sayılı Kentsel Dönüşüm Kanunu bu bilincin ürünüdür.

Bu çalışma ile ülkemizde afet yönetiminin incelenmesi, bu bağlamda eksik olan risk yönetimi konusunu içerecek şekilde bütünlük afet yönetiminin ülkemiz için nasıl olması gerektiği konusu ele alınmıştır.

2. Mevcut Durum

Afetten önce ve afet sırasındaki uygulamalar 18.12.2013 tarihinde yürürlüğe giren Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği (AADMHY) hükümlerine göre yürütülmektedir. Buna göre, günlük hayatı önemli ölçüde etkileyen afetlere yönelik tedbir almada AFAD bünyesinde oluşturulan "Afet ve Acil Durum Danışma Kurulu" sorumludur. Kurul, afet ve acil durumlardan korunmak, risklerini azaltmak, afet ve acil durum sonrası yapılacak faaliyetler hakkında öneriler sunmak, politikaları ve öncelikleri belirlemek amacıyla AFAD Başkanı veya belirleyeceği başkan yardımcısının başkanlığında, Dışişleri Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) [3], Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Türkiye Kızılay Derneği'nden daire başkanı düzeyindeki birer temsilci ile afet ve acil durumlar konusunda çalışmaları bulunan ve Yükseköğretim Kurulu tarafından bildirilecek en az on üniversite öğretim üyesi arasından başkan tarafından belirlenecek beş üyenin de dahil olduğu yetkili organdır. Kurul, yılda en az iki kez toplanır. Ayrıca ihtiyaç halinde Kurul, başkanın çağrısı üzerine olağanüstü toplanabilir. Kurulun sekretaryasını başkanlık yürütür. Afet konularında alınacak tedbirler konusu "İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi AFAD Başkanlığı'nın görev alanı içerisine girmektedir.

3. Bütünlük Afet Yönetim Sistemi ve Evreleri

Bütünlük Afet yönetimi, afet zararlarının önlenmesi ya da azaltılması için, risk analizi ve zarar azaltma, hazırlık, ilk yardım ve müdahale ile yeniden inşa evrelerini içerecek şekilde afetini yönetilmesine denir. Afet sonucunu oluşabilecek can ve mal kayıplarının önlenmesi veya en aza indirilmesi için tüm afet yönetimi evrelerinin bütünlük olarak yürütülmesi gerekir. Afet yönetim planının toplumun bütün kesimlerini içerecek biçimde planlanması, desteklenmesi, organize edilmesi, gerekli mevzuat düzenlemelerinin yapılması ve kurumsal yapıların oluşturulması veya revize edilmesi, etkili ve verimli uygulamalar için gereklidir. Özetle "Afet Yönetimi" afet riskinin en aza indirilmesi,

September 25-27, 2019 Karabük/Turkey

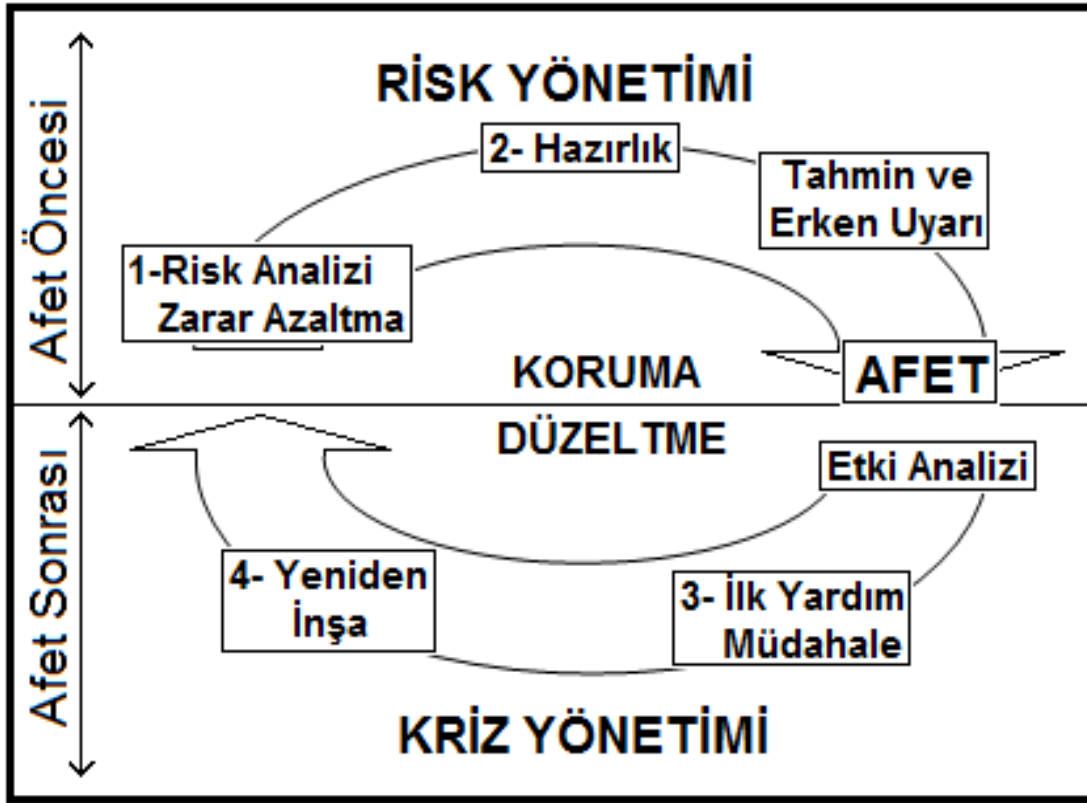
zararlarının azaltılması, oluşturacağı olumsuz sonuçların önlenmesi veya azaltılması, olası hasarın tahmin edilmesi ve ihtiyaç durumunun tespiti, acil durum müdahale planın oluşturulması, buna yönelik eğitim ve tatbikatların gerçekleştirilmesi gibi faaliyetlerin tümü afet yönetiminin kapsamında yer alır. Ayrıca erken uyarı sistemlerinin kurulması, varsa mevcutların iyileştirilmesi, öngörü, afet sonrası için etkili ve hızlı ihtiyaç analizinin yapılması, yeniden inşa ve iyileştirme, rehabilitasyon faaliyetleri de Afet yönetimi kapsamına dahil edilmelidir [4].

Afet yönetiminin amacı, afetin yol açacağı can ve mal kaybı riskini en aza indirmek ve afete en fazla maruz kalanları kurtarmaktır. Ayrıca, doğal çevreyi, kültür ve tabiat varlıklarını koruma altına almak, sosyal hayatın bir an evvel normale dönmelerini sağlamak ve öncesinden daha ileri götürmek, toplumun ihtiyaç duyduğu kamu ve özel sektör menşeli hizmetlerin devam etmesi ve sürdürülebilirliğini sağlamak şeklinde ifade edilebilir. Dolayısıyla afet yönetimi sadece afet anı ve sonrasında yapılacak faaliyetlerle sınırlı değildir. Afet öncesi planlamanın, en az anı ve sonrasındaki müdahale kadar önemli olduğu, hatta afet zararlarının en aza indirilmesinde çok daha büyük etki ettiği bir gerçektir [2, 5-8].

3.1. Afet Planının Evreleri

Afet planı evrelerini “afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası” olarak üç başlık altında toplamak mümkündür [9]. Bu evrelerin beşli olarak sınıflandırılması gerektiği yönünde görüşler de vardır. Buna göre Ergünay (1996) [10] bu safhaları, önleme ve zarar azaltma, afetlere karşı hazırlık, kurtarma ve ilkyardım, iyileştirme ve yeniden inşa şeklinde sınıflamıştır. Risk yönetiminin birinci aşaması risk analizi ve zarar azaltma, ikinci aşaması ise, hazırlıktır. Birinci aşamada afet olmadan önce tahmin ve erken uyarı sistemlerinden faydalanılmalıdır. Kriz yönetiminin birinci aşaması ilk yardım ve müdahale, ikinci aşaması ise yeniden inşadır. Afet sonrası müdahaleden önce etki analizinin yapılması gerekmektedir. Afet planı çerçevesinde yürütülen faaliyetlerin birbirini tamamlaması nedeniyle bu evrelerin birbirini takip etmesi gerekir.

Dünyadaki mevcut durumdan hareketle afetlerin tümüyle önlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle afet zararlarının en az indirilmesi amaçlanmakta ve afet yönetim planları da ona göre hazırlanmaktadır [9]. Bunun gerçekleşebilmesi için doğal ve teknolojik afetler ve evrilme durumları da dikkate alınarak ülkemizde bütünleşik ve günün şartlarına göre çağdaş normlarda hazırlanmış afet yönetim planlarına ihtiyaç vardır. Bu nitelikteki bütünleşik afet yönetimi evreleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Modern ve bütünlük afet yönetim sistemi ve evreleri ([7] ve [10]'dan yararlanılarak çizilmiştir).

3.1.1.Risk Yönetimi

Belli bir zaman veya mekanda var olan tehlikeli bir unsurun hasar ya da kayıp verme olasılığına risk denir. Riskin büyüklüğü, tehlikenin boyutu, maruziyet durumu ve savunma durumundaki güçlü ya da zayıf olmaya bağlı olarak değişir (Şekil 2). Riskin iyi yönetilmesi afetin oluşturacağı hasarın azaltılmasında çok önemli rol oynar. Bu evre zarar azaltma ve hazırlık evrelerini oluşturmaktadır (Şekil 1). Burada asıl amaç zararın minimize edilmesidir. Toplumun afetten etkilenmesinin önüne geçilebilmesi için afet öncesi teknik, yasal düzenlemelerin yapılması ve organizasyon planlarının hazırlanması gerekir. Hazırlık aşamasında ise tahmin ve erken uyarı sistemlerinin etkin bir biçimde kullanılmasında fayda vardır.

3.1.1.1. Risk Analizi ve Zarar Azaltma

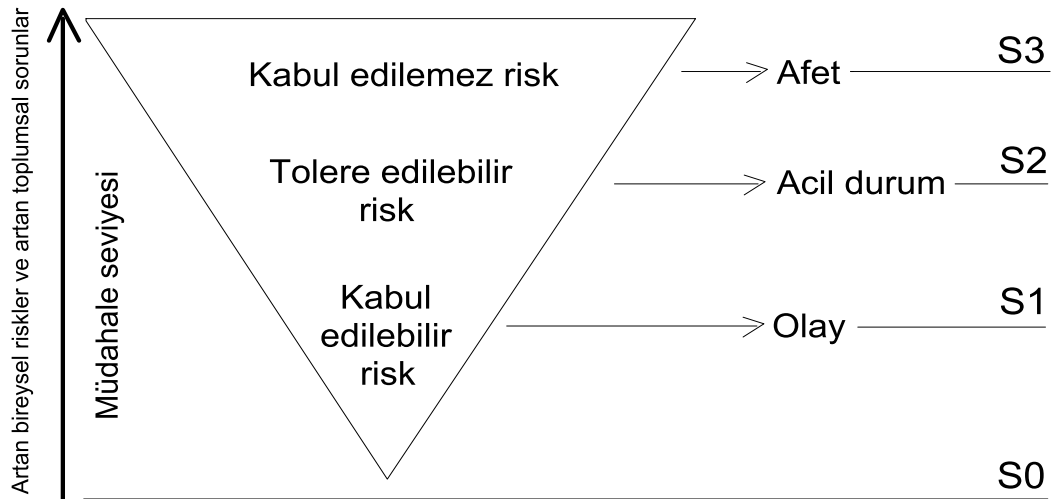
Bu evre Afet yönetim planının ilk aşamasını oluşturur. Bu aşama afet yönetimi açısından çok önemlidir (Şekil 1). Yürütülen çalışmalar ülke ve bölge bazında yapılmakta olduğundan çok geniş bir alanı, dolayısıyla çok sayıda yerleşim birimini ve nüfusu ilgilendirmektedir [1]. Risk analizi ve zarar azaltma evresi, afet için uygulanacak yasal düzenlemelerin ülke ihtiyaçlarına göre oluşturulması, yapılanma ve doğal afetlere ilişkin yönetmeliklerin yeniden düzenlenmesi, afet oluşma riskinin yerel ve bölgesel, hatta ülke bazında yeniden belirlenmesi ve tehlike haritalarının hazırlanmasından oluşmaktadır [10]. Afet riskini önleyici ve afet zararını azaltmaya yönelik mühendislik tedbirlerinin uygulanması ve sürdürülebilir kılınması risk analizi ve zarar azaltma safhasında

September 25-27, 2019 Karabük/Turkey

yürütülmesi gereken ana faaliyetler olarak sayılabilir (Şekil 2). Buradan da görüleceği üzere, afet yönetim sisteminde hadiseler, “olay, acil durum ve afet” olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 2. Afet riski, tehlike, maruziyet ve savunmasızlığın bir kesişimidir. Afetin etkilerini azaltmak için tehlikeler tamamen bertaraf edilemeyeceğine göre, toplumun maruziyetini azaltmak ve savunma unsurlarını güçlendirmek gerekir [8].



Şekil 3. Makul bir Havuç Diyagramına göre farklı 3 risk seviyesi (S1, S2, S3) ve bu seviyelere göre olay, acil durum ve afet yönetimi aşamaları [8].

3.1.1.2. Hazırlık

Hazırlık evresi, yerleşim merkezi bazında afet olmadan önce, risk analizi ve zarar azaltma evresi çalışma sonuçlarından hareketle afetin olası sonuçlarına yönelik ihtiyaçların belirlenmesi, acil eylem planının hazırlanmasını kapsamaktadır (Şekil 1). Ayrıca tahliye sürecini şekillendirilmesi, toplanma merkezi belirlenmesi, il düzeyinde yerleşim birimi

September 25-27, 2019 Karabük/Turkey

Kurtarma ve Acil Yardım Planlarının hazırlanması ve gelişen şartlara göre güncellenmesi, afete müdahale ve ilk yardım aşamalarında duyulacak ihtiyaç malzemelerinin yer alacağı bölge teçhizat merkezlerinin kurulması ve kritik ihtiyaç malzemelerinin stoklanması çalışmalarını içermektedir. Ayrıca erken uyarı sistemlerinin, çalışır olup olmadığının kontrol edilmesi, işletilmesi ve değişen koşullara göre güncellenmesi faaliyetleri bu evrenin kapsamına girmektedir [1; 10].

3.1.2. Kriz Yönetimi

Bu aşamada afet yönetim planının afet sırası ve sonrasında yürütülecek faaliyetler mevcut kaynak ve imkânlar dâhilinde en hızlı ve etkili biçimde afetin etkilediği yerleşim biriminde kullanılmasının amaçladığı ve arama kurtarma, sosyal hayatın normale döndürülmesi faaliyetlerinden oluşan bir evredir. Ayrıca olağanüstü koşullar altında uygulanacağı için bu faaliyetlerin çok iyi planlanmış olması, koordinasyonun sağlanması gerekir [6]. Afetin hemen sonrasında alınan acil önlemler ve yapılan çalışmaların amacı mümkün olan en kısa zamanda en fazla hayat kurmaktadır ve yaralıların sağlıklarına kavuşmalarını sağlamaktır (Şekil 1).

3.1.2.1. İlk Yardım ve Müdahale

İlk yardım ve müdahale evresi afet yönetim planının afet oluşmasıyla başlayan afetin türü, büyüklüğü ve afetin meydana geldiği alanın özelliklerine göre azami 2 aylık bir süreyi kapsayan faaliyetlerin bütünüdür [6; 10]. Bu aşamada yürütülen faaliyetlerin amacı, mümkün olan en kısa sürede olaya müdahale etmek, arama-kurtarma faaliyetleri çerçevesinde azami sayıda can kurtarmak ve ilk yardımla yaralıları tedavi etmek, toplumun gıda, barınma, ilaç, güvenlik gibi zaruri ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlamaktır (Şekil 1). Bu safha iletişim, ulaşım, çevre ve insan sağlığı, hasar tespiti, yıkılan binaların kaldırılması, yangın, patlama ve bulaşıcı hastalıkların oluşturacağı ve afetin olumsuz etkilerini artıracığı durumlara karşı yürütülecek faaliyetleri de içermektedir [10].

3.1.2.2. Yeniden İnşa

Bu aşamanın amacı, afete maruz kalmış bölgelerin haberleşme, ulaşım, temel ihtiyaçlar, elektrik, kanalizasyon, eğitim, kalıcı konut yapımı, ekonomik ve sosyal hayatın normale dönmesi için gerekli tüm çalışmaları yapmaktır (Şekil 1). Sosyal ve ekonomik hayatının normale dönmesi yeniden yapılanma faaliyeti kriz yönetiminin yıllar bazında en uzun süren evresidir [10]. Yeniden inşa evresinin iyi uygulandığı örneklerden birisi 23 Ekim 2011 Van depremidir 1999 Gölcük depreminde görülen panik havası çok kısa bir sürede atlatılmış ve hasar tespit çalışmalarının ardından en kısa sürede yeniden inşa evresine geçilmiştir.

4. Bütünleşik Afet Yönetimi ve Türkiye’de Mevcut Durum

Türkiye’de afet müdahale aşamaları ile bütünleşik afet yönetimi evreleri Çizelge 1’de kıyaslanmıştır. Bu planlar “İl Afet Müdahale Planı” olarak hazırlanmış olup, ilin afet ve riskleri tanımlamış ve müdahale evreleri, görev tanımları yapılmıştır [11].

Çizelge 1. Bütünleşik afet yönetim aşamalarının mevcut durum ile kıyaslanması. Mevcut durum TAMP Isparta raporundan alınmıştır [11].

BÜTÜNLEŞİK AFET YÖNETİMİ	MEVCUT DURUM
1. RİSK YÖNETİMİ	İLİN AFET VE RİSKLERİ (tanımlanmış)
1.1. Risk Analizi ve Zarar Azaltma	-Doğal afetler
- Mevzuat düzenleme ve güncelleme (FEMA tür)	-Heyelan
- Afetleri tanımlama (deprem, heyelan, yangın vb) ve oluşma risklerini belirleme	-Yangın
- Erken uyarı ve kontrol	-Kaya düşmesi
- Toplumun afet konusundaki eğitimi	-Su baskınları
- Afet zararlarının azaltılması için mühendislik tedbirlerinin uygulanması	-Bölgenin Depremsellik durumu
1.2. Hazırlık	HAZIRLIK
- Acil eylem planlarının hazırlanması	- Müdahale Yöntemleri
- Riske göre müdahale yöntemi geliştirme	-
- ihtiyaçların belirlenmesi	-
AFET	
2. KRİZ YÖNETİMİ	
2.1. İlk Yardım ve Müdahale	MÜDAHALE VE ORGANİZASYON
- Afet göre acil eylem planının uygulanması, müdahale	Müdahale Aşamaları
- Arama kurtarma faaliyetleri	Müdahale Olay seviyeleri
- Tahliye	Yerel Düzeyde Koordinasyon Birimi
- İhtiyaçların karşılanması	Yerel Düzeyde Müdahale Yönetimi
- Koordinasyon	Toplanma alanları
- Destek İl Grupları	Afet Anında Yapılacaklar (0. Dakika planlaması)
- Hasar tespit çalışmaları	İl Afet Müdahale Planı
	Destek İl Grupları
2.2. Yeniden İnşa (Planlama)	-
- Maddi yardım	-
- Haberleşme, ulaşım, konut vb.	-
- Afet güvenli yerleşim alanı oluşturma	-
- Toplumsal rehabilitasyon	-

Sonuçlar

Türkiye’de afet yönetim planı, bir afet sonrasında uygulanan ilkyardım ve müdahale faaliyetleri olarak algılanmakta ve başarı daha çok buna göre değerlendirilmektedir. Afet yönetimi risk ve kriz yönetimi evrelerinde olduğu göz önüne alınması gerekirken, ülkemizde kriz yönetimi evresi olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha çok pansuman tedbiri olan bu tür politikalardan vazgeçip afet yönetim planlarının afet öncesi, sırası ve sonrasına dönük olarak yeniden oluşturulması gerekmektedir. Hatta afet zararlarını en aza indirmek için afet yönetiminin ilk evresi olan risk analizinin öncelemesi afet yönetiminde başarıyı artıracaktır. Kriz yönetimi daha çok olay sonrası olduğundan anlık (konjektörel) davranış gerektirirken, risk yönetimi daha çok planlama esaslı olduğu için stratejik davranış gerektirir.

September 25-27, 2019 Karabük/Turkey

Risk yönetimi yerine kriz yönetiminin öne çıkması can ve mal kaybını artırmaktadır. Zira afetin türü, büyüklüğü, nerede ve zaman oluşacağı ve nasıl etkileyeceği bilinmediğinden ve ona göre hazırlık yapılmadığından dolayı dünya ölçeğinde orta büyüklükte bir afette bile ülkemizde toplumu sarsacak düzeyde can ve mal kaybı meydana gelebilmektedir. Bu durum 1999 Gölcük ve Düzce, 2003 Bingöl, 2011 Van ve 2016 Bodrum depremlerinde net bir biçimde görülmüştür. Küresel ısınma kaynaklı sel ve fırtına olaylarında da bu durumu görmek mümkündür. Örneğin 2018 yılı Kasım ayında Muğla'nın Bodrum ilçesinde iki hafta içerisinde üç defa plansız yapılaşmanın ve alt yapı eksikliğinden kaynaklı sel felaketi yaşanmış, çok sayıda işyeri ve evi su basmış, onlarca aracın sel ile sürüklenmesi sonucu milyonlarca lira maddi kayıp meydana gelmiştir. Ortaya çıkan sonuç ve elde edilen bilgiye göre bu İlçe için herhangi bir afet planının olmadığı görülmektedir. Ancak afet yaşandıktan sonra, diğer bir deyişle kriz oluştuğundan sonra müdahale edilmiştir. Oysa küresel ısınmaya bağlı bu olayın olacağı belli olduğuna göre yerel yönetimler tarafından hazırlanacak bütünlük bir afet planı ile bu kayıpların azaltılması mümkündür. Benzer durumun ülkemizin geneli için geçerli olduğuna göre bu ve benzeri afetlerin yaşanmaması için iyi bir afet planının yapılması şarttır.

Afet öncesinde, ülke genelinde yerleşim alanlarına yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar en küçük yerleşim birimini de içerecek şekilde afet haritaları, yerleşim planları, binaların yapı ve konumu, her bir binada oturan insanlara ait bilgilerin bir veri tabanına işlenerek o yerleşim birimine ait veriler bir merkez toplanmalıdır. Çünkü afet sırası ve sonrasında, o yerleşim biriminde hasar gören bina ve tesislerde bulunan insanlara ait bilgiler anında yetkililer ulaştırılacak, bu bilgi arama kurtarma ekiplerine yardımcı olacaktır. Bu konuda Japonya'daki uygulamalar örnek alınabilir.

Kaynaklar

- [1] Ergünay, O.,(1999). Acil Yardım Planlaması ve Afet Yönetimi, *Uzman Der Dergisi*, 6 (7),10s. Ankara.
- [2] Ertürkmen, C.,(2006). Afet Yönetimi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi ve Siyaset Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [3] KRDAE, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Çengelköy, İstanbul
- [4] Ergünay, O.,(2005). Afet Yönetiminde İşbirliği ve Koordinasyonun Önemi, *Afet Yönetiminin Temel İlkeleri*, JICA Türkiye Ofisi, 10s.Ankara.
- [5] Geray, C.,(1997). Türkiye'de Yıkım (Afet) Olayları Karsısında Önlemler ve Örgütlenmeler, *Amme İdaresi Dergisi*. 10, 91s.
- [6] Ergünay, O., (1998). Afet Yönetimi Emergency Türkiye 93 First International Disaster Relief and Prevention, Civil Defence, Public Security and First Aid Exhibition, November 23 (27), 2s. Ankara.
- [7] Kadioğlu, M.,(2008). Modern, Bütünlük Afet Yönetiminin Temel İlkeleri; Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*; JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, 1-34s. Ankara.
- [8] Kadioğlu, M.,(2017). Afet Yönetimi: Beklenmeyi Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek, Marmara Belediyeler Birliği Yayınları, İstanbul.
- [9] Geray, C.,(1978). Marmara'daki Son Depremden Ders Alabilecek miyiz? *Kent Kooperatifçiliği*, Türkiye Kent Kooperatifleri Merkez Birliği Süreli Yayını, 109 (111), 6-7s., Ankara.

September 25-27, 2019 Karabük/Turkey

- [10] Ergünay, O., (1996). Afet Yönetimi Nedir? Nasıl Olmalıdır? *TÜBİTAK Deprem Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 263s. Ankara.
- [11] TAMP-Isparta, (2018). Isparta İl Afet Müdahale Planı, T.C. Isparta Valiliği, İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Isparta

Deprem Hasarının Azaltılmasında Mikro Bölgeleme Çalışmaları ve Kentsel Dönüşüm

Microzonation Studies and Urban Transformation in Earthquake Damage Reduction

Şakir Şahin

Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Isparta, Türkiye Tel: (246) 211 1350
Faks: (246) 237 0859
E-mail: sakirshahin@sdu.edu.tr

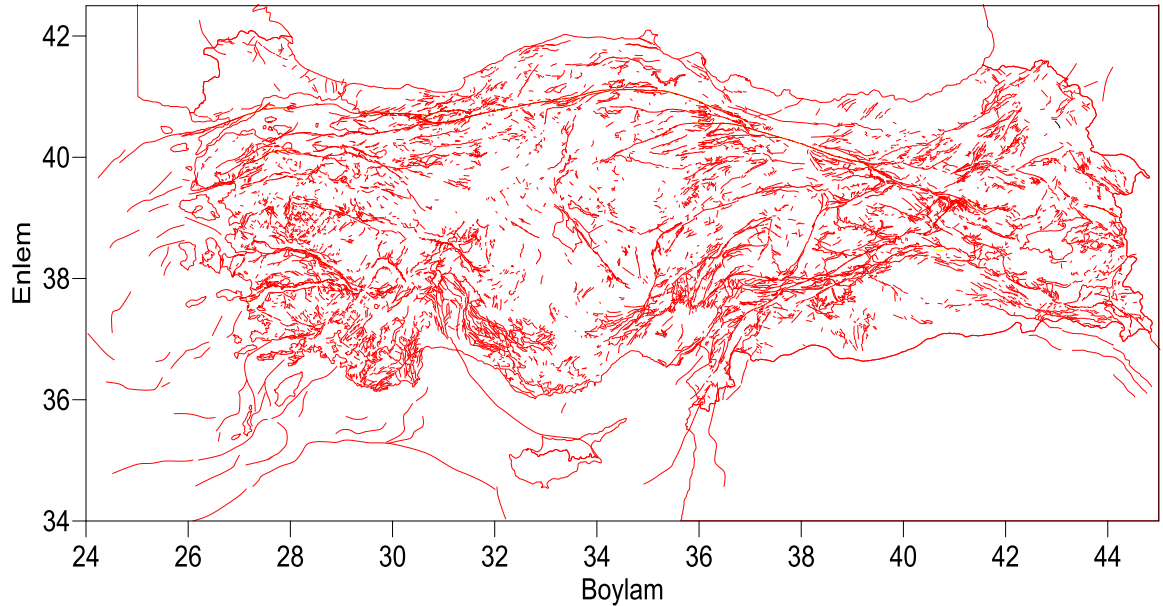
Özet: Deprem hasarının azaltılması amacıyla yapılan mikrobölgeleme çalışmaları her tür, ölçek ve amaçla planlanması düşünülen mevcut ya da potansiyel yerleşim alanlarının 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Nedeniyle Alınacak Tedbirler ve Yapılacak Yardımlara Dair Kanun'da tanımlı doğal afet tehlikelerini yer bilimsel veriler ışığında bölgesel olarak değerlendirmektir. Ayrıca, olası mühendislik problemlerini belirlemek, alanların arazi kullanımı - yerleşime uygunluk değerlendirmesini yapmaktır. Bu sayede, afete karşı önlem alınacak ve zararları en aza indirmek mümkün olacaktır. 2012 yılında uygulamaya konulan 6306 sayılı kentsel dönüşüm kanunu çerçevesinde yapıların güvenli hale gelmesi sağlanacaktır. Bunun için arazilerin bir plan içerisinde düzenli olarak kullanımını ve deprem etkisi karşısında jeolojik, sismolojik (jeofizik) ve geoteknik faktörleri belirlenmesi ile kentlerin ekonomik, sosyal ve politik açıdan güvenilir hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma ile mikro bölgeleme çalışmalarının deprem hasarının azaltılmasında önemi ve kentsel dönüşüme katkısı ortaya konulacaktır.

Abstract: *The microzonation studies to reduce earthquake damage evaluate the hazards of natural disasters by using earth sciences as regionally respect to the existing or potential settlement areas for all scales and purposes defined in the Law No. 7269 on the Measures to be Taken Due to Disasters to Public Life and the Aids. In addition to it is aimed the identification of possible engineering problems, land use of land - to assess the suitability of the settlement. In this way, the measurements of disaster will be taken and damages will be minimized. Within the framework of urban transformation law no. 6306 which has been applied in 2013, the buildings will be secured. For this purpose, it is aimed to use the land in as planned and to determine the geological, seismological (geophysical) and geotechnical factors against to earthquake impacts and to make the cities economically, socially and politically reliable. In this study, the importance of microzonation studies in reducing earthquake damage and contribution to urban transformation will be revealed.*

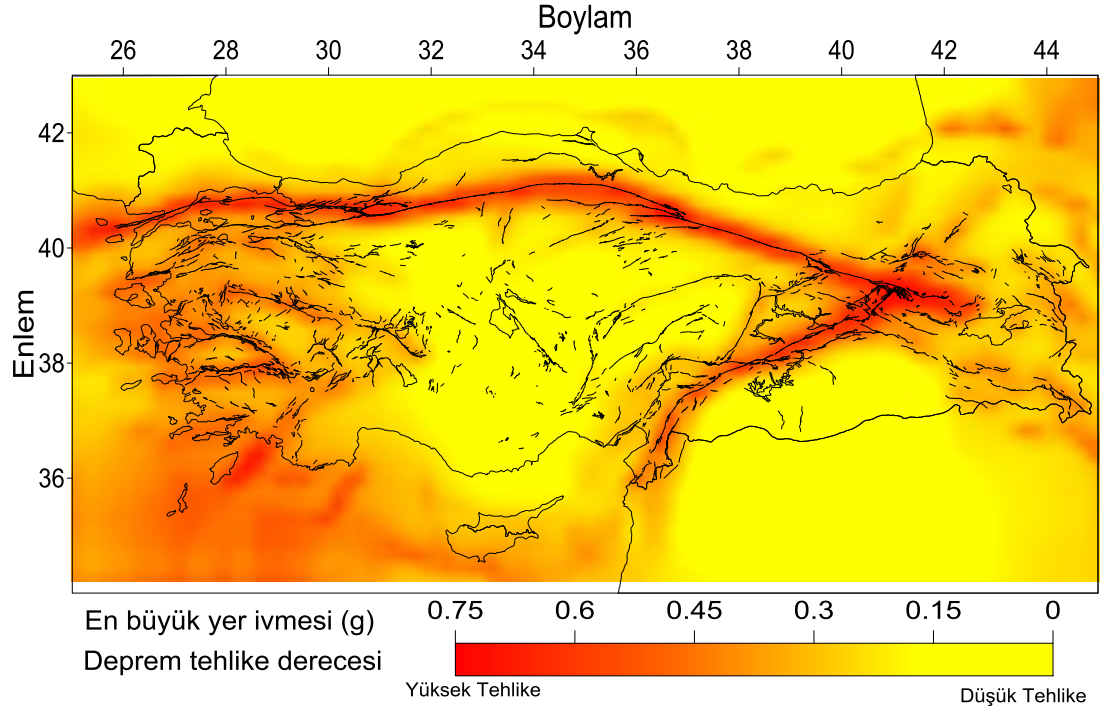
September 25-27, 2019 Karabük/Turkey

1. Giriş

Türkiye sismotektonik açıdan oldukça aktif bir bölgede yer almaktadır. Dünyanın en aktif fay zonlarından olan Kuzey Anadolu Fay zonu ülkemizi boydan boya kat etmekte, hasar verici en büyük depremler bu zon üzerinde meydana gelmektedir (Şekil 1). Yer kabuğunda fay düzlemi boyunca kırılmaya bağlı ani yer değiştirme sonucu oluşan dalgaların geçtikleri ortamı ve yer yüzeyini sarsma olayına deprem adı verilir [1](Erkoç vd., 2000). Ortalama 3 yılda bir hasar yapıcı depremin olduğu ülkemizde her gün aletsel olarak kaydedilen çok sayıda deprem oluşmaktadır. Bunların büyük bir kısmı insanlar tarafından hissedilmeyen sadece aletsel olarak kaydedilen depremlerdir. Her yıl ülkemiz topraklarında büyüklüğü 2 ve üzeri ortalama 18.000 deprem meydana gelmektedir [2]. Türkiye’de toplam nüfusunun %98’i depremden az ya da çok etkilenmektedir. 2018 Türkiye Deprem Yönetmeliği’ne göre yüzölçümünün % 75’ü tehlikeli /yüksek tehlikeli alan olarak görülmektedir (Şekil 2). Deprem tehlikesinin yüksek olduğu alanlarda nüfus yoğunluğu fazladır. Bu da deprem riskinin ülkemiz için önemli bir konu olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda kırsaldan kente yoğun göç nedeniyle her geçen gün daha fazla vatandaşımızın deprem tehlikesi ile karşı karşıya kaldığı söylenebilir. Nüfusunun %85’ine yakını kentlerde yaşayan ülkemizde kentleşme ve kentsel riskler gündemden düşmeyecektir. Enerji santrallerinin ve sanayi bölgelerinin büyük bir kısmı bu riskli bölgelerde bulunmaktadır. Bu gün vergi gelirlerinin % 45’nin İstanbul ve çevresinden toplandığı düşünüldüğünde olası İstanbul depreminde kayıp durumunun dikkate alınarak hazırlık yapılması gerektiği ortadadır. Zira bu yapılmadığı takdirde, binlerce kişinin hayatını kaybetme riski ile, nasıl 1999 depremi 2001 krizini tetikledi ise bu durum yeni ve daha büyük bir krizi tetikleme söz konusu olacaktır. 2018 yılında uygulamaya konulan imar barışı kapsamında kentlerimizde yapı stokunun belirlenmesi ile kentlerimizde kentsel dönüşüm çalışmaları hızlandırılmalıdır. Oluşturulacak yeni bir sistemle yapılarımız depreme dayanıklı hale getirilmeli ve yaşanılabilir kentler oluşturulmalıdır [3].



Şekil 1. Türkiye Diri Fay haritası [4]



Şekil 2. AFAD 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası [5]

Kentsel risk kavramı, günümüzde sadece doğal afetler (deprem, sel, heyelan, yangınlar vb) olarak algılanmaktadır. Bu durum halen büyük kentlerimizde bina çökmeleri biçiminde karşımıza çıkmaktadır. Bu faktörlerin dışında insanlardan kaynaklanan doğal olmayan (yanlış yerleşim yeri seçilmesi, betonlaşma, atıklar, hava su ve toprak kirliliği, alerjik faktörler vb) risk faktörleri de bulunmaktadır. Şehirlerin hızlı ve planlı olarak genişlemesi, daha fazla insanı ve ekonomik varlığı felaket riskine ve iklim değişikliğinin etkilerine karşı savunmasız bırakmaktadır. Şehir yönetimleri için, artan iklim değişikliği, etkili kentsel yönetim ve kilit hizmetlerin sunumunda ek zorluklar doğururken; sakinler için daha sık sel, toprak kayması, sıcak hava dalgası, kuraklık ve yangın nedeniyle yaşamlarını ve geçim kaynaklarını giderek etkilemektedir [6].

Kentsel hizmetlerin sunulmasının yanısıra planlama ve yönetimlerdeki risklerin değerlendirmesini kolaylaştırarak şehirlerin afet ve iklim değişikliğini göz önünde bulundurmaları bir zorunluluktur. Afetler, tehlikelerin birleşiminden ve insanların ve ekonomik varlıkların maruz kalmaları ile ilgili güvenlik açığı ile birleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Güvenlik açığı ve bu nedenle felaket riski, maruz kalan unsurların esnekliğini veya baş etme kapasitesini artırarak azaltılabilir. Şehirler, kuraklık, sel, deprem, fırtına ve volkanik patlamaları da içeren çeşitli doğal ve insan kaynaklı tehlikelere maruz kalmaktadır. Bir tehlikenin felakete dönüşme potansiyeli, bir nüfusun maruz kalma derecesine ve fiziksel veya ekonomik varlıklarına bağlıdır. Kentleşme, göç, nüfus artışı ve ekonomik kalkınma, yüksek riskli alanlarda insan ve varlık konsantrasyonunu artırmaktadır. Şehirlerde hem insanların hem de altyapının daha yüksek derecede maruz kalması ve kırılgan olması, doğal tehlikelerin kentsel alanlarda kırsal alanlardan daha fazla sosyal ve ekonomik etkiye neden olmasının sebebidir.

2. Kentsel Dönüşüm

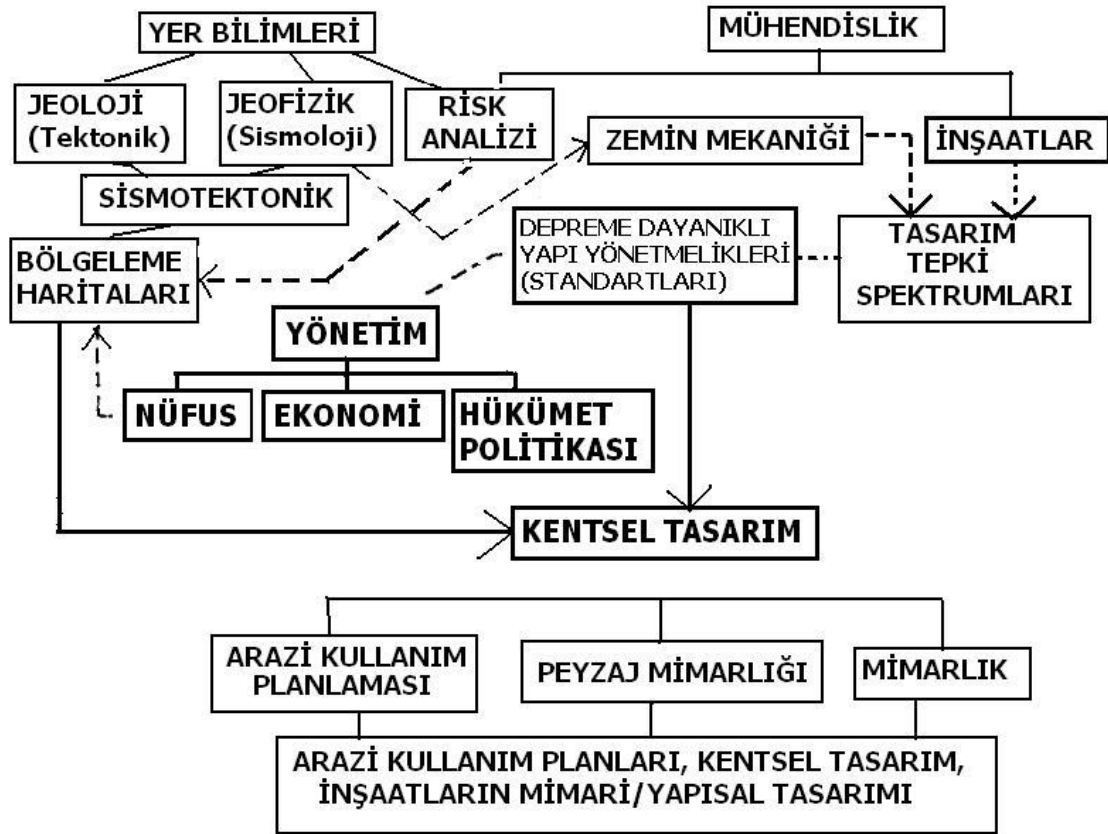
Ülkemizde kırsaldan kent göçün çok hızlanması ile meydana gelen toplumsal değişimler ve kentsel nüfusun sürekli artış göstermesi sonucu oluşan taleplerin karşılanması için kentsel dönüşüme ihtiyaç duyulmuştur. Bu çerçevede 2012 yılında kentsel dönüşüm yasası olarak bilinen 6306 sayılı Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkındaki kanun çıkarılmıştır. Bu kanunla, afet riski altında bulunan ve bu alanlar dışındaki riskli yapıların deprem ve diğer doğal afetlerin zararlarını azaltılmasına yönelik olarak fen ve sanat norm ve standartlarına uygun, sağlıklı ve güvenli yaşama çevrelerinin oluşturulması amaçlanmaktadır. Kentsel dönüşüm, şehir niteliğindeki yerleşim alanlarında yürütülen imar uygulamalarının afet güvenli yerleşim alanlarını oluşturması, büyük göç alan sanayi kentlerinin kenar bölgelerinde, daha çok kayıt dışı inşaat sektörüncce gerçekleştirilmiş olan niteliksiz ve yasadışı yerleşimlerin, yasal ve sağlıklı yaşam için uygun koşullara kavuşturulması amacıyla oluşturulan çok disiplinli çalışmadır.

Tutarlı, istikrarlı ve gerçek bir afet yönetimi, o kentin afet planını çok iyi bilmekle ve afet planının çok iyi hazırlanması ile olanaklıdır. Mikrobölgeleme çalışmaları, deprem Zararlarının azaltılmasında ve deprem güvenli kentlerin oluşmasına katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle mikro bölgeleme Kentsel dönüşümü amacına hizmet etmektedir.

3. Mikro Bölgeleme

Depreme dayalı riski azaltmak ve yapıların depreme karşı güvenliğini sağlamak için, dinamik etkiler yapı tasarımında hesaba dâhil edilmektedir. Mikro Bölgeleme başta deprem olmak üzere, doğal afet etkisinin belirlenmesi ve afet zararlarının azaltılmasına taban teşkil edecek çalışmaları içermektedir. Genel olarak yerel zemin tepkisi, yamaç duraylılığı ve sıvılaşma gibi olgular belirlenir. Bun olgular için, mikrobölgeleme çalışmaları genel bölgeleme, ayrıntılı bölgeleme ve çok ayrıntılı bölgeleme olmak üzere üç kategoride çalışmalar olarak kabul edilmektedir [6]. Mikro bölgeleme uygulama aşamaları Şekil 3'de verilmiştir.

Mikro bölgeleme çalışmasında imar planlarına esas jeolojik yapının belirlenmesinin ve kent yerleşim alanında zeminlerin mühendislik özelliklerinin statik ve dinamik yöntemlerle belirlenmelidir. Bu amaçla yürütülen çalışma kapsamında, 1/25 000 ölçekli jeolojik harita alınmasının yanısıra, yerleşim merkezlerinin 1/5.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası ve kesitleri, 1/5 000 ölçekli eğim haritası, 1/2 000 yatay ve 1/200 düşey ölçekli jeolojik yapıyı gösteren jeofizik kesitler, jeolojik yapıyı gösteren jeofizik diyagram (1/5000 yatay, 1/1000 düşey), doğal gerilim türev ve yığma eğrileri profili, değişik derinlikler için özdirenç haritaları, değişik sığ derinlikler için sismik enine dalga hızı haritaları, zemin hakim titreşim periyodu haritası, 1/5.000 ölçekli yeraltı suyu yüzeyden derinlik ve seviye haritaları hazırlanmalıdır.



Şekil 3. Yer seçim kararlarını denetleyen etmenler [8]

Tüm araştırma bulgularından yararlanarak inceleme alanında temel zemin/kayaların jeoteknik değerlendirmeleri yapılmış ve inceleme alanının 1/10.000 ölçekli arazi kullanım haritası hazırlanmış olacaktır.

Bir yerleşim alanında mikro bölgeleme çalışmaları için;

- Veri tabanı oluşturulması

Çalışmanın yapıldığı yerleşim alanında o ana kadar imara ilişkin yapılmış tüm çalışmaların başta belediye olmak üzere ilgili kurumlardan tedarik edilmesi ve zemini tanımlayacak parametreler belli bir format dâhilinde kaydedilmesi gerekmektedir.

- Jeomorfolojik çalışmalar

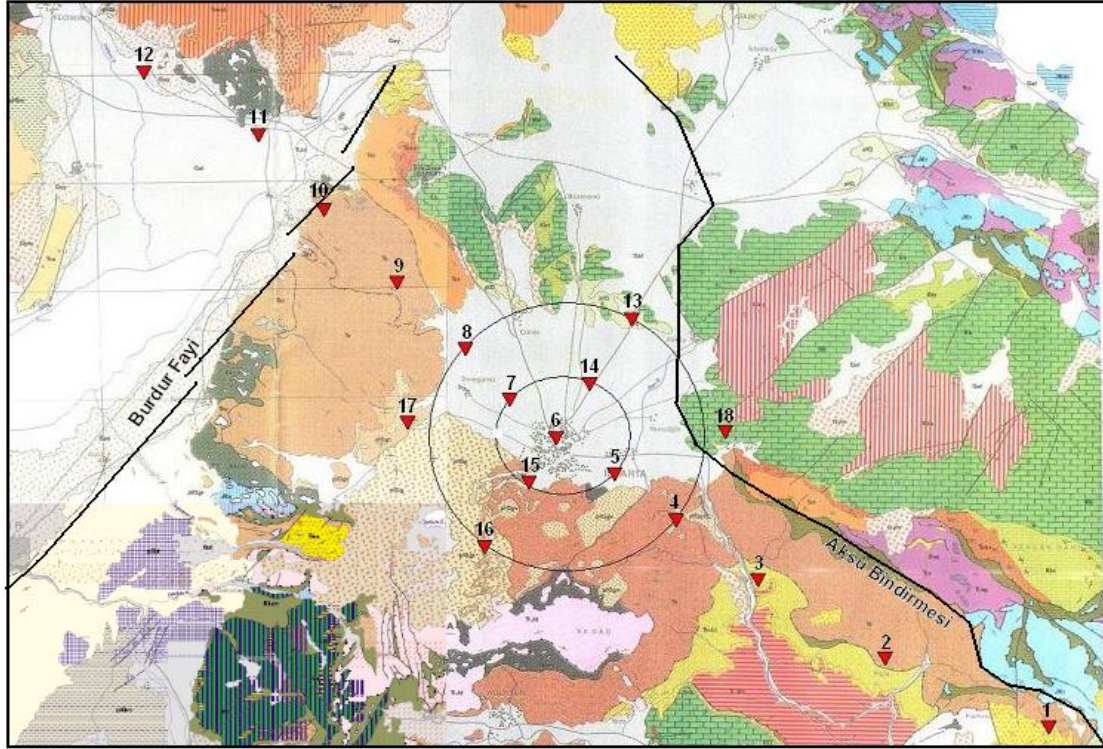
Gerek mevcut durum, gerekse yeni oluşturulacak yerleşim birimi için yerleşime uygunluk açısından jeomorfolojik özelliklerin belirlenmesi gerekir.

- Jeolojik Çalışmalar

Yerleşim alanının yerel ve bölgesel Jeolojisi, stratigrafik durumu, Tektonik Evrimi ortaya konulmalıdır.

- Jeofizik Çalışmalar

Sismik Ağ: Fay Haritaları, Sismotektonik Haritalar, Deprem Olasılık Haritaları Sismik veri haritaları belli bir zaman süresi içinde hareket etmiş olan bütün fayları göstermek üzere hazırlanmalıdır. Isparta için hazırlanmış olan sismik ağ haritası Şekil 4'de verilmiştir. Mühendislik jeofiziği çalışmaları olarak, yer elektrik yöntemleri, sismik yöntem, gravite yöntemi ve manyetik yöntem uygulanmalıdır.



Şekil 4. Isparta için 3 yıl süreyle kurulması planlanan güçlü yer hareketi sismik ağı.

- Laboratuvar çalışmaları

Yerleşim alanında yapılan sondajlardan elde edilen kaya ve zemin numuneleri laboratuvar ortamında analiz edilmelidir.

- İnceleme Alanının yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesi

Bir yerleşim birimi ve çevresinde yer alan faylara uzaklığı da dikkate alınarak yerleşim alanında, yapılan jeomorfolojik, jeolojik, jeofizik, mekanik sondajlar, hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi ve geoteknik araştırma bulgularına göre deprem hasarını artıran faktörler temel kaya üzerindeki çökel kalınlığı, Zemin pekleşmesinin denetlediği deprem büyütmesi, Yapılara gelen deprem kuvvetini denetleyen zemin hakim titreşim periyodu, Zemin indeks ve mekanik özellikleri, Eğim durumudur. Bölgesel kayma dalga (VS) hızı dağılımı dikkate alınarak, 1/2.000 ölçekli yerleşime uygunluk haritası hazırlanmalıdır. Yerleşim birimi imar alanı yerleşim açısından; Uygun olmayan alanlar (UOA), Önemli uygun alanlar (ÖUA-1, ÖUA-2) ve Uygun alanlar (UA) olarak sınıflandırılmalıdır.

Bu sınıflamanın yapılması ile mikro bölgeleme çalışması yapılmış olacaktır. Kentsel dönüşüm için çok önemli bilgileri sağlayan mikro bölgeleme çalışmaları ülkemizde çok az sayıda yerleşim biriminde yapılmış olduğundan çok sıklıkla yapısal hasar ve can kayıplı afetler yaşanmaktadır. Örneğin İzmir'in Bornova ilçesine bağlı Eğridere Mahallesi'nde bu tür çalışmalar yapılmadığı için 2019 yılı Şubat ayında meydana gelen heyelan adı geçen mahallenin yerinin değiştirilmesine neden olmaktadır. Eğridere mahallesi'nde meydana gelen heyelan neticesinde oluşan afet durumu Şekil 5-7'de görülmektedir.



Şekil 5. İzmir ili Bornova ilçesi Eğridere Mahallesi'nde heyelan sonucu oluşan afet durumu [9].



Şekil 6. İzmir ili Bornova ilçesi Eğridere Mahallesi'nde heyelan sonucu oluşan afet durumu [9].



Şekil 7. İzmir ili Bornova ilçesi Eğridere Mahallesinde heyelan sonucu oluşan afet durumu [9].

Sonuçlar

Kentsel dönüşüme katkı sağlayacak mikro bölgeleme çalışması için;

- Yerleşim alanı ve çevresinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmalı ve bölgede ayırt edilen kaya birimi dokanakları ile fayların uzanımları bu harita üzerinde gösterilmelidir.
- Yerleşim alanı ve yakın çevresinin temel jeolojik yapısının ortaya çıkarılması amacıyla, 1/250.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmalı, ayırt edilen kaya birimler harita üzerine işlenmelidir.
- Ülkemizde sismik ağların gelişmesi ile büyüklüğü düşük olan depremler de kaydedile bilinmektedir. Merkez üssü haritasına baktığımızda kent merkezlerinde, deprem olduğunu görüyoruz. Burada gömülü bir fayların varlığı araştırılmalıdır.
- Yerleşim alanı yerleşim alanında, arazi kullanımına yönelik 1/2000 ölçekli eğim haritaları hazırlanmalıdır.
- Yerleşim alanı kent merkezinde zeminin araştırılmasında şuana kadar yapılan sondajlardan faydalanılmalı ve taban topografyasının belirlenmesi için yeni sondajlar yapılmalıdır.
- Yerleşim alanı yerleşim alanı ve çevresi için deprem risk analizi yapılmalıdır.
- Yerleşim alanı sınırları içerisinde, parsel bazında zemin etütlerinin yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- [1] Erkoç, T., Bardan, B., Hamzaçebi, G., (2000). Deprem nedir? T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1 s. Ankara.
- [2] KRDAE, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Çengelköy, İstanbul
- [3] Şahin, Ş., Üçgül, İ. (2019). Türkiye’de Afet Yönetimi ve İş Sağlığı Güvenliği, *Afet ve Risk Dergisi*, 2(1), 43-63.
- [4]MTA, (2013). Türkiye Diri Fay haritası, Maden tetkik ve arama genel müdürlüğü, Ankara.
- [5] AFAD, (2018). Türkiye Tehlike Haritası, İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- [6] Gökdayı, İ. (2019). Kentsel Risk Değerlendirmesi: Antalya Konserve Koyu Örneği, International Disaster and Resilience Congress (IDRC 2019) 26-28 Haziran 2019, Eskişehir/Türkiye.
- [7] Özçep, (2016). Kent ve Bölge Planlamada Mikrobölgeleme Teknikleri, İstanbul Üniversitesi, Ders Notları, İstanbul.
- [8]Aydemir, S.E. (1999). Türkiye’de İmar Kurumu, “Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarımı” Kitabında, (Ş. Aydemir, S.E. Aydemir, N. Ökten, A.M. Öksüz, C. Sancar, M. Özyaba), Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Ders Notları, No: 54, Trabzon.
- [9] DHA, (2019). Demirören Haber Ajansı, İstanbul.

Implementation of European Union (EU) SEVESO Directive and Liabilities for governments and Businesses

Kasım Yılmaz¹

¹*Asst.Prof. Karabuk University, Demirçelik Campus, TOBB Technical Sciences College, Karabuk, Turkey
kasimyilmaz@karabuk.edu.tr*

Abstract - Chemical substances which used frequently in every aspect of our daily life and industry pose many risks. The chemical accidents are emerged either from unplanned technological failures and/or human errors or from a combination of both. In this paper, the European Commission SEVESO Directives about prevention, preparedness and response to major incidents has been evaluated in terms of the amendments on its content and the implementation difficulties. The Seveso Directive, adopted by the Council of Ministers of the European Communities in June 1982 (Directive 82/501/EEC) was the result of discussions after Seveso disaster in Italy. This legislation aimed to improve the safety of industrial sites, planning for off-site emergencies, and to cope with broader regional and transboundary aspects of industrial safety. After two amendments in 1987 and 1988 the second Directive (96/82/EC) was introduced in 1996 following the UK North Sea Piper-Alpha disaster in 1989 accepted the concept of a safety management system, draw attention for domino effects to neighbouring plants, land use planning, and care in plant modifications. Seveso Directive III in 2012 focused on emergency plans, public involvement in consultation and decision making, and defining criteria for 'hazardous materials. On the path of full EU membership Turkey updated related regulations according to Seveso II Directive but hasn't finished harmonization updates in his legislation for Seveso III directive yet.

Keywords - Chemical Substances, Industrial Accidents, Disasters, The SEVESO Directives.

1. Introduction

Modern industrial manufacturing processes and modern societies need to use chemical substances. Chemical products are described as the key elements in development of modern societies. Thus, production of chemicals and their usage are getting increased through the worldwide. As an example, the global output of chemicals increased approximately 10 folds between 1970 and 2010 [1]. (IPCS Harmonization Project Document, 2010:8). According to official estimates, the increase in chemical production will have been seriously raised by 2050. A grow rate of 3% at chemical production per year is estimated and it is well over the rate of global population growth, which is guessed at 0.77% per year as seen in Fig. 1 [2].

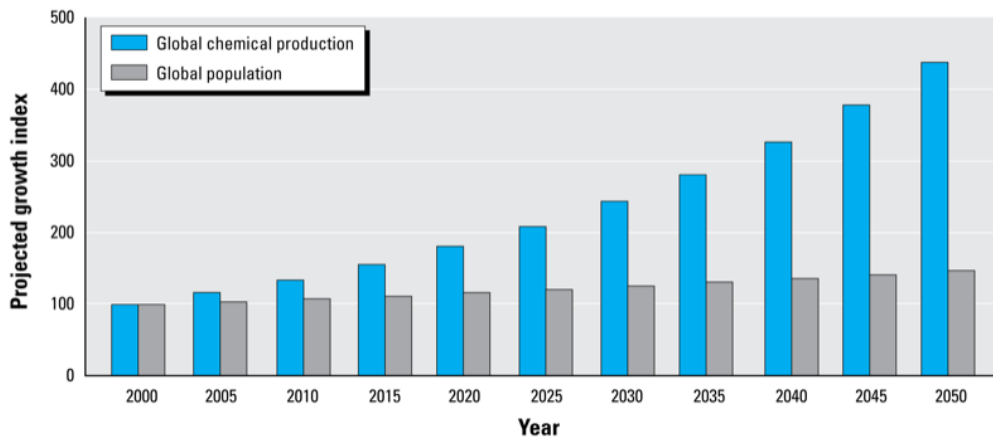


Fig. 1. Global chemical production growth (Wilson & Schwarzman, 2009)

Chemical substances are important components for agriculture, production, construction and service sectors in business. In addition, chemical substances used frequently in every aspect of our daily lives bring the risks. Intensive production and use of chemical substances may result more technological disasters. Technological disasters are defined as disasters or disaster conditions which make social, economical and environmental deformation, and result in critical infrastructure changes, environmental hazards and cyber threats. These can be seen as the accidents in the fields of industry, mining, transportation, nuclear industry and as the sea pollution as a result of human activities or natural disasters. There is not a universal definition of technological hazards and accidents [3]. Disasters with environmental consequences occur with increased magnitude, complexity and frequency. Chemical accidents are among the technological disasters and unfortunately continue to occur as seen in Fig. 2-3. [4].

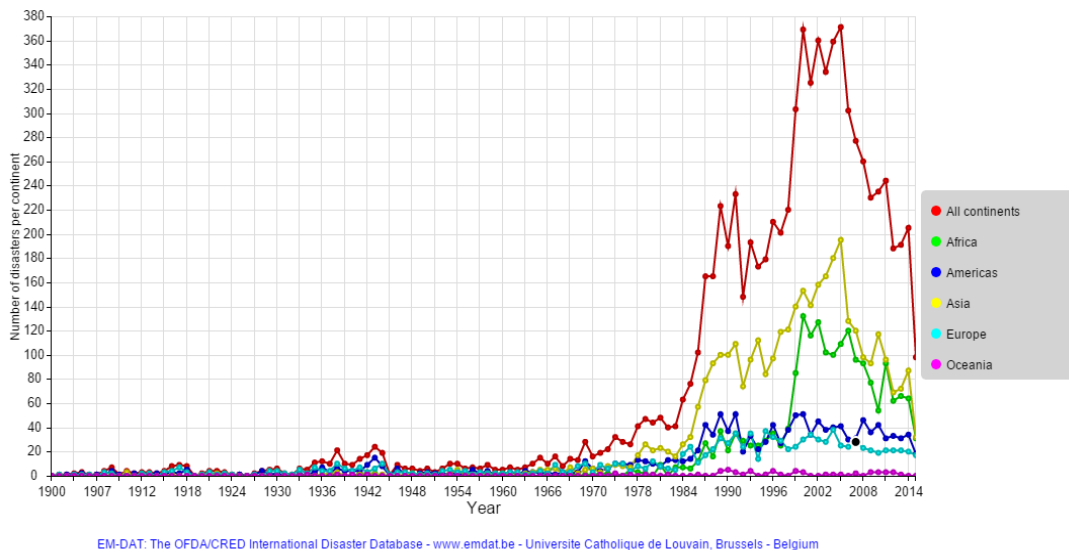


Fig. 2. Total number of reported technological disasters between 1900 and 2014 [5]

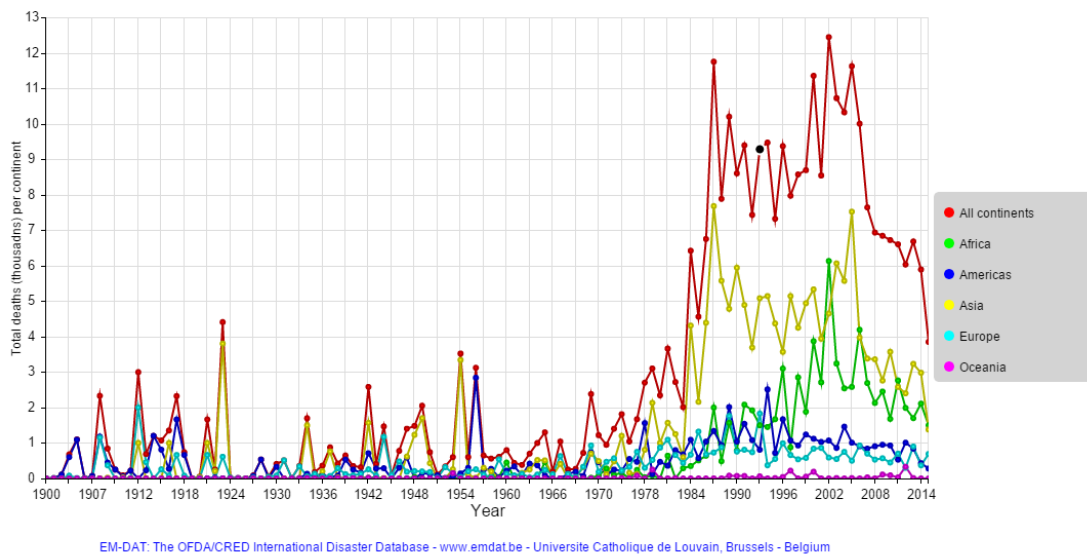


Fig. 3. Total deaths caused by reported technological disasters between 1900 and 2014 [5].

Many goods are produced for modern society and many chemicals are often used in their production. Their production, storage, transportation, usage and disposal may also involve in risks that lead to major accidents. Whole of a town, a city and/or a country can be threatened by an explosion in a chemical plant. Similarly, whole of a coast by the shipwreck of a tanker and whole of a region by the leaks from a chemical installation can be affected. The examples of major incidents in history are as follows: Bhopal accident (1984) with many human casualties; the Basel warehouse fire (1986) with large-scale pollution of the Rhine; and the Baia Mare spill (2000) which severely threatened the Danube River. More recently, the people and the environment of Enschede (2000) and Toulouse (2001) were seriously affected by chemical explosions, spills or disasters.

Likewise, major industrial accidents in Turkey has revealed heavy consequences. As a result of the accidents occurred in Acrylic Chemical Industry, Aksa (Yalova) and Tupras Refinery (İzmit) caused heavy smoke emission into atmosphere. Also in August 5, 2015, as a result of an incident in Tuzla Leather Organized Industrial Zone in Istanbul, nitric acid leaked into the environment.

2. The SEVESO Directive

The chemical accidents can be defined as any unplanned event involving hazardous substances that causes or is liable to cause harm to health, the environment or property, such as loss of containment of hazardous substances, explosions, and fires [6]. Aforementioned consequences are emerged either from unplanned technological failures and/or human errors or from a combination of both. Major industrial accidents which dangerous chemicals involve give a substantial threat to humans and the environment. Moreover, these accidents results in losses in economy and they disrupt sustainable growth. Some industries are needed to use large amounts of dangerous chemicals. Avoiding their usage is really difficult, however, the associated risks are minimised by putting some preventive measures, being well prepared and responding the accident quickly. Thus, European Commission has released the SEVESO Directive after several major accidents.

The Seveso disaster occurred in a chemical plant in July 1976 and an explosion in a TCP (trichlorophenol) reactor in Meda town near Milan/Italy emitted a toxic cloud into atmosphere in a densely populated area. The response of the European Community to this disaster was Seveso Directive. The Seveso Directive, adopted by the Council of Ministers of the European Communities in June 1982 (Directive 82/501/EEC) was the result of discussions after Seveso disaster. This legislation aimed to improve the safety of industrial sites, planning for off-site emergencies, and to cope with broader regional and transboundary aspects of industrial safety. The core of the Directive was the requirement for public information about major industrial hazards and appropriate safety measures in case of emergency. For the industrial workers and people it was the first time the principle of “need to know” has been enshrined in European Community legislation. The directive was also designed to equalize the burden of regulation on industry. The directive created a single hazardous industry code for member countries. The Directive also holds member states responsible for ensuring their national bodies accomplish requirements for adequate risk management. The four annexes of the Directive identify types of production, operations, and storage activities that are subject to regulation [7].

After two amendments in 1987 and 1988 the second Directive (96/82/EC) was introduced in 1996 following the UK North Sea Piper-Alpha disaster in 1989 accepted the concept of a safety management system, draw attention for domino effects to neighbouring plants, land use planning, and care in plant modifications. In 2003 after major incidents in Netherland, France and Hungaria an amendment was launched and strengthened the requirements. Seveso Directive III in 2012 focused on emergency plans, public involvement in consultation and decision making, and defining criteria for ‘hazardous materials. The Seveso III legislation applies to over 10,000 European industrial sites [8].

The “SEVESO” Directive deals specifically with the prevention and control of major industrial risks involving dangerous substances (Seveso Directive, 96/82/EC, 1996). It was aimed at the prevention of major accidents which involve dangerous substances, and the limitation of their consequences for human and the environment, with a view to ensuring high levels of protection throughout the Community in a consistent and effective manner [9].

The main driver for SEVESO III update was the connection with the novel chemical classification system known as Classification Labelling and Packaging Regulation (CLP) (European Commission, 2008) and getting the directive aligned with it. In this respect, Seveso III Directive uses a different classification system to define qualifying quantities for health hazards, physical chemical hazards, environmental hazards with some changes in generic categories and movement of substances [10].

The chronology of the major accidents and amendments of SEVESO Directives are as follows:

- The SEVESO Directive I (82/501/EC) took effect in 1982.
- The SEVESO Directive II (1996:82/EC) entered into force in 1996 making a strong emphasis in management system and this directive was updated (2003/105/EC) in 2003.
- The SEVESO Directive III (2012:2012/18/EU) was accepted in 2016.

Implementation of the SEVESO Directives

The basic requirements of the Directives from member countries are as follows [11], [12]:

- Establishment of notification system regarding use of hazardous substances in particular enterprises.
- Preparation of safety report and creating, checking, testing, revising emergency plans for major industrial accidents.
- Safety management system,
- Requirements during major accidents: Response, communication and reporting,
- Major Accident Prevention Policy,
- Internal and external emergency plans,
- Land use planning,
- Risk assessment and accident scenarios,
- Informing public,
- Investigating, reporting and control of major industrial accidents,
- Classification, packaging, labelling of chemicals.
- Domino effects; Information sharing.

Every member or parties have to establish a competent authority to apply directive requirements. Since June 1st 2015 Seveso III Directive came into force for all parties in Europe. In European countries there are more than 10.000 Seveso institutions. Turkey enacted “The Regulation for Controlling Risks in Major Industrial Accidents (BEKRA Regulation) in 2013 within the context of his EU harmonization efforts. Turkey also updated his legislation with European Union Regulation “(EC) No 1272/2008 on the classification, labelling and packaging of substances and mixtures (CLP Regulation) in 2013. BEKRA Regulation brought new authority and responsibilities to businesses, central and local government bodies. A new central “institution notification system” has been established according to the BEKRA regulation. Businesses with their reports have to prove they are able to fulfil the requirements of the legislation. Competent authority has power to halt the operations of the companies who don’t meet requirements [13]

There are some difficulties in implementation of the SEVESO Directives. First, the members and businesses may have inadequate knowledge about regulations related to major accidents [14]. Second, the directive brings a cost in terms of economic, social and environmental. Therefore, it causes an increase in budget and financial expenses in addition to technical and institutional reforms [15]. Some other difficulties may be stated as follows:

- It requires involvement of different administrative bodies with limited human resource and technical capacity for implementation of The SEVESO Directive.
- Stakeholders may not have sufficient information about definition and implementation of risk assessment requirements mandated under The SEVESO.
- There are no generally accepted applications about controlling land use planning to prevent major accidents.
- Conflicts between The SEVESO Organizations and civilian settlement areas are possible.

As an example in Piedmont/Italy, it was seen that local authorities were not sufficiently prepared for multilevel analysis to apply Directive’s requirement about assessment of

industrial risk in land use planning [16].

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described [2].

Please do not: Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low; Supply files that are too low in resolution; Submit graphics that are disproportionately large for the content.

3. Conclusions

The difficulties in implementation of SEVESO Directives can be overcome with a more effective institutional mechanism. The strategies for ensuring targeted synergy in the various activities should be developed. The coordination between different institutions, authorities and organization should be founded. A strategic framework is a necessity for the capacity building and integration with holistic chemical risk management by taking a multi-hazard risk reduction strategy into practice.

Regardless of the type or quantity of hazardous chemical or substance involved, all worksites must implement measures to reduce the potential for spills, chemical disaster and have a plan for responding.

A number of factors should be taken into account at effective disaster management. The suggestions about action plans are as follows:

- The focus should be on education/training and expertise. All workers including employees and employers as well as the public should be considered in training.
- The roles and responsibilities of authorities ought to be specified.
- In scope of The SEVESO, an accreditation process with all aspects such as monitoring, evaluation, organizational and personnel structure should be established.
- Risk management strategies for the establishments must be specified.
- The future development plants for NGO's and other foundations should be evaluated by means of the Directive.
- For the establishments all preparedness measures for a rapid and effective intervention should be reassessed.

As it is well known the effects of industrial accidents do not end at the border of a nation. The above mentioned accidents occurred in Schweizerhalle (Switzerland) and Baia Mare (Romania) are main examples of beyond border effects. Therefore, it is a necessity that a cooperation at a high level of protection between all nations is needed. This strengthens the ties between civil societies and provides preparedness and quick response capability in major chemical accidents.

Risk analysis must be studied in advance. Lower-cost methods in management of technological disasters should be developed. For the repeating risks and non-compliance with the Directive requirements sanctions such as closing, pausing and fines should be introduced. The public should be more involved and informed about plans and risks about environment.

References

- [1] IPCS Harmonization Project Document, (2010), International Programme on Chemical Safety (IPCS), WHO Human Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards, IPCS Harmonization Project Document; No.8.
- [2] Wilson, M. P. and Schwarzman, M. R., Toward a New U.S. Chemicals Policy: Rebuilding the Foundation to Advance New Science, Green Chemistry, and Environmental Health, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 117 (8), 1202, 2009.
- [3] Silei, G. (2014). Technological hazards, disasters and accidents. In *The Basic Environmental History* (pp. 227-253). Springer, Cham.
- [4] United Nations, Economic and Social Council, Economic Commission for Europe Committee on Environmental Policy, Ad Hoc Working Group on Environmental Monitoring, CEP/AC.10/2002/31.
- [5] The International Disaster Database, http://www.emdat.be/disaster_trends/index.html, Date of access: October 30, 2015.
- [6] Series on Chemical Accidents OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response OECD environment, health and safety publications: Series on chemical accidents; Vol. 10, OECD Publishing, 2003
- [7] De Marchi, B., Funtowicz, S., & Ravetz, J. (1996). Seveso: A paradoxical classic disaster. *The long road to recovery: Community responses to industrial disaster*, 86-120.
- [8] Jain, P., Pasman, H. J., Waldram, S. P., Rogers, W. J., & Mannan, M. S. (2017). Did we learn about risk control since Seveso? Yes, we surely did, but is it enough? An historical brief and problem analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 49, 5-17.
- [9] European Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on The Control of Major-Accident Hazards Involving Dangerous Substances, 1996L0082-EN-13.08.2012-004.001.
- [10] Sikorova, K., Bernatik, A., Lunghi, E., & Fabiano, B. (2017). Lessons learned from environmental risk assessment within the framework of Seveso Directive in Czech Republic and Italy. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 49, 47-60.
- [11] European Commission, Proposal for A Directive of The European Parliament and of The Council on Control of Major-Accident Hazards Involving Dangerous Substances, COM (2010) 781 Final, 2010/0377 (COD), 14, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010PC0781&from=EN>, 2010.
- [12] Man-made Disaster Management Workshop on future Policies and Strategies, (2013) Republic of Turkey Prime Ministry, Disaster and Emergency Management Presidency Publishing #44, Ankara, http://dppi.info/sites/default/files/Future%20Policies%20and%20Strategy%20for%20Man-made%20Disaster%20Management_AFAD%20REPORT.pdf.
- [13] The Guide For Controlling Risks in Major Industrial Accidents, (2014), EU Technical Assistance Project On Enhancing Application Capacity of SEVESO II Directive, 2014, <http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikbelge/icerikbelge3198.pdf>.
- [14] Wood, M., (2011), 'Seveso Lower Tier Establishments, Implementation of Article 7 of The SEVESO II Directive in The European Union', JRC Scientific and Technical Reports, European Union, DOI #: 10.2788/26158
- [15] The SEVESO II Directive (96/82/EC), (2012) Regulatory Impact Analysis, Regional Environmental Center Turkey (REC Turkey), <http://kadirtomas.com/wp->

- content/uploads/2017/02/SEVESO_DEA_TR.pdf, Ankara.
- [16] Demichela, M., Pilone, E., & Camunoli, G. (2014). Land use planning around major risk installations: From EC directives to local regulations in Italy. *Land Use Policy*, 38, 657-665.

Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri Afet Yönetim Yaklaşımlarının Karşılaştırılması: Farklılıkları ve Ortak Alanları

Turkey and United States of America Comparison of Disaster Management Approaches: Its Differences and Common Areas

Kasım Yılmaz¹, Bora Balun², Gazanfer Erbay³

¹ Doktor Öğretim Üyesi (Karabük Üniversitesi, TOBB Meslek Yüksek Okulu, Karabük, Türkiye, kasimyilmaz@karabuk.edu.tr)

² Doktora Öğrencisi (Anadolu Üniversitesi Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Ana Bilim Dalı, Eskişehir, Türkiye, borabalun@hotmail.com)

³ Dr. (Karabük Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Karabük, Türkiye, gerbay1966@hotmail.com)

Özet: - Dünyada ve Türkiye’de meydana gelen doğal ve insan kaynaklı afetlerde her yıl binlerce insan yaşamını yitirmekte ve yaralanmaktadır. Ortaya çıkan manevi kayıpların yanı sıra maddi kayıplar milyar Dolarla ifade edilmektedir. Kayıpların minimum düzeye indirgenmesi ve/veya ortadan kaldırılmasıysa özel bir ilgi ve uzmanlık gerektirmekte; inşa edilen afet yönetim sistemi başarısının ölçütü olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, Amerika ve Türkiye afet yönetim sisteminin tarihçesi tartışıldıktan sonra, her iki ülke sisteminin yapılanması ve müdahale konsepti AFAD ve FEMA üzerinden ele alınacaktır.

Anahtar Kelimeler: AFAD, FEMA, Afet Yönetimi, Acil Durum Yönetimi, Afet Yönetim Yapılanması.

Abstract: *It has been occurring the natural disasters and human-being disasters each year all over the world and Turkey, also at these events are die and injury thousands of people each year. Besides intangible damages at this events, pecuniary losses are expressed in billion dollars. While minimizing and/or eliminating losses are requires special attention and expertise, that situation is considered as measure of success for the disaster management system. In this study, after the United States and Turkey discussed the short history of disaster management system, the disaster management system and intervention concept of both countries will be discussed through AFAD and FEMA.*

Keywords: AFAD, FEMA, Disaster Management, Emergency Management, Disaster Management Structuring.

1. Giriş

Dünyada ve Türkiye’de meydana gelen doğal ve insan kaynaklı afetlerde her yıl binlerce insan yaşamını yitirmekte ve yaralanmaktadır. Ortaya çıkan manevi kayıpların yanı sıra maddi kayıplar milyar Dolarla ifade edilmektedir. Kayıpların minimum düzeye indirgenmesi ve/veya ortadan kaldırılmasıysa özel bir ilgi ve uzmanlık gerektirmekte; inşa edilen afet yönetim sistemi başarısının ölçütü olarak değerlendirilmektedir.

Afet yönetim sistemlerinin inşası tarihsel süreçte kendini yenileyerek gelişimini sürdürmektedir. Bu gelişim sürecinin köşe taşlarında ülkelerin afet ve acil durumlardan elde ettikleri deneyimler bulunmaktadır. Türk afet yönetim sisteminin bu konudaki temel referans noktasını 1999 Marmara Depremi oluşturmaktadır. 1999 Marmara Depremi afet yönetim sisteminin yeterliliklerinin her açıdan sınındığı bir olaydır. Bu olay, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının oluşturulmasında önemli bir role sahiptir.

FEMA’da benzer bir süreçten sonra oluşturulmuş bir yapıdır. 1972 yılında 122 kişinin hayatını kaybettiği ve maddi zararın 10 milyar dolar olarak hesaplandığı Agnes Kasırgası ve Mart 1979’da Three Mile Island’da meydana gelen nükleer kaza sonrasında yaşanan geniş çaplı yetersizlikler sonrasında Federal Acil Durum Ajansı (FEMA) kurulmuştur.

2. Türkiye Afet Yönetim Sisteminin Tarihçesi

Türkiye coğrafi konumu, jeolojik ve topografik yapısı ve iklim özellikleri nedeniyle can ve mal kayıplarına yol açan; su baskını, sel, deprem, çığ, heyelan, yangın gibi doğal afetlerin çok sık yaşandığı ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye açısından doğal ve insan kaynaklı afetler sıklık ve tekrar yönünden göz önüne alındığında doğal yaşantının bir parçası haline gelmiş durumdadır; bu olgunun geçmişte olduğu gibi gelecekte de artarak devam edecek özellikte, dinamik bir kavram olduğu düşünülmektedir. Afetler din, dil, ırk ayrımı gözetmeksizin maddi ve manevi hasarlara neden olmakta; binlerce insan yaşamını kaybetmekte ve yaralanmaktadır. Özellikle deprem, sel ve su baskınların ön plana çıktığı ülkemizde, 1900-2016 yılları arasında, kayıt altına alınan 326 doğal veya insan kaynaklı afet meydana gelmiştir. Meydana gelen afetlerde 98.899 kişi yaşamını yitirmiş; 102.761 kişi ise yaralanmıştır. Ayrıca, doğrudan ve dolaylı olarak etkilenenlerin sayısı ise 8.956.897 kişi olarak hesaplanmıştır. Ortaya çıkan afetlerin ekonomik büyüklüğü de 27.788.100.000 Amerikan Doları olduğu hesaplanmıştır [1].

Afetlerin, zarar kapasitesinin genişliği, sorunun ele alınış biçimini de doğal olarak etkilemiş; doğal ve insan kaynaklı afetlerin müdahalesine yönelik bakış açısı zaman içerisinde sadece bölgesel müdahale ve acil yardım bakış açısından (kriz yönetimi) olaylar olmadan önce başlayan sürecin de kapsandığı (risk yönetimi) ulusal bir anlayışa doğru evrilmiştir. 2009 yılında AFAD Başkanlığının kuruluşuyla başlayan süreçte, Türkiye afet ve acil durum yönetim sistemi radikal biçimde ele alınmış ve parçalı yapıda bulunan aktörler tek bir çatı altında birleşerek sistem yeniden organize edilmiştir. 2009 yılına kadar geçen süreç içerisinde afet yönetim sisteminin geçirdiği aşamalar 4 başlıkta özetlenebilir.

2.1. 1944 Yılı Öncesi Dönem

Bu dönem daha çok olaylar meydana geldikten sonra müdahale ve yardım anlayışı üzerine oturtulmuştur. Olaydan etkilenenlere yönelik olarak barınma, acil tıbbi yardım, beslenme gibi ilk ve öncelikli sorunlara yönelik bir yaklaşım vardır. Bu döneme dair yardımların merkezinde Kızılay ve halkın gönüllü yardımları yer almıştır. 1923 yılında Türkiye Cumhuriyeti’nin kurulmasıyla birlikte müdahale organizasyonuna dönük çabalar Kızılay öncülüğünde; kurtarma aşamasına yönelik çabalarsa yerel halk ile askeri birliklerin yardımlarıyla yerine getirilmiştir [2].

Ülkemizde, doğal afetlere ilişkin resmi devlet politikaları ilk olarak 1939 Erzincan Depremi sonrası ele alınmaya başlanmıştır. Bu döneme dair en önemli yaklaşım 1943 yılında 4373 sayılı yasayla çıkartılan “Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Korunma” Kanunu’dur. 4373 sayılı yasa, Cumhuriyet döneminde doğal afetlerden kaynaklanan zararların azaltılmasına yönelik çıkartılmış ilk yasa olma özelliğini taşımaktadır [3].

2.2. 1944 – 1958 Yılları Arasındaki Dönem

Özellikle 1939 Erzincan Depremi, Cumhuriyet dönemi doğal afetlere bakış açısında

kırılmaların yaşandığı bir olaydır. Bu ve daha sonraki tarihlerde meydana gelen depremlerde binlerce insan yaşamını yitirmiş ve yüzbinlerce bina yıkılmış veya zarar görmüştür. Depremlerin yıkıcı etkisinin ortaya çıkardığı zararların, yalnızca yerine yenisinin konulmasıyla çözülemeyeceği düşüncesi yerleşmeye başlamıştır. Bu yaklaşımın devamında 22 Temmuz 1944 tarih ve 4623 Sayılı “Yer Sarsıntılarında Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun” adı altında yeni bir yasal düzenleme yapmıştır. Bu yasayla deprem afetlerine yönelik olarak zarar azaltma, hazırlık ve iyileştirme faaliyetleri kapsanmaya çalışılmıştır [3].

İlerleyen yıllarda yasalarda daha öznel ve yenilikçi yaklaşımlar benimsenmeye başlanmıştır. 1956 yılında 5785 sayılı İmar Kanunu çıkarılmıştır. 1956 tarihli İmar yasasındaki boşlukları doldurmak üzere 1958 yılında 7116 Sayılı Kanun çerçevesinde İmar ve İskân Bakanlığı kurulmuştur. Bu yasayla afet hizmetleri bu bakanlığın görevleri arasında gösterilmiştir.

Aynı zamanda 1958 yılında 7126 Sayılı Sivil Savunma Kanunu çıkartılarak doğal afetlerde arama kurtarma faaliyetlerini de kapsayan Sivil Savunma Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Sivil Savunma Genel Müdürlüğü savaş ve seferberlik olayları dışında da mahalli gönüllülerle birlikte her türlü kazada arama kurtarma ve yardım konularında görevli sayılmıştır.

2.3. 1959 - 2009 Yılları Arasındaki Dönem

1959 yılında çıkarılan ve afetler yasası olarak bilinen 7269 sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” yürürlüğe girmiş, konu ile ilgili meydana gelen yasal boşluklar giderilmeye çalışılmıştır. Bu yasa döneminin ilerici ve çağdaş yasalarından birisi olarak kabul edilmiş ve afet olaylarına bakış açısının kapsamını geniş tutmuştur. Dönem içerisinde ortaya çıkan ihtiyaca uygun olarak yasa çeşitli tarihlerde değiştirilmiş fakat afet olaylarına yaklaşımda önemli bir yaklaşımın temsilcisi olma özelliğini devam ettirmiştir [2].

Afetlerle ilgili yasal düzenlemeler 1988 yılında devletin tüm imkânlarının afet bölgesine süratli şekilde ulaştırılmasını; afetzedelere ilk müdahalenin etkin biçimde yapılmasını sağlamak amacıyla çıkarılan “Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik” ile devam etmiştir.

1992 tarihinde meydana gelen Erzincan Depremiyle 7269 Sayılı Yasada yer alan boşlukları doldurmak üzere 28.08.1992 tarihinde 3838 sayılı "Erzincan, Gümüşhane ve Tunceli illerinde Vukuu bulan Deprem Afeti ile Şırnak ve Çukurca'da Meydana Gelen Hasar ve Tahribata İlişkin Hizmetlerin Yürütülmesi Hakkında Kanun " çıkarılmıştır. 3838 Sayılı Yasanın Erzincan Depremine yönelik yardımları esas alması daha genel ve kapsayıcı bir yasaya ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Bu amaçla genel anlamda tüm bölgeleri kapsayacak olan 23.07.1995 tarih ve 4123 sayılı "Tabii Afet nedeni ile Meydana Gelen Hasar ve Tahribata İlişkin Hizmetlerin Yürütülmesine Dair Kanun " çıkarılmıştır.

2.4. 2010 Sonrası Dönem

Türkiye’de afet yönetimi ve koordinasyonu yeteneklerinin sınıandığı 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi, afet olaylarına ulusal bakış açısının rejenerasyonunda dönüm noktası

4. Müdahale Konsepti

Afet ve acil durumlara müdahale konsepti olayın etki derecesi göz önünde bulundurularak dört gruba ayrılmıştır. Etki derecesine göre müdahale konseptindeki destek durumu 4 seviyeye göre farklılıklar oluşturmaktadır (Tablo.2.).

Tablo.2. Müdahale Seviyeleri ve Konsepti.

Seviye	Etki	Olay Türü ve Ölçeğine Göre Destek Durumu
1	Yerel imkânlar yeterlidir	İAADYM
2	Destek illerin takviyesine ihtiyaç vardır	İAADYM-İlgili AKB 1. Grup destek iller
3	Ulusal desteğe ihtiyaç vardır	1. ve 2. Grup destek iller + Ulusal kapasite
4	Uluslararası desteğe ihtiyaç vardır	1. ve 2. Grup destek iller + Ulusal kapasite + Uluslararası destek

AFAD, afet ve acil durum olayı sonrası, İl Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi (İAADYM)' den aldığı ilk ve tamamlayıcı bilgiler doğrultusunda;

Olayın türü ve ve ölçeğine göre değerlendirilmiş yardım talepleri doğrultusunda olayın seviyesi belirlenir. Olayın seviyesine göre destek durumu göz önünde bulundurularak organizasyonun düzeyi belirlenir (örneğin Seviye 1'e göre destek durumu sadece İAADYM şeklinde belirlenebilmektedir).

1. Seviye etki derecesi yerel imkânlar ile baş edilebilecek nitelikte değerlendirilmektedir. Olayın meydana geldiği ilde teşekkül edilen İAADYM faaliyete geçer. AFAD Başkanlığı kendi Afet Acil Durum Yönetim Merkezi (AADYM) aracılığıyla ilgili İAADYM üzerinden gelişmeleri takip ederek değerlendirmelerini yürütmektedir. Gelişen ihtiyaçlara göre AFAD bakanlık, kurum ve kuruluşların kapasitesini ilgili İAADYM yönlendirir.

2. Seviye etki derecesi olarak belirlenmiş afet ve acil durumlarda ilgili birimlere duyuru yapılır. Seviye 2'den duyuruya çıkılan olaylarda destek illere (1. Grup Destek İller) ihtiyaç duyulur ve ilgili bölgeye talimat beklenmeksizin hareket edilir. Gelişen ihtiyaçlara göre AFAD bakanlık, kurum ve kuruluşların kapasitesini ilgili İAADYM yönlendirir.

3. Seviye etki derecesi olarak belirlenmiş afet ve acil durumlarda olay seviyesi AFAD Başkanlığı tarafından ilan edilerek Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu (AADKK) toplanır. Ana çözüm ortağı olarak belirlenmiş bakanlık, kurum ve kuruluşların temsilcileri İçişleri Bakanlığı AADYM'ye çağrılır. Seviye 3'den duyuruya çıkılan olaylarda destek illere (1. Ve 2. Grup Destek İller) ihtiyaç duyulur ve ilgili bölgeye talimat beklenmeksizin hareket edilir.

4. Seviye etki derecesi olarak belirlenmiş afet ve acil durumlarda olay seviyesi AFAD Başkanlığı tarafından ilan edilerek Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu (AADKK) toplanır. Ana çözüm ortağı olarak belirlenmiş bakanlık, kurum ve kuruluşların temsilcileri İçişleri Bakanlığı AADYM'ye çağrılır. Seviye 3'den duyuruya çıkılan olaylarda destek illere (1. ve 2. Grup Destek İller) ihtiyaç duyulur ve ilgili bölgeye talimat beklenmeksizin

hareket edilir. Seviye 4 olarak çağrıya çıkılmasına karar verilen olaylarda ulusal kapasitenin yanı sıra gerek görülüyorsa uluslararası yardım çağrısında bulunulabilir.

5. ABD Afet Yönetim Sisteminin Tarihçesi

ABD’de 1950’li yıllara kadar afet yönetimi ağırlıklı olarak yerel yönetimlere bırakılmış bir konu olmuştur. 1.Dünya Savaşı esnasında Savaş Departmanı’na 67 nolu özel talimatnameyle afet yönetimi konusunda görev ve yetki yüklenmiştir. 1950 yılında çıkartılan Federal Afet Yardımı Kanunu özellikle afetlerin ekonomik etkilerinin azaltılmasını öngören bir yasal düzenleme olarak ortaya çıkmıştır. Bu kanunla federal yardımın gerçekleştirilebilmesi için Başkan tarafından olayın afet olduğunun ilan ve kabul edilmesi gerekmektedir. 1970’li yıllara kadar federal afet yardım ve müdahalesi değişik federal kurumların tek veya ortak sorumluluğu altında yürütülmüştür. 1972 yılında 122 kişinin hayatını kaybettiği ve maddi zararın 10 milyar dolar olarak hesaplandığı Agnes Kasırgası ve Mart 1979’da Three Mile Island’ta meydana gelen nükleer kaza sonrasında yaşanan geniş çaplı yetersizlikler sonrasında Federal Acil Durum Ajansı (FEMA) kurularak değişik federal kurumların afet yönetimiyle ilgili yetki ve sorumlulukları tek çatı altında toplanmıştır. Kanuni düzenlemeler afete müdahale kapasite ve sorumluluğu olan federal kurumlara FEMA ile işbirliği yapmalarını emretmiş, FEMA’ya ise afete hazırlık ve yardım konularını koordine etme görevi vermiştir. Ancak diğer ilgili kuruluşlarla FEMA arasında hiyerarşik bir ilişki temin etmemiştir. Kanunla ayrıca ilgili federal kurumların temsilcilerinden oluşan bir Acil Durum Yönetimi Konseyi oluşturulmuştur. FEMA’nın afete hazırlık konusunda koordinasyon fonksiyonunun ön planda olduğu ancak, afete müdahale konusunda çok fazla katkıda bulunamadığı eleştirisi yapılmaktadır. Ayrıca FEMA’nın harekete geçebilmesi için Başkanın olayın afet olduğunu kabul ve ilan etmesi ayrıca eyalet yönetiminin kendi imkânlarını aşan bir durumla karşılaştığını açıkça ilan ederek federal yardım talep etmesi gerekmektedir.

6. Sistem Yapılanması

ABD’de afete müdahale ağırlıklı olarak yerel imkânların seferber edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Kızıllaç (Red Cross) ve The Salvation Army (Kurtuluş Ordusu) geniş çaplı özel örgütlerin yanı sıra küçük ölçekli inanç temelli örgütlenmeler ve gönüllüler de afete müdahalede kaynaklarını seferber etmektedirler. Eyaletler ayrıca insan gücü ihtiyacını karşılamak üzere Milli Muhafız (National Guard) talebinde bulunabilmektedirler. Yerel kaynakların eğitimi ve hazırlığı konusunda federal ve eyalet yapılarının işbirliği içerisinde faaliyet yürütmeleri öngörülmektedir. Ancak bugüne kadar meydana gelen büyük çaplı afetlerde federal ve eyalet kuruluşları arasında yeterli koordinasyonun sağlanamadığı ve bu yüzden de genelde federal kuruluşların afetlere müdahalede etkisiz ve yetersiz kaldıklarından dolayı kamuoyunda yoğun bir şekilde eleştirildikleri görülmüştür.

11 Eylül terör eylemlerinden sonra ABD’de İçişleri Bakanlığı olarak adlandırılacak Department of Homeland Security isimli federal bir yapı oluşturulmuş ve 2002 yılında FEMA da dâhil 22 değişik federal kuruluştan toplam 170.000 çalışan bir araya getirilerek terör olayları da dâhil olmak üzere afetlere yönelik yeni bir yapılanma ve bakış açısı geliştirilmiştir. Bu bakış açısı terör öncelikli olmak üzere tüm tehlikeleri kapsayacak “tek bir tüm disiplinler, tüm tehlikeler planı” şeklinde tanımlanan bir Milli Müdahale Planı oluşturulması ve uygulanmasını öngörmektedir. FEMA daha önce hantal olmakla

eleştirilirken şimdi daha büyük bir federal yapının parçası olarak konumlandırılmıştır. Yeni yapılanma 2005 yılında Katrina Kasırgasıyla test edilmiştir. New Orleans şehrinin tahliyesinde başarı sağlanamamış, 50.000 kişi üzerinde bir nüfus uzun süre çok kötü şartlarda yaşam savaşı vermiştir. Şehirde asayişin temininde güçlükler yaşanmıştır. American Red Cross ve The Salvation Army gibi özel kuruluşlar vatandaştan tam not alırken federal makamlar eyalet yönetimleri ağır eleştiriler almışlardır. Bölgeye toplamda 70.000 asker sevk edilmiştir. Bu kasırgada 1833 kişi hayatını kaybetmiştir [7].

Katrina Kasırgası gibi bir afete müdahale sürecinde ABD’de liderlik ve yeterlilik konularında şüpheler meydana gelmiştir. Etkili bir politika oluşturma ve yönetimi engelleyen unsurlar arasında örgütsel, kurumsal ve davranışsal açıdan sorunlar olduğu değerlendirilmektedir. Örgütsel açıdan FEMA’nın İçişleri Bakanlığı bünyesine kaydırılması, kurumsal açıdan federal sistemin dikey koordinasyonu zorlaştırıcı özellikleri, davranışsal açıdan ise Amerikalıların kişisel olarak afete hazırlık konusunda yetersiz davranmaları öne çıkarılmakta ve tartışılmaktadır [8].

7. Müdahale Konsepti

ABD’de afetlere müdahale esas olarak yerel kaynaklarla yapılmaktadır. Afetin etki alanı birden fazla eyaleti kapsıyorsa eyaletler arası yardımlaşmalar federal düzeyde müdahalenin kapsamı dışındadır. FEMA tarafından eyaletlere federal kaynakların yerel yönetimlere ulaşma süresinin 72 saat alabileceği bildirilmiş olup planlarını buna göre yapmaları istenmektedir. Afetlere müdahale aslında günlük yangın, kaza vb. acil durumların daha geniş çapta olanıdır. Bu sebeple müdahale için çok daha fazla ekibin sağlanması ve bir arada çalıştırılması gerekmektedir. ABD’de bun çalışmalarını olarak sağlamaya yönelik olarak milli düzeyde Olay Yönetim Sistemi (ICS) geliştirilmiş ve uygulanmaktadır. Olay yönetim sistemi müdahale gücü ne kadar genişlerse genişlesin koordinasyonun en üst düzeyde kısa zamanda sağlanmasına yönelik planlama çalışmaları olarak değerlendirilebilir. İlk müdahaleyi gerçekleştiren itfaiyeci, polis, sağlık görevlileri gibi ekipler Olay Yönetim Sistemini anlama ve pratik etmeye teşvik edilmektedirler [9].

ABD’de afet yönetim sistemi çok çeşitli kamu, özel ve kar amacı gütmeyen örgütlenmelerden oluşan bir ağ özelliği taşımaktadır. Bu ağın kamuya ait ayağının en önemlisi kuşkusuz FEMA’dır. Ancak onun yanında birçok federal yapılanma afetlerle ilgili çalışma alanlarından dolayı FEMA ile ortak çalışmak durumundadırlar. Bunlara örnek olarak Askeri Mühendisler Birimi, ABD Orman Hizmetleri Kurumu, Nükleer Düzenleme Komisyonu ve Çevre Koruma Ajansı verilebilir. Bu kurumların yanı sıra Amerikan Kızılhaçı ve The Salvation Army gibi çok büyük sivil örgütlenmeler olduğu gibi yüzlerce ulusal, uluslararası, bölgesel, dini, yerel gönüllü örgütlenmeleri afet öncesi, anı ve sonrası faaliyetlere iştirak edebilecek durumdadırlar [10].

FEMA ABD’de afet yönetimi denilince akla ilk gelen federal kuruluştur. Ülke çapında 10 adet bölgesel merkez halinde örgütlenmiş durumdadır. 1979 yılında Jimmy Carter tarafından imzalanan Başkanlık Kararnamesiyle kurulmuştur. FEMA’nın görevi terör dâhil olmak üzere tabi veya insan kaynaklı tüm yerel afetlere hazırlık, önleme, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme çalışmalarında federal hükümetin rolünü koordine etmek olarak tanımlanmaktadır.

1979 yılında çıkartılan Başkanlık kararnamesiyle Federal Sigorta İdaresi, Milli Yangın

Önleme ve Kontrol İdaresi, Milli Meteoroloji Hizmetleri Toplum Hazırlık Programı, Federal Genel Hizmetler Hazırlık Ajansı, Federal Afet Yardım İdaresi, Savunma Bakanlığı Sivil Hazırlık Ajansı gibi birçok federal kurumun afete yönelik örgütlenme, yetki ve sorumluluğunu bünyesinde toplamıştır.

1974 yılında çıkartılan Afet Yardımı Kanunu ABD Başkanına afet ilan etme yetkisi veren kanundur. 1988 yılında çıkartılan Robert T. Stafford Afet Sonuçlarının Telafisi ve Acil Durum Yardımı Kanunu bugün mevcut olan sistemi tasarlayan kanundur. Bu kanunla Başkanın afet ilanı üzerine FEMA kanalından federal mali ve fiziki imkânların kullanılması mümkün hale gelmektedir. Bu kanun federal düzeyde afete müdahale faaliyetlerinin temel yasal dayanağını oluşturmaktadır [11].

ABD’de arama ve kurtarma temelinde afete müdahalenin asıl gücünü yerel itfaiye teşkilatları oluşturmaktadır. İtfaiye teşkilatları yerel yönetimlere bağlı olarak faaliyet yürütmektedirler. Eğitim ve teçhizat konularında standardizasyon eyalet bazında federal standartların kabulü üzerine söz konusu standartların yerine getirilmesi zorunluluğu neticesinde sağlanmış olmaktadır. ABD’de 2015 yılı itibarıyla toplam 29,727 yerel itfaiye teşkilatı bulunmaktadır. Bu teşkilatların tamamında toplamda 345.000 profesyonel, 814,000 gönüllü itfaiyeci çalışmaktadır [12].

2017 yılında istatistiklere göre ABD’de 26,880,800 acil duruma itfaiye teşkilatları tarafından müdahale edilmiştir. Bu acil durumların %64’ü kurtarma ve acil sağlık hizmeti kategorisindedir. Sadece %4’ü yangın acil durumudur [13].

Temel itfaiyeci eri eğitimi itfaiye teşkilatları tarafından kurulan eğitim kurumlarında verilmektedir. Eğitim şeklinin asgari süre ve şekli için temel olarak Milli Yangından Korunma Ajansı (NFPA) 1001 standardı esas alınmaktadır. İleri düzeyde kurtarma ve Tehlikeli Madde Müdahale Eğitimleri de benzer şekilde düzenlenmektedir [14].

Afetlere müdahale aşamasında afet bölgesine gönderilecek ağır kurtarma alanında eğitilmiş ve sertifikalandırılmış personel kendi departmanlarının destek kararıyla ve çoğu zaman kendi araç ve teçhizatlarıyla daha geniş bir ekibin parçası olarak afet bölgesine seri bir şekilde gönderilebilmektedir. Afet alanına gönderilen ekipler eğer kendi eyaletleri ve görev bölgeleri dışındaysa onların ücretleri federal kaynaklardan FEMA aracılığıyla karşılanmaktadır.

Sonuçlar

- Her iki ülke için, afetlere hazırlık ve yardımlar konusundaki görevler AFAD ve FEMA üzerinden tanımlanmıştır.

- Her iki ülkedeki afelere yönelik benzer üst karar organları yapılanması mevcuttur. AFAD’da üst karar organı “Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu”; FEMA’da ise “Acil Durum Yönetim Konseyi” ‘dir.

- AFAD afet ve acil durumlarda müdahaleye yönelik etki seviyesinin ilanına doğrudan karar verme yetkisine sahipken; FEMA eyalet yönetiminin bu konudaki yardım ilanından daha sonra bu konudaki yetkiye sahiptir.

- Her iki ülkenin kuruluşu da kamu kurum ve kuruluşlarıyla sivil toplum kuruluşlarına eğitim desteği sağlamaktadır.
- Her iki kurum doğrudan İçişleri Bakanlıklarına bağlıdır.
- AFAD ve FEMA bakanlık, kurum, kuruluş ve sivil toplum kuruluşlarla işbirliği ağına sahiptir.
- Her iki kuruluşta gönüllü organizasyonları örgütleme ve işbirliği yetkisine sahiptir.
- FEMA'nın görevi terör dâhil olmak üzere tabi veya insan kaynaklı tüm yerel afetlere hazırlık, önleme, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme çalışmalarında federal hükümetin rolünü koordine etmek olarak tanımlanmaktadır. AFAD'ın görevi ise afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetlerin ülke düzeyinde etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için hazırlık, önleme, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme çalışmalarına yönelik politikaların üretilmesi ve uygulanması olarak tanımlanmıştır.
- AFAD 1999 Marmara depreminden sonra 2009 yılında kurulmuştur. FEMA'nın tarihçesi biraz daha eskiye dayanmakta olup, benzer bir geçmişe sahiptir. 1979 (Three Mile Island'ta meydana gelen nükleer kaza sonrası) kurulmuştur.

Tablo. 3. AFAD ve FEMA.

AFAD	FEMA
Afetlere hazırlık ve yardımlarda koordinasyon görevi	Afetlere hazırlık ve yardımlarda koordinasyon görevi
Üst karar organı: Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu	Üst karar organı: Acil Durum Yönetim Konseyi
Müdahale etki seviyesinin ilanına doğrudan karar verme yetkisine sahiptir	Müdahale etki seviyesinin ilanına Eyalet yönetiminin yardım ilanından sonra karar verme yetkisine sahiptir
Eğitim desteği sağlama	Eğitim desteği sağlama
Bağlılık: İçişleri Bakanlığı	Bağlılık: İçişleri Bakanlığı
Bakanlık, Kurum, Kuruluş ve Sivil Toplum Kuruluşlarla İşbirliği Ağına Sahiptir	Bakanlık, Kurum, Kuruluş ve Sivil Toplum Kuruluşlarla İşbirliği Ağına Sahiptir
Gönüllü organizasyonları örgütleme ve işbirliği yetkisine sahiptir	Gönüllü organizasyonları örgütleme ve işbirliği yetkisine sahiptir
Kuruluş Tarihi: 2009 (1999 Marmara Depremi sonrası)	Kuruluş Tarihi: 1979 (Three Mile Island'ta meydana gelen nükleer kaza sonrası)

Referanslar

- [1] EM-DAT: The Emergency Events Database, https://www.emdat.be/emdat_db/ (Erişim Tarihi: 20.05.2019).
- [2] Gökçe, O. ve Tetik, Ç. (2012). Teoride ve Pratikte Afet Sonrası İyileştirme Çalışmaları. AFAD Başkanlığı Yayınları, Ankara.

- [3] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2018). Türkiye’de Afet Yönetimi Ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri. AFAD Başkanlığı Yayınları, Ankara.
- [4] Özmen, B. ve A., T. (2013). Türkiye’nin Afet Yönetim Sistemine İlişkin Eleştirel Bir Değerlendirme. İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi No:49., Ekim.
- [5] Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği. 18.12.2013 tarih ve 28855 Sayılı Resmi Gazete.
- [6] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP).
https://www.afad.gov.tr/upload/Node/2419/files/Afet_Mud_Pl_ResmiG_20122013.pdf
(Erişim Tarihi: 16.06.2019).
- [7] Mener, A. S. (2007). Disaster response in the United States of America: An analysis of the bureaucratic and political history of a failing system. CUREJ-College Undergraduate Research Electronic Journal, 63.
- [8] Gerber, B. J. (2007). Disaster management in the United States: Examining key political and policy challenges. Policy Studies Journal, 35(2), 227-238.
- [9] Perry, R. W. (2003). Incident management systems in disaster management. Disaster prevention and management: An international journal, 12(5), 405-412.
- [10] Waugh, W. L. (2003). Terrorism, homeland security and the national emergency management network. Public Organization Review, 3(4), 373-385.
- [11] <https://www.fema.gov/about-agency> Erişim Tarihi:27.7.2019
- [12] <https://www.usfa.fema.gov/data/statistics/> Erişim Tarihi:27.7.2019
- [13] <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/statistics/v20i1.pdf> Erişim Tarihi:27.7.2019
- [14] Mulherin & Weckman, (2015), Analysis of Recruit/Initial Fire Fighter Training Curricula Final Report, The Fire Protection Research Foundation, MA USA

Doğal Afetler, Çevresel Etkileri ve Alınabilecek Önlemler

Environmental Impacts of Natural Disasters And Precautions

Dr. Ertuğrul ESMERAY^{1*}, Şeyma ÇANKAYA¹

¹Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Karabük / TÜRKİYE

*e-posta: eesmeray@karabuk.edu.tr

Özet: Doğal afetler insan kontrolü dışında gerçekleşen ve gerçekleştikten sonra insan eli ile engel olunamayan olaylardır. Dünyada meydana gelen doğal afetlere sel, çığ, toprak kayması (heyelan), erozyon, deprem, yanardağ patlamaları, fırtına, hortum, kuraklık, tayfun, orman yangını, yıldırım düşmesi vb. örnek olarak verilebilir. Ülkemize bakacak olursak 1900 yılından günümüze kadar yaşanmış doğal afetlerin %48'ini depremler %25'ini seller kalan % 27'sini ise diğer doğal afetler oluşturmaktadır. Afetler sonucunda gerçekleşen can kayıpları, ekonomik ve sosyal kayıpların yanı sıra ekolojik dengenin bozulması sonucunda önemli çevre sorunları da meydana gelmektedir. Doğal afetler beklenmedik zamanda aniden gerçekleşen olaylardır. Ve bu olaylar insanlar ve çevre üzerinde ciddi olumsuz etkiler bırakmaktadır. Doğal afetlerden bazılarının meydana getireceği olumsuz etkileri azaltabilmek adına bitki örtüsü korunmalı ve geliştirilmelidir. Heyelan çığ gibi afetler için destekleme duvarları inşa edilmelidir. Yerleşme yerlerinin seçimi yapılırken zeminin yapılaşmaya uygun olup olmadığı iyi araştırılmalıdır. (Deprem için fay hattı, sel ve heyelan için eğim). En önemlisi ise halkın bilinçlendirilerek doğal afetler ile ilgili farkındalığının artırılmasının sağlanmasıdır. Bu çalışma ile doğal afetlerin çevresel etkileri ve bu afetler öncesi alınabilecek önlemler hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğal afet, çevresel etkileri, alınabilecek önlemler.

Abstract

Natural disasters are events that occur outside human control and can not be prevented by the human hand after they have occurred. Examples of Natural Disasters around the world are floods, avalanche, landslide, erosion, earthquake, volcanic eruptions, storm, hose, drought, typhoon, forest fire. If we look at our country; from 1900 to the present day 48% of the natural disasters experienced are earthquakes, 25% of floods, while the remaining 27% constitute other natural disasters. Disasters result in loss of life, economic and social losses. Degradation of ecological balance also pose significant environmental problems. Natural disasters unexpectedly events that happen suddenly. And these events have serious negative effects on people and the environment. The vegetation cover should be protected and developed in order to reduce the negative effects that some of the natural disasters may bring to. Supporting walls should be constructed for landslides such as an avalanche. When choosing the settlement sites, it should be well investigated whether the floor is suitable for the construction. (Fault line for earthquake, slope for flood and landslide).The most important thing is to raise awareness of natural disasters by raising awareness of the people. In this study, the environmental impacts of natural disasters and the precautions before disasters were evaluated.

Keywords: Natural disaster, environmental effects, precautions to be taken.

1. Giriş

Afetler en önemli zamansız ölüm, sağlık düzeyinde gerileme ve yaşam kalitesinin düşme nedenidir. Genel anlamda afetler toplumsal yıkımlara yol açan olağanüstü büyük olaylardır. Çok kısa bir süre içerisinde olup biten, başladığı andan itibaren hiçbir insan faktörünce durdurulabilmesi mümkün olmayan, yerin derinliklerinden gelen yahut atmosfer kökenli oluşan doğal felaketlerden etkilenen bölgelerde yaşayan milyonlarca insan evlerini, yerlerini ve yurtlarını kaybetme tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Afetler doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılabilir. Doğal afetler deprem, su baskını, siklon gibi olayları, yapay afetler ise savaş, göç gibi olayları kapsamaktadır. Yapay afetler ya da insan nedenli afetler ise ani afetler, sinsi ve sürekli afetler, savaş ve sivil çatışmalar olarak üçe ayrılabilir [1].

Doğal afetler insan kontrolü dışında gerçekleşen ve gerçekleşikten sonra insan eli ile engel olunamayan olaylardır. Dünyada meydana gelen doğal afetlere sel, çığ, toprak kayması (heyelan), erozyon, deprem, yanardağ patlamaları, meteorolojik doğal afetler, fırtına, hortum, kuraklık, tayfun, orman yangını, yıldırım düşmesi vb. örnek olarak verilebilir. Türkiye’de daha çok gerçekleşen doğal afetler deprem, sel, erozyon, heyelan olarak sıralanabilir. Ülkemiz tarihinde son 30 yılında önemli oranda can ve mal kaybına yol açan doğal afetlere Tablo 1 de değinilmiştir.

Tablo 1. Son 30 Yılda Meydana Gelen Büyük Afetler [4][10]

OLAY	TARİH	ETKİLENEN NÜFUS	EKONOMİK KAYIP (x 1000) \$
Deprem (Erzincan)	13 Mart 1992	250,000	750
Çığ Düşmesi (G. Anadolu)	1992-14 olay	30,000	25
Çığ Düşmesi (D. ve G. Ana.)	1993- 31 olay	300	10
Çamur Akması (Isparta)	13 Temmuz 1995	10,000	65
Deprem (Dinar)	01 Ekim 1995	120,000	205.8
Su Baskını (İzmir)	04 Kasım 1995	300,000	1,000
Deprem (Çorum-Amasya)	14 Ağustos 1996	17,000	30
Su Baskını (B. Karadeniz)	21 Mayıs 1998	1,200,000	1,000
Deprem (Ceyhan-Adana)	27 Haziran 1998	1,500,000	550
Deprem (İzmit Körfezi)	17 Ağustos 1999	15,000,000	20,000
Deprem (Düzce)	12 Kasım 1999	600,000	1,000
Deprem (Afyon)	3 Şubat 2002	222,000	95
Deprem (Bingöl)	1 Mayıs 2003	245,000	135
Deprem (Kütahya)	19 Mayıs 2011	10,121	244
Deprem (Van,Bitlis, Hakkari)	23 Ekim 2011	32,938	1.500
Toplam		19,537,359	26,610

1992 yılından bu yana ülkemizde gerçekleşmiş doğal afetlerde 19.527.238 kişi etkilenmiş olup toplam maddi kayıp ise yaklaşık 18.960 milyon \$ olarak kayıtlara geçmiştir.

Ülkemizde en fazla can ve mal kaybına neden olan doğal afetlerin deprem ile su baskını olduğu görülmektedir. Türkiye'nin depremlerden diğer afetlere oranla daha fazla etkilenmesinin nedeni ülkemizin yeryüzünün en aktif deprem kuşaklarından birisi olan, Akdeniz, Alp, Himalaya deprem kuşağı içerisinde yer almasından kaynaklanmaktadır. Depremler çok kısa sürede gerçekleşse de arkasında bıraktığı büyük can ve mal kayıpları ile etkisi uzun bir süre devam eden afet çeşididir [2].

Türkiye de en çok gerçekleşen doğal afetlerden bir diğeri olan su baskını, depremler kadar çevrede ve insanlar da büyük kayıplar yaşanmasına neden olmaktadır. Ülkemizin jeolojik yapısının genellikle dağlık ve engebeli olmasından dolayı ani yağışlar sonrasında dere yataklarının taşması sonucu bu afetler sıklıkla yaşanmaktadır. 3 tarafı denizler ile çevrili olan ülkemizde nehirlerin denize ulaştığı güzergâhlar içerisinde yaşanan jeolojik farklılıklar ve yerel iklim değişiklikleri su baskını olaylarının da bölgeden bölgeye farklılık göstermesine neden olmaktadır [3, 15].

Ülkemizde Doğu Karadeniz ve İç ve Doğu Anadolu bölgelerinde sıklıkla görülen heyelan olayı deprem ve sel kadar etkili olmasa da insana ve çevreye olumsuz etkileri olan bir afet çeşididir. Heyelanlara etki eden etmenler; yağışlar, jeolojik yapı, arazinin topografyası ve bitki örtüsü şeklinde sıralanabilir. Türkiye'de heyelan tehlikesi ve riski en yüksek olan üç il, Trabzon, Kastamonu ve Zonguldak illeridir [4].

Yüzölçümünün %27,7 si ormanlık alan ile kaplı olan ülkemizde yaşanan orman yangınları da doğal afetler arasında azımsanmayacak kadar önemli yer tutmaktadır. Ülkemizde ormanlık alanlar genellikle kıyı şeridi ve yakın bölgelerde yoğunluk göstermektedir ve ayrıca bu bölgeler farklı iklim özelliğine de sahiptirler. Coğrafi bölgelerimizden Ege ve Akdeniz Bölgeleri farklı iklim özelliği göstermelerinden dolayı ormanlık alanı daha fazla olan Karadeniz bölgesine oranla daha fazla bu afetten etkilenmektedir. Bu bölgelerde yaz mevsiminde yaşanan aşırı kuraklık insan kaynaklı durumlar ile birleştiğinde büyük çevre kayıplarına yol açabilir [5].

Yaşadığımız coğrafya topraklarının % 79.4'ü orta, şiddetli veya çok şiddetli erozyona maruz kalmaktadır. Türkiye'de bir kilometre karelik birim alandan taşınan toprak miktarı, Afrika'dan 22 kat, Avrupa'dan 17 kat, Kuzey Amerika'dan 6 kat fazladır. Bu oranlar Türkiye'deki erozyonun şiddeti hakkında yeterli fikir vermektedir. Erozyon doğrudan insan yaşamına etki etmese de çevrede oluşturduğu ciddi etkiler sonucunda dolaylı yoldan insanlara büyük zarar vermektedir [8].

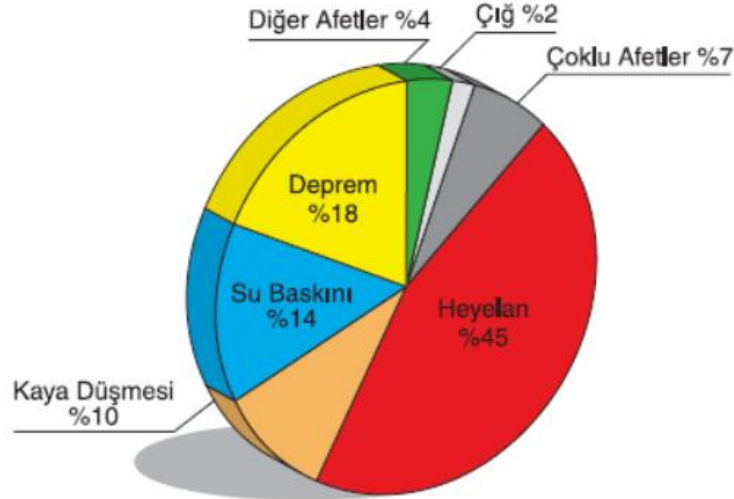
Çığ düşmesi, ülkemizde kar yağışlarının yoğun olduğu Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ve Karadeniz'in iç kesimlerinde yaşanmaktadır. Türkiye'de son 10 yıl içerisinde çığ düşmesi olaylarında önemli bir artış gözlenmiştir.

Kuraklık, bir bölgede nem miktarının geçici dengesizliğinden kaynaklanan su kıtlığıdır. İklimsel kökenli doğal felaketlerden biridir. Kuraklık, 1994-2014 yılları arasında toplamda 1 milyardan fazla insanın açlıktan, salgın hastalıklardan ölmesine yahut vatanlarından ayrılmasına sebebiyet vermiştir. [13]

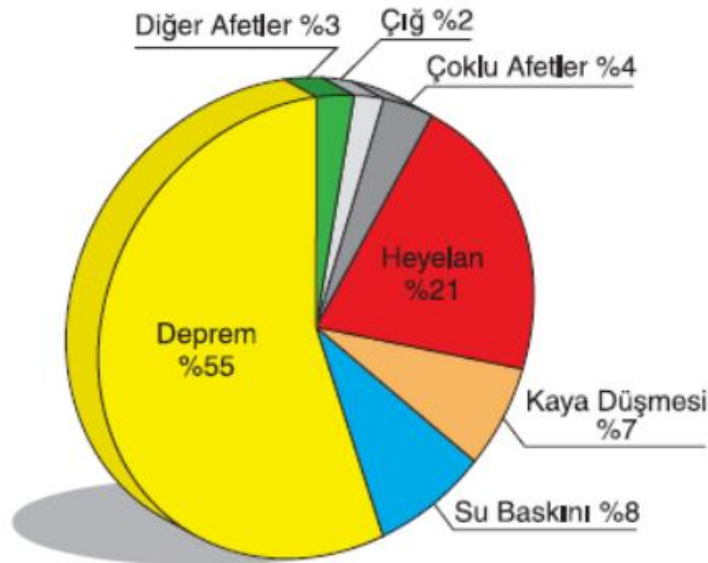
Bu çalışmada ülkemizde sıklıkla yaşanmakta olan doğal afetlerin insana ve çevreye olan etkileri üzerinde durulmuş ve bu etkilerin minimuma indirilebilmesi için alınması gereken önlemlerden bahsedilmiştir.

2. Materyal Ve Metot

Afetler sonucunda gerçekleşen can kayıplarının yanı sıra önemli ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplar da meydana gelmektedir. Bu çalışmada Türkiye de sıklıkla yaşanmakta olan deprem, su baskını, orman yangını, heyelan ve erozyon afetlerinin çevre üzerinde yaptıkları etkiler üzerinde durulmuştur. Aşağıda bulunan Şekil 1 de Türkiye’de sayı bakımından gerçekleşen afetler ve Şekil 2 de ise etkilenen insan sayısı bakımından afetler belirtilmiştir.



Şekil 1: Türkiye’de sayı bakımından gerçekleşen afetler. [17]



Şekil 2. Etkilenen insan sayısı bakımından afetler. [17]

Yukarıda bulunan şekillerde belirtilmiş olan bilgiler doğrultusunda Türkiye’de sayı olarak sırası ile heyelan, deprem ve su baskını şeklinde gözlemlenmiştir. İnsanlar üzerinde etkileri incelendiğinde ise en büyük etki deprem sonrasında da heyelan gelmektedir. [17]

Ülkemizde gerçekleşen doğal afetler ekolojik dengeyi bozarak önemli çevre sorunlarını yol açmaktadır. Bulaşıcı hastalıkların ve toksik etkilerin artmasına neden olur. Lağım ve kanalizasyon sisteminin zarar görmesine bağlı atık sorunu ve susuzluk ortaya çıkar.

Ülkemiz yeryüzündeki en hareketli deprem kuşağı bölgelerinden birinde yer almaktadır. Bulunduğu konumdan dolayı da deprem afeti sıklıkla yaşanmakta olup depremler sonucunda can ve mal kayıpları ile beraber çevresel bozulmalarda gözlemlenmektedir. Deprem yeryüzünde yükselme ve alçalmalara, nehir yataklarının ve yeraltı su yollarının değişmesine neden olur. Yapıların yıkılması sonucu kanalizasyon ve su şebekelerinin parçalanması sonucu toksik atıkların daha fazla oranda su kaynaklarına ulaşması önemli çevre ve sağlık sorunlarına yol açmaktadır. [2]

Bunların yanı sıra depremler dolaylı yoldan daha büyük çevre felaketlerine dönüşebilmektedir. Depremim etkilediği herhangi bir yapının çevreye yayacağı kirleticilerin ve salacağı emisyonların meydana getireceği zarar çok büyük boyutlarda olabilmektedir. Maalesef ki, bu tür bir afet sonrasında meydana gelebilecek çevresel etkilerden direk insan etkilenmekte, dolaylı yünden ise toplum sosyal ve ekonomik olarak büyük zararlar görmektedir. Örneğin; Yerküredeki bu hareketlenme sonucunda büyük tesislerde (Kimyasal Fabrikalar, Nükleer Santraller vb.) meydana gelebilecek kazalar sonrasında toprakta, havada ve suda ciddi ölçüde ve etkisi uzun yıllarca sürebilecek, belki de geri döndürülemeyecek çevresel sorunlar oluşabilmektedir. [3] Ayrıca denizlerin veya okyanusların derinliklerinde meydana gelen bir deprem tsunami gibi diğer afetlere dönüşerek çevreye zarar verebilir.

İklimsel afetler içerisinde en önemlilerinden birisi su baskınları ve taşmaları ile fırtınalardır. Genellikle sahil ve ırmak kenarlarında görülen bu durum su arıtım ve kanalizasyon sistemlerinin zarar görmesine, toksik atıkların daha fazla oranda su kaynaklarına ulaşmasına, vektör üreme koşullarının artmasına, yeraltı boru sistemlerinin patlamasına yol açar [1]. Çarpık kentleşme ile gerçekleşmesi artan su baskınları sonucunda yine yapısal alanlarda hasar oluşumu gözlemlenirken bunun yanında bir de tarım arazilerinin bozulması gözlemlenir. Yüzölçümünün %27,7 si ormanlık alan ile kaplı olan ülkemizde yaşanan orman yangınları da doğal afetler arasında azımsanmayacak kadar önemli yer tutmaktadır. Orman yangınları sonrasında biyolojik çeşitlilik büyük zarar görür, ormanlarda yaşayan canlıların yaşam alanları yok olur, canlı ve cansız örtünün yok olmasıyla doğal afetlerin sayısında ve hızında artma görülür. Karbon, oksijen dengesi oksijen aleyhine bozulduğundan dolayı atmosferde biriken fazla miktardaki karbondioksit iklim değişikliklerine sebep olmaktadır [5]. Seller, toprak kaymaları, erozyon gibi olayların bir bölümü toprak yüzeyindeki bitki örtüsünün varlığıyla bağlantılıdır. Orman yangınları sonucu azalan bitki örtüsü bu afetlerin oluşma sıklığının artmasına sebep olur.

Ülkemizde sıklıkla yaşanan afetlerden biri olan heyelanlar, genellikle depremlerin, aşırı ve şiddetli yağışların tetiklemesi ile meydana gelir. Ancak jeolojik (Yapısal özellikler ve yeraltı suyu koşulları) ve topoğrafik (yamaç eğimi, yamaç yönelimi, yüksekliği vb.) faktörlerden dolayı heyelan bağımsız olarak da gerçekleşebilir. Bir yamaçtaki kaya, toprak zeminin veya molozların yamaç aşağı doğru hareket etmesi olarak tanımlanan heyelanlar, can kayıplarının ve ekonomik zararlarının yanı sıra, kentleşmeye zarar vermekte, tarım ve orman alanları ile akarsuların kalitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. [6,7]

Ülkemizde en önemli çevre sorunu niteliğinde olan ve insanımızı açlığa, yoksulluğa, susuzluğa ve göçe zorlayan toprak erozyonu çok önemli bir ekolojik sorundur. Toprağın yaşamsal döngülerinin bozulması sonucu toprak verimliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Erozyon sonucu yüzey akışlar ile taşınan bitki besin maddeleri (gübre dahil) ve pestisitler akarsuların, göllerin, barajların ve denizlerin kirlenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca erozyon ile barajların kullanım ömürlerinin öngörülen süreden daha önce dolması, enerji ihtiyacının %20 sini hidroelektrik santrallerden sağlayan ülkemiz için ciddi ekonomik ve çevresel sorunlara yol açacaktır. [8]

Bahsedilen doğal afetlerin haricinde ülkemiz dışında yerkürenin farklı coğrafyalarında volkan patlamaları, kasırga, tsunami gibi birçok doğal afet yaşanmaktadır. Genel olarak bize uzak gibi görünseler de bu tür afetler de özelde buldukları çevreyi genelde de dünyamızı etkilemektedir. Netice olarak yaşanan tüm doğal afetler kısa ya da uzun vadede diğer temel etkilerinin yanında çevre ve insanlar üzerinde büyük zararlar meydana getirebilecek etkilere neden olurlar.

Doğal afetlerin topluluk üzerindeki etkilerini değerlendirmek üç nedenden dolayı önemlidir. Birincisi, bu tür bilgiler, bir felaket grevinden sonra toplum liderleri için yararlıdır, böylece dış yardıma ihtiyaç olup olmadığını ve varsa ne kadar olduğunu belirleyebilirler. İkincisi, afet toplumun orantısız şekilde etkilenen belirli kesimlerini tanımlamak için kullanılabilir. Örneğin düşük gelirli hane halkları, etnik azınlıklar veya belirli işletme türleri. Üçüncüsü, planlamacılar, alternatif tehlike düzenlemelerinin potansiyel sonuçlarını değerlendirmek için afetler grev yapmadan önce afet etkisi projeksiyonları geliştirebilirler [14].

3. Sonuç ve Öneriler

Ulaşılan bilgi ve teknoloji seviyesine rağmen deprem, volkanik patlama ve fırtınalar gibi doğal olayların oluşumu üzerinde insanların herhangi bir müdahalesi söz konusu değildir. Özellikle bunların önlenmesi açısından insanoğlunun yapabileceği hiçbir şey yoktur. Günümüzde ve gelecekte afetler karşısında yapabilecek en etkili ve tek hareket, bu afetlerin etkilerinden kurtulmak veya bunların toplum üzerindeki etkilerini en aza indirmek için araştırmalar yapmak, çeşitli planlar geliştirmek ve bunları uygulamaya koymaktır [9]. Dünyada meydana gelen afetler göz önüne alındığında yoksul bölgelerde meydana gelen afetlerin sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerinin daha yıkıcı olduğu görülebilmektedir. Bu nedenle doğal afetlerle mücadele edebilmenin en başlıca adımı yoksullukla mücadele olmalıdır [11].

Ülkelerde Doğal Tehlikeler Ortaklığı adı altında kurulmuş olan üye kuruluşları oluşturulmuştur. Bu kuruluşlardan her biri farklı bir yerde farklı konulara hizmet etmektedir. Bu kuruluşlardan bir tanesi olan İskoç Çevre Koruma Ajansı (SEPA) ulusal sel tahminleri, sel uyarıları ve stratejik sel risk yönetimi otoritesi gibi konuları takip ederek İskoçya'nın çevresini korumakta ve geliştirmektedir. [12]

Ne zaman gerçekleşeceği belli olmayan doğal afetlere karşı teknolojik olarak hazırlıklı olma ve en verimli bir şekilde kullanma olayların etkisinin en aza indirilebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Afet ve acil durum çantası vb. can kurtarıcı önlemlerle ilgili eğitimler verilmelidir. Doğal afetlerin çevresel etkileri toplumun tamamına etki edebilecek şekilde şiddetlidir. Altyapı sistemlerinin zarar görmesi, toplumun içme vb. ihtiyaçları için temiz suya ulaşamaması, kanalizasyon sistemlerindeki zararlar nedeniyle oluşabilecek bulaşıcı hastalıkların görülme yoğunluğu, tarım arazilerinin bozulması, ekosistemi, biyoçeşitliliği oluşturan her bir varlığın göreceği zararlar bunların sadece birkaçı için örnek verilebilir. Doğal afetlerle mücadelenin önemli bölümlerinden biri de doğal afet risk haritalarının çıkartılmasıdır. Bunun için var olanların eldeki yeni veriler ile güncellenmesi ve risk haritası çıkarılmamış bölgelerin de acil bir şekilde haritalarının çıkarılması gerekmektedir.

Su kaynakları, depolar, her türlü iletim şebekeleri, elektrik istasyonları, gıda saklama ve depolama yerleri sık görülen afet tiplerine dayanıklı biçimde yapılmalı, ilgili zemin etütlerinin yapılarak en azından afet bölgesine kolay iletililecek veya bağlantılanabilecek bölgelerde inşa edilmeli, afet riski söz konusu olan bölgelerde ise alt yapıların afet tipine dayanıklı teknoloji kullanılarak yapılması sağlanmalıdır. [16]

Nüfusun artışı ile ortaya çıkan çarpık kentleşmenin önüne geçilmeli, afet ve afet sonrası yaşanabilecek olumsuzluklar minimuma indirilmelidir. Büyük ölçekli sanayi tesisleri kurulurken, fabrika vb. için yer tahsisi yapılırken ilgili bölgenin afet risk haritaları göz önünde bulundurulmalı (örn. Deprem riski taşıyan bölgelerde bu tür yatırımlara müsaade edilmemeli) ve bulunduğu ekosistem zarar vermeyecek ve ekolojik dengeyi bozmayacak şekilde adımlar atılmalıdır. Böylece herhangi bir doğal afette oluşabilecek her türlü etki en aza indirilmiş olur. Afetler toplumun örgütlü biçimde hazırlıklı olması gereken en önemli sosyal ve çevresel sorunlar arasındadır.

Ülkelerde, yaşanması her an muhtemel olan bu doğal afetlerle ilgili resmi kuruluşlarla birlikte, sivil toplum kuruluşları da bulunmaktadır. Bu kuruluşların afet sırasında birbirleri ile ciddi bir koordinasyon içerisinde olmaları afet sonrası yapılacaklar adına çok büyük önem arz etmektedir. Belli dönemlerde çeşitli senaryolar üzerinden tatbikatlar yapıp bu kuruluşların birbirleri ile uyumu test edilip her koşulda ve şartta müdahale etmeye hazır olmaları sağlanmalıdır.

Toplumun olası olaylar, yapılması gerekenler, zararın en aza indirilmesi için neler yapılması gerektiği ve nedenleri konusunda önceden eğitilmesi ve bilgilendirilmesi afetlerde can ve mal kaybının en aza indirilmesinde etkili olan uygulamalar arasındadır. Doğal afetler öncesi ve sonrası etkiler için alınabilecek önlemlerle ilgili olarak toplumun bilinçlendirilmesi ve bu hususlarla ilgili eğitimin ilköğretimden başlayarak zorunlu dersler halinde eğitim öğretim müfredatına eklenmelidir.

Kaynakça

- [1] Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., (1994), “Afetler”, Ankara, 1. Baskı, 16-24
- [2] Ketin İ., ve Abdüsselâmoğlu Ş., (1970)., “*Bartın Depreminin Etkileri*”, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, **Türk Jeol. Kür. Bül.**, 70-76
- [3] Gürgeç, G., (2004), “Doğu Karadeniz Bölümü’nde Maksimum Yağışlar ve Taşkınlar Açısından Önemi” Gazi Üniversitesi, **Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi**, 24:2, 79-92
- [4] Ergünay, O., (2007), “*Ülkemizde Afetler*”, **TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, İMO Kongre ve Kültür Merkezi, Ankara, 1-15
- [5] Erdem, R., (1958), “*Orman Fakültesi Dergisi Türkiye’de Orman Yangınlarının Önemi ve Buna Karşı Alınması Gereken Tedbirler Hakkında Görüşler*”, **Orman Fakültesi Dergisi**, VIII:II
- [6] Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M., (2001), “*Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikler*” **Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni Yerbilimleri**, 23, 189-206
- [7] Akıncı, H., Doğan, S., Kılıçoğlu, C., Keçeci, S.B., (2010), “*Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi*”, **Teknolojik Araştırmalar: HTED**, 3,13-27
- [8] Doğan, O., (2011), “*Türkiye’de Erozyon Sorunu Nedenleri Ve Çözüm Önerileri*”, **Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim**, 134, 62-69
- [9] Demirci, A., Karakuyu, M., (2004), “*Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Rolü*”, **Doğu Coğrafya Dergisi**, 12,68-71
- [10] Şahin, İ. ve Kılınç T., (2016), “*Türkiye’de 1980-2014 Yılları Arasında Görülen Depremlerin Ekonomik Etkileri*”, **Siirt Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisadi Yenilik Dergisi**, 4:1, 33-42,
- [11] Ersoy Ş., “*Afet Raporu: Dünya ve Türkiye*”, 2013, **İTÜ, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi**, 1-20

- [12] Hemingway, R., and Gunawan, B., (2018). “*The natural hazards partnership: A public-sector collaboration across the UK for natural hazard disaster risk reduction*”, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 499–511.
- [13] Martine G, and Marshall A., (2007), “*State of world population 2007: unleashing the potential of urban growth*”, *New York; UNFPA*, VI, 102
- [14] Michael K. L., and Carla S. P.,(2003), “Assessing Community Impacts of Natural Disasters”, *Natural Hazards Review*, 176-185
- [15] Özcan, E., (2006) ,“Sel Olayı ve Türkiye”, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26:1, 35-50
- [16] Turoğlu, H., (2005), “Bartın’da Meydana Gelen Sel ve Taşkınlara Ait Zarar Azaltma ve Önleme Önerileri” *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu*, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 104-110
- [17] <https://www.afad.gov.tr>, TABB (Türkiye Afet Bilgi Bankası) (Erişim Tarihi: 18.05.2019)

Organik Rankine Çevrimli ve Biyokütle Yakıtlı Isı Ve Güç Tesisinin Ekonomik Analizi

Economic analysis of organic rankine cycle and biomass fuel heat and power plant

EmreCAN¹, Durmuş KAYA¹, Filippo Vescovo²

¹Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği, Kocaeli

²Turboden S.p.a, Italy

emreercan36@gmail.com , durmuskaya@hotmail.com, filippo.vescovo@turboden.it

Özet

Düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarından elektrik üretimi amacıyla geliştirilen ORC türbinleri, gelişen teknoloji ile birlikte son yıllarda yüksek sıcaklık uygulamalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Isı ve güç üretebilen bu makineler, yüksek ısı verimlilik oranlarıyla biyokütle enerji tesisleri için tercih edilen bir teknolojidir. Biyokütle enerjisi, var oluşu milattan önceki yıllara dayanan ucuz, temiz ve yenilenebilir bir enerji çeşididir. Bu çalışmada, bir fabrikada ki biyokütle yakıtlı kızgın yağ kazanından termal yağ elde edilmesi ve bu termal yağdan ORC türbini vasıtasıyla elektrik ve sıcak su üretilmesi incelenmiştir. Çevrim sonunda üretilen elektrik ve ısı enerjisinin tesiste kullanım amacı hakkında bilgiler verilmiştir. Sistemin ana bileşenleri olan kazan, türbin ve diğer yardımcı elemanlar incelenmiştir. Sistemin maliyet ve fizibilite analizleri yapılarak, YEKDEM kanunu çerçevesinde projenin geri ödeme süresi ve iç karlılık oranları hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Organik rankine çevrimi, biyokütle, ısı ve güç üretimi

Abstract

ORC turbines, which have been developed for the production of electricity from low temperature thermal sources, have been used in high temperature applications in recent years together with the developing technology. These machines, which can generate heat and power, are the preferred technology for biomass power plants with high thermal efficiency rates. Biomass energy is a kind of cheap, clean and renewable energy whose existence dates back to years B.C. In this study, thermal oil obtained from biomass fired hot oil boiler in a factory and production of electricity and hot water from this thermal oil by ORC turbine were investigated. At the end of the cycle, the information about the purpose of using the electricity and heat energy produced in the plant is given. The main components of the system are boiler, turbine and other auxiliary elements. The cost and feasibility analyzes of the system were made and the repayment period and internal profitability ratios of the project were calculated within the framework of YEKDEM Law.

Author keywords: Organic rankine cycle, biomass, heat and power production

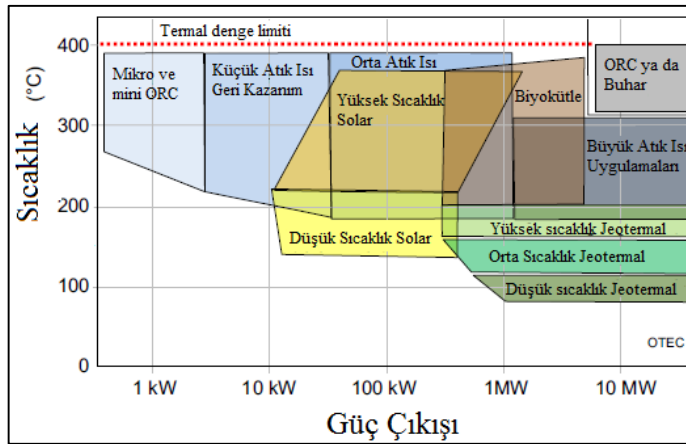
1. Giriş

Ülkelerin sosyal ve ekonomik yönden gelişimi ve ülkede yaşayan insanların yaşamlarının kaliteli bir duruma getirilmesi konusunda "Enerji" büyük bir önem taşır. Enerji sayesinde kaliteli bir yaşam için gerekli olan bütün ihtiyaçlar insanlara sunulmaktadır. Enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün, dünya nüfusunun artmasıyla birlikte, aynı oranda artış göstermektedir. Dünyamızda ihtiyaç duyduğumuz enerjinin çok büyük bir bölümü doğalgaz, kömür, petrol gibi fosil yakıtlarla sağlanmaktadır. Bu fosil enerji kaynaklarının kullanılması sonucunda oluşan sera gazları, iklim değişikliklerinden ve küresel ısınmadan sorumlu tutulmaktadır [1]. Fosil enerji kaynaklarının yenilenebilir olmayışından dolayı kaynakları sınırlıdır ve her geçen gün daha da azalmaktadır. Bu fosil kaynakların 2050 yılına kadar tükenebileceği tahmin edilerek raporlanmıştır [2].

Fosil yakıtlar ile mukayese edildiğinde, kullanım yelpazesi en geniş olan yenilenebilir enerji çeşitlerinden bir tanesi de biyokütle enerji kaynaklarıdır. Biyokütle yalnızca yenilenebilir enerji kaynağı olması ile değil, yeryüzündeki pek çok bölgede yetişmesi, sosyo-ekonomik yönden gelişme sağlaması, doğal tabiat dengesinin korunmasına katkıda bulunması ve miktarı bakımından büyük oranlara sahip olması sebebiyle oldukça stratejik bir yenilenebilir enerji kaynağıdır [3].

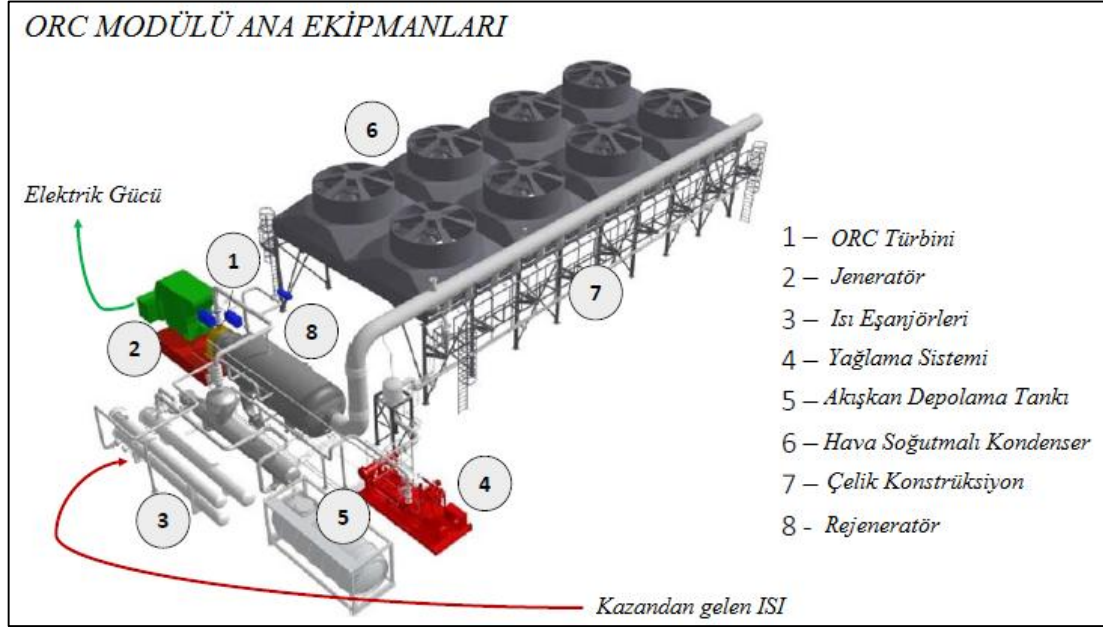
2. Organik Rankine Çevrimi

Rankine Çevrimi ısıyı işe dönüştüren bir termodinamik çevrimdir. Bu dönüşüm, çevrim akışkanı olarak genelde su kullanan kapalı bir çevrimle sağlanmaktadır. Su bazlı Rankine Çevrimi, dünya elektrik üretiminin yaklaşık %85'ine karşılık gelmektedir [4]. Organik Rankine Çevrimi'nin çalışma prensibi ise, termal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren, sonra bu mekanik enerjiyi bir jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine çeviren rankine çevrimiyle aynı şekilde çalışır. Akışkan olarak su kullanarak buhar üretmek yerine ORC sistemi, daha düşük türbin dönüş hızı ve düşük basınç sağlayan, metal parçalar ile çarklarda aşınma yapmayan, sudan daha yüksek bir moleküler kütleye sahip olan bir organik akışkanı kullanarak bu çevrimi tamamlamaktadır. Şekil 1'de ORC sisteminin kullanım sıcaklıkları ve kullanıldığı alanlar ile ilgili şema verilmiştir.



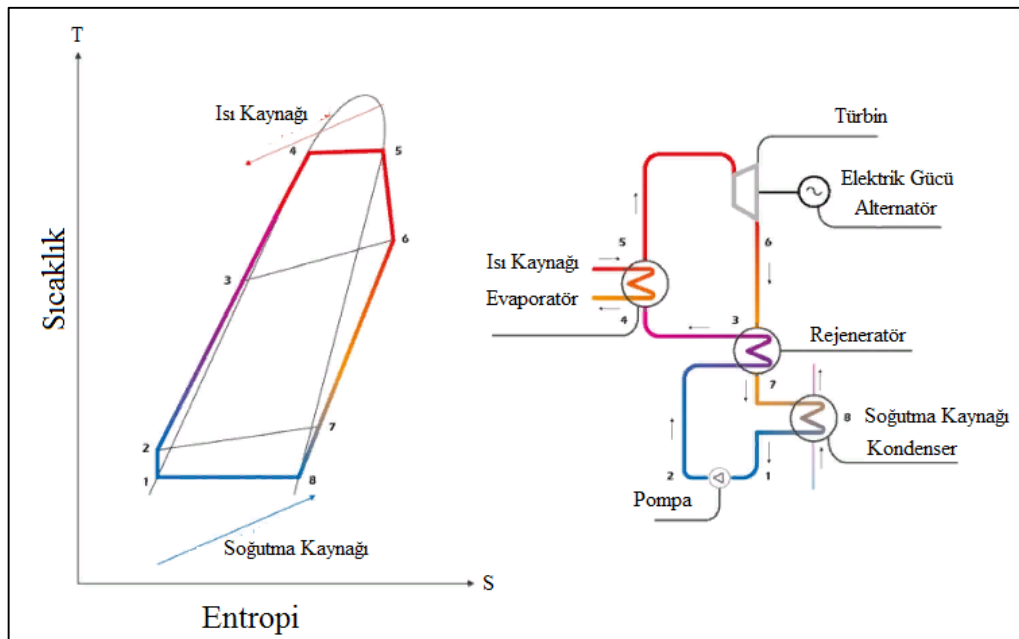
Şekil 1. Uygulamalara göre ORC sıcaklık güç şeması

ORC sisteminin çalışma prensibini T-S grafiği üzerinden daha teknik olacak şekilde anlatacak olursak; ORC turbo jeneratörü orta-yüksek ısıda termal yağ kullanarak buharlaştırıcıda uygun işletim akışkanına ön ısıtma yapar ve buharlaştırır (4>5). Organik akışkan buharı direkt olarak elektrik jeneratörüne bağlanmış olan türbini döndürür (5>6) ve sonucunda elektrik gücü elde edilir.



Şekil 2. ORC sistemi ana ekipmanları

Egzoz buharı rejeneratörden geçerken (6>7) organik akışkanı ısıtır (2>3), ardından kondenserde yoğuşur ve soğutma devresinde soğutulur (7>8>1). Sonra, organik işletim akışkanı rejeneratöre ve buharlaştırıcıya pompalanarak (1>2) kapalı devre işletimi tamamlar (Şekil 3) [4].



Şekil 3. ORC sıcaklık - entropi diyagramı

2.1. *ORC Tarihçesi*

Organik Rankine Çevrimi (ORC) gelişiminin tarihi, 19. yüzyılın başlarından ORC güç sistemlerinin 21. yüzyılın enerji endüstrisinde önemli bir niş pazar haline gelmesine kadar yayılmaktadır. ORC tarihi, buhar motorlarının deneysel gelişimi ile iç içe geçmiştir. Carnot'un, termodinamiğin temelini oluşturan deneysel gelişimi, anlama çabası ve bununla birlikte teori ve pratik arasındaki kopukluk onlarca yıl boyunca devam etmiştir.

University of Naples Çalışmaları

Gerçek bir türbin sisteminde organik bir sıvıyı kullanan ilk kişi, Prof. Luigi D'almelio (1935) olmuştur. Aynı zamanda, sadece buhar basıncına odaklanmak yerine rpm ve türbin aşamalarının sayısını azaltmak için yüksek moleküler kütle akışkanların avantajlarını düşünen ilk kişidir. D'Amelio, 1930'larda Napoli Üniversitesi'nde etil klorür kullanarak deneyler yaptı. D'Amelio'nun çalışması 1935'te güneş enerjisiyle çalışan küçük bir pompanın ortaya çıkmasına yol açtı. Daha sonra, 1940'larda D'Amelio, Citara, Ischia Adası'nın etilen iş sıvısı olarak kullanıldığı bir jeotermal tesis tasarladı. Tesis birkaç yıl çalışmıştır ve 1950'lerin başında görevinden alınmıştır [5].

İsrail Uluslararası Fizik Laboratuvarı Çalışmaları

1958-1961 yılları arasında, 1955'te başlatılan güneş enerjisinden yararlanma programının bir parçası olarak, Kudüs'teki İsrail Ulusal Fiziksel Laboratuvarı'nda, küçük bir motor projesi çerçevesinde itici akışkan seçimi için net kriterler geliştirilmiştir.

D'Amelio'nun moleküler kütle değerlendirmesinden sonra (buhar basıncına ek olarak), Tabor ve Bronicki tarafından diğer akışkan özelliklerine dikkat edildi. Küçük motorlardaki Carnot verimliliği üzerine yapılan çalışmalar ve verimliliği önemli ölçüde azaltan kayıpların analizi sonucunda, türbinin bir pistonlu motora göre tercih edilmesi sonucuna varılmıştır. Daha sonra sistemde kullanılacak sıvının fiziksel özellikleri, ısı kaynağının ve soğutma sisteminin özelliklerine ve ayrıca güç çıkışına bağlı kriterlere göre seçilmiştir [6].

Ne yazık ki, 1950'lerde sıvıların ayrıntılı özellikleri yalnızca sınırlı sayıda akışkan için mevcuttu. Akışkanların çoğu için sadece seyrek veriler mevcuttu. Mevcut olan şey, birkaç veri noktasından bir dizi koşuldaki özellikleri hesaplama yöntemleriydi. Akışkanlar için günümüzdeki kadar fazla özellik bilinmiyordu [7]. Hesaplamaları yapmak çok fazla zamanlarına mal oluyordu ve bu sistem için akışkan seçiminin hazır bilgiler doğrultusunda olması kanısına varılmıştır.

Yapılan çalışmalar ardından 3 kW'lık bir türbin, mono-klorobenzen kullanılarak tasarlanıp ve üretilmiştir. Türbin güneş kolektörleri ve ısı depolamayı içeren bir güneş santralinin parçasıydı ve 1961'de Roma'da Birleşmiş Milletler Yeni Enerji Kaynakları Konferansı'nda gösterilmiştir (Şekil 4) [8]. Bu çalışma Ormat'ın kurulmasına sebep olmuştur.



Şekil 4. 3 KW ORC Sistemi (1961) [8]

Politecnico di Milano Çalışmaları

ORC alanındaki ilk İtalyan aktiviteleri, 1970'lerde Prof. G. Angelino (1984) 'un bilimsel rehberliğinde Politecnico di Milano'da başlamıştır. Ennio Macchi ve Mario Gaia gibi bilim adamlarından oluşan bir ekipte başta otomotiv, uzay ve güneş uygulamaları adına Rankine döngüsünü güçlendirmek için su yerine organik sıvılar kullanma olasılığını incelenmiştir. İlk prototiplerin gerçekleştirilmesi, Mario Gaia'nın ailesine ait mekanik bir dükkan olan Gemminustria (Milano) tarafından gerçekleştirilmiştir.

İlk türbin (1976) 4 kW enerji çıkışına sahipti. Isı kaynağı olarak sıcak su (90-70 C) seçilmiş ve ısı emici olarak da soğuk su (15-25 C) seçilmiştir, çalışma sıvısı ise doymuş bir döngüde perkloretilen olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, çok düşük güç çıkışında bile yüksek verimli, düşük mekanik stresli bir türbin tasarlanmasının mümkün olduğunu kanıtladı. Ardından 1978 yılında orta sıcaklıktaki bir ısı kaynağından Flutec PP3 (C8F16) akışkanı kullanılarak 35 kW güç elde etmeyi başarmışlardır [9].

Lappeenranta Teknoloji Üniversitesi Çalışması

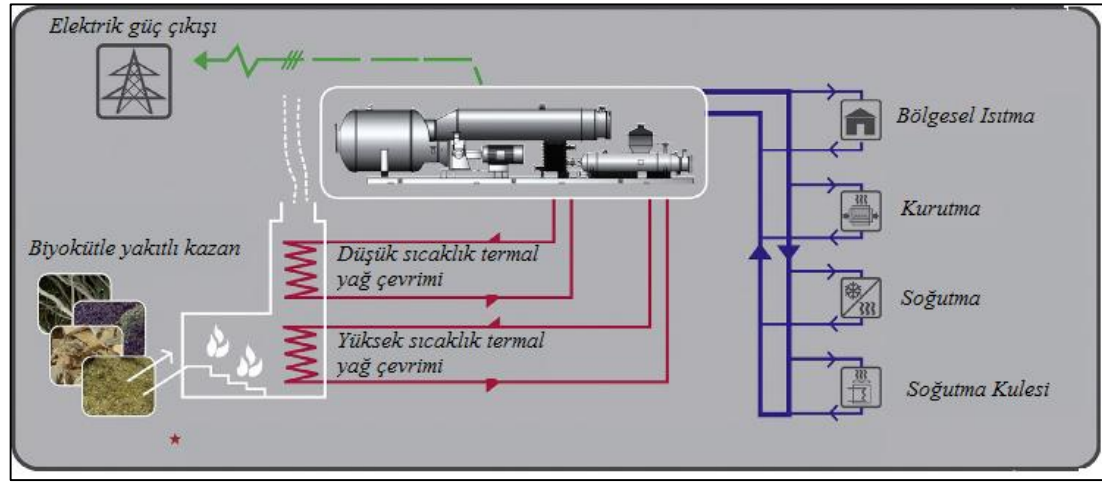
1980'lerin başlarından itibaren Profesör Jaakko Larjola türbin, jeneratör ve pompanın hareket eden sıvı yatakları tarafından desteklenen aynı şaftı paylaştığı (Şekil 5), yüzlerce kW aralığında sızdırmazlık sağlayan yüksek hızlı hermetik turbojeneratörlerin geliştirilmesine öncülük etmiştir [10].



Şekil 5. Jeneratör ve besleme pompalı radyal türbin, 1984[10].

2.2. *Biyokütle enerji santrallerinde ORC uygulamaları*

Biyokütle yakıtlı ORC sistemleri ikili döngü olarak çalıştırılır; çünkü çalışma sıvısı ve ısı taşıyıcı farklıdır ve ayrı devrelerde çalışırlar. Biyokütle kazanında yanma gazı, normalde sentetik bir termal yağ olan ısı taşıyıcısı görevi gören bir ortama ısı aktarır. Sıcak termal yağ kapalı bir devrede dolaşır ve ORC 'yi besler, sonra eşanjörde soğur ve kazana geri gönderilir. Bir pompa sistemi, kazandaki aşırı sıcaklığı önlemek için termal yağın sürekli sirkülasyonunu sağlar.



Şekil 6. Biyokütle güç santrallerinde ORC modülü kullanımı şematik gösterimi

Biyokütle yakıtlı ORC 'nin çalışması, geleneksel Rankine çevrimine kıyasla birçok avantaj sunar;

1. Kazanda bir faz değişikliği veya yüksek basınç seviyesi yoktur. Termal yağ, atmosferik basınçta 320°C'ye veya üzerinde bir sıcaklığa yükseltilerek sıvı fazda kalır (termal yağın normal çalışma basıncı 5-7 bar g arasındadır).
2. Kazan içerisinde termal ortamın fazında değişiklik olmadığından patentli operatör gerekmez. Geçmişte olduğundan daha az olsa bile, kazanın fazında bir değişiklik olursa, bazı ülkelerde patentli bir operatörün varlığı zorunludur.
3. Termal ve termodinamik işlemlerin ayrı çevrimler de olması. Bu özellik, biyokütle kazanının ve ORC 'nin serbest seçimine izin verir.

Dünyada 400'ün üzerinde ORC sistemli biyokütle enerji santrali bulunmaktadır. Bunlardan 4 tanesi Türkiye'de bulunuyor.

Tablo 1. Türkiye'de kurulu ORC'li biyokütle enerji santralleri

Tesis adı	Kurulu güç	Teknoloji	Yakıt
Starwood – Mendez Enerji	5,5 MWe	Izgaralı Kazan - Yakma	Ağaç kabuğu
Kastamonu Entegre	1 MWe	Gazlaştırma	Ağaç atıkları, kabuk
AGT	5,5 MWe	Izgaralı Kazan - Yakma	Ağaç atıkları, kabuk
Güres Tavukçuluk	2,3 MWe	Akışkan Yataklı Kazan	Tavuk gübresi

3. Tesisteki Kazan ve ORC Ünitesi Teknik Özellikleri

Sanayi tesisinde bulunan kazan, kızgın yağ ve sıcak gaz üretmektedir. Üretilen kızgın yağ, hem ORC türbini için gerekli olan ısıyı sağlamakta, aynı zamanda da buhar ihtiyacının arttığı durumlarda; buhar jeneratöründe doymuş buhar üretimi için kullanılmaktadır. Sıcak gazlar ise yonga levha üretimi prosesinde kullanılmaktadır. Kazanın toplam ısıl kapasitesi 50 MWth gücündedir.

Tablo 2. Tesisteki kazanın ısıl güç değerleri

Biyokütle Enerji Tesisi Kazan Isıl Gücü		
Kızgın Yağ	35	MW
Sıcak Gaz	15	MW
Toplam	50	MWth



Şekil 7. Biyokütle Yakıtlı Kızgın Yağ Kazanı

Tesiste bulunan ORC türbini İtalyan menşeli olan TURBODEN markasının T55-CHP modelidir.

Tablo Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..ORC modülü teknik özellikleri

Parametreler	Değerler
Nominal yükte termal yağın giriş sıcaklığı (°C)	300
Nominal yükte termal yağın çıkış sıcaklığı (°C)	259
Nominal yükte ORC ünitesinde termal yağın basınç düşüşü (bar)	1,70
ORC ünitesi termal yağ hacmi (lt)	2.500 lt (evaporator) 4900 lt (preheater)
Nominal yükte soğutma suyu kondenser giriş sıcaklığı (°C)	90
Nominal yükte soğutma suyu kondenser çıkış sıcaklığı (°C)	110
Nominal yükte ORC ünitesinde sıcak suyun basınç kaybı (bar)	1
ORC ünitesi kondenser su hacmi (lt)	5080
Su içerisindeki glikol (%)	0

Nominal yükte termal yağ gücü (kW)	35.695
Nominal yükte brüt elektrik üretim gücü (kW)	5.533
Nominal yükte ORC ünitesi elektrik tüketim gücü (kW)	417
Nominal yükteki net elektrik üretimi (kW)	5.116
Nominal yükte kondenserden elde edilen ısı güç (kW)	30.300
Minimum çalışabileceği yük (%)	10
Nominal yükte ORC modülünden kaybolan ısı (kW)	90
1 m yakındaki gürültü seviyesi [dB(A)]	90
Organik akışkan	Octamethyltrisiloxane (MDM Silikon Yağ)
ORC ünitesindeki organik akışkan miktarı (kg)	14.800
ORC ünitesi toplam ağırlığı (kg)	194.250
ORC ünitesi toplam uzunluğu(oda) (mm)	27.000
ORC ünitesi genişliği(oda) (mm)	15.000
ORC ünitesi yüksekliği(oda) (mm)	8.000



Şekil 8. ORC türbini

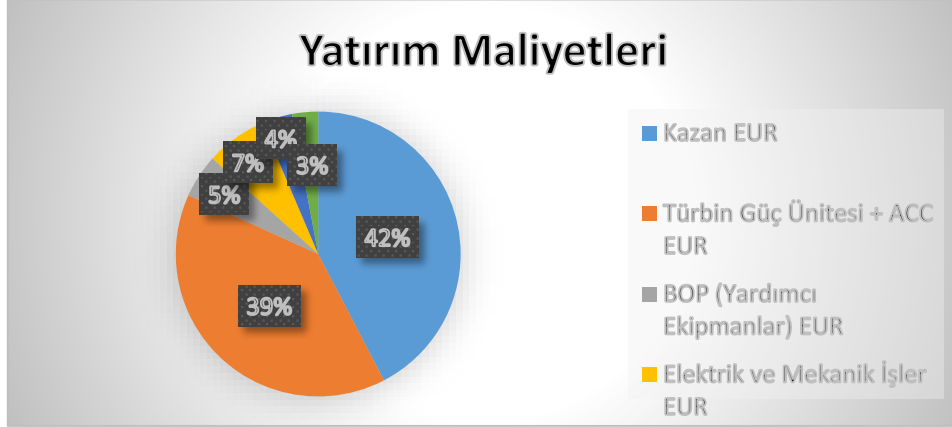
4. Ekonomik Analiz

4.1. Tesisin Yatırım ve İşletme Maliyeti

Tablo 4’de ORC sistemli Biyokütle Enerji Tesisi’nin yatırım maliyetleri verilmiştir.

Tablo 4. Tesis yatırım maliyetleri

CAPEX (Toplam Yatırım Maliyeti)		
Kazan	EUR	4.300.000
Türbin Güç Ünitesi + ACC	EUR	4.000.000
BOP (Yardımcı Ekipmanlar)	EUR	500.000
Elektrik ve Mekanik İşler	EUR	700.000
Termal Yağ	EUR	350.000
İnşaat	EUR	300.000
Toplam	EUR	10.150.000



Şekil 9. Yatırım maliyetleri dağılım grafiği

4.2. Net Bugünkü Değer Yöntemi İle Maliyet Analizi

Projenin faydalı ömrü boyunca sağlayacağı net nakit girişlerinin ve yatırım harcamalarının belirlenmiş bir iskonto oranı ile bugüne indirgenmiş değerleri arasındaki farktır.

$$\left| \text{NBD} \quad \sum_{t=m+1}^n A_t / (1+i)^t = \sum_{t=0}^m C_t / (1+i)^t \right| \quad (4.1)$$

A_t = İşletme döneminde t yılındaki net nakit girişi

C_t = Yatırım döneminde t yılındaki net nakit çıkışı

m = Yatırım dönemi yıl sayısı

n = Yatırım dönemi + işletme dönemi yıl sayısı

i = İskonto (İndirgeme) oranı

4.3. İç Karlılık Oranı Yöntemi İle Maliyet Analizi

İç kârlılık oranı; projenin Net Bugünkü Değerini sıfıra eşit kılan indirgeme oranıdır.

$$\left| \text{İKO} \quad \sum_{t=m+1}^n A_t / (1+r)^t = \sum_{t=0}^m C_t / (1+r)^t \right| \quad (4.2)$$

A_t = İşletme dönemindeki t yılında nakit girişi

C_t = Yatırım dönemindeki t yılında nakit çıkışı

m = Yatırım döneminin yıl sayısı

n = Yatırım dönemi + işletme döneminin yıl sayısı

i = İskonto (İndirgeme) oranı

4.4. Geri Ödeme Süresi

Paranın zaman değerini dikkate alarak, projenin sağlayacağı net para girişinin yatırım tutarını kaç yılda geri ödeyeceğini gösterir.

$$\sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=m+1}^p \frac{NK_t + D_t}{(1+i)^t} \quad (4.3)$$

NK_t = t yılındaki net kâr miktarı

D_t = t yılındaki amortisman oranı

I_t = t yılındaki yatırım tutarı miktarı

p = geri ödeme süresi

m = projenin yatırım süresi

i = indirgeme oranı

5. ORC'li Biyokütle Enerji Santrali Maliyet Analizi ve Fizibilite Çalışması

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütle enerjisi, elektrik enerjisi üretimi amacıyla yaygınlaştırmak, güvenilir, ekonomik ve kaliteli bir biçimde Türk ekonomisine kazandırmak, bunun yanında atıklarında güvenli bir şekilde bertarafı amacıyla YEK kanununa eklenmiştir. YEK kanununa göre güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal ve biyokütle enerjisi 10 yıl boyunca teşvikli fiyat üzerinden Türkiye Cumhuriyeti devleti tarafından satın alınmaktadır. Bu tez kapsamında incelenen bu tesis de YEK kanunu kapsamında elektrik satışı gerçekleştirmektedir ve Tablo 5 ve Tablo 13 arasındaki tablolarda, projenin ekonomik göstergeleri hesaplanmıştır.

Tablo 5. ORC modülü enerji üretim ve iç tüketim değerleri

Enerji Üretim ve İç Tüketim Değerleri		
Tesiste Üretilen Net Elektrik Gücü	kW(el)	5.116
Tesiste Üretilen Net Isı Gücü (110 °C sıcak su)	kW(th)	30.300
ORC/SRC pompa, yağlama ünitesi	kW(el)	417
Soğutma Kulesi ve Pompalar	kW(el)	-
Türbin Brüt Güç Çıkışı	kW(el)	5.533

Tablo 6. Biyokütle yakıt tüketimi ve verimlilik değerleri

Biyokütle Tüketimi ve Verimlilikler		
Kazan Verimliliği	-	75,0%
Türbin Güç Ünitesi Verimliliği (Brüt)	-	15,5%
Toplam Biyokütle Termal Gücü	kW(th)	47.596
Biyokütle Isıl Değeri	kcal/kg	3.500
Biyokütle Yakıt Tüketimi	ton/h	11,7
Biyokütle Yakıt Maliyeti(Lojistik Dahil)	EUR/ton	20
Saatlik Biyokütle Maliyeti	EUR/h	-234

Tablo 7. Elektrik satışı ve ısı kullanımı maliyetleri

Elektrik Satışı ve Isı Kullanımı		
YEKDEM Biyokütle Tarifesi	\$/MWh	133
Yerli Teşvik Tarifesi	\$/MWh	20
Isı Tarifesi	\$/MWh	7,3
Saatlik Nakit Akışı (Yıl1-Yıl5)	\$/h	820
Saatlik Nakit Akışı (Yıl5-Yıl10)	\$/h	680
EUR:USD	-	1,13
Saatlik Nakit Akışı (Y1-Y5)	EUR/h	726
Saatlik Nakit Akışı(Y5-Y10)	EUR/h	602

Tablo 8. Toplam yatırım maliyetleri

CAPEX (Toplam Yatırım Maliyeti)		
Kazan	EUR	4.300.000
Türbin Güç Ünitesi + ACC	EUR	4.000.000
BOP (Yardımcı Ekipmanlar)	EUR	500.000
Elektrik ve Mekanik İşler	EUR	700.000
Termal Yağ	EUR	350.000
İnşaat	EUR	300.000
Toplam	EUR	10.150.000

Tablo 9. Tesis işletme maliyetleri

OPEX(İşletme Maliyeti)		
Kazan ve Türbin Güç Ünitesi	EUR/h	5
Tesis İç Tüketim (450 kWe x 0,06 EUR)	EUR/h	27
Toplam	EUR/h	-32
Saatlik Net Nakit Akışı (Y1-Y5)	EUR/h	460
Saatlik Net Nakit Akışı (Y5-Y10)	EUR/h	336

Tablo 10. Tesis öngörülen yıllık işletme saatleri

Yıllık İşletme Saatleri		
Y1	h/yr	8.000
Y2	h/yr	8.000
Y3	h/yr	8.000
Y4	h/yr	8.000
Y5	h/yr	8.000
Y6	h/yr	8.000
Y7	h/yr	8.000
Y8	h/yr	8.000
Y9	h/yr	8.000
Y10	h/yr	8.000

Tablo 11. Fizibilite ekonomik sonuç değerleri

Ekonomik Sonuçlar		
İskonto Oranı	-	4,0%
NPV (10 yr) (Net Bugünkü Değer)		16.070.221 €

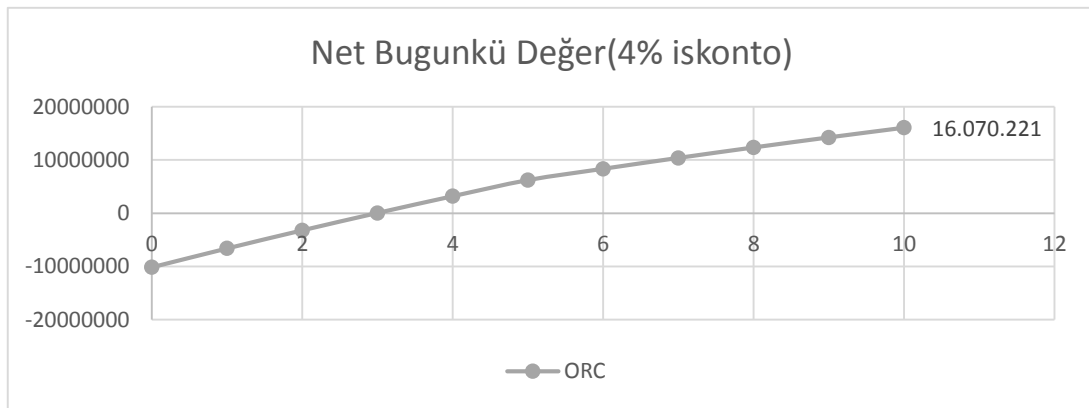
IRR (10 yr) (İç Karlılık Oranı)	27%
PBT (Basit Geri Ödeme Süresi)	3,94

Tablo 12. Öngörülen yıllık nakit akış değerleri

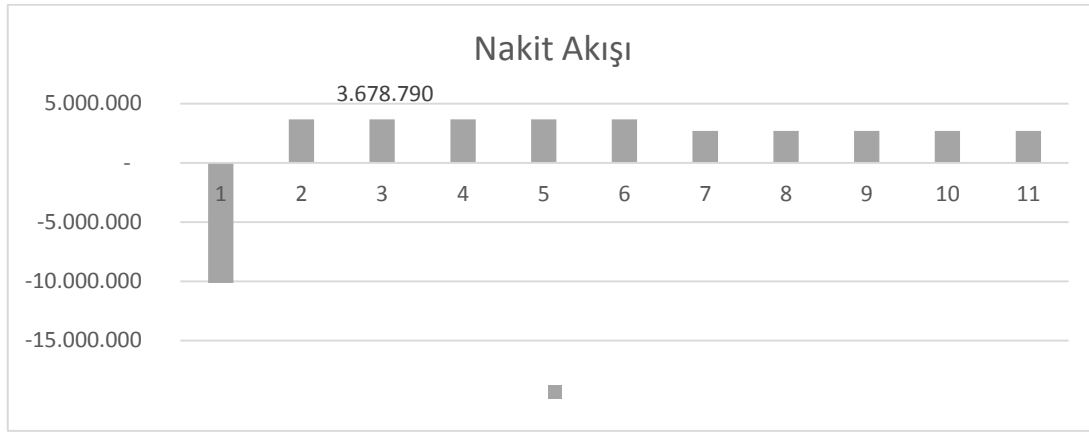
Yıllık Nakit Akışı		
0		-10.150.000
1		3.678.790
2		3.678.790
3		3.678.790
4		3.678.790
5		3.678.790
6		2.689.998
7		2.689.998
8		2.689.998
9		2.689.998
10		2.689.998

Tablo 13. Projenin hesaplanan net bugünkü değeri

Net present Value (Net Bugünkü Değer)		
0		-10.150.000
1		- 6.612.702
2		- 3.211.454
3		58.977
4		3.203.622
5		6.227.319
6		8.353.264
7		10.397.442
8		12.362.998
9		14.252.955
10		16.070.221



Şekil 10. Net bugünkü değer grafiği



Şekil 11. Nakit akış değerlerinin gösterimi

6. Sonuçlar ve Öneriler

MDF üretim sektöründe faaliyet gösteren tesis, biyokütle atıkları yakma yöntemiyle sıcak termal yağ formuna dönüştürmekte ve bu termal yağ ile ORC modülü vasıtasıyla elektrik enerjisi ve sıcak su üreterek, üretilen elektrik enerjisini YEK kanunu kapsamında devlete satışını yapmaktadır. Bu çalışma kapsamında ORC sisteminin tarihçesi, bileşenleri, teknik olarak enerji incelemesi ve ekonomik fizibilitesi yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılabilir;

- ORC sistemlerinin geliştirilme amacı, düşük sıcaklıktaki kaynaklardan elektrik üretimi olmasına karşın, günümüzde yüksek sıcaklıktaki ısı kaynaklarından da elektrik üretiminin, başarılı ve verimli bir şekilde yapıldığı görülmüştür.
- Dünya’da gittikçe yaygınlaşan ORC uygulamalarının, ülkemizde de ilgi çeken bir elektrik enerjisi üretim teknolojisi olduğunu ve özellikle biyokütle enerjisinden elektrik üretimi konusunda, Türkiye’de tercih edilen bir teknoloji olduğu belirtilmiştir.
- ORC sistemlerinin tarihçesi incelendiğinde, ilk üretilen sistemlerin halen günümüze kadar çalışmalarına devam ettiklerini görmekteyiz. Buradan bu sistemlerin ne kadar güvenilir ve uzun ömürlü sistemler oldukları kanısına varabiliriz.
- Ülkemizde ORC sistemlerinin üretildiğini ve incelemiş olduğumuz projede de yerli imalat belgesine sahip bir ORC modülüyle üretim yapıldığını, bunun sayesinde YEK kanunu kapsamında elektrik satışından ekstra 20\$/MWh teşvik aldığını görmekteyiz.
- ORC sistemli biyokütle enerji tesisinin fizibilite çalışması yapılırken gider olarak biyokütle alım fiyatı ve işletme bakım maliyetleri değerlendirmeye alınmıştır. Gelir olarak ise elektrik satış fiyatları ve ısı satışı olarak dikkate alınmıştır.
- ORC ünitesinin ve yakma sisteminin toplam yatırım maliyeti 10.150.000 Euro’dur. Yapılan ekonomik hesaplamalara göre projenin iç karlılık oranı %27, 10. yıl sonunda ki net bugünkü değeri 16.070.000 Euro olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre projenin basit geri ödeme süresi 3,94 yıl olarak hesaplanmıştır.
- Aynı güçteki kömür yakıtlı termik santral ile karşılaştırıldığında; atmosfere 112,4 ton/yıl CO₂ salınımı engellenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Mckendry P., Energy Production From Biomass Conversion Technologies, Bioresource Technology 2002; 83: 30–48.
- [2] Saxena R.C., Adhikari D.K., Goyal H.B., Biomass-Based Energy Fuel Through Biochemical Routes: A Review, Renewable And Sustainable Energy Reviews 2009,13(1): 162-179.
- [3] Encinar J.M., Beltrán F.J., Ramiro, A. Ve González J.F., Pyrolysis/Gasification Of Agricultural Residues By Carbon Dioxide In The Presence Of Different Additives: Influence Of Variables, Fuel Processing Technology 1998, 55(3): 220-235.
- [4] <https://www.turboden.com.tr> (Ziyaret Tarihi: 06.05.2019).
- [5] Dow H.H., 1926. Diphenyl-Oxide Bi-Fluid Power Plants. Mechanical Engineering 48 (8), 815-818.
- [6] Tabor H., Bronicki L., 1964. Establishing Criteria For Fluids For Small Vapor Turbines. SAE Technical Paper, 640823.
- [7] Reid R.C., Sherwood T.K., 1958. The Properties Of Gases And Liquids, Their Estimations And Correlations. Mcgraw-Hill Inc.
- [8] Tabor H., Bronicki L., 1961. Small Turbine For Solar Energy Power Package. In: Proc. U.N. Conf. On New Sources Of Energy, Rome, vol. 4, P. 68.
- [9] Angelino G., Gaia M., Macchi E., 1984. A Review Of Italian Activity In The Field Of Organic Rankine Cycles. In: Proceedings Of The International VDI Seminar On ORC, Zurich 1984, In VDI Berichte, vol. 539. VDI Verlag, Pp. 465-482
- [10] Larjola J., 1984. ORC-Plant With High-Speed Gas Lubricated Turbogenerator. In: VDI Berichte E Proceedings Of The International VDI Seminar, vol. 539. VDI Verlag, Pp. 697-705. I73.

Türk İstiklal Marşı'nda Değınilen İnsan-Kaynaklı Tehlike ve Sonuçları

A Man-made Hazard Mentioned in the Turkish Independence March and its Consequences

Murat Utkucu^{1,2}

¹Afet Yönetim Uygulama ve Araştırma Merkezi, Sakarya Üniversitesi, Esentepe Kampüsü, 54187, Serdivan, Sakarya, Türkiye

²Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Esentepe Kampüsü, 54187, Serdivan, Sakarya, Türkiye

Özet: Savaşlar insan kaynaklı afetler olarak değerlendirilmektedir. Afet yönetiminin ilk adımı, tehlikelerin tanımlanması, izlenmesi ve olasılıklarının belirlenmesidir. Bu çalışmada Çanakkale Savaşı olarak isimlendirilen afetin arkasındaki tehlike araştırılmıştır. Bu afetin ardındaki asıl tehlikenin zırhlı olarak isimlendirilen büyük savaş gemileri olduğu ileri sürülmüştür. 19. yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkan zırhlılar, büyük çaplı toplarıyla ağır zırhlı büyük savaş gemileriydi. Bu çalışmada zırhlılar incelenmiş ve tarihte 20. yüzyıl başındaki etkileri Çanakkale Savaşı'ndaki rolleri çalışılarak örneklendirilmiştir. Zırhlılarına güvenen itilaf güçleri kolayca İstanbul'u ele geçirmek ve karşı koyabilecek eşdeğer zırhlıları hiç olmamış Osmanlı İmparatorluğu'nu yenilgiye uğratmak için Çanakkale Boğazı savunma hatlarını zorlamaya yeltenmiştir. Bu strateji, tarihte üstün müttefik güçlerinin yenilgisi ve her iki taraf için benzeri görülmemiş bir can kaybına neden olan bir afete yol açmıştır. Ayrıca, Batı güçlerinin bu nihai silahlara olan aşırı güvenleri ve Türk milletinin fiziksel ve manevi irade ve azimlerini küçümsemelerine İstiklal Marşı'nın dördüncü kıtasında "Garbın afakını sarmışsa çelik zırhlı duvar, Benim iman dolu göğsüm gibi serhadim var" şeklinde değinildiği önerilmiştir.

Abstract: Wars have been considered as disaster with a man-made origin. First step of disaster management is definition, monitoring and probability determination of hazards. In the present study hazard behind the disaster called Battle of Dardanelles is investigated. Main hazard behind the disaster is proposed to be large warships called battleships. Emerging at the end of 19th century battleships were heavily armoured large warships with large calibre guns. In the present study, battleships are scrutinized and their effect in history during early 20th century is exemplified by studying their role in Battle of Dardanelles. Relying on their battleships the allied power attempted to force the defences of the Dardanelles Straits in order to easily seize and defeat Ottoman Empire that never had a comparable battleship for confrontation in World War I. This strategy led to a disaster called the Battle of Dardanelles in history, with defeat of superior allied powers and unprecedented loss of life for both side. It is further proposed that this overconfidence of western powers for having these ultimate weapons and their underestimation of physical and spiritual will and determination of Turkish people mentioned as "the horizons of the West may be bound with walls of steel, But my borders are guarded by the mighty bosom of a believe" in the forth stanza of the Turkish Independence March.

1. Giriş

I. Dünya Savaşı'nın bir parçası olan Çanakkale Savaşı iki ulus arasında geçen yerel bir savaştan ziyade çok geniş bir coğrafyaya yayılmış ulusların ittifaklar halinde küçük bir alanda yaptıkları kara ve deniz muharebelerini tanımlamaktadır [1]. Savaş, Çanakkale

Boğazı ve çevreleyen yakın coğrafyada, Osmanlı kuvvetleri ile İtilaf Devletlerine ait askerî birlikler arasında, 3 Kasım 1914 ile 9 Ocak 1916 tarihleri arasında gerçekleşmesine rağmen asıl muharebeler, Şubat 1915 den sonra gerçekleşmiştir [2]. İtilaf güçleri ilk önce boğazı denizden geçmeyi denemişlerdir. Dolayısıyla muharebelerin ilk bölümü deniz muharebeleri şeklinde gerçekleşmiştir. Ancak, özellikle 18 Mart 1915 günü yapılan denizden 16 zırhlı ile geçme denemesi 3 zırhlının batması ve 4'ünün de savaş dışı kalmasıyla yenilgi ile sonuçlanmıştır [3]. Böylelikle asıl savaş denizden desteklenen şiddetli kara muharebelerine dönüşmüştür. Kara savaşlarının da itilaf devletlerinin yenilgisi ve geri çekilmesiyle sonuçlanması ile savaş 9 Ocak 1916'da sona ermiştir [4]. Savaşta 310 bin Osmanlı askeri ile 540 bin itilaf devleti askeri karşı karşıya gelmiştir [5].

Afet Yönetimi ardışık ve zamanca kısmen örtüşen bağımsız faaliyet evrelerinin afet kayıplarının azaltılması gayesi ile gerçekleştirilmesidir [6]. Afet öncesinde “tehlikelerin belirlenmesi, izlenmesi ve olası kayıpların hesaplanması”, “risk azaltımı” ve “hazırlık” evreleri tanımlanırken afet sonrasında ise “ilk yardım-arama kurtarma”, “toparlanma” ve “yeniden yapılanma” evreleri tanımlanmıştır. Görüldüğü gibi tehlikelerin belirlenmesi afet yönetiminde ilk basamağı teşkil etmektedir. Afet yönetiminin başarısı afete neden olabilecek tehlikelerin ve olma olasılıklarının doğru belirlenmesi ile doğrudan ilişkilidir denilmesi yanlış bir ifade olmayacaktır. Bu çalışmada, bir afet olarak Çanakkale Savaşı'nın asıl nedeni olan “tehlike” araştırılmıştır. Neden itilaf devletleri göreceli olarak dar bir kanal olan Çanakkale Boğazı'nı gemilerle zorlamak gibi zahiren kolay ancak geçecek donanma için bir o kadar riskli bir yolu denemiştir? Böylelikle bir afet olarak bu savaşın geri planına afet yönetimi açısından ışık tutulmaya çalışılacaktır.

2. Bulgular

Endüstri devrimi ve buhar makinelerinin icadının deniz savaşları üzerinde de etkisi olmuştur. 19. Yüzyıl başlarında ahşaptan yapılan ve rüzgâr gücü ile giden yelkenli savaş gemileri bu yüzyılın ikinci yarısı ile birlikte çelikten yapılmaya ve buhar gücü ile çalışmaya başlamışlardır [7, 8]. Artık savaş gemileri daha sağlam, daha kalın zırhlı, daha büyük toplara sahip ve daha uzun menzillere top atışı yapabilme kapasitesine sahip olmuştur. 19. Yüzyıl sonunda ana savaş gemileri olan “zırhlı” ve “muharebe kruvazörleri” 30 cm çapında (12 inç) toplar taşıyabilir hale gelmişlerdir. Karada taşınamayacak kadar büyük ve uzun menzilli toplar bu ana savaş gemilerinde geminin makine dairesi gibi hayati unsurları ile birlikte kalın zırhlarla çevriliydi. Zırhlıların ateş menzili ve hızları da denizlerdeki hâkimiyet ve üstünlük mücadelesinde çok etkili hale gelmiştir.

Birinci Dünya Savaşı öncesindeki yirmi yıllık dönemde İngiltere ve Almanya arasında başlayan donanma inşa yarışı Avrupa'da giderek önem kazanmış ve ana savaş gemilerinin sayı ve nitelikleri imparatorluk ve devletlerin güçlerinin bir belirteci olarak basında manşetleri işgal eder hale gelmişlerdir [8,9]. Günümüzde nükleer bombaya sahip olmak nasıl bir güç algısı oluşturuyorsa sahip olunan zırhlı ve muharebe kruvazörü olarak bilinen savaş gemileri de 20. Yüzyılın başında benzer algıyı oluşturuyordu. Savaşın başlangıcına doğru bu büyük gemilerin zırh kalınlıkları 35 cm'ye ve topları da 38 cm (15 inç) ulaşmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Çanakkale Savaşı'nın ilk safhasına katılan zırhlı sınıfı gemiler, silahları ve zırh kalınlıkları (wikipedia'dan derlenmiştir). Gemilerin sadece 15 cm ve üzeri çaplı topları listelenmiştir.

Gemi (Yıl)	Toplar										Zırh (cm)
	15 inç (38cm)		12 inç (30cm)		10 inç (25cm)		9.2 inç (23.3 cm)		6 inç (15cm)		
	Adet	Men-zil (km)	Adet	Men-zil (km)	Adet	Men-zil (km)	Adet	Men-zil (km)	Adet	Men-zil (km)	
İngiliz Donanması											
Queen Elisabeth (1913)	8	30.6							16	19.6	27-33
Agamemnon (1906)			4	23			8	-			30.5
Lord Nelson (1908)			4	23			8	-			30.5
Inflexible (1908)			8	23							15-25
Vengeance (1902)			4	9.1					12	13.7	15-30
Canopus (1899)			4	9.1					12	13.7	15-30
Albion (1901)			4	9.1					12	13.7	15-30
Ocean (1900)			4	9.1					12	13.7	15-30
Prince George (1896)			4	9.1					12	13.7	23-36
Majestic (1895)			4	9.1					12	13.7	23-36
Swiftsure (1904)					4	17					18-28
Triumph (1904)					4	17					18-28
Cornwallis (1904)			4	14					12	14.4	18-30
Irresistible (1902)			4	14					12	14.4	23-36
Fransız Donanması											
Charlemagne (1897)			4	12							32-40
Gaulois (1899)			4	12							32-33
Suffren (1904)			4	12							25-30
Bouvet (1898)			2	12	2	27					32-40

Bununla birlikte bu dönemde Osmanlı Devleti yaşamsal önem taşımaya rağmen donanmaya siyasi ve ekonomik gerekçelerle gereken önem verilememiştir [8,10]. Kara ordusuna öncelik vermiş ve denizden Çanakkale Boğazı'nın zorlanmasına karşı tabyalar tahkimat ve toplar açısından güçlendirilmiştir [8,11,12]. Yunanistan halk katkısıyla Averof muharebe kruvazörünü alınca, bu gemiyle mücadele edebilecek bir gemiye sahip olmak isteyen İttihat ve Terakki yönetimi halk yardımıyla yeni gemiler satın almaya çalışmıştır [10]. Hazırda satılık yeni gemi bulamayınca Almanya'dan artık iyice eskimiş 18 yaşında iki eski zırhlı savaş gemisi (Barbaros ve Turgut Reis Zırhlıları) alınmıştır.

Ancak bu gemiler Yunanlıların Averof muharebe kruvazörü ile başa çıkacak kapasitede değildi. Bundan dolayı Averof muharebe kruvazörü Balkan Savaşları sırasında Ege Denizi'nde Osmanlı'ya adım attırmayacak, Çanakkale Boğazı'nı ablukaya alacak ve Ege Adaları'nın Osmanlı'dan alınmasında başrol oynayacaktır [10,13]. İşte bir zırhlı bu kadar dengeleri değiştirebiliyordu.

Balkan Savaşları ardından İttihat Terakki yöneticileri güçlü bir donanmaya olan İhtiyacı iyice anlamış ve Averof muharebe kruvazörünün alımını örnek göstererek halktan donanmanın güçlendirilmesi için yardım talep etmişlerdir. Osmanlı Donanma Cemiyeti'nin de katkılarıyla halktan toplanan yardımlar neticesinde İngiltere'ye iki yeni zırhlı (Sultan Osman ve Reşadiye) sipariş edilmiştir [13]. Ancak, İngilizler, son taksitleri ödenmesinin hemen ardından Birinci Dünya Savaşı öncesi el koymuştur.

İtilaf Devletleri ya da diğer bir deyişle Batı bu zırhlılarına ve büyük toplarına güvenerek 18 zırhlıyla Çanakkale Boğazı'nı geçmeye yeltenmiş ve İstanbul'un işgalinde de boğazda bu gemiler kafamıza dayanmış bir silah gibi durmuştur [11] (Tablo 1). Yunanlıların Averof muharebe kruvazörüne denk sayılabilecek bir gemisi olmayan Osmanlı İmparatorluğu'nun Çanakkale Boğazı'nı geçmeye çalışan bu 18 zırhlıya karşı koyabilecek bir güce de sahip olmadığı açıktır.

3. Tartışma

Savaş, basit haliyle iki veya daha fazla devlet arasında fiziksel güç, şiddet ve silah kullanımını içeren, resmi olarak ilan edilen ve hükümetler tarafından liderlik edilen çatışma şeklinde tanımlanabilir. Savaşlar artık literatürde afet olarak nitelendirilmektedir [14]. Savaşan tarafların yüz binlerle ifade olunan can kayıpları ve yaralı sayıları [5,15], Çanakkale Boğazı ve yakın çevre coğrafyasında sivil halkın göç etmek zorunda kalması ve saldırıya uğraması ve sosyoekonomik hayatta oluşan kesinti [2,16], Çanakkale Savaşı'nın afetlerin belli başlı özelliklerini taşıdığını göstermektedir. Afetlerin ortak kabul gören belli başlı özellikleri şu şekilde sıralanmaktadır [6]; uzay ve zaman ortamında yoğunlaşmış yeterli can ve mal kaybına neden olmuş bir hadise, toplum üzerinde şiddetli tehdit oluşturma, toplumun zaruri işlevlerinde kesinti oluşması ve oluştuğu yerdeki insanların dışarıdan yardıma ihtiyaç duyması. Çanakkale Savaşı'nın bu özellikleri genel olarak taşıdığı açıktır.

Çanakkale Boğazı'na dayanan Batı donanması zırhlı sınıfı gemilerin kalın zırh koruması altındaki büyük toplarıyla boğazdaki savunma tabyalarını yok edebileceklerine güvenmekte ve kolaylıkla boğazı geçip İstanbul'u ele geçireceklerini ve Osmanlı İmparatorluğu'nu teslim alarak savaş dışı bırakabileceklerini düşünmekteydi [17]. Çanakkale'de tahkimatlarda savunma yapan hiçbir top gelen zırhlıların taşıdıkları kadar güçlü ve uzun menzilli değildi (Tablo 2) [18] (GCRP 1978). Boğazı geçmeye gelen zırhlılar 15 cm çap ve 10 km menzil üzeri 168 top taşıyordu ve bunlardan 72 tanesi 20 km üzeri bir menzile sahipti (Tablo 1). Boğazı koruyan tabyalarda 15 cm çap ve 10 km menzil üzeri 28 top vardı ve bunlardan hiç biri 20 km üzeri bir menzile sahip değildi (Tablo 2) [18] (GCRP 1978). Üstelik tabyalar sabit bir hedefken gemiler seyyar hedeflerdi. Dolayısıyla boğaza girmeden önce zırhlılar karşı ateş görmeden ateş edebiliyorlardı. Örnek olarak boğaz tahkimatındaki en kayda değer toplardan biri olan

kahraman Seyit Onbaşı'nın topu 24 cm çapı ve 35 çap namlu uzunluğu ile 11-15 km menzile sahipti. Queen Elisabeth zırhlısının 38 cm'lik topları 869 kg'lık mermiyi 30 km üzeri bir menzile atabiliyordu. Dahası topların atış hızları arasında da bir fark vardı. Boğaz savunmasındaki en modern tabyalar olarak nitelendirilebilecek Hamidiye tabyalarının bir atışına karşılık Queen Elisabeth zırhlısı tüm ana silahlarıyla 6 atış yapabiliyordu [19].

Tablo 2. Çanakkale Savaşı'nda boğazı savunan tabyalar ve silahları (GCRP 1978). Sadece 15 cm ve üzeri çaplı toplar listelenmiştir.

Tabya	Silahlar													
	14 inç (35cm/35)		11 inç (28cm/22)		10.2inç (26cm/22)		9.4inç (24cm/35)		9.4 inç (24cm/22)		8.2 inç (21cm/22)		5.9 inç (15cm/22 , 26 veya 45)	
	Adet	Men- zil (km)	Adet	Men- zil (km)	Adet	Men- zil (km)	Adet	Men- zil (km)	Adet	Men- zil (km)	Adet	Men- zil (km)	Adet	Men zil (km)
Kumkale			2	8	2				2		1		1 26lık	7
Orhaniye							2	14.8						
Ertuğrul							2	14.8						
Seddül- bahir			2	8	2				2					
Dardanos													2 45lik	12
Anadolu Hamidiye	2	16.9					7	14.8						
Rumeli Hamidiye	2	16.9												
Anadolu Mecidiye			2	8	3				3		1			
Rumeli Mecidiye			2	8			4	14.8						
Namazgah					2		2	14.8	5		7			
Değirmen- burnu									6		1			
Çimenlik	1	16.9							1		1			
Nara					1				6					
Yıldız			2				4						6 26lık	

Sahip olunan ateş gücü ve teknolojiadaki bu uçurum boğazı donanma ile geçerek Osmanlı İmparatorluğu'nu savaş dışı bırakma gibi cüretkâr girişimin ana nedeni olarak değerlendirilmiştir. İstanbul'un işgalinde de İstanbul Boğazı'nda demirleyen ve kafamıza dayanmış bir silah gibi duran bu zırhlılara bakarak Mustafa Kemal Paşa "geldikleri gibi giderler demiştir [20]. Dolayısıyla Çanakkale savaşı denen insan-kaynaklı bu afete neden olan tehlike zırhlılar ve muharebe kruvazörleri olarak düşünülebilir. Mehmet Akif esas olarak bu tehlikeyi, orantısız gücünü ve Çanakkale Savaşı'nda savuşturulmasını ima

ederek İstiklal Marşı'nın 4. Kıtasında “Garbın afakını sarmışsa çelik zırhlı duvar; Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var” ifadesini kullanmıştır. Zırhlılarına güvenen Batı büyük kayıplar vererek Çanakkale Savaşı'nda büyük bir yenilgiye uğramıştır [3,11].

4. Sonuçlar

Birinci Dünya Savaşı öncesinde Batıda güç esasen kalın zırhlı ve büyük toplu ana savaş gemilerinin sayı ve nitelikleriyle ölçülüyordu. Osmanlı'da bu türden bir gemi olmadığından Balkan Savaşı'nda Ege'de hakimiyet kaybedilmiş ve Batı donanmasıyla Osmanlı İmparatorluğu'nu kolayca savaş dışı bırakmak üzere Çanakkale Boğazı'na dayanmıştır. Çanakkale Savaşı'nda savaşan tarafların yüz binlerle ifade olunan can kayıpları ve yaralı sayıları Çanakkale Boğazı çevresindeki sivil halkın etkilenmesi ve sosyoekonomik hayatta oluşturduğu tesir Çanakkale Savaşı'nın afetlerin belli başlı özelliklerini genelde taşımakta olduğu şeklinde değerlendirilmiştir. Bu yüzden zırhlılar Çanakkale Savaşı olarak adlandırılan bu afeti oluşumunu tetikleyen tehlike olarak görülmüştür. Ancak, zırhlılar orantısız güçlerine rağmen boğaz savunmasını geçememiş, büyük kayıplarla geri çekilmiştir. İstiklal Marşı'nın 4. Kıtasında yer alan “*Garbın afakını sarmışsa çelik zırhlı duvar; Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var*” ifadesinin genel olarak bu geri planı ima ettiği düşünülmüştür.

Referanslar

- [1] Semiz, Y., “18 Mart 1915 Çanakkale Deniz Savaşı: Sebepleri, Gelişimi ve Sonuçları”, *Selçuk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, 14, sf 221-247, 2003.
- [2] Hayta, N. ve Birbudak T., “Çanakkale Savaşı'nda İtilaf Devletleri'nin sivil hedeflere yönelik saldırıları”, *Yakın Dönem Türkiye Araştırmaları*, 14(27-28), sf. 141-151, 2015.
- [3] Bell J.G., “The Failure of the Allied Naval Dardanelles Campaign Explained”, *Proceedings of the Second International Conference on English and American Studies*, Edited by R. Trusnik and K. Nemčoková, September 7–8, 2010, Tomas Bata University in Zlín, Czech Republic, 2011.
- [5] Aşgın S. “Çanakkale Savaşları'nın arka planı”, *Türk İdare Dergisi*, Sayı 470, sf. 25-42, 2011.
- [6] Smith K. and Petley D.N., *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disasters*, 5th Edition, Routledge, London and New York , 2009.
- [7] Massie, R.K., *Castles of Steel: Britain, Germany, and the Winning of the Great War at Sea*, Ballantine Books, New York, 2003.
- [8] Tunaboşlu, İ., “Çanakkale cephesinde donanma desteği” Cilt:5 Sayı:8, sf. 21-47 ISSN: 2147-5210, 2015.
- [9] Kraska, J., “Fear God and Dread Nough: Naval Arms Control and Counterfactual Diplomacy Before the Great War”, *Georgia Journal of International & Comparative Law (GA. J. INT'L & COMP)*, Vol.34:43, pp 43-100, 2005.
- [10] Özlü, H., “Arşiv belgeleri ışığında Balkan Savaşları'nda Ege Adaları'nın işgali süreci” *Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi*, XII/25 (2012-Güz), sf 9-32, 2012.

- [11] Taşkıran, C., “18 Mart Çanakkale Deniz Savaşı”, *Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi*, Cilt XXV, Sayı 73, sf 25-38, 2009.
- [12] Erickson E.J., “One more push: Forcing the Dardanelles in March 1915”, *The Journal of Strategic Studies*, 24:3, 158-176, DOI: 10.1080/01402390108437849, 2001.
- [13] Odabaşı N. “Yunan zırhlısı Averof’un Osmanlı Donanması ve ekonomisi üzerindeki etkileri”, *U.Ü Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 16 (29), sf 209-229, 2015.
- [14] Meyers, B. “Disaster Study of War”, *Disasters.*, vol 15(4), pp 318-330, 1991.
- [15] Üzen İ. “Bir İngiliz resmi yayınına göre Çanakkale Cephesine ait bazı istatistikî bilgiler”, *Çanakkale Araştırmaları Türk Yıllığı*, Yıl 13, Sayı 18, sf. 507-518, 2015.
- [16] Çelik R. “Çanakkale Savaşları sırasında halkın durumu”, *Çanakkale Araştırmaları Türk Yıllığı*, Yıl 13, Sayı 18, sf. 411-430, 2015.
- [17] Cankut A. ve Şimşek E. “Çanakkale Savaşları’nın Deniz Cephesi”, 100’üncü Yılında Çanakkale Zaferi Sempozyumu T.C. Harp Akademileri Komutanlığı Stratejik Araştırmalar Enstitüsü, Ulusal Sempozyum, Editörler Z. Türkmen ve S. Er, 28-29 Nisan 2015, İstanbul sf. 129-149, ISSN: 978-975-409-717-7, 2015.
- [18] GCRP (The Gallipoli Centenary Research Project), “The Dardanelles (Çanakkale) Front Operations (April-May 1915)”, Macquarie University Turkish General Staff History, The Dardanelles (Çanakkale) Front Operations Volume V, Books 1 and 2, General Staff Publications, Ankara, 1978.
- [19] Patton G.S., “The Defense of Gallipoli, A General Staff Study” General Staff Headquarters Hawaiian Department, Fort Shafter, T.H. 69 sf., 1936.
- [20] Şahin, M., Cumhuriyetin temelini atılması yolunda Atatürk’ün Mondros Mütarekesi sonrası Şişli günleri, *Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı 55, sf. 213-237, 2015

Türkiye'nin Enerji Verimliliği Politikaların İncelenmesi ve ABD, AB Ülkeleri ile Japonya'daki Gelişmelere Genel Bir Bakış

Turkey's Energy Efficiency Policy Analysis and An Overview of Developments in US, EU countries and Japan

Ebru KOLAY KADIOĞLU¹, Durmuş KAYA², Meral ALTINAY³

¹ Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Umutepe Kampüsü, İzmit/KOCAELİ, Türkiye, +90 262 3032282, fax: +90 262 3032203, ebru.kolay@kocaeli.edu.tr

² Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Umutepe Kampüsü, İzmit/KOCAELİ, Türkiye, +90 262 3032282, fax: +90 262 3032203, durmus.kaya@kocaeli.edu.tr

³ Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Umutepe Kampüsü, İzmit/KOCAELİ, Türkiye, +90 262 3032282, fax: +90 262 3032203, meral.altinay@kocaeli.edu.tr

Özet

Büyüyen ve gelişen dünyamızda, teknolojinin sürekli gelişmesi, daha fazla enerji yoğun yaşam standartları ve sürekli artan lüks yaşama talepleri neticesinde enerjiye olan ihtiyaç giderek daha da fazla artış göstermektedir. Bunun içindir ki; başta AB Ülkeleri, ABD, Japonya ve genel anlamda diğer tüm dünya ülkeleri Enerji Politikalarını ve enerji arz/taleplerini yasal mevzuatlara bağlayarak enerjiyi tasarruflu kullanmayı kendilerine amaç edinmişlerdir. Dünyada Enerji verimliliği uygulamaları devam ederken, Türkiye'nin temel ihtiyacı olan birincil derece enerji ihtiyacının neredeyse % 75'ini ithal ediyor olması; ülkemiz ekonomisinin sırtında ağır bir yük oluşturmaktadır. Ülkemizde, elektrik ve ısınma ihtiyacının özellikle doğalgaz kaynaklı karşılanıyor olması ve mevcut enerji potansiyellerinin tam olarak kullanılmaması sonucunda enerji ihtiyacımızın büyük bir kısmını ithal etmekteyiz. Bu da ister istemez bizim, hem ekonomik olarak dışa bağımlı olmamızın asıl nedenini oluşturmakta, hemde enerji arz/güvenlik ve temini hususunda bizi sürdürülebilirlik ilkesinden uzaklaştıran ana etmenleri oluşturmaktadır. Bunun içindir ki; Türkiye'de 02/05/2007 tarihli Resmi gazetede yayımlanan 5627 sayılı, enerji verimliliği kanununun temel amacı; azami düzeyde enerji tasarruf modelleri oluşturarak, atık enerjinin bertarafıdır. Buna ilaveten, geri kazanılabilir ve/veya temiz enerji üretilmesi hususunda öncelikli ulusal hedefimizin, enerjinin bilinçli kullanım ve tüketimini tüm ülke çapında teşvik etmektir. Bu minvalde hazırlanan tüm Verimlilik arttırıcı proje ve çalışmalar neticesinde, ülkemizin enerji yoğunluğunun azaltılıp kümülatifte enerji maliyetinin düşmesi hedeflenmiştir. Ülkemiz için, enerji tüketim yoğunluğu sanayi sektörü için %39-40 civarında olup, bina&konut bazında %30 ve üzeri olduğu bilinmektedir. Bahsekonu bu rakamlarla gerek toplum hayatı olumsuz etkilenmekte, hem de bu fazlaca enerji tüketim oranı doğal dengeyi ziyadesiyle tahrip edip tüm canlı hayatı için ayrıca bir risk oluşturmaktadır. Enerji yoğunluğumuzun güncel araştırmalar neticesinde, OECD ülkelerine nazaran 2 misli, AB ülkelerine nazaran 2.5 misli, Japonya'ya göre 4 misli ve tüm dünya ortalamasına göre takribi 1.5 misli fazla oluşu, genel anlamda üretmek istediğimiz bir birim enerji için diğer ülkelere nazaran misliyle ödeme yaptığımızın göstergesidir. Bu çalışmada ülkemizde enerji verimliliği kanunu çerçevesinde yapılan yasal düzenlemeler ile enerji verimliliğini teşvik edici güncel mevzuatlar ve ilgili teşvik projeleri incelenmiş olup, diğer taraftan AB, ABD ve Japonya gibi ülkelerde gerek endüstriyel anlamda gerek mevzuat olarak getirilen yeniliklere dikkat çekilerek, dünyada ve ülkemizde Enerji Verimliliği hususunda yapılan düzenlemeler anlatılmıştır.

Abstract

In our growing and developing world, as a result of the continuous development of technology, more energy intensive living standards and ever-increasing demands for luxury living, the need for energy is increasing more and more. For this reason; especially EU countries, USA, Japan and all other countries in the world in general, aimed energy saving by linking energy supply / demand to legal legislations. While energy efficiency applications ongoing in the world, as Turkey imports almost 75% of its primary energy need, it creates a heavy burden on the back of our country's economy. In our country, as a result of the fact that electricity and heating needs are met especially from natural gas and the existing energy potentials are not fully utilized, we import a large part of our energy needs. This, inevitably constitutes the main reason for our economic dependence on the outside and also constitutes the main factors that distract us from the principle of sustainability in terms of energy supply and security. For this reason; Turkey published in the Official Gazette No. 5627 dated 02/05/2007, energy efficiency main purpose of the law; is the disposal of waste energy by creating maximum energy saving models. In addition, our priority national goal in producing recoverable and / or clean energy is to promote the conscious use and consumption of energy throughout the country. As a result of all the productivity increasing projects and works prepared in this context, it is aimed to reduce the energy intensity of our country and to decrease the energy cost in cumulative. For our country, the energy consumption intensity is around 39-40% for the industrial sector, and it is known that the building & housing level is 30% and above. With these figures, both the public life is affected negatively and this excess energy consumption rate destroys the natural balance and creates a risk for the whole life. As a result of the current researches of our energy intensity, it is 2 times higher than OECD countries, 2.5 times more than EU countries, 4 times more than Japan and approximately 1.5 times more than the world average, in general, for one unit energy we pay more compared to other countries. In this study, the current regulations that promote energy efficiency and related incentive projects have been examined within the framework of the energy efficiency law in our country and on the other hand, by drawing attention to the innovations introduced in both EU, USA and Japan in terms of industrial efficiency, energy efficiency in the world and in our country.

1. Giriş

Günümüzde toplumların daha müreffeh bir yaşam isteği, enerji yoğun yaşam standartları, teknolojik gelişmeler, bu gelişmelerle orantılı, ürettiğinden daha çok tüketmesi sonucu enerji tasarrufu ve enerjiyi yerinde ve verimli kullanma zorunluluğunu doğurmuştur.

Genel

anlamda Enerji verimliliği ile enerji tasarrufu tanımları birbiriyle eş tanımlı gibi düşünülse

de esasen birbirlerinden farklı olgulardır. Enerji tasarrufu adından da anlaşıldığı gibi alınacak önlemler ve gerekli usüllerle daha az enerjiyle üretilebilecek ürün veya hizmeti hedef alırken, enerji verimliliği ise; kalite veya standartta herhangi bir azalma olmaksızın hizmet ve ürün eldesi için, kullanılan enerjinin daha az tüketilmesi ve enerjinin daha etkin ve yerinde kullanılması anlamına gelmektedir.

Dünyanın çoğu ülkelerinde ve ülkemizde, günümüz koşullarında üzerinde çalıştığımız ortak konu Enerji Verimliliğidir. Öyleki, tasarruf yöntemleri geliştirebilmek ve atık enerjinin geri kazanımı için, enerjinin üretim, iletim ve dağıtım aşamalarına kadar bir çok aşamada düzenlemeler yapılmaktadır.

Enerji verimliliğini arttırabilmek ve sürdürülebilirlik ilkesi adına, en baştan enerji tasarrufu sağlanması ve etkin enerji kullanımı, en önemli enerji temin metotlarının başında gelmektedir. İlk bakışta tasarruf eldesi olan enerji miktarı çok az gibi görülmekte, alınan tedbirlerle rutin ve daimi uygulamalar sonucu kümülatifte ülke ekonomisini hatırı sayılır bir ölçüde rahatlatarak seviyelere çıkmaktadır.

2007 yılına kadar ülkemizde, ABD, Japonya, AB üyesi ülkelerde olduğu gibi yasal bir mevzuatla desteklenen, teşvikli projelerle Enerji verimliliği hususunda çalışmalar yürüten etkin bir Enerji Politikamız tam olarak yoktu. Dolayısıyla politik destek olmadıkça yahut kamuoyunda tam bir bilinçlenme sağlanmadıkça kendi başına yapılan enerji tasarruf yöntemleri ve verimlilik artırıcı projelerin ilerleyebilmesi yada tam olarak başarılı olabilmesi de pek mümkün olamıyordu. İşte bunun için; 18 Nisan 2007 kabul tarih 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu bugüne kadar ülkemizde eksik olan desteğin sağlanması adına çok büyük bir adım olmuştur. 5627 sayılı Kanun'un akabinde kabul edilen güncellemeler ve 13.03.2019 tarihli Ek Karar; ülkemizde bulunan tüm kişi ve kuruluşların Enerji Verimliliği konusunda bil fiil katılımını gerektirir ki, bu da ülke çapında daha etkin ve sürdürülebilir bir Enerji Politikası izleyebilmemiz için elzemdir.

2. Ülkemizde Enerji Verimliliği Kanunu Amaç ve Yöntem

Ülkemizde, Enerji Verimliliği konusu; ilkin 1995 yılı “Sanayide Enerji Verimliliği Yönetmeliği” ile ciddi bir yaklaşımla incelenmeye başlanmış olup devam eden süreçlerde, bunu Binaların Isı Yalıtımı, kayıpların azaltılması, elektrikli ev aletlerinde enerji verimliliği etiketleme ve CO₂ emisyon konusunda tüketicilerin bilinçlendirilmesine dair birçok yönetmelikler takip etmiştir. Günümüzde 5627 sayılı Enerji Verimliliği kanunu ile birlikte, ülkemiz; tüm sektörler için enerji sarfiyatlarının bertarafı, atık ısı geri kazanımını amaçlayan çalışmaları da içine alacak şekilde ülke bazında enerji verimliliği ve tasarruf önlemlerini ulusal hedef olarak benimsemiştir. Böylelikle eğitim, çevre, ulaşım gibi sektörler için, kanunda açıkça belirttiği enerji politikalarının izlenmesini ön koşul kabul etmiş ve enerji verimliliği kavramının ülkemiz için öncelikli anlayış haline getirilmesi planlanmıştır.

2.1. Ülkemizde Enerji Verimliliği Yasal Düzenlemeler ve kaydedilen gelişmeler

Enerji Verimliliğine ilişkin ülke çapında süratle istenilen hedeflere ulaşılması amaçlı özel veya kamu sektörüne ait tüm kurumlarına bir takım yaptırımlarla yükümlülükler getirilmiştir. 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'na dair; toplam inşaat alanı 20.000 m² ve üzeri olan ticaret ve hizmet sektöründe faaliyet gösteren özel sektör binalarıyla, inşaat alanı 20.000 m² enerji tüketimi 500 TEP/yıl olan özel sektöre ait ticaret ve hizmet binalarında 4 yılda bir Enerji Etüdü yapılması zorunlu kılınmış, yapılmadığı takdirde 5627 sayılı kanunda açıkça belirtilen para cezalarına hükmolunacağı belirtilmiştir.

Benzer şekilde; 10.000 m² inşaat alanı veya enerji tüketimi 250 TEP/yıl olan ülke genelindeki tüm kamu binalarında Enerji Yöneticisi görevlendirilmesini ve 10 yılda bir enerji etüdü yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Ayrıca; 05.12.2008 tarih Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile Enerji Kimlik Belgesi (EKB) düzenlenmesi zorunluluğu getirilmiş, devam eden süreçte 28/04/2017 tarihli yönerge ile, her tür alım, satım ve kiralama işlemlerinde Enerji Kimlik Belgesi (EKB) bulunması zorunluluğu 01.01.2020 tarihine kadar uzatılması kararlaştırılmıştır.

2.2. Enerji Etüdü Nedir?

Enerji Etüdü, ürün veya hizmet elde edebilmek adına tüketilen enerjinin etkin ve yerinde kullanılmasını amaçlar. Diğer bir deyişle enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak amaçlı topyekün bir enerji sisteminin (rafineriler, boru hatları, sanayi tesisleri, enerji santralleri vs..) bir bütün olarak ele alınıp, tüketilen nihai toplam enerjide sistematik olarak azaltma/indirgemeyi sağlamak adına alınabilecek tedbirlerin tümüdür. Bir sanayi kuruluşunda verimsiz çalışan kurutma fanlarının daha verimli fanlar ve motorla değiştirilmesi varsa kayıp/kaçakların tespitiyle gereksiz sarfiyatların belirlenmesi, düşük verimli yada verimsiz çalışan ancak fazla enerji sarfiyatına sahip pompaların daha düşük sarfiyatlı ve verimli pompalarla değiştirilmesi gibi işlemler Enerji Etüdü çalışmaları için örnek olarak verilebilir.

Yukarıda örnek olarak tarif edilen, benzeri çalışmalar neticesinde tesisten elde edilen dökümantasyon, enerji analizleri, veri tabloları, hesaplamalar ve ilgili enerji tasarruf yöntemlerini piyasa araştırmaları ile birlikte belirleyip usul ve esaslara göre tebliğ şeklinde Enerji Bakanlığı/Genel Müdürlük tarafından yayınlanmaktadır.

Sanayi ve Binalarda uygulanacak esaslar olarak Genel Müdürlük seviyesinde belirlenen bu Enerji Etüdü çalışmaları, hesaplar, piyasa araştırma ve ölçüm sonuçları; enerjinin tüm sektörlerde tasarruflu kullanımını kontrol etmek, maliyetleri azaltabilmek, operasyonel uygulamalarda etkin ve sürdürülebilir çözümler sunabilmeyi amaçlar.

Sistem ve performans iyileştirmeleri ile birlikte kullanılan ekipmanların güncellenmesi, daha verimli araçlarla daha az enerji tüketimi ve CO₂ salımını azaltmak Enerji Etüdünün en önemli unsurlarını oluşturmaktadır.

2.2.1. Enerji Etüdü Amaç ve Kapsamı

Enerji etüdü genel anlamda bilgi, veri toplama, ölçümler, hesaplamalar ve iyileştirmeleri ifade eder. Bir sistemde;

1. Enerji tasarruf modellerini belirleyebilmek ve raporlamak,
2. Enerji atık-geri kazanımlarını saptamak,

3. Sera gazı emisyonlarını ölçebilmek, buna göre ilgili geri kazanım ve/veya bertarafına ilişkin tedbirleri oluşturabilmek amacıyla yapılır. Gerçekleştirilen enerji etütleri sonrası, yıllık olarak değerlendirilecek etüt profilleri arasında,

- Enerji Girdiler
 - Atıklar
 - Kayıp-Kaçak
 - Verimsizliğin tespiti
 - İsrafin bertarafı
 - Emisyon
- sayılabilir.

2.2.2. Binalarda Enerji Etüdü ve Uygulamaları

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı konutlarda %46 ve ticaret ve hizmet binalarında %30 enerji tasarrufu potansiyeli olduğunu beyan etmektedir [6]. Buna göre, uzman personellerle gerekli değerlendirmelerin sonucu ilgili kurumların enerji verimliliği ve tasarruf yöntemleri saptanabilmektedir.

Tablo 1. Enerji Yöneticisi Görevlendirilmesi ve Enerji Yönetim Birimi Kurulması ve Bilgi Verme Zorunluluğu [2]

Endüstriyel İşletmeler	≥ 1.000 TEP- Enerji Yöneticisi
	≥ 50.000 TEP- Enerji Yönetim Birimi
Elektrik Üretim Tesisleri	Kurulu Gücü ≥ 100 MW- Enerji Yöneticisi
Organize Sanayi Bölgeleri	Faal Endüstriyel İşletme Sayısı ≥ 50 - Enerji Yönetim Birimi
Kamu Binaları	≥ 10.000 m ² veya ≥ 250 TEP- Enerji Yöneticisi
Ticari ve Hizmet Binaları	≥ 20.000 m ² veya ≥ 500 TEP- Enerji Yöneticisi

Enerji yöneticiliği, etüt raporunda belirtilen veya yeni ölçüm ve inceleme çalışmaları ile belirlenen tasarrufa ilişkin hususların hayata geçirilmesine ilişkin aylık raporlar düzenleyerek bu şekilde işlemlerini yürütür [6].

Tablo 1’de Enerji Yöneticisi Görevlendirilmesi ve Enerji Yönetim Birimi Kurulması ve Bilgi Verme Zorunluluğuna ilişkin veriler görülmektedir [2].

Endüstriyel İşletmeler, Enerji Santralleri, Elektrik Üretim Tesisleri, Kamu Binaları ve ilgili

tüm kurumlar için “her yıl Mart ayı sonuna kadar Enver portal üzerinden Enerji Tüketim verilerinin bildirilmesi esastır.

2.2.3. Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği Etüdü

Türkiye, nüfusu ve gelişen teknolojisi ile enerji tüketimi sürekli artan bir ülkedir. Bunun içindir ki üretilen enerjinin %30 kadarını sanayi ve endüstriyel anlamda kullanmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı sanayide %20 enerji tasarrufu potansiyeli olduğunu beyan etmektedir [6]. Öyleyse, Endüstriyel anlamda enerji tasarrufu potansiyelleri belirleyerek, atık ısılardan ve atık enerjilerden yenilenebilir ve temiz enerji uygulamalarını daha yoğun kullanarak, enerji arzın/talebin bilinçli yönetimi sayesinde daha az enerji ile çok daha verimli ve sürdürülebilir enerji temini söz konusu olabilecektir. Bunun için ülkemizde 5627 sayılı Kanun teşvik kapsamında çeşitli enerji verimlilik artırıcı projeler çalışılmaktadır.

Alanında uzman olan ekiplerle hazırlanan Verimlilik Artırıcı Projeler (VAP) ile genel olarak belirlenen oranların üzerinde çoğu kez %30'lara varılan oranlarda enerji tasarrufları elde edilmektedir.

2.3. Enerji Yoğunluğu ve SET Değerleri Tanım

Türkiye tükettiği enerjinin hali hazırda %75 kadarını ithal etmesi sebebiyle, enerji yoğun bir ülkedir. Bu durum fosil yakıtların kısıtlı seviyelerde oluşu, kaynakların bilinçle tüketilememesi, tükettiğinden çok daha az enerji ürettiği gibi sebeplerle birleştiğinde enerji tasarrufunun önemi ve gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Buna göre Enerji Yoğunluğu ve SET değerlerinin arasındaki ilişkiyi şöyle tanımlayabiliriz:

Enerji Yoğunluğu: Bir birim Ekonomik Değer (Gayrisafi Yurt içi Hasıla veya Katma Değer) üretebilmek için Tüketilen Enerji Miktarı (E/GSYİH) [2].

E= milyon TEP Birincil Enerji Tüketimi [2].

GSYİH= Gayrisafi Milli Hasıla (1 milyon Türk Lirası veya 1000 ABD \$ veya €) [2].

Spesifik Enerji Tüketimi (SET): Yıllık Tüketilen Enerji Miktarı toplamının, Üretime Bölümüdür [2].

Enerji tasarrufu, kullanılan enerji miktarının değil ürün başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Enerjinin gereksiz kullanım sahalarını belirlemek ve israfı asgari düzeye indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için alınan önlemleri içerir. Bu şekilde, üretici aynı miktardaki mal veya hizmetleri daha az enerji veya aynı miktar enerji ile daha çok mal ve hizmet üreterek, ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünü arttırabilir [1]. Bu da ülke olarak sürdürülebilirliğin artması ve aynı oranda enerji yoğunluğunun düşürülmesi yani bir birim enerji başına tüketilen enerjinin azalması anlamına gelmektedir.

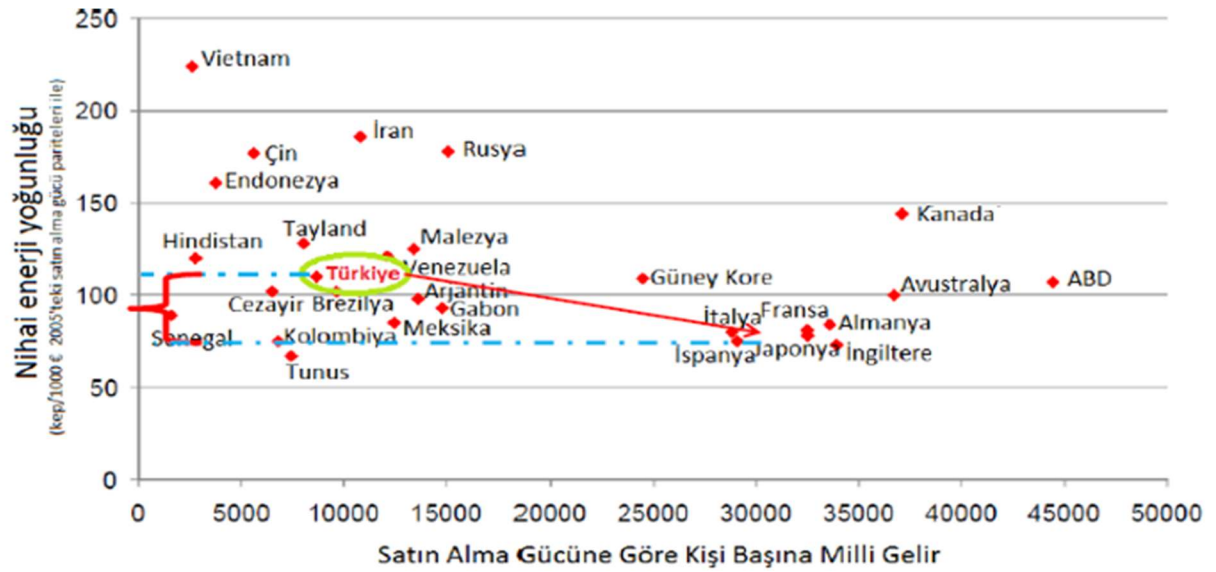
Ülkemizde Verimlilik Arttırıcı projeler (VAP) ve sanayi de enerji tasarruf potansiyellerinin arttırılması sonucu enerji yoğunluğunun düşürülmesi ana hedefdir.

2.3.1. Enerji Yoğunluğu ve Verimlilik göstergesi Bulguları

Türkiye, enerji yoğunluğu açısından, ABD, AB üye ülkeleri ve Japonya gibi gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında ‘enerji yoğun’ bir ülke olarak tanımlanabilir.

2009 yılı Birincil Enerji Yoğunluğu: TEP/1000 dolar Gayrisafi Yurtiçi Hasıla OECD ortalaması 0,18 iken, Türkiye için bu değer 0,27’dir. Mukayesenin GSYH Satın Alma Gücü Paritesi (SAGP) bazı ile nihai enerji tüketim rakamları arasında yapılması gerekmektedir. Tablo 2’de Satın alma gücü Paritesine (€ bazında) göre Nihai Enerji Tüketim Yoğunluğu Kıyaslaması görülmektedir. Buna göre 2008 yılı için Türkiye nihai enerji yoğunluğu, kişi başı milli geliri üç misli olan gelişmiş ülkelere, SAGP kıyaslaması ile hala % 30 daha yüksektir [2].

Tablo 2. (€ bazında) Nihai Enerji Tüketim Yoğunluğu



2.3.2. Ülkemizde Enerji Verimliliği Destekleri

Ülkemizde Enerji Verimliliği üzerine yapılan son çalışmalar ve kanun çerçevesince, hem elde edilecek temiz enerji (atık enerjiden geri dönüşüm) ve enerji tasarrufu ile sırtında ağır bir yük gibi taşıdığı dışa bağımlı enerji arzını daha iyi yönetebilir konuma gelecek hem de ülke ekonomisi refaha kavuşabilecektir. Bunun için 5627 sayılı yasada getirilen düzenlemeler ana maddeler halinde aşağıdaki gibidir.

ETKB-YEGM tarafından Sanayi Kuruluşlarına sağlanan geri ödemesiz devlet desteği ile Verimlilik Arttırıcı Projelerin Desteklenmesi (18/04/2007 tarihli EVK Madde 8-1-a: Endüstriyel İşletmelerin küçük ve orta ölçekli verimlilik arttırıcı projeleri), Gönüllü

anlaşmalar (18/04/2007 tarihli EVK: Madde 8-1-b: Enerji yoğunluğunu azaltan endüstriyel işletmeler), KOBİ'ler için KOSGEB destekleri (18/04/2007 tarihli EVK: Madde 9-1-b: KOBİ'ler için eğitim, etüt ve danışmanlık hizmetleri), Eğitim, Etüt Danışmanlık ve KOSGEB'in diğer destekleri olarak sayılabilir [2].

2.3.3. Enerji Verimliliği Arttırıcı Projelerin Desteklenmesi (VAP) ve Bulgular

Endüstriyel ve sanayi işletmelerde enerji atıklarının minimum düzeye indirilmesi/bertarafı, kayıp/kaçakların önlenmesi ve verimsizliklerin düzeltilmesi için gerekli önlemlerin uygulanması 18/04/2007 kabul tarih 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununda detaylandırılmıştır. Kanuna göre; işletmelerin kendi elektrik, ısınma vs.. gibi birincil enerji ihtiyacını sağlayabilmesi için işletmelerinden en fazla 10 km mesafede çevrim verimi yüzde seksen ve üzerinde başarılı çalışan kojen veya mikrokojen tesislerini kurabileceği desteklenmiştir. Buna göre projesinde belirlenmiş yatırım bedeli en fazla 5 milyon TL olan yatırımlar EVVK Onayı ve YEGM ile sözleşme sonrasında toplam uygulama bedeli üzerinden % 30 oranda desteklenmekte olup, geri ödeme süresi kısa ve elektrik tasarrufu sağlayan projelere öncelik verilmiştir. Aynı zamanda iki yılı aşan uygulamalar ve projesinden farklı yapılan uygulamalar Kanunda açıkça desteklenmeyeceği belirtilmiş olup enerji tasarrufu ve verimlilik arttırıcı yöntemlere öncelik tanınmıştır.

2.3.4. Türkiye'de 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanuna göre Yatırım Teşvik Sistemi Uygulaması ve Devlet Yardımı

2012 yılında yapılan son güncellemeler ile, Verimlilik arttırıcı yatırımlar için Devlet tarafından verilen teşvikler 5 ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Bölgesel Teşvikler (SEGE Bölgesel sıralamasına göre)
2. Öncelikli Yatırım Alanlarına verilen Teşvikler (Madencilik, Demiryolu, Denizyolu, Savunma Sanayii vs..)
3. Stratejik Yatırımlar (Yatırım Miktarı 50 Milyon TL'den fazla,
4. Büyük Ölçekli Yatırımlar,
5. Genel Teşvik Uygulamaları (yukarıda bahsi geçen 4 yatırım teşviki kapsamına girmediği halde belirli asgari yatırım koşullarını sağlaması durumunda uygulanır).

2.3.5. Bölgesel Teşvikler

Türkiye'de uygulanan yatırım teşvik proje ve uygulamaları şehirlerin sosyo ekonomik düzey durumları doğrultusunda sıralanmış ve bu sıralamada 6 farklı bölge oluşturulmuştur. Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan 6 farklı bölge ayrımı ve bu bölgelere göre illerin düzey durumları SEGE-2011 raporunda detaylı belirtilmiştir.

Türkiye'de Yatırım projelerine uygulanan teşvik araçları Şekil 1'de verilmiş olup, 9 adet teşvik aracı kullanıldığı görülmektedir. Bu araçlar incelendiğinde; 5 tanesi (KDV istisnası,

gümrük vergisi muafiyeti, vergi indirimi, KDV iadesi, gelir vergisi stopajı) vergisel teşviklerden, 2 tanesi (sigorta primi işveren hissesi desteği ve sigorta primi işçi hissesi desteği) sosyal güvenlik desteklerinden, 1 tanesi (faiz desteği) mali desteklerden, 1 tanesi ise (yatırım yeri tahsisi) fiziki desteklerden oluşmaktadır [5].

Söz konusu kararın ekinde bölgesel desteklerden faydalanabilecek sektör ve bölgeler itibarıyla asgari yatırım tutarları ve kapasiteleri belirtilmiş ve bu limitleri aşan yatırımların bölgesel teşvik uygulamalarından yararlanabileceği hükmü getirilmiştir [4]. Bu teşvik kapsamında yatırımlar bölgesine ve yatırım miktarına göre çeşitli oran ve meblağlarda KDV istisnası, gümrük vergi muafiyeti, vergi indirimi, sigorta primi işveren hissesi desteği, faiz desteği (3.,4.,5. ve 6. bölgeler), yatırım yeri tahsisi, sigorta primi desteği (6.bölgede), gelir vergisi stopajı desteği (6.bölgeden) yararlanabilecektir. [4], [5].



Şekil 1. Türkiye’de Yatırım Teşvik Sistemi Araçları [5]

3. Dünya’da Enerji Verimliliği ve Uygulamalarına Genel Bakış

Çoğu sanayileşmiş AB ülkeleri ve Japonya enerji fiyatlarındaki belirsizlik ve artışlar nedeniyle alternatif enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Özellikle nükleer, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji tasarrufu & verimliliği üzerine yoğun çalışmalar sürdürmektedirler. Geliştirdikleri yeni enerji kaynakları ve enerji verimliliği proje ve uygulamalarındaki gelişmelerle bugün hatırı sayılır bir başarı elde etmişlerdir.

Giderek gelişen enerji verimliliği uygulamaları ile 2008-2035 döneminde petroldeki hızlı talep artışının bir miktar düşerek toplam enerji tüketimi içinde 2008’de %34 olan payının 2035’de %29’a ineceği, yenilenebilir enerjinin ise hızlı bir artış göstererek 2008’de %10 olan payının 2035’de %14’ün üzerine çıkacağını öngörmektedirler [7].

Günümüzde Enerji ve verimlilik araştırmalarına AB üye ülkelerin, Japonya ve ABD gibi ülkelerin büyük yatırımlar yapmakta ve standartların geliştirilmesinde öncü rol oynadıkları bilinmektedir. Oluşturulan standartlar doğrultusunda hazırlanan direktiflerin rekabet ortamı oluşturup, ayrıca enerji tasarrufu sağlayacak olması kuşkusuz bir gerçektir. Bu durum aynı zamanda rekabetçi ve yenilikçi bir ortam hazırlayıp, pazarın canlı tutulmasını da sağlayacak, öngörülen AR&GE faaliyetleri ve enerji verimliliği uygulamaları sayesinde sürdürülebilir bir enerji tasarrufu ve ülkelerin kalkınması sağlanacaktır.

3.1. Japonya'da Enerji Verimliliği

Japonya enerji verimliliği ve tasarrufuna ilişkin; kendini sürekli geliştiren bir ülke olarak enerji yoğunluğunu asgari seviyelere indirmeyi başarabilmiş ülkelerin başında gelmektedir. Japonya'da 1999 yılında Top Runner Programı yenilenmiş, bu program esas alınarak piyasada en çok satılan ürünler içinde en yüksek enerji verimliliğine sahip ürünlerin esas alınıp hedefin belirlenmesi ve OECD ülkelerinde kullanılan yüksek enerji tüketen el aletleri, klimalar, buzdolapları gibi gereçlerde enerji tasarrufuna dikkat çekmek için etiketleme yöntemini kullanmıştır. Bu etiketleme sayesinde hangi araçlarda ne kadar enerji tasarrufu veya fazlalığı olduğunu gösteren bir politika izlemeyi zorunlu kılmıştır. Buna göre etiketlerde belirtilen enerji tasarrufuna uygun, piyasadaki mümkün olan en verimli cihaz hedef alınması 1999 yılındaki yenilenen bu kanun ile yaptırımını sağlanmıştır.

Japonya'da enerji verimliliğine yönelik yapılan satın almalarda %7 kadar payın vergiden düşülmesi, Devlet bankalarının, enerji kuruluşlarına, sanayi kuruluşlarına, kojenerasyon tesislerine verimliliğe katkısı oranında 1-30 yıl arasında değişen ödeme süreleriyle düşük faizli krediler sağlaması ile Enerji Verimliliğini teşvik edici ülkelerin başında gelmektedir.

Enerji verimliliğinin ülke genelinde ana hedef olarak alındığı Japonya'da 2010 yılı enerji tasarrufuna yönelik yapılan çalışmalarda, enerji verimliliği ekipmanlarının alımı için finansal destek, enerji tasarruflu ürünlerde etiketleme uygulamasının ulaştırmadan ısıtıcılara, sıcak su sistemlerinden araç bilgi ve iletişim sistemleri gibi çok yoğun ve gündelik hayatta toplumu bilinçlendirici ve teşvik edici türde kullanılması esas alınmıştır.

3.2. ABD'de Enerji Verimliliği

ABD, enerji verimliliği konusuna dünya çapında öncülük eden yaklaşımları ile sürekli ağırlık vermiş ve etkin uygulamaları sayesinde enerji verimliliği hususunda ciddi kazanımlar elde etmiştir. 1970'li yıllardan bugüne kadar gerçekleştirmiş olduğu çalışmalar sayesinde ülke çapındaki enerji yoğunluğunu %50 oranında düşürmeyi başarmış ve bunun neticesinde enerji verimliliğindeki artışı ile ülke ekonomisine sürdürülebilir bir kalkınma, yoğun katkılar sağlamaktadır. Bu gelişmeleri 1970'li yıllardan beri gerek kongreler ve gerekse federal kuruluşlarda geliştirmiş olduğu enerji verimliliğini yükseltmeye esas yaptığı çeşitli programlar ile sağlamaktadır.

ABD'nin 1990-2009 yılları arasında, ölçülen enerji yoğunluğu azaltımını %1,7 oranından, 2000-2009 yılları arasında daha sürdürülebilir ve etkin enerji verimliliği çalışmaları sayesinde %2,2'lere çektiği kaydedilmiştir. Bu da 2007 yılından itibaren yıllık kişi başı enerji tüketim değerindeki artışın durdurulup, azaltılması neticesinde bize enerji yoğunluğu göstergelerinin de doğru orantılı olarak düşebildiği sonucuna varmamızı sağlamaktadır. Tüm bunlara ilaveten ABD hükümetinin enerji verimliliğini teşvik edici yönde gerçekleştirdiği vergi düzenlemeleri, ev içi enerji tüketim vergisi hususunda yeniden yapılandırma yasaları yine enerjinin etkin ve verimli kullanılması ve toplumsal bilincin oluşturulmasında ABD'nin izlediği başlıca enerji verimliliği politikalarını oluşturmaktadır.

Sacramento Business Journal, 'PUC approves \$3.1 B for Energy- Efficiency Programs' raporuna göre 1973-2005 yılları arasında ABD'de kaydedilen enerji verimliliği kazanımlarından bazıları aşağıdaki gibidir.

1. Enerji verimliliği, enerji arz güvenliğini arttırmaktadır.
2. Federal Hükümet binalarında enerji verimliliğinde 1985-2000 yılları arasında % 20 artış sağlanmıştır [3].
3. Enerji verimliliği en büyük ve yerli enerji kaynağı olmuştur.
4. Binalarda uygulanan yalıtım sonucu, yılda 4 milyar varil petrole eşdeğerde 250 milyar \$ tasarruf ve çevreye 1340 milyon ton daha az CO₂ salımı sağlanmıştır [3].

Devam eden süreçte ABD'nin yeni enerji politikaları getirmesiyle, ABD'de bulunan enerji firmalarının yeni yatırımlar yerine yeni enerji yatırımları yapmalarını özendirici tedbirler alınmış olup, etkin enerji verimliliği projeleri için ülke genelinde birçok teşvik paketleri uygulanmıştır.

ABD'nin güncel olarak yürüttüğü projelere ilişkin, Sera gazı salımının düşürülmesi, kendi enerjisini kendi karşılayan sıfır enerjili konut ve hizmet binaları, ticari binalar ve uygulamalar için Devlet bütçesinden düzenli olarak yıllık fonlar ayrılması, yüksek enerji verimli kamusal binaların ABD Devlet uhdesinde ayrılan bütçeden karşılanarak, bu binaların artırılması gibi örnekler verilebilir.

3.3. AB'de Enerji Verimliliği

AB üye ülkeleri en son, 2012 tarihinde enerji verimliliği hususunda, tüm AB ülkelerinde 2020 yılına kadar sera gazı salımını %20 oranında düşürmeyi, yenilenebilir enerji kaynaklarında ise %20 oranında artış sağlamayı hedeflediği, bir yönerge/direktif hazırlamıştır. AB Enerji Verimliliği adı ile anılan bu direktif tüm AB ülkelerinde bir dizi tedbirler doğrultusunda uygulamaya geçilmiştir. 4 Aralık 2012 yılında tüm AB ülkelerinde yürürlüğe giren bu direktif doğrultusunda; yeni açılan tesislerde ve mevcutlarda, özellikle kojenerasyon kullanımı konusunda firmalara atık ısı geri kazanım yükümlülüğü getirmiştir.

Enerji etütlerinin geliştirilmesi ve etkin halde kullanımı için teşvikler uygulanmakta olup, EPC (Energy Performance Contract) uygulamalarıyla tesislerde güncelleştirmelerin yapılması yoluyla enerji tasarrufu sağlamayı özendirici teşvik programları, kamu sektöründe yapılan satın almalarda enerji etkin kullanımlı ürün ve hizmetlerin aranması koşulları getirilmiştir. Tüm bu konular çerçevesinde hazırlanan yönerge ile 2020 yılına kadar AB-28 ülkelerinin enerji verimliliği uygulamalarına ivme kazandırmak ve üretimden tüketime, sanayinin her alanında enerjinin verimliliği esas alınarak enerji tasarruf programları tesis edilmesi esas alınmıştır. Ayrıca üretici/tüketicilere hukuki yönüyle de yaptırımlar uygulanarak 2020 için hedeflenen enerji verimliliği göstergelerine ulaşmak adına azami gayret gösterilmektedir.

4. Sonuçlar

Günümüzde enerji verimliliği, birçok ülkenin enerji politikalarında; enerjinin etkin ve verimli kullanımını toplumsal olarak desteklediği sosyal bir zorunluluk haline gelmiştir. Özellikle büyük küçük her ülke kendi yasal mevzuatları ve getirdiği güncellemeler ile yenilenebilir, temiz enerji sistemine geçişte, CO₂ salımının azaltılması hususlarında ülke genelinde hedefler, stratejik politikalar ortaya koymaktadırlar. Özellikle, ABD, AB Ülkeleri ve Japonya listenin en başlarında yer almakta ve genel anlamda diğer birçok ülkede de enerji verimliliği ve uygulamaları, tasarrufa yönelik çalışmalar artarak devam etmektedir. Sürekli gelişmekte olan ve hızla büyüyen Türkiye ise yıldan yıla daha fazla enerji gereksinimi ve artışı ile ekonomik alanda enerji yoğun ülkeler arasında gelmektedir. Son yapılan güncellemeler ve yasal mevzuatlar dahilinde bile diğer birçok ülke ile kıyasla ülke çapında göstermiş olduğumuz enerji verimliliği gelişmeleri hala, enerji yoğun bir ülke olduğumuzu göstermektedir. Enerji verimliliği konusunda adından sıkça söz ettiren ABD, Japonya, AB ülkelerine bakıldığında gerek devlet yaptırımları ve getirdiği yükümlülükler, gerek zorlayıcı bina uygulamaları, vergi indirimleri ve teşvikler gerekse devlet öncülüğündeki mali destekleri ile enerji verimliliği uygulamalarında başarılı olabildiklerini ispatlamışlardır.

Ülkemizde 2007 yılında çıkarılan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununun tam olarak yaygın bir şekilde kullanılmıyor olması ve de yasal düzenlemelerin ve teşvik paketinden esasen tam olarak kamuoyunda farkındalık oluşmamasından kaynaklı hala istenen değerlerde enerji tasarrufu sağlayamıyor olduğumuzun bir göstergesidir. Ancak 5627 sayılı Kanunda detaylı açıklanan teşvik programlarının daha etkin kullanılması ve aslında tüketilen enerjinin büyük bölümünün başta sanayi alanında olduğuna dikkat çekilerek, tasarruf potansiyellerinin geliştirilmesiyle ülkemiz hem ekonomik anlamda refaha ulaşacak hem de enerji verimliliğinde süratle yol katetmeye başlayacaktır.

Enerji verimliliği ve enerji tasarrufunun birbirleriyle ilintili olduğundan dikkatle; aslında enerji verimliliğinin toplumsal bir fayda ve bir sorumluluk projesi olarak algılanıp, bu ehemmiyetle ülke genelinde üreticisinden, tüketicisine, sanayiden, konutlardaki enerji tüketicilerine kadar herkesin üstüne düşen görevi yapmak zorunda olduğu kanaatiyle toplumsal bir bilinçlendirme ve farkındalık yaratılması ön koşulu ile CO₂ salımını azaltma konusunda daha çok verimli proje uygulamaları, sıfır enerjili, yahut çevre dostu bina ve konutların çoğaltılması, fosil yakıt tüketimini en aza indirmek, gereksiz enerji sarfiyatları hususunda ülke olarak toplumsal bilincin yaratılması gibi tedbirler alınarak, ülkemizin enerji verimliliğinde hakettiği değeri bulmasına ve dünya çapında en ön saflarda yerini alması için ulusal olarak toplumsal bir farkındalık yaratmalıyız.

Kaynaklar

- [1] Kaya D., Güngör C.,2002 “Sanayide Enerji Tasarrufu Potansiyeli-II.” Mühendis ve Makine Dergisi 515, 2002.
- [2] www.kobienver.com/, 2019
- [3] www.emo.org.tr, TMMOB-EMO. Enerji Verimliliği Raporu ,2012.
- [4] “Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar (*)”, 31.07.2019 tarihinde, <https://dengemusavirlik.com/2012-tesvik-paketi-resmi-gazetede-yayinlandi.htm> siteden alınmıştır.
- [5] Adnan Menderes University, Journal of Inst. of. Social Sciences, Vol:4, No:4 pp.189-202, 2017.
- [6] <https://.szutest.com.tr/turkiyede-enerji-verimliliği/> ,2019
- [7] (WEC) DEK-TMK. (2014). 2013 Enerji Raporu,
(WEC) DEK-TMK. (2013). İl İl Enerji Verimliliği- (Enerji Verimliliği Mevzuatı)

Investigating the City of Safranbolu World Heritage Site with its Natural Threats

Aynur Uluç¹, Meltem Şenol Balaban²

¹*Research Assistant, (METU, Faculty of Architecture, City and Regional Planning
uluc.aynur@gmail.com)*

²*Assistant Professor, (METU, Faculty of Architecture, City and Regional Planning
mbalaban@metu.edu.tr)*

Many cultural heritage sites in Turkey have experienced various disasters because it is a region with physical settings that contain various natural hazards. The city of Safranbolu which is one of the World Heritage Site (hereafter WHS) in Turkey is a special urban site that reflects authentic Ottoman urban fabric and its components from past to present. The city of Safranbolu has entered the World Heritage List in 1994 with three areas; namely, Çukur, Kıranköy and Bağlar. However, these areas are exposed to significant hazards such as earthquakes, landslides, rock falls and fire, which threaten the sustainability of this significantly valuable site of Turkey.

In this sense, the aim of this study is to reveal the natural threats faced by the city of Safranbolu WHS. In this context, in the first part of the study, periodical reports prepared by UNESCO about the area were examined and evaluated in terms of identification of these hazards and policies towards them. In the second part, the events happened in the area and its immediate surroundings are examined. Accordingly, past earthquakes and fires incidents happened in and around WHS were investigated. In the last part of the study, the existing threats and the measures against these hazards were evaluated according to the major principles highlighted in international frameworks. Finally, several suggestions considering possible measures that would be implemented for the preparedness of the City of Safranbolu will be shared for discussion.

Key Words: natural threats, Safranbolu, World Heritage Site

1. Introduction

Disaster risk management process for heritage places have been discussed in different document (Feilden, 1987; Stovel 1998; UNESCO et al, 2010). The current one is Managing Disaster Risks for World Heritage that was published by UNESCO, ICCROM, ICOMOS, IUCN in 2010. In this document, the importance of Disaster Risk Management (DRM), components of DRM, the process including identification and assessment of disaster risks, prevention and mitigation of risks, preparation and response to emergencies, recovery and rehabilitation of property after disaster, implementation and reassessment of DRM were discussed. It should be noted that it was prepared for cultural and natural heritage places. However; heritage places who have distinctive character could need to be analyzed in different scale. This manual provided a general framework for DRM in heritage places.

In this sense, the aim of this study to identify natural threats faced by City of Safranbolu World Heritage Site. Inventories about past events happened in and close surrounding of City of Safranbolu were analyzed. In addition, Geographical Information System (GIS) was used to superpose different spatial data.

2. Preliminary Results

In this part, major threats that Safranbolu WHS face and the results of preliminary surveys for Safranbolu WHS are discussed. According to Periodic Reports of UNESCO, 2014 (Cycle 2 Section II) several factors such as air pollution, solid waste nearby the site; socio-cultural uses of heritage including society's valuing of heritage, changes in traditional ways of life and knowledge system, identity, social cohesion, changes in local population and community were mentioned as major threats affecting the property (Table 1). In addition, in this report, it was stated that there was no risk preparedness for Safranbolu World Heritage Site where administration, enforcement (custodians, police) and community outreach were also rated as poor in condition. Besides, visitor management as the training opportunities for management of World Heritage property was rated as low (UNESCO, 2014).

Based on the preliminary survey¹ using the spatial data taken from Disaster and Emergency Management Authority (hereafter AFAD), inventory of past incidences was superposed with geographic coordinates of the site in Geographical Information System (hereafter GIS²). One analysis shows that rock falls, floods and landslide events that happened between the years 1950 and 2008 within 10 km boundary of the city of Safranbolu (Figure 1).

¹ Scientific Research Project called "Türkiye'deki UNESCO Dünya Miras Alanlarının Maruz Kaldığı Doğal ve İnsan Kaynaklı Tehlikelerin Mekansallaştırılması/*Spatialization of natural and man-made hazards that UNESCO World Heritage Sites in Turkey are exposed to* – Project Code: YÖP-202-2018-2853"

² The software in use is ArcGIS 10.0.

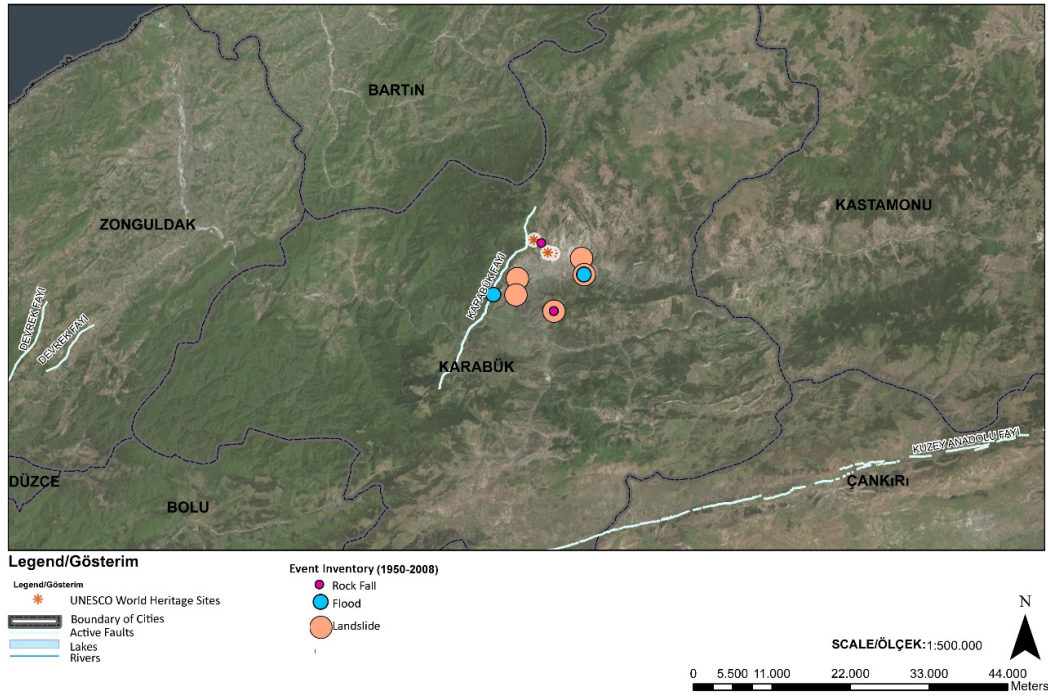


Figure 1 Past events happened 10 km boundary of the city of Safranbolu UNESCO World Heritage Site (prepared by Şenol-Balaban and Uluç in 2019 with respect to data taken from AFAD)

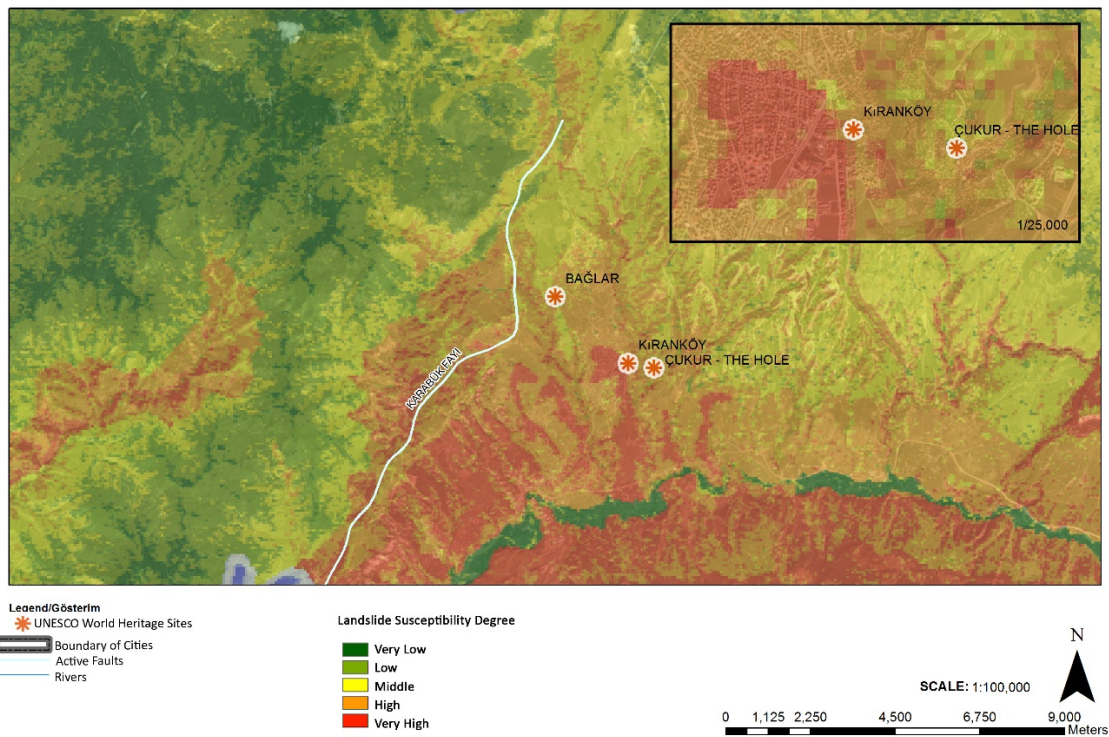


Figure 2 Landslide Susceptibility Map of City of Safranbolu UNESCO World Heritage Site (prepared by Şenol-Balaban and Uluç in 2019 with respect to data taken from AFAD)

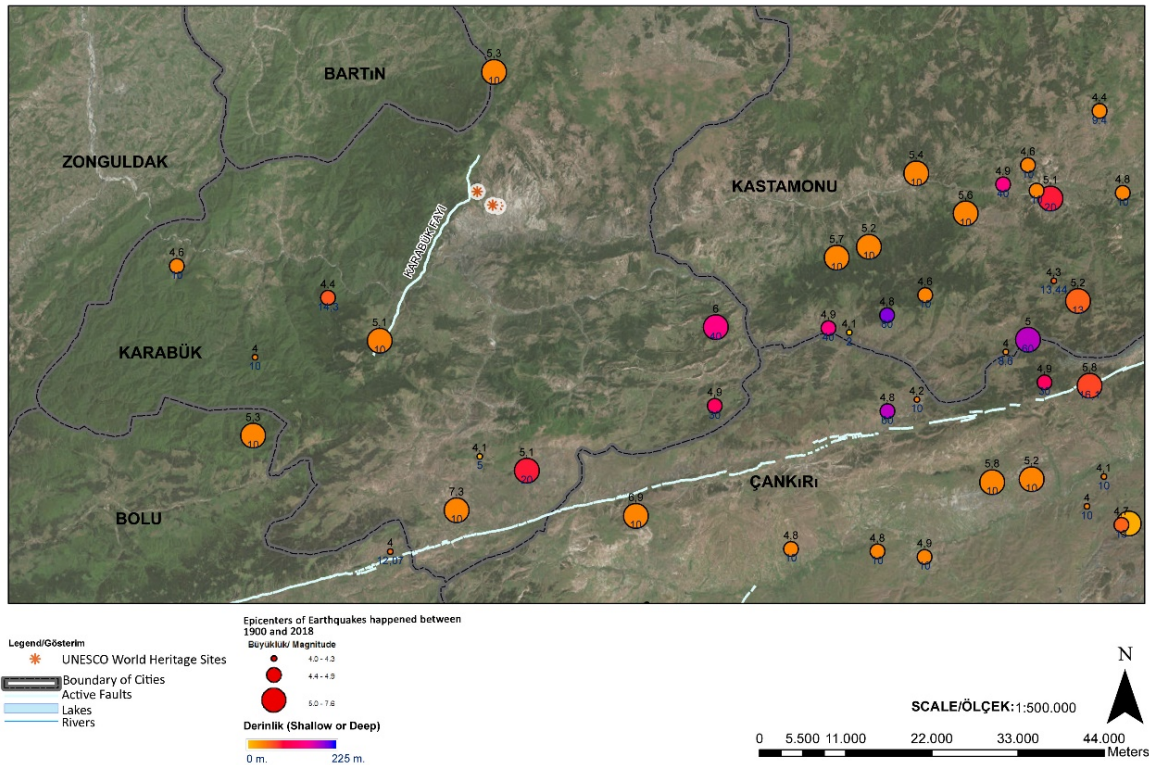


Figure 3 Past earthquakes happened close to City of Safranbolu UNESCO World Heritage Site (prepared by Şenol-Balaban and Uluç in 2019 with respect to data taken from AFAD)

Second analysis uses landslide susceptibility maps that were prepared by AFAD. Correspondingly, landslide susceptibility map and City of Safranbolu were superposed in GIS program. As a result, three parts of this heritage sites are found that they are located at high degree landslide susceptibility grounds (Figure 2). Furthermore, superposing coordinates of City of Safranbolu and past earthquakes data taken from AFAD in GIS also shows that there are different earthquakes with different magnitudes and depths (Figure 3). Since the location of those sites is in closer vicinity to Karabük Active Fault Line and on the 1st degree earthquake zone there might be any seismic activity in the future as seen in the past. Hence, earthquake risk has to be considered as well.

Preliminary topics for Vulnerability Assessment

It can be said that the city of Safranbolu having its valuable assets is a vulnerable site; in fact, the existence of wooden houses and their poor maintenance are the factors that increase its vulnerability. It should be noted that there is no disaster risk management plan currently dealing with natural and man-made threats.

Periodic Report of 2014 for the city of Safranbolu, published by World Heritage Center, also mentions about the inadequacy of management plan and no buffer zone for protection are other factors that could increase its vulnerability to different threats (Table 1).

Table 1 Analysis of periodic report (2014) according to risk management

Factors affecting property (Periodic Reporting/2014)	Management Plan	RM in Management Plan	Category	Risk Preparedness (availability of professionals) / 2014 periodic reporting	Risk Preparedness (availability of opportunities) / 2014 periodic reporting
3.4.4. Air pollution 3.4.5. solid waste 3.8.2. society's valuing of heritage 3.8.4. changes in traditional ways of life and knowledge system 3.8.5. Identity, social cohesion, changes in local population and community	Management system/plan is inadequate. (Periodic report, 2014)	Not accessible	Cultural	Non-existent	Not available

Abovementioned analyses have shown that there are various natural hazards that the city of Safranbolu exposed to. The existence of natural incidences as earthquakes, landslides, floods and rock falls make “Disaster Risk Assessment and Management Plan” compulsory and immediate. As reported by Periodic Report prepared in 2014, risk preparedness according to availability of professionals was stated as *non-existent* while risk preparedness according to availability of opportunities was defined as *not available*. In addition, based on online survey preliminary results, filled by local institutions of Karabük that is conducted within the Scientific Research Project³, there is still **no disaster risk management plan** for City of Safranbolu (Online Survey, 2018). Both of them emphasize the need for Disaster Management Plan for this unique and vulnerable site. On the other hand, some other analyses should be made specifically for Çarşı, Kıranköy and Bağlar Region in detail in different scales. If necessary precautions and actions are not applied, loss of traditional pattern, buildings, economic activities and social life will be inevitable.

3. Conclusion

In conclusion, the preliminary studies have shown that various hazards including earthquakes, rockfalls, fires happened in the close vicinity of City of Safranbolu WHS. Many earthquakes with different magnitudes and depths have happened in the past. In addition, according to periodic reports, risk preparedness for WHS still does not exist. There is no management plan prepared for the site. Therefore, management plan and risk management in this plan should be prepared for WHS to sustain the site and to prevent and mitigate various threats where the site is exposed to.

4. References

Feilden, B. S. (1987). *Between Two Earthquakes: Cultural Property in Seismic Zones*. Rome: ICCROM, Getty Conservation Institute.

Stovel, H. (1998). *Risk Preparedness: A Management Manual for World Cultural Heritage*, ICCROM, Rome.

³ Scientific Research Project called “Türkiye'deki UNESCO Dünya Miras Alanlarının Maruz Kaldığı Doğal ve İnsan Kaynaklı Tehlikelerin Mekansallaştırılması/Spatialization of natural and man-made hazards that UNESCO World Heritage Sites in Turkey are exposed to – Project Code: YÖP-202-2018-2853”

UNESCO et al (2010). UNESCO, ICOMOS, ICCROM, IUCN (2010). Managing Disaster Risk for World Heritage, UNESCO World Heritage Center, Paris. Retrieved from <<http://whc.unesco.org/en/managing-disaster-risks/>> Last Access 4 August 2017

UNESCO (2014). Periodic Reporting, Cycle II, Section II

Dinamik Bitki Örtüsü Tahmini Yapay Sinir Ağı Uygulaması: Düzce İli Örneği Üzerinde Çalışma

Sohaib K. M. Abujayyab^{1,*}, İsmail Rakıp Karaş² ve Emrullah Demiral³

¹ Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 78050, Karabük (phone 00905314935668, e-mail s.jayyab@hotmail.com)

² Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 78050, Karabük (phone 00905325794273, e-mail ismail.karas@karabuk.edu.tr)

³ Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 78050, Karabük (phone 00905057035053, e-mail emrullahdemiral@karabuk.edu.tr)

Abstract: - Worldwide, vegetation cover functioning as the secure region for wild life, and natural water, air filter from pollution. Forecasting the vegetation dynamics assist the governments and managements to decrease the negative influence of vegetation dynamic fluctuations. In recent years, forecasting of precise vegetation dynamics become and highly important issue, due to rapid vegetation changings and the needs to protect this natural resource. The aim of this article is to forecasting the vegetation dynamics by applying neural networks (NN). Düzce region utilized as case study, which situated in the north west region of Turkey. Normalized difference vegetation index (NDVI) from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) were employed to create vegetation time series. From United States Geological Survey website, 300 NDVI interval data acquired and processed in ArcGIS software. The dataset of vegetation time series built based on required neural networks data structure. Spatiotemporal pixel based sampling strategy performed to forecast the vegetation dynamics. A number of geospatial data handling steps employed using Python and Matlab programing languages. Forecasting data separated to two subdivisions (training set, and testing set). Mean squared error (MSE) utilized as performance accuracy assessment metric. Neural networks effectively implemented using spatiotemporal data and achieve high testing accuracy. Consequences reveals the fitness of neural networks to forecast vegetation dynamics maps.

1. Giriş

Bitki örtüsü toplum ve çevre için sayısız fayda sunmaktadır. Bunların başında, biyolojik çeşitliliğin artması, yağmur sularının tutulması, heyelan ve erozyonun yıkıcı etkilerinin azaltılması, hava sıcaklıklarının dengelenmesi, havanın temizlenmesi, sosyal yaşam kalitesini arttırması, şehrin rahatsız edici gürültüsü ve gri görüntüsü yerine huzur verici ortam ve sesler sunması gelmektedir. Bitki örtüsü iklim şartlarının önemli bir parçasıdır (Sempergreen 2019). Bitki örtüsü miktarındaki değişimler, ekolojik sistem üzerinde önemli ölçüde etkin olan bir faktördür. Bitki örtüsü miktarındaki farklılıklar, iklim şartları, sosyal yaşam kalitesi, gıda oluşumunun sürdürülebilirliği ve tatlı su kaynakları üzerinde uzun vadeli etkilere sebep olabilmektedir. (Stepchenko ve Chizhov 2015). Bitki örtüsü miktarının doğru bir şekilde tahmin edilmesi, insanları, kısıtlı kaynakların etkin kullanımı için teşvik eder (Ziervogel ve ark. 2010). Tam doğru bitki örtüsü bilgileri yaklaşan tehlikeli durumlarla ilgili erken uyarı verecek ve tehlikenin bertaraf edilebilmesi için gerekli önlemlerin alınmasına fırsat sunacaktır (Nay, Burchfield ve Gilligan 2018).

Tüm bunlara ek olarak, bitki örtüsü tahmini sayesinde, bitki örtüsünün geliştirilmesi, çeşitliliğinin arttırılması ve sürekliliği için oluşturulacak hareket planlarının kontrol edilebilme imkânı da elde edilecektir (Hira and Deshpande 2015; Shrestha et al. 2017).

Son yıllarda, mekânsal-zamansal uydu görüntülerin erişilebilir olması ile birlikte bitki örtüsü miktarının tahmin edilmesi üzerine yapılan çalışmalarda artmıştır (Hira ve Deshpande 2015; Udelhoven 2012). Uzay örgütleri uydu görüntülerinin dağıtımı ile ilgili olarak açık erişim politikası uygulamaktadır. Bu sayede bitki örtüsü miktarını tahmin etmek için gerekli olan işlenmemiş veriye kolaylıkla ve yeterli düzeyde erişilebilmektedir. Sık periyodlarla alınan uydu görüntüleri kullanılarak yeryüzünde çok büyük alana yayılmış bölgeler, ihtiyaç duyulandan çok daha ileri ki zaman aralıkları için doğru ve hızlı bir şekilde analiz edilebilmektedir (Verbesselt, Zeileis, and Herold 2012). Bitki örtüsü miktarı izleme programları, mekânsal-zamansal uydu görüntülerinden sinir ağları verisini çıkartmaktadır. Genellikle, elde edilen bu veri, bitki örtüsü miktarındaki mevsimsel büyümenin tarihsel süreçteki değişimi ile ilgili bilgiyi sunmaktadır (Rembold ve ark. 2015). Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometre (MODIS-Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) uydusu ve Terra sensörü tarafından sağlanan uydu görüntüleri bitki örtüsü miktarı ile ilgili araştırmalar için sıra dışı fırsatlar sunmaktadır. Normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI-Normalized Difference Vegetation Index) (MOD13Q1) bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) katmanıdır. Bu katman, 250 m² alana sahip hücre boyutu ve 16 gün aralıkla kaydedilmiş görüntüler içeren MODIS verilerinin kombinasyonlarından oluşturulmaktadır (Colditz, Ressler ve Bonilla-Moheno 2015). NDVI, spektral uydu görüntü indekslerinin en önemlilerinden biridir. NDVI değerleri, her bir pikseldeki yeşil kütlelerin dağılımını sayısal olarak gösterir (Reddy ve Prasad 2018; Wang ve diğerleri 2016). NDVI görüntülerde, en yüksek değerler yeşil malzemedeki yoğunluğu temsil eder. Düşük değerler; bulutlar, kar, çorak topraklar, yapay malzemeler, kentsel alanlar veya su gibi bitki örtüsü olmayan alanları gösterir. NDVI yıllık profilleri bitki örtüsü yoğunluk miktarını açıkça ifade eder. NDVI zaman serileri bitki örtüsü miktarının en yoğun ve en düşük olduğu dönemleri gösterir. Yıllık profil, örneğin su ve güneş ışığı gibi uygun koşullara bağlı olarak bitki örtüsünün yılın hangi zamanlarında en yüksek seviyeye ulaştığını gösterir. Bunun yanında su kıtlığı, yaprak dökülmesi, hasat, bitki ölümü ve sıcaklık gibi nedenlerden dolayı bitki örtüsünün en düşük seviyeye ulaştığı zaman dilimlerini de göstermektedir. NDVI zaman serileri, bitki örtüsü sürekliliği hakkında açık ve güçlü deliller sunmaktadır (Djeddaoui ve ark. 2017; Udelhoven 2012).

NDVI zaman serisi analizi, çok sayıda istatistiksel yaklaşım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bütünleşik otoregresif hareketli ortalama (ARIMA- Autoregressive Integrated Moving Average) tekniği, tek değişkenli NDVI zaman serisi tahmini için sıklıkla kullanılmaktadır (Stepchenko ve Chizhov 2015). Ancak bu yaklaşımlar, doğrusal verilere sahip öngörülen zaman serileri hipotezine dayalı olarak oluşturulmuştur. NDVI zaman serilerinde verilerin doğrusal olmaması nedeniyle seriyi tahmin etmek çok daha güçtür. Literatürde yer alan çalışmalardan birkaçında, doğrusal olmayan makine öğrenmesi yaklaşımlarının, klasik istatistiksel zaman serileri tahmin yöntemlerine kıyasla daha fazla doğruluk elde ettiği ileri sürülmektedir (Li, Wang ve Li 2015; Menezes ve Barreto 2008; Reddy ve Prasad 2018; Udelhoven 2012). Sonuç olarak, NDVI görüntülerine dayanan zaman serisi tahmininde, makine öğrenmesi ve YSA (Yapay Sinir Ağları), klasik istatistiksel tahmin yöntemleri yerine yeni bir alternatif olarak uygulanabilmektedir (Menezes ve Barreto 2008; Stepchenko 2016). Araştırmacılar, NDVI zaman serilerine dayalı mekânsal tahminleri gerçekleştirmek için birçok yöntem önermektedir. Reddy ve Prasad, NDVI verilerini kullanarak bitki örtüsü değişikliklerini tahmin etmek için uzun kısa vadeli hafıza ağları (LSTM- Long Short Term Memory) yönteminden yararlanmışlardır (Reddy ve Prasad 2018). Nay ve arkadaşları, uydu görüntüleri üzerinde çalışarak bitki sağlığı seviyesini tahmin etmek için makine öğrenmesini önermektedir (Nay, Burchfield ve Gilligan 2018). Stepchenko ve arkadaşları, NDVI' yı kısa vadeli tahmin etmeye yönelik

olarak yaptıkları çalışmanın çeşitli adımlarında tekrarlayan sinir ağlarını (RRN-Recurrent Neural Network) uygulamıştır (Stepchenko ve Chizhov 2015).

Yine de, doğru NDVI zaman serisi tahmini için çeşitli zorluklarla karşı karşıya kalınmaktadır. Temel sorunlardan bir tanesi, öngörülen bitki örtüsü haritasını üretim sürecinin geniş kapsamlı işlemlerden oluşması ve bazı aşamalarda uzun ve karmaşık coğrafi işlem fonksiyonlarının yerine getirilme zorunluluğunun olmasıdır. Bir başka zorluk ise, analiz yapacak kişinin mekânsal veri ve makine öğrenmesi ile ilgili çeşitli araçları ve yaklaşımları kavramasının gerekliliğidir. Ayrıca, bilgisayar bilimleri alanına uzak kişiler, mekânsal veri kullanılarak YSA uygulamaları geliştirmekte zorlanmaktadır. Tüm bunların yanı sıra kullanıcı, güncelliğini yitirmiş uygulamalar, sayısız programlama hatası veya mekânsal verinin birçok ön işlemde geçirilmesi aşamalarında yapılan hatalar gibi durumlar ile karşı karşıya kalabilmektedir. Büyük veri problemi, YSA için eğitim setinin oluşturulması veya mekânsal verilerden modellerin üretilmesi gibi zorluklarda mevcuttur.

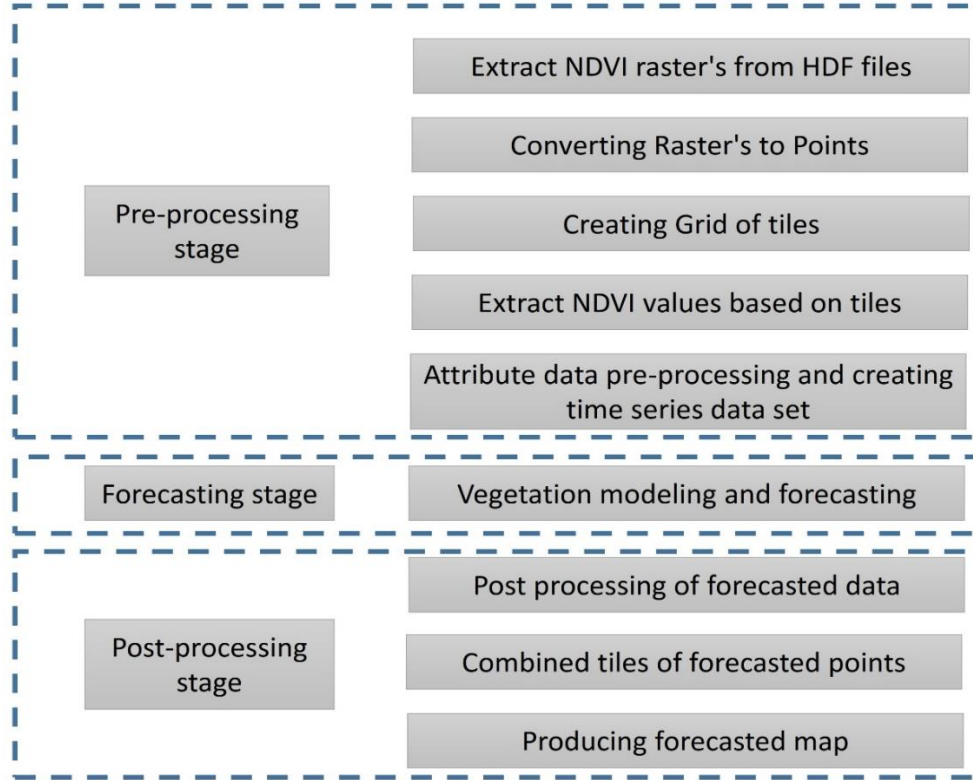
Bu çalışmanın amacı, kullanıcı dostu bir tahmin aracı ile Düzce ili örneği üzerinde bitki örtüsü dinamiklerini tahmin etmektir. ArcGIS ve Matlab ortamında otomatik tahmin araçları geliştirilmiştir. Bu araçlar, NDVI uydu görüntüleri üzerinde çeşitli bazı aşamaların gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Makine öğrenmesi ile bitki örtüsü dinamiklerinin tahminini gerçekleştirilmiştir.

2. Yöntem

Bu bölümde, çalışmada kullanılan yöntemler ve ara işlemler açıklanmaktadır. Geliştirilen tahmin fonksiyonları, gelecekteki bitki örtüsü dinamiklerini haritalamak için bir platform sağlamaktadır. Tahmin fonksiyonları, NDVI zaman serilerinden bilgi çıkarımı için “önce zaman-sonra konum” yaklaşımı ve piksel tabanlı yöntemler içermektedir. Geliştirilen fonksiyonlar bitki örtüsü yoğunluğunu 250 m² hücre boyutlarında ve 16 günlük periyodlarla tahmin etmektedir. Fonksiyonlar Matlab ve ArcGIS-Python ortamlarında son kullanıcıların kolaylıkla kullanabileceği şekilde tasarlanmıştır. USGS (United States Geological Survey - <https://search.earthdata.nasa.gov/data>) sunucusundan indirilen MODIS/Terra bitki örtüsü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Dünyanın herhangi bir yerine ait MODIS görüntüsüne ulaşmak mümkündür. MODIS görüntüleri tüm dünyayı kapsamaktadır. Kronolojik olarak, kayıt tarihine göre sıralı MODIS görüntülerinden elde edilen zaman serileri, YSA için eğitim ve test veri seti olarak kullanılmıştır. Şekil 1’de iş akış şeması verilmiştir. İş akış şeması dokuz alt araç içermektedir. İş akış şemasında yer alan fonksiyonların çoğu ardışık olarak uygulanmaktadır. Her bir aşamanın çıktısı olarak elde edilen veri bir sonraki aşamanın girdi olarak kullanılmaktadır. Geriye kalan diğer işlemleri aynı anda gerçekleştirmek mümkündür.

A aşamasında HDF’den NDVI elde edilir. Bu aşamada genellikle yüzlerce görüntü üzerinde çalışılmaktadır ve kullanılan fonksiyon piksel tabanlı olarak işlem yapmaktadır. USGS web sitesinden indirilen MODIS-HDF dosyaları işlenerek NDVI görüntüler elde edilmektedir. Çok sayıda HDF dosyasının işlenmesi gerekmektedir. HDF görüntü dosyaları bellekte yüksek yer kaplamaktadır. Bu sebepten ötürü tek seferde tüm dosyaların işlenmesi zorlaşmaktadır. Sonuç olarak, yorucu ve zaman alıcı bir süreç ortaya çıkmaktadır. HDF dosyaları “Input” klasörü içerine kaydedilmektedir. Bu aşamada geliştirilen araç ile yüksek bellek tüketimini azaltmak için Input klasörü içerisinde bulunan HDF dosyaları tek tek Import edilerek işlenmektedir. Çalışma alanı, 250 m² alana sahip birçok hücre içermektedir. Her bir hücreye ait 16 gün aralıklarla kaydedilmiş birçok HDF görüntüleri mevcuttur. Bu tarih aralıklarının her biri için ayrı ayrı NDVI görüntüleri oluşturulur. Çalışma alanı birçok hücre içerdiğinden dolayı öncelikle her bir hücre için elde edilen

NDVI görüntüleri geçici olarak “in_memory” klasöründe saklanır. Çalışma alanı içerisinde yer alan tüm hücreler için NDVI görüntüler çıkartıldıktan sonra birleştirilerek ilgili tarih için tek bir NDVI görüntü elde edilir ve bu görüntü “target” klasörüne kaydedilir. Bu işlem tüm tarih aralıkları için tekrarlanır. Bu işlemler sonucunda, her bir tarih aralığı için 250 m2 hücre boyutuna sahip birçok HDF görüntüsünden oluşan çalışma alanına ait maskelenmiş NDVI görüntüler elde edilmiş olur. Sonuç olarak, herhangi bir tarih için çalışma alanı birçok hücreden meydana gelmektedir. Bu aşama sonucunda hücreler birleştirilerek, her bir tarih için ayrı ayrı maskelenmiş NDVI görüntüler elde edilmektedir.



Şekil 1: İş Akış Şeması

B aşamasında raster veri, vektör veriye dönüştürülür. Bir görüntüdeki her bir piksel için bir değer üretilir ve tablo olarak kaydedilir. Tablonun boyutları ile görüntünün piksel çözünürlüğü aynıdır. Her bir piksele karşılık bir nokta karşılık gelmektedir. Noktalar tablosu, ilerleyen aşamalarda NDVI zaman serilerinin çıkarımı, YSA eğitim ve test veri setlerinin oluşturulması aşamasında kullanılacaktır. Bu araç ile çalışma alanı içerisindeki herhangi bir raster katmanı, nokta katmanına dönüştürür. Araç, pikselleri somutlaştırarak noktalar tablosuna dönüştürür.

C aşamasında özdeş kare alanlara bölme işlemi gerçekleştirilir. Görüntü bu aşamada özdeş kare parçalara ayrılır. Her bir kare alan döşeme olarak isimlendirilmiştir. Aracın hedefi bilgisayarın CPU iş yükünü bölmek ve bütünü eş parçalarının çoklu işleme veya paralel programlamaya elverişli hale getirilmesini sağlamaktır. Bu sayede verilerin işlenmesi süreci kısılacaktır. Bunun yanında verileri döşeme kümelerine ayırarak, düşük yeterlilikteki cihazlarda bellek tüketimi sorunundan kurtarmaktadır.

D aşamasında döşemelere ait noktalar için NDVI değerleri hesaplanır. Bu işlev, işlem belleğini yönetmek için B ve C aşamalarını kullanır. Bu aşamada öncelikle, B aşamasında elde edilen noktalar tablosu parçalara bölünmektedir. Her bir parça aynı boyutta ve kare

alana karşılık gelmektedir. Bu işlem için Arcpy kütüphanesindeki SearchCursor işlevi kullanılmıştır. C aşamasında oluşturulan her bir döşeme ile ilişkili noktalar tabloları elde edilmektedir. Daha sonra bir döşemeye ait noktalar tablosunda yer alan her bir değere karşılık NDVI nitelik bilgisi çıkartılır ve yeni bir tablo şeklinde saklanır. Bu işlem bir NDVI görüntüye ait tüm döşemeler için yinelenir ve NDVI nitelik tablosu oluşturulur. Bu aşamanın çıktısı olarak A aşamasında üretilen NDVI görüntü sayısı ile aynı sayıda NDVI nitelik tablosu elde edilmektedir. Çıktı verileri ESRI-Shapefile dosya formatındadır. Matlab fonksiyonlarını kullanabilmek için çıktının bu formatta olması gerekmektedir.

E Aşamasında veriler ön işlemden geçirilir. Öncelikle bu araç veri setlerinden aykırı veya eksik bilgi içeren noktaları temizler. Giriş verileri, D aşamasında üretilen NDVI nitelik bilgisini içeren tablo verisidir. Bu araç, SQL sözdizimini oluşturmak için giriş verilerine ait tablo alanları üzerinde yinelenir. Ardından, aykırı veya eksik satırlar bulunur ve temizlenir. Arcpy kütüphanesinde (DeleteFeatures_management) işlevi, istenmeyen kayıtları giriş noktalarından kaldırmak için kullanılır. Bu araç, çalışma alanını belirlemesi ve işlenecek alanları seçmesi için kullanıcıya izin verir. Kullanıcının, orijinal zorunlu alanlar dışında kalan diğer ilişkisiz alanları seçmekten kaçınması gerekmektedir. Seçilen her bir dosyadaki NDVI sayısal değerleri 0 ile + 1 arasında normalleşir. Normalleştirme işlemi için Denklem 1'de verilen formül kullanılır. Mekânsal verileri ArcGIS'ten Matlab ortamına aktarmak için çıktının ESRI-Shapefile formatında saklanması gerekmektedir. Bu aşama sonucunda A aşamasında üretilen her bir NDVI görüntüye karşılık gelecek şekilde aynı sayıda Shapefile formatında dosyalar oluşturulmaktadır.

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

(1)

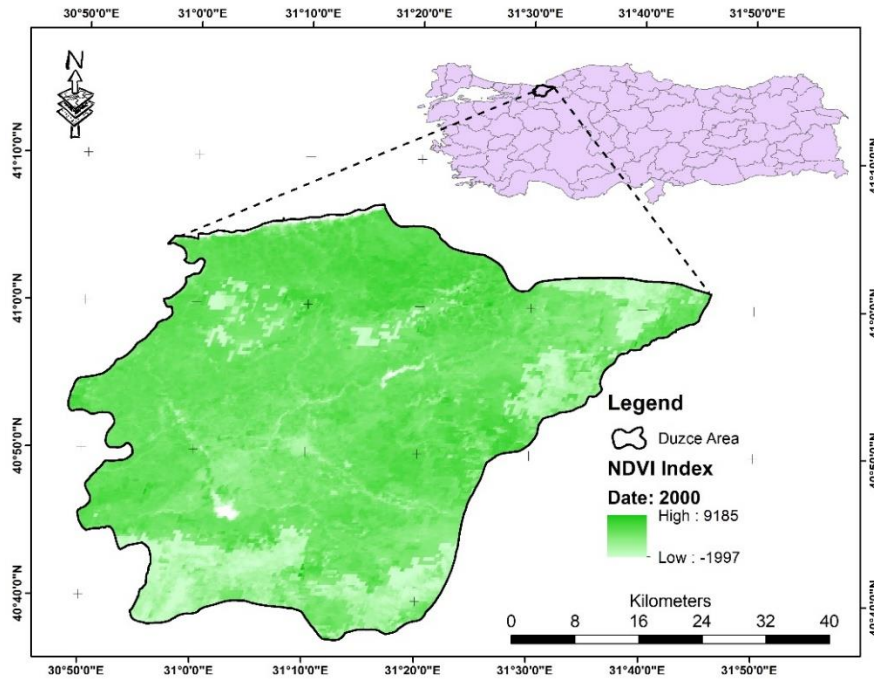
Denklem 1'de verilen NIR, Near Infrared Spectral Reflectance (Yakın Kızılötesi Spektral Yansıma) değerini, R ise, Red Spectral Reflectance (Kırmızı Spektral Yansıma) değerini ifade etmektedir.

F Aşaması Matlab yardımıyla bitki örtüsü tahmini. Bu aşama tüm iş akışının kalbini temsil eder. Bu aşamada yapay sinir ağı, NDVI zaman serisini eğitmek, tahmin ağı inşa etmek ve bu ağı kullanarak gelecekteki bitki örtüsünü tahmin etmek için uygulanmıştır. Matlab programı sadece bu aşamada kullanılmaktadır. Matlab'daki sağlam fonksiyonlar araştırmacıyı yapay sinir ağını uygulamaya teşvik etmektedir. Matlab kodu, E aşamasında üretilen Shapefile dosyalarının Import edilmesi ile başlar. Kod, programın grafik arayüzü ile giriş için gerekli Shapefile dosyalarının seçimini kullanıcıya bırakır.

Bu aşama boyunca, Shapefile dosyaları tek tek işlenir. İlk olarak, Shapefile dosyalarındaki her bir nokta için zaman serisi veri kümeleri çıkartılır. Bu işlem tüm noktalar için tekrarlanır. Burada, her bir noktanın bir piksele karşılık geldiğini hatırlayalım. Bu işlem sonucunda elde edilen zaman serileri yapay sinir ağı modelini geliştirmek ve test etmek için kullanılır. Her bir nokta için zaman serileri, eğitim veri seti ve test veri seti şeklinde iki bölüme ayrılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağı modeli gelecekteki bitki örtüsünü tahmin eder. Sinir ağının Matlab arayüzünde bulunan açılır pencereleri işlem sürelerini kısaltmak için devre dışı bırakılmıştır (net.trainParam.showWindow = 0). Nöron sayısı, eğitim algoritması ve ilerideki çoklu tahmin adımlarının sayısı kullanıcı tarafından tanımlanabilir. Her bir nokta için öngörülen yeni bitki örtüsü değerleri kopyalanır ve yeni bir matriste saklanır. Daha sonra elde edilen matristeki tahmin değerlerinin her birine ait x, y koordinatları eklenerek yeni bir matris oluşturulur. Ek olarak, tahmin çıktı matrisindeki her bir zaman serisi için ortalama karesel hata (MSE-Mean Square Error) kaydedilmektedir. Son olarak, oluşturulan tahmin matrislerinin her biri ayrı ayrı Excel dosya formatında kaydedilmektedir.

G aşaması, veri sonrası işlemler. Bu aşamada Matlab'da depolanan bitki örtüsü tahminlerine ait matrisler Excel dosyası şeklinde Import edilebilir. Araç Excel dosyaları üzerinde döngü oluşturur. Daha sonra onları noktalar katmanları olarak yerleştirir ve ayrı birer Shapefile dosyaları olarak kaydeder. Kullanıcı burada dosya isimlendirme için (% satır içi değişken değiştirme%- %inline variable substitution%) kullanılmalıdır. Buradaki çıktı tahmin edilen bitki örtüsü verilerini içeren matrisler için noktalar katmanlarıdır. H aşaması öngörülen noktaların birleştirilmiş döşemeleri. Bu aracın amacı, önceki aşamada elde edilen noktalar katmanlarını birleştirerek tek bir noktalar katmanı elde etmektir. Araç, öngörülen bitki örtüsü verilerini içeren matris içerisindeki noktaları bir özellik sınıfında olacak şekilde birleştirir. İlk aşamadan bu yana bir piksel için oluşturulan tahmin değerleri, bu aşamada birleştirilerek, bir piksel için üretilen tahmin sayısı kadar yeni dosya oluşturulmaktadır.

I aşaması vektör veriyi raster veriye dönüştürür. Bu aşamada, noktalar tablosundan interpolasyon ile raster tablosu oluşturulur. İnterpolasyon yöntemi TopoToRaster'dır (PointElevation alt metodu). Kullanıcının bir veya birkaç interpolasyonu gerçekleştirmesini ve bunları raster tablosu olarak otomatikman kaydetmesini sağlamak için esnek bir araçtır. Çıktı olarak elde edilen raster veri çalışma alanında öngörülen bitki örtüsü yoğunluğunu temsil etmektedir.

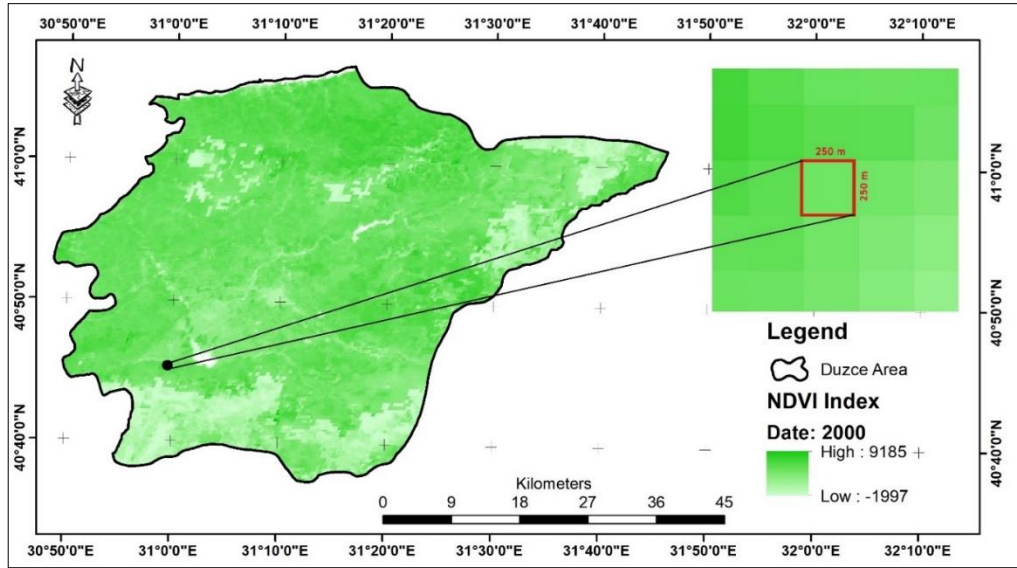


Şekil 2: Çalışma Alanı

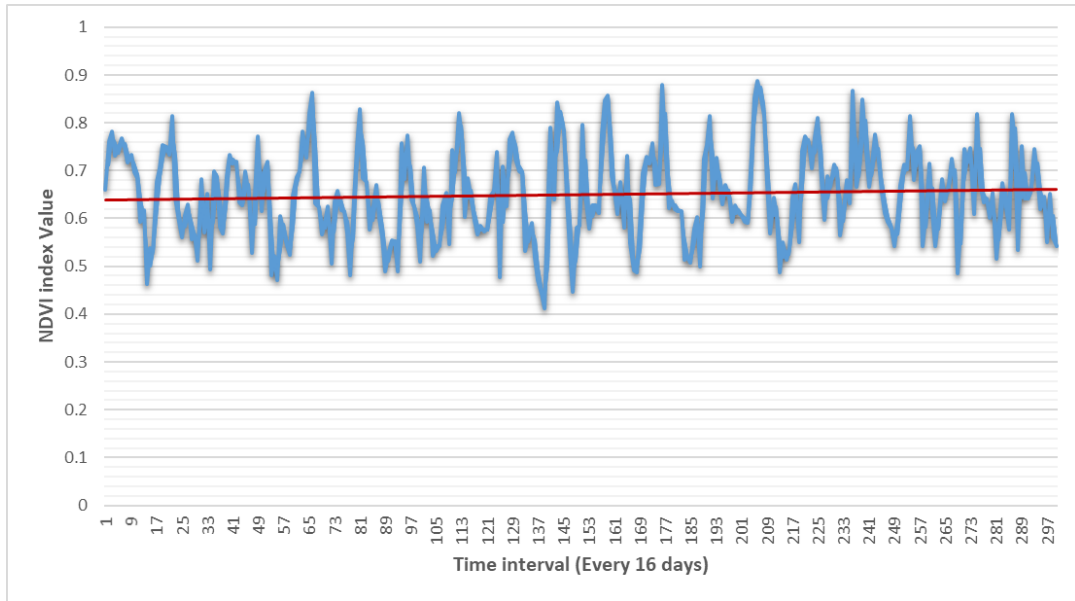
3. Çalışma Alanı Üzerinde Uygulama

Bu bölümde, geliştirilen araçlar çalışma alanında analiz yapmak için çalıştırılmış ve uygulanmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen bölge, coğrafi olarak ülkemizin Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Düzce ilimizdir. Şekil 2' gösterilen bu alanın neredeyse %60'ından fazlası, analizi yapmak ve öngörülen haritaları oluşturmak için uygun olan yoğun bitki örtüsüne sahiptir. Ayrıca, öngörülen sonuçlar bu alandaki karar vericiler için çok değerli olacaktır. MODIS HDF dosyaları, %10'dan fazla bulut içeren görüntüler filtrelendikten sonra USGS sunucusundan alınmıştır. HDF dosyalarından 300 NDVI görüntüsü çıkarıldı. Araçlar, alan için noktalar tablosu oluşturmaktadır. Her nokta bir bitki

örtüsü zaman serisini temsil etmektedir. İlgi alanında 40.241 nokta oluşturulmuştur. NDVI zaman serilerinden bilgi çıkarımı için “önce zaman-sonra konum” yaklaşımı uygulanmıştır.



Şekil 3: NDVI zaman serisi için örnek bir test pikseli konumu



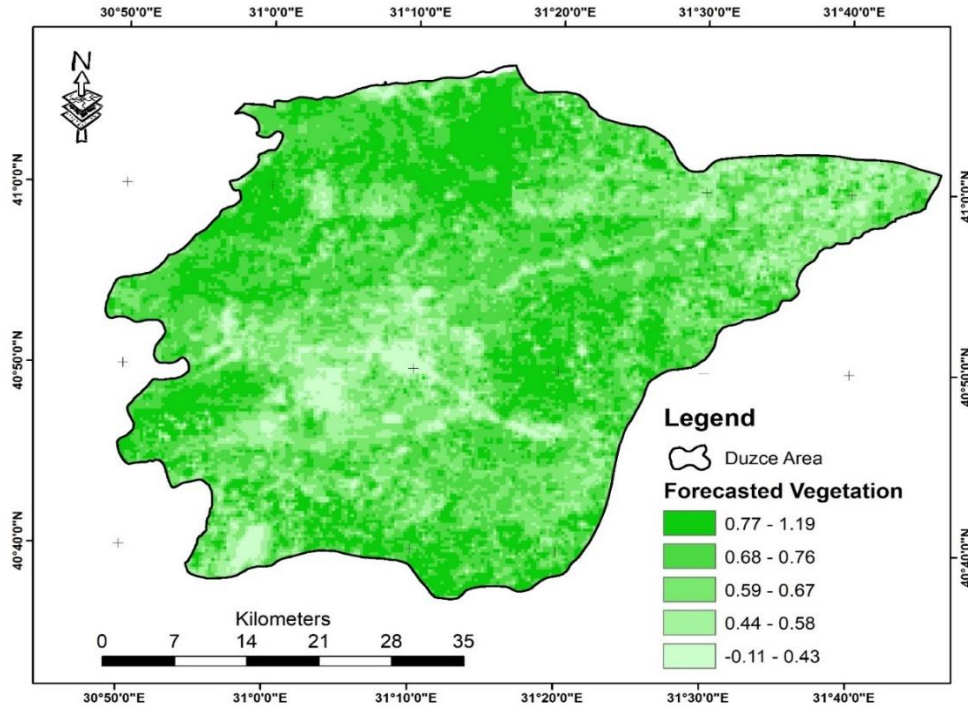
Şekil 4: 2000-2018 yıl aralığı için NDVI zaman serisi

Şekil 3'te çalışma alanı içerisinde test amaçlı rastgele seçilen bir piksel (250m * 250m) gösterilmiştir. NDVI veri seti, 16 gün aralıklarla kaydedilmiş yaklaşık son 19 yıla ait görüntülerden %10'dan daha fazla bulut içeren görüntüler çıkarıldıktan sonra geriye kalan 300 adet NDVI görüntüyü içermektedir. Bu görüntülerdeki her bir piksel için uydudan alındığı tarihe göre NDVI değerleri çıkarılmış ve bu değerler NDVI zaman serilerini oluşturmak için kullanılmıştır. NDVI zaman serileri Şekil 4'te de görüleceği üzere mevsimlere bağlı olarak dalgalanmaktadır. Kış aylarında kar yağması ile birlikte görüntüde bulunan yeşil pikseller yerini beyaza bırakacağı için o piksele ait NDVI değeri küçülmektedir. Baharın gelmesi ile birlikte bitki örtüsünün gerçek yoğunluğu ortaya

çıkılmaktadır. Maksimum NDVI değerleri Mayıs ve Ağustos ayları arasında gözlemlenmektedir. Çalışma alanı için NDVI değerlerindeki değişikliklerin 0,41 ila 0,89 birim aralığında değişiklik gösterdiği görülmektedir. NDVI eğilimleri her zaman monoton değildir, değişebilir. Örneğin, olumlu bir eğilim tam tersine, olumsuz bir eğilime dönüşebilir. Ancak genel olarak, eğilimin hafif yükselme yönlü olduğu kabul edilebilir.

Hesaplama sürecini yönetmek için çalışma alanı özdeş kare alanlara (20.000m * 20.000m) bölünmüştür. Bu bölümlenme ile şekil 5' gösterildiği gibi çalışma alanı 12 eşit parçaya ayrılmıştır. Her bölüm için çalışma alanı dışında kalan aykırı değerler filtrelenmiş ve geriye kalan çalışma alanına ait değerler normleştirilmiştir. Daha sonra Matlab yardımıyla YSA modeli oluşturulmuştur. Çalışma alanının bu şekilde bölmelere ayrılması, büyük miktarda olan verinin verimli bir şekilde işlenmesi ve sınırlı makine belleği durumunda daha hızlı ve ucuz veri yönetimi imkânı sunmaktadır.

Ayrıca çalışma alanını kapsayacak şekilde 35.029 adet zaman serisine dayanarak 35.029 ağ ağ geliştirilmiştir. Geliştirilen ağlar eğitilmiş ve test edilmiştir. Ortalama kare hatası (MSE) yöntemine göre genel tahmin doğruluğu 0.741 olarak ölçülmüştür. Daha sonra, her bir zaman serisine ait gelecekteki bitki örtüsünü tahmin etmek için ağlar kullanılmaktadır. Tahmini değerler yine ArcGIS'e taşınır ve gelecekteki bitki örtüsü dinamik haritaları üretilinceye kadar işlenir. Öngörülen bitki örtüsü dağılımı Şekil 5'da gösterilmiştir. Bu deney NDVI zaman serisinin mevcut durumuna göre, geleceğe yönelik bitki örtüsü tahminini göstermektedir. NDVI değerleri 10 gruba ($G = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$) ayrılabilir. Her bir pikselin geçmiş verilerine dayanarak geliştirilen ağ, karmaşık bilgiyi öğrenerek, herhangi bir dış faktör veya değişkene ihtiyaç duymadan geleceğe yönelik bitki örtüsü miktarını tahmin etmektedir.



Şekil 5: Öngörülen bitki örtüsü dağılımı

4. Sonuç

Son yıllarda bitki örtüsü yoğunluğu tahmini konusu ciddi önem kazanmıştır. Bitki örtüsü

yoğunluğuna bağlı olarak gıda güvenliği ve gıda sistemlerinin dengesi konusu ön plana çıkmaktadır. Doğru bitki örtüsü tahmini verileri, kaynaklardaki kıtlığa karşı erken uyarı olacak ve risklerin azaltılması konusunda yöneticilere kayda değer ölçüde bilgi sunacaktır. Aynı zamanda bitki örtüsü yoğunluğunun öngörülmesi, halkın bilinçlendirilmesi sağlamakta ve buna bağlı olarak doğal çevre korunarak zararlı etkiler azalmaktadır. Bu çalışmada, bitki örtüsü yoğunluğu dinamikleri yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmiştir. Dokuz aşamada ayrı araçlar geliştirilmiştir ve veri işleme bu aşamalardan geçirilerek gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı olarak düzce ili sınırları içerisinde kalan bölge seçilmiştir. Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometre (MODIS) uydusundan alınan görüntüler kullanılarak elde edilen normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) görüntüleri, bitki örtüsü yoğunluğu zaman serisinin veri setlerini üretmek için kullanılmıştır. MODIS uydusu görüntüleri, Amerika Birleşik Devletleri jeolojik araştırma (USGS) web sitesinden indirilmiştir. Yaklaşık son 19 yıl boyunca, her 16 günde bir kaydedilen görüntülerden %10'dan daha fazla bulut içeren görüntüler ayıklandıktan sonra geriye kalan 300 görüntü kullanılmıştır. Veri setleri ve görüntüleri işlemek ve çıkarımlar yaparak tahminde bulunmak için Matlab ve ArcGIS yazılımları kullanılmış. Bilgisayarın donanımlarını verimli kullanmak, bellek tüketimini azaltmak ve paralel programlama ile işlem süresini kısaltmak için özdeş karelere ayırma yöntemi kullanılmıştır. Geleceğe yönelik bitki örtüsü tahmini için mekânsal-zamansal uydu görüntüleri üzerinde piksel tabanlı işlemler yapılmıştır. Çalışmada, normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) görüntüsünün bir adım sonrası için önceden tahmin programı hazırlanmıştır. Veri seti eğitim ve test veri seti olmak üzere ikiye bölünmüştür. Performans doğruluğu değerlendirme ölçütü olarak ortalama kare hatası (MSE) yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, genel tahmin doğruluğu 0.741 ile tatmin edici düzeydedir. Bu bağlamda çalışma, yapay sinir ağları modelinin mekânsal-zamansal uydu görüntüleri üzerinde geleceğe yönelik NDVI değerlerini tahmin etme yeteneğini ortaya koymuştur.

Teşekkür

Bu çalışma, 2221 - TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) Konuk veya Akademik İzinli (Sabbatical) Bilim İnsanı Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir. Destekleri için borçluyuz.

Kaynaklar

- [1] Colditz, Rene R., Rainer A. Ressler, and Martha Bonilla-Moheno. 2015. "Trends in 15-year modis ndvi time series for mexico." Pp. 1–4 in 2015 8th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (Multi-Temp). IEEE.
- [2] Djeddaoui, Farid, Mohammed Chadli, Richard Gloaguen, Farid Djeddaoui, Mohammed Chadli, and Richard Gloaguen. 2017. "Desertification susceptibility mapping using logistic regression analysis in the djelfa area, algeria." *Remote Sensing* 9(10):1031.
- [3] Hira, Swati and P. S. Deshpande. 2015. "Data analysis using multidimensional modeling, statistical analysis and data mining on agriculture parameters." *Procedia Computer Science* 54:431–39.
- [4] Li, Deren, Shuliang Wang, and Deyi Li. 2015. "Spatial data mining."
- [5] Menezes, José Maria P. and Guilherme A. Barreto. 2008. "Long-term time series prediction with the narx network: an empirical evaluation." *Neurocomputing* 71(16–18):3335–43.
- [6] Nay John, Burchfield Emily and Jonathan Gilligan. 2018. "A machine-learning

- approach to forecasting remotely sensed vegetation health” *International Journal of Remote Sensing* 39(6):1800–1816.
- [7] Reddy, D. Sushma and P. Rama Chandra Prasad. 2018. “Prediction of Vegetation Dynamics Using NDVI Time Series Data and LSTM.” *Modeling Earth Systems and Environment* 4(1):409–19.
- [8] Rembold, Felix, Michele Meroni, Ferdinando Urbano, Antoine Royer, Clement Atzberger, Guido Lemoine, Herman Eerens, and Dominique Haesen. 2015. “Remote Sensing Time Series Analysis for Crop Monitoring with the SPIRITS Software: New Functionalities and Use Examples.” *Frontiers in Environmental Science* 3:46.
- [9] Sempergreen. 2019. “Benefits of Green Ground Cover.” Retrieved February 24, 2019 (<https://www.sempergreen.com/us/solutions/green-ground-covering/benefits-green-ground-cover>).
- [10] Shrestha, Ranjay, Liping Di, Eugene G. Yu, Lingjun Kang, Yuan-zheng SHAO, and Yu-qi BAI. 2017. “Regression Model to Estimate Flood Impact on Corn Yield Using MODIS NDVI and USDA Cropland Data Layer.” *Journal of Integrative Agriculture* 16(2):398–407.
- [11] Stepchenko, Arthur. 2016. “NDVI Index Forecasting Using a Layer Recurrent Neural Network Coupled with Stepwise Regression and the PCA.” Pp. 130–35 in.
- [12] Stepchenko, Arthur and Jurij Chizhov. 2015. “NDVI Short-Term Forecasting Using Recurrent Neural Networks.” *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* 3:180.
- [13] Udelhoven, Thomas. 2012. “Long Term Data Fusion for a Dense Time Series Analysis with MODIS and Landsat Imagery in an Australian Savanna.” *Journal of Applied Remote Sensing* 6(1):063512.
- [14] Verbesselt, Jan, Achim Zeileis, and Martin Herold. 2012. “Near Real-Time Disturbance Detection Using Satellite Image Time Series.” *Remote Sensing of Environment* 123:98–108.
- [15] Wang, Siyuan, Bojuan Yang, Qichun Yang, Linlin Lu, Xiaoyue Wang, and Yaoyao Peng. 2016. “Temporal Trends and Spatial Variability of Vegetation Phenology over the Northern Hemisphere during 1982-2012” edited by S. Joseph. *PLOS ONE* 11(6):e0157134.
- [16] Ziervogel, Gina, Peter Johnston, Margaret Matthew, and Pierre Mukheibir. 2010. “Using Climate Information for Supporting Climate Change Adaptation in Water Resource Management in South Africa.” *Climatic Change* 103(3–4):537–54.

Rijit Üstyapıların Köy Yollarında Uygulanabilirliği: Eskipazar Örneği

Feasibility of Rigid Pavements in Village Roads: Eskipazar Example

Halil İbrahim YUMRUTAŞ¹, İsmail YAĞTU²

¹Karabük Üniversitesi, iyumrutas@karabuk.edu.tr, 554 378 70 76

²İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, ismail.yagtu@afad.gov.tr, 538 962 29 78

Özet: Karayolları üstyapısında kullanılan kaplamalar; rijit ve esnek üstyapılar olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Dünya’da her iki kaplama türü de ülkeler bazında değişik oranlarda kullanılmakta olup ülkemizde ise beton yollar olarak adlandırılan rijit üstyapılar birkaç deneme kesimi hariç Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluk ağındaki yollarda henüz kullanılmamaktadır. Bu çalışma kapsamında; rijit bir üstyapı türü olan silindirle sıkıştırılabilir beton (SSB) kaplamaların köy yollarında uygulanabilirliği Karabük İli, Eskipazar İlçesi köy yolları özelinde irdelenmiş, ASSHTO 1993 tasarım esasları ve ampirik formüller kullanılarak SSB plak kalınlığı tayin edilmiş ve Streetpave yazılımı ile de hesaplanan değerler teyit edilmiştir. Ayrıca Karabük İl Özel İdaresi’nden temin edilen veriler ışığında köy yollarında hali hazırda kullanılan sathi kaplamalar ile bitümlü sıcak karışımlar (BSK) ve yerine ikame edilmesi öngörülen SSB kaplamalar arasında mukayeseli ekonomik analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, Eskipazar köy yollarında hali hazırda kullanılmakta olan sathi kaplama yerine SSB kaplama tercih edilmesi durumunda birbirine çok yakın maliyetler ortaya çıkmakta, bitümlü sıcak karışım kaplama tercih edilmesi durumunda ise %38,95 oranında ekonomik kazanç elde edileceği ayrıca özellikle kış mevsiminde görülen donma-çözünme süreçleri ve orman emvali taşınmasında ağır yüklü araçların kaplamaya verdiği zararlar nedeniyle ortaya çıkan sürekli bakım onarım masraflarının ortadan kaldırılabilceği öngörülmektedir.

Abstract: The pavements used in highways are divided into two classes as rigid and flexible. Both types of pavements are used in different ratios in countries around the world and in our country. Rigid pavements called concrete roads have not been yet applied on the roads in the responsibility network of General Directorate of Highways except for a few test sections. Applicability of roller compressible concrete (RCC) pavements, a rigid type of superstructure, on village roads is evaluated. The RCC plate thickness was determined using the design principles of ASSHTO 1993 and empirical formulas and the values calculated by the Streetpave software were confirmed. In addition, in the light of the data obtained from the Special Provincial Administration of Karabük, comparative economic analyzes were conducted between the surface pavements currently used on village roads (surface treatment) and the RCC pavements which are planned to be substituted. As a result, if RCC pavement is preferred instead of surface coating used in Eskipazar village roads, costs are very close to each other. If bituminous hot mixture pavement is preferred, economic gains of 38.95% will be obtained and also continuous maintenance and repair costs due to freeze-thaw cycles especially observed in winter season and deformations caused by heavy-duty vehicles in forestry transport will be diminished.

1. Giriş

Ülkemizde 1 Mart 1950 yılında Karayolları Genel Müdürlüğü'nün kurulması ile gerek yük taşımacılığı gerekse de yolcu taşımacılığına en çok hizmet sağlayan ulaşım türü karayolu olmuştur. Ülkemizde şuanda yük taşımacılığının % 89'u yolcu taşımacılığının ise % 97'si halen karayolu ile gerçekleşmektedir [1]. 01.01.2019 tarihi itibari ile ülkemizde karayolu uzunlukları Tablo 1'de gösterilmekte olup bu karayolu yol ağının sadece % 0,2 rijit kaplamadır. Oysaki bu oranlar Almanya'da % 38, Avusturya 'da % 46, Belçika'da % 40 ve köy yollarında % 60, Fransa'da %15 ve yeni yapılan yollarda % 30, Amerika'da bazı eyaletlerde %90 lara ulaşırken Hollanda'da bisiklet yolları dâhil tüm yollar rijit kaplama olarak bilinmektedir.

Tablo1. 01.01.2019 tarihi itibari ile karayolu uzunlukları ve oranları [2].

01.01.2019 tarihi itibariyle							
	Asfalt Betonu	Sathi Kaplama	Parke	Stabilize	Toprak	Diğer Yollar	TOPLAM
Otoyol	2 159	-	-	-	-	-	2 159
Devlet Yolları	17 520	13 115	58	27	-	301	31 021
İl Yolları	4 403	26 218	232	537	443	2 320	34 153
TOPLAM	24 082	39 333	290	564	443	2 621	67 333
01.01.2019 Tarihi İtibari ile Bölünmüş Yol Uzunlukları (km)							
Otoyollar	Devlet Yolu	İl Yolu	Toplam				
2159	20.475	1796	24.430				

Dünya'da her iki kaplama türü de görüldüğü üzere değişik oranlarda kullanılmakta olup ülkemizde ise beton yollar olarak adlandırılan rijit üstyapılar birkaç deneme kesimi hariç Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluk ağındaki yollarda henüz kullanılmamaktadır. Son yıllarda bazı belediye ve özel alanlarda (üniversite kampüsleri, konut siteleri, sanayi bölgeleri vb.) kısıtlı olarak kullanılsa da henüz kullanım alanları yeterince yaygın değildir. Her iki kaplama türünün de birbirlerine karşı birtakım avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ülkemiz petrol açısından dışa bağımlılığı bulunan buna mukabil çimento sektöründe dünyada ilk sıralarda yer alan bir ülkedir. Bu çalışma ile petrol türevli bir kaplama türü olan esnek üstyapılar yerine, çimento esaslı rijit (beton) kaplamaların kullanım alanlarının arttırılması ve rijit kaplamaların deformasyonlara karşı direnci, uzun süre bakım/onarım gerektirmemesi, hizmet ömrünün uzun olması, yüksek ısı farklarına karşı dayanımlı olması gibi üstünlüklerinden faydalanılması amaçlanmıştır.

2. Esnek ve Rijit Üstyapıların Mukayese Edilmesi

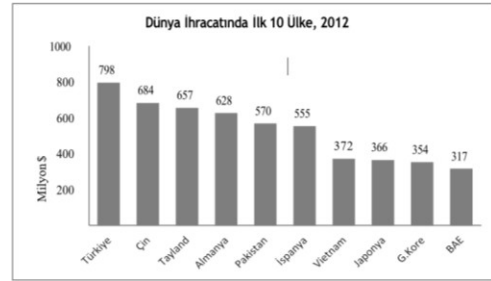
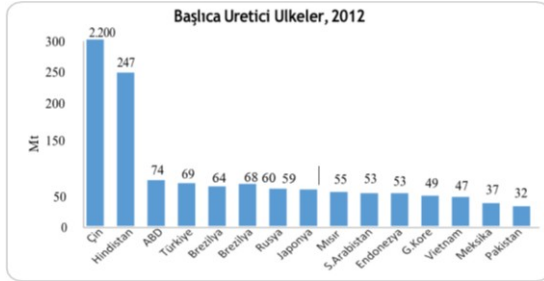
Tüm dünyada her yıl serilip sıkıştırılması yapılarak üretilen binlerce km asfalt beton veya çimento beton kaplamalı yol uygulamaları yapılmakta olup her iki üstyapının da birbirlerine karşı birtakım avantajları veya dezavantajları bulunmaktadır. Aşağıda Tablo 2'de her iki kaplama türünün birbirlerine olan üstünlükleri özet halinde sunulmuştur.

Tablo 2. Esnek ve Rijit Üstyapıların Mukayasesi [2].

Parametreler	Esnek Üstyapı	Rijit Üstyapı
- Trafikçe çabuk açılabilme	++	-
- Demir donatı kullanabilme	-	+
- Onarım sıklığı	-	++
- Dayanıklılık	+	++
- Islak halde kayma sürtünme katsayısı	-	+
- Zayıf taban zemininin bulunması	--	+
- Yapım sırasında ısı kavbının yol açacağı sorunlar	--	+
- Kaliteli agregaya gereksinimi	-	+
- Derz yapma zorunluluğu	+	-
- Seyir konforu	++	+
- Gece seyirde görüş olanakları	-	++
- Enerji azlığından etkilenme	-	+
- Taban zeminindeki ıslaklık	-	+
- İklim koşullarına bağımlılık	--	++
- Trafikte yüksek yıllık artış oranı	-	++
- Trafikte düşük yıllık artış oranı	+	-
- Yaşlanma ve kimyasal maddelerden etkilenme	--	+
- Yapım sırasında çevre kirliliğini artırıcı etki	-	+
- Trafikte yüksek ağır taşıt oranı	-	++
- Üstyapı kaplama takviyesi	+	-
- Üstyapı temel-kaplama değişimi	+	+
- Yüksek iskonto oranı ve sınırlı yatırım kaynakları	+	-

++: çok avantajlı, çok uygun;
 +: avantajlı, uygun;
 -: sakınca yaratır, uygun değil;
 --: çok sakıncalı, hiç uygun değil

Ülkemizin çimento üretimi yönünden 2011 ve 2012 yılında 798 milyon \$ ihracat ile dünya çimento sektörü ihracatında ilk sırada yer alması, aynı zamanda senede yaklaşık 69 milyondan fazla çimento üretimine sahip olması, beton yolların ülkemizde de alternatif bir uygulama olarak tercih edilebileceğinin bir göstergesidir [3]. Ülkemizin çimento üretiminde Dünyadaki yeri ve çimento ihracat oranları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1a. 2012 yılında başlıca çimento üreten ülkeler.

Şekil 1b. Ülkemizin dünya ihracatındaki yeri [4].

3. Eskipazar Köy Yolları Sathi Kaplama İlk Yapım ve Bakım/Onarım Maliyetlerinin İncelenmesi

Eskipazar İlçesinde yer alan 49 adet köy için Karabük İl Özel İdaresi, her yıl yatırım programına alınan muhtelif köy yollarına gerek bakım/onarım gerekse köy yollarını yeniden yapmak suretiyle hizmet vermektedir. Karabük İl Özel İdaresi'nin 2013-2018 yılları arasında hem köy yolları bakım onarımına hem de ilk yapıma harcadığı tutarlar Tablo 3'de özetlenmiş olup elde edilen veriler Karabük İl Özel İdaresi Yol ve Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Tablo 3. Eskipazar İlçesinde yer alan köy yollarına 2013-2018 yılları arasında yapılan harcamalar.

YAPIM YILI	YAPILAN YOL MİKTARI	YOLDA UYGULANAN BAKIM-ROADMİX (3 YIL)			1 TON ROADMİX MALİYETİ	İLK YAPIM MALİYETİ	BAKIM MALİYETİ	TOPLAM MALİYETİ
		1.YIL	2.YIL	3. YIL				
2013	2,6 km tek kat sathi kaplama	5 ton	10 ton	16 ton	144,90 ₺	144.405,14 ₺	31 ton x 144,90 ₺/ton=4.491,90 ₺	148.897,04 ₺
2014	3,1 km çift kat emisyon kaplama	6 ton	12 ton	19 ton	160,44 ₺	178.547,00 ₺	37 ton x 160,44 ₺/ton=5936,60 ₺	184.483,60 ₺
2015	13 km sathi kaplama	25 ton	50 ton	80 ton	165,70 ₺	602.649,45 ₺	155 ton x 165,70 ₺/ton=25.683,50 ₺	628.332,95 ₺
2016	24,2 km 1. kat sathi kaplama	46,5 ton	93 ton	149,9 ton	175,55 ₺	1.210.000,00 ₺	289,4 ton x 175,55 ₺/ton=50.804,17 ₺	1.511.742,20 ₺
	11,9 km 2. kat sathi kaplama	0 ton	27,2 ton	46,5 ton		238.000,00 ₺	73,7 ton x 175,55 ₺/ton=12.938,03 ₺	
2017	18,6 km sathi kaplama	35,7 ton	71,53 ton	114,46 ton	199,59 ₺	1.023.000,00 ₺	221,69 ton x 199,59 ₺/ton=44.247,10 ₺	1.067.247,10 ₺
2018	4,5 km 1. kat sathi kaplama	8,65 ton	17,3 ton	27,69 ton	223,83 ₺	360.000,00 ₺	27,69 ton x 223,83 ₺/ton = 6.197,85 ₺	579.970,11 ₺
	10 km 2. kat sathi kaplama	19,23 ton	38,46 ton	61,53 ton		200.000,00 ₺	61,53 ton x 223,83 ₺/ ton = 13.772,26 ₺	
6 yıllık toplam maliyet								4.120.673,00 ₺
1 yıllık toplam maliyet								686.778,83 ₺

Yapılan hesaplamalara göre Karabük İl Özel İdaresi tarafından 2013-2018 yılları arasında yapılan harcamalar (ilk yapım+bakım/onarım) **4.120.673,00 ₺** ve yıllık ortalama **686.778,83 ₺** olarak belirlenmiştir. Ancak elde edilen veriler 2013-2018 yıllarındaki rakamları yansıtmakta olup sağlıklı bir mukayese yapılabilmesi için maliyetlerin belirli bir yıla (2018) çevrilmesi (aktüalizasyon) gereklidir. Bu kapsamda Eskipazar köy yollarında sathi kaplama ilk yapım ve bakım/ onarımına ilişkin harcamalar TÜİK ten elde edilen “Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi” verileri ışığında (2018 yılına) dönüştürülmüş olup dönüşüm sonucunda elde edilen değerler Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Eskipazar İlçesi köy yollarına harcanan 6 yıllık bakım- onarım tutarının TÜİK verileri yardımıyla 2018 yılına güncelleştirilmesi.

YAPIM YILI	YAPILAN YOL MİKTARI	YOL İLK YAPIM VE BAKIM/ ONARIM MALİYETİ	1 KM'LIK YOL YAPIM-BAKIM- ONARIM MALİYETİ	2018 YILI AKTÜALİZASYON KATSAYISI	2018 YILI MALİYETİ (km)
2013	2,6 km tek kat sathi kaplama	148.897,04 ₺	57.268,00 ₺	1,5260	87.390,97 ₺
2014	3,1 km çift kat emisyon kaplama	184.483,60 ₺	59.510,83 ₺	1,4162	84.279,23 ₺
2015	13 km sathi kaplama	628.332,95 ₺	48.333,30 ₺	1,3206	63.828,95 ₺
2016	24,2 km 1. Kat sathi kaplama	1.511.742,20 ₺	52.099,34 ₺	1,2051	88.197,13 ₺
	11,9 km 2. Kat sathi kaplama		21.087,23 ₺ =73.186,57 ₺		
2017	18,6 km sathi kaplama	1.067.247,10 ₺	57.378,87 ₺	1,1034	63.311,84 ₺
2018	4,5 km 1. Kat sathi kaplama	579.970,11 ₺	81.377,30 ₺	1,0000	102.754,52 ₺
	10 km 2. Kat sathi kaplama		21.377,22 ₺ =102.754,52 ₺		
6 YIL İÇİN HARCANAN TOPLAM TUTAR					489.762,64 ₺
2018 yılı için Eskipazar köy yollarının 1 km' si için yıllık ortalama yapım ve bakım/onarım bedeli					81.627,10 ₺/km

Km bazında elde edilen bu tutar 49 adet köy yollarının toplam uzunluğu olan yaklaşık 375,00 km ile çarpıldığında 375,00 km x 81.627,10 ₺/km =**30.610.165,00 ₺** olarak hesaplanmaktadır. Bu maliyet, sathi kaplamanın literatür ve uygulamadan elde edilen gözlemler neticesindeki ömrüne (5 yıl) bölünecek olursa sathi kaplama ilk yapım ile bakım+onarım bedelinin **6.122.033,00 ₺** olacağı görülmektedir. Şayet Eskipazar İlçesinde 49 adet köyü içeren toplam yaklaşık 375,00 km yol ağı için sathi kaplama yerine BSK uygulaması yapılacak olursa oluşacak maliyetlendirme Tablo 5’de yer almaktadır.

Tablo 5. 2018 yılı itibari ile BSK üstyapı uygulaması maliyeti

BİTİMLİ SICAK KARIŞIM ÜSTYAPİ İMALATI (8 cm bindir) Fıcal Birim Fiyat Tutar hesapları (Kgm 2018 Yılı Birim Fiyatları ile) (PG=7,00 m, L=1000 m)						
Sıra No	Poz No	İMALATIN CİNSİ	Ölçü Birimi	İmalat Miktarı	Birim Fiyatı	TUTAR (TL)
1	KGM/6040	Temel yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile (1''))	m ³	700,00	36,15 ₺	25.305,00 ₺
2	07.005 / K-1	Temel malzemesinin konkasörden serim yerine nakli. F=1,25xKx(0,0007Mx+0,01)xYxA K=225, M=15 Km, Y=1,60 ton/m ³	m ³	700,00	11,40 ₺	7.980,00 ₺
3	07.005 / K-1	Su nakli. F=1,25x0,00017xKxOMxA K=225, M=10 Km,	ton	70,00	5,91 ₺	413,70 ₺
4	KGM/6208	8 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m ² asfalt betonu BSK temel tabakası yapılması	m ²	7.000,00	12,50 ₺	87.500,00 ₺
5	KGM 4300/A	Bitüm zati bedeli, B 50/70 (İzmit)	ton	50,78	1.852,50 ₺	94.069,95 ₺
6	KGM 4300/C	Yapıştırıcı zati bedeli, C60 B2-3, C60 B2-4 (İzmit)	ton	9,00	3.425,00 ₺	30.825,00 ₺
7	4358	Katı Bitümün emis derecesine kadar ısıtılması	ton	59,78	42,54 ₺	2.543,04 ₺
13	07.006/K	Bitümlü malzeme. F=1,25xKx(0,0007Mx+0,01)xA K=225, M=300 Km, (İzmit)	ton	59,78	76,45 ₺	4.570,18 ₺
14	07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plantından serim yerine nakli. F=1,25xKx(0,0007Mx+0,01)xA K=225, M=50 Km,	ton	1.104,00	15,64 ₺	17.266,56 ₺
İlk Yapım Bedeli						270.478,48 ₺
*Bakım/ Onarım Maliyeti						67.618,35 ₺
İlk yapım ve hizmet ömrü boyunca bakım onarım bedeli						338.091,78 ₺

* % 75 Güvenlilik seviyesine göre hizmet ömrü boyunca yıpranma payı %25

Km bazında elde edilen bu tutar 49 adet köy yollarının toplam uzunluğu olan yaklaşık 375,00 km ile çarpıldığında 375,00 km x 338.091,78 ₺/km = **126.784.420,3 ₺** olarak hesaplanmakta ve bu maliyetin köy yollarına uygulanacak olan BSK üstyapı imalatının literatür ve uygulamadan elde edilen gözlemler neticesindeki hizmet ömrüne (10 yıl) bölünmesi ile; **126.784.420,3 ₺ / 10 = 12.678.442,03 ₺** olarak hesaplanabilmektedir.

4. Eskipazar Köy Yollarında SSB Uygulanabilirliği

4.1. AASHTO 1993 Tasarım Metodu ve Göre SSB Kalınlık Tayini

Bu çalışma kapsamında Karabük İli Eskipazar İlçesine silindirle sıkıştırılmış beton yol tasarımı, uygulanması, maliyetlendirilmesi detaylandırılmış olup sathi kaplama ile maliyet bakımından mukayesesi yapılmıştır. Bu mukayese yapılırken tayin edilen SSB yol tabaka kalınlığı aşağıda yer alan eşitlik 3.1 aracılığıyla belirlenmektedir.

$$\log(W_{18}) = (Z_R \cdot S_0) + 7.35 \cdot \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \cdot 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \cdot p_t) \cdot \log\left[\frac{S_c \cdot C_d \cdot (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \cdot J \cdot \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

Eskipazar İlçesine ait tüm köy yollarında aynı kaplama kalınlığı yerine farklı parametrelerin (zemin vb.) farklı kalınlık değerleri çıkarması muhtemeldir. Ancak bu durumun teorikte geçerliliği bulunurken pratikte hayata geçirilmesi özellikle standardı düşük olan bu gibi köy yollarında güç olacağından çalışmamızda yapılan mukayeselerde güvenli tarafta kalmak için en kötü duruma göre değerlendirilme yapılmıştır. Rijit yapıların hesap yönteminde elastik zemine oturan rijit plak davranışı göz önüne alınarak AASHTO (1993) tasarım metodu kullanılmaktadır. AASHTO (1993) tasarım metodunda SSB yolların tasarımı yer almadığından "AASHTO Deney Yolu Denklemi" ampirik metodunda, SSB yollara tasarım

bakımından en yakın olan rijit üst yapı çeşidinin derzli donatısız beton kaplama olduğu kabulü ile SSB, derzli donatısız beton kaplama (JPCP, Jointed plain concrete pavements) olarak düşünölmüş ve bu yaklaşımla SSB kalınlık tayini yapılmıştır.

Formöl içerisinde yer alan parametreler;

W_{18} : Eşdeğer Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı (EDYTS)

d: Kaplama Kalınlığı (inc)

S_c : Beton Eğilme Dayanımı (psi)

E_c : Betonun Elastisite Modölü (psi)

k: Zemin Reaksiyon Modölü (lb/inc^3) R: Güvenilirlik (%)

Z_R : Normal Standart Sapma

S_0 : Toplam Standart Sapma

O PSI: Servis Yeteneği Kaybı

P_i : İlk Servis Yeteneği

P_T : Son Servis Yeteneği

C_d : Drenaj Katsayısı

J: Yüğü Transfer Katsayısı

Tasarım için aşağıdaki işlem algoritması takip edildiğinde;

- Son servis yeteneği indeksi (PT) seçilir,
- Trafik analiz süresi (T) seçilir,
- Proje trafiği hesaplanır,
- Betonun eğilmede çekme emniyet gerilmesi (S_c) seçilir,
- Taban zeminin reaksiyon modölü (k) belirlenir,
- PT, T, S_c , k, ve proje trafiği değerlerine göre beton plak kalınlığı tayin edilir.

Bu çalışma kapsamında seçilen değerler Tablo 6'de verilmiş olup seçilen değerler neticesinde bulunan tabaka kalınlıkları Şekil 2'de gösterilmektedir.

Tablo 6. Tasarımda kullanılan veriler.

<i>Parametre</i>	<i>Alınan Değer</i>
Üstyapı Proje Süresi (yıl)	20
EDYTS	4.336.665
Güvenilirlik (R %)	75
Normal Standart Sapma (Z_R)	-0,674
Toplam Standart Sapma (S_0)	0,35
İlk Servis Yeteneği (p_i)	4,2
Son Servis Yeteneği (P_T)	2,0
Servis Yeteneği Kaybı (P_T-p_i)	2,2
Drenaj Katsayısı (C_d)	0,9
Yüğü Transfer Katsayısı (J)	3,2
28 Günlük Beton Eğilme Dayanımı (Mpa-psi)	4,20 mpa 609 psi
Beton Elastisite Modölü (E_c , Mpa-psi)	32000 mpa 4.640.000 psi
Efektif Zemin Reaksiyon Modölü (k, lb/inc^3 ,psi)	560

Alttemel Kalınlığı	15 cm
SSB KALINLIĞI	16,5 cm



Şekil 2. Silindirle sıkıştırılmış beton yol tabaka kalınlıkları.

4.2. Street Pave Yazılımı ile SSB Kalınlık Tayini

Street Pave 12 yazılımı, derzli/derzsiz beton kaplama kalınlığı tasarımlarında kullanılan bir yazılım programıdır. Street Pave yazılım programı; şehir, belediye, ilçe ve eyalet yollarına yönelik optimize edilmiş tasarımlar üretmek için yeni mühendislik analizlerinden faydalanmakta olan bir program olup mevcut beton kaplamalar için, kullanım ömrü ve/veya deformasyon kriterlerini tahmin etmek için kullanılabilir.

4.2.1. Project (Proje)

Street Pave 12 yazılım programının bu sekmesinde projenin adı, projenin yapılacağı lokasyon gibi ön bilgiler istenmektedir.

4.2.2. Traffic (Trafik Girdileri)

Street Pave 12 yazılım programının bu sekmesinde; öncelikle rijit üstyapı uygulamasının yapılacağı trafik kategorisi belirlenmeli ve 1 günde yapılması düşünülen bu üstyapıdan geçecek günlük kamyon sayısı istenmektedir. ASSHTO 93 tasarım metodunda olduğu gibi taşıt eşdeğerlik faktörleri tablosu aracılığı ile bu sayı belirlenmekte ayrıca üstyapı üzerinden geçecek taşıt trafiğinin yıllık bazda gelişim yüzdesi, yapılacak üstyapının hizmet ömrü, hesap şerit faktörü ve yön dağıtım faktörü gibi parametrelerin girdileri istenilmekte olup trafik bilgi girdileri arayüzü Şekil 3’de gösterilmektedir.

Traffic Category	Volume (1000 trucks)
Single Pines	0.96
87.9	0.22
89	11.81
71.5	58.89
83.3	58.11
134.8	174
48.5	203.96
25.6	488.1
28.7	732.28
47.2	1023.31
180.1	0.19
142.9	89.99
124.5	89.48
106.8	23.18
89	47.1
72	11.89
53.4	178.1
35.6	85.39
17.8	21.8
0	0
213.3	0
408	0
177.9	0
151.2	0
104.6	0
97.9	0
71.2	0
44.5	0
11.8	0
0	0

Şekil 3. Street Pave yazılım programı trafik bilgi girdileri.

4.2.3. Design Details (Dizayn Detayları)

Street Pave 12 yazılım programının bu sekmesinde; son servis yeteneği, güvenilirlik, alttemelin resilient modülü gibi parametreler girilmesi istenilmekte ayrıca rijit üstyapının hizmet ömrü sonunca plakta en fazla ne kadar yüzde cinsinden çatlak olmalı sorusuna yanıt aranmakta ve seçilen zeminin esneklik modülü, elastisite modülü, betonun 28 günlük eğilme dayanımı ile betonun elastisite modül bilgileri istenilmekte olup Şekil 4’de gösterilmektedir.

Şekil 4. Street Pave yazılım programı dizayn detay bilgi girdileri.

4.2.4. New Pavement Design (Yeni Üstyapı Dizaynı)

İstenen veriler ışığında kayma donatılı veya kayma donatısız şekillerde rijit üstyapı tabaka kalınlıkları verilmekte olup Şekil 5’de gösterilmektedir.

	Min. Required Thickness	Design Thickness	Max. Joint Spacing	Failure Controlled By
Doweled	140.72	145.00	3.04	Crack
Undoweled	140.72	145.00	3.04	Crack

Şekil 5. Street Pave yazılım aracılığı ile belirlenen SSB kalınlığı bilgileri.

Ampirik yöntemler aracılığı ile 15 cm alttemel üzerine yapılacak olan 16,5 cm kalınlığındaki SSB tabaka, Street Pave yazılım programı ile tekrar hesaplanmış ve bu kalınlığın 14,5 cm olduğu görülmekte olup güvenli tarafta kalınması adına uygulamada 15 cm alttemel üzerine 16,5 cm kalınlığında SSB plak yapılmasının daha sağlıklı olacağı değerlendirilmiştir.

4.3. SSB Maliyet Analizi

Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) yol, iri ve ince agreganın, uygun oranda su ve çimento ile beton santralinde karıştırılmasıyla üretilen betonun, hazırlanmış yüzey üzerine, projesine uygun olarak finişerle serilip, silindirlerle sıkıştırılmasıyla oluşan yol üstyapı

tabakasıdır. Gerek teknik gerek ekonomik açıdan avantajlı çözümler sunan ve Ülkemizde hızla yaygınlaşan silindirle sıkıştırılmış beton yollar için TÇMB tarafından hazırlanarak kullanıma sunulan “Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yollar Birim Fiyat Analiz ve Tarifleri”nde yer alan poz kalemleri aşağıda yer almakta olup bu tez kapsamında oluşturulan SSB yollar maliyet analizi bu pozlar aracılığı ile oluşturulmuştur.

Tablo 7. SSB karışımının hazırlanması, finişlerle serilmesi, silindirle sıkıştırılması, kür yapım işi birim fiyatları.

BİRİM FİYAT NO	BİRİM FİYAT ADI				BİRİMİ
POZ NO	POZ TANIMI	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT	TUTAR
Y.SSB-01	SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON KARIŞIMININ HAZIRLANMASI				M ³
MALZEME					
04.042/06	C 30/37 beton harcı gri renkte, normal hazır beton harçları	m ³	1	141,00 ₺	141,00 ₺
SERME VE SIKIŞTIRMA					
KGM/4466	Büyük plent ünitesi ile hazırlanmış olan çimento karışımının büyük finişlerle serilmesi ve silindirle sıkıştırılması	ton	2,4	16,94 ₺	40,66 ₺
TOPLAM					181,66 ₺
GENEL GİDERLER+ KAR(% 25)					45,42 ₺
1 M ³ SSB KARIŞIMI HAZIRLAMA, FİNİŞLERLE SERME VE SIKIŞTIRMA BEDELİ					227,07 ₺
Y.SSB/03	SSB YOL YÜZEYİNE SU İLE KÜR YAPILMASI				M ²
Poz No	Malzeme	Ölçü	Miktar	Birim Fiyat	Tutar
04.0431	Su (iş başında)	m ³	3	6,62 ₺	19,86 ₺
	İşçilik				
03.538		Sa.	0,39	53,93 ₺	21,032 ₺
TOPLAM					40,892 ₺
GENEL MASRAFLAR % 25 KAR					10,223 ₺
1 DEKAR SSB YOL YÜZEYİNE SU İLE KÜR YAPILMASI BEDELİ					51,115 ₺
KGM/6040	ALT TEMEL YAPILMASI [KIRILMIŞ VE ELENMİŞ OCAK TAŞI İLE (1 ^{nci})]				M ²
KGM/15.113/K	Ocağın taşından konkasörle kırılmış ve eilenmiş 25 mm (1 ^{nci})'lik temel malzemesi temini.	m ²	1	30,85 ₺	30,85 ₺
KGM/15.140	Makina ile serme (kumtaşı, kum, çakıl vb. malzeme)	m ²	1	1,33 ₺	1,33 ₺
KGM/15.047	Arazöz ile sulama	ton	0.1	9,94 ₺	0,994 ₺
KGM/15.052/3	Titreşimli silindirle sıkıştırma yapımı (56-76 hp)	Sa.	0.01	169,69 ₺	1,69 ₺
KGM/15.058/1	Lastik tekerlekli silindir ile sıkıştırma yapımı	Sa.	0.01	127,80 ₺	1,27 ₺
TOPLAM					36,15 ₺
GENEL MASRAFLAR % 25 KAR					9,03 ₺
TEMEL YAPIM BEDELİ					45,18 ₺
1 M ² SSB KARIŞIMININ HAZIRLANMASI, FİNİŞLERLE SERİLMESİ VE SIKIŞTIRILMA BEDELİ					227,07 ₺
1 DEKAR SSB YOL YÜZEYİNE SU İLE KÜR YAPILMASI BEDELİ					51,115 ₺
TEMEL YAPILMASI [KIRILMIŞ VE ELENMİŞ OCAK TAŞI İLE (1 ^{nci})] BEDELİ					45,18 ₺

Karabük İli 49 adet köy için genişliğe, 375,00 cm beton plak yolu ağı için SSB hazırlanması, silindirle derz yapım verilmiştir.

Eskipazar İlçesi'nde, 7,00 m platform km uzunluğa ve 16,5 kalınlığına sahip köy karışımının finişlerle serilmesi ve sıkıştırılması, kür ve maliyeti Tablo 7'de

Eşitlik 3.1'de yer alan “AASHTO Deney Yolu Denklemi” yardımıyla Eskipazar Köy yollarına uygulanması öngörülen SSB yol tasarımı yapılmış bulunmakta ve bu tasarım dahilinde bulunan tabaka kalınlıkları doğrultusunda 2018 yılında TÇMB tarafından hazırlanan “Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yollar Birim Fiyat Analiz ve Tarifleri” ne göre; 49 adet köy sınırları dahilinde ve yaklaşık 375 km uzunluğa sahip yol ağına SSB uygulanması durumundaki maliyetlendirme Tablo 8'deki gibi yapılmıştır.

Tablo 8. SSB karışımının hazırlanması, finişlerle serilmesi ve silindirle sıkıştırılması, kür ve derz yapım maliyeti.

SSB karışımının hazırlanması, finişlerle serilmesi ve silindirle sıkıştırılması, kür ve derz yapım maliyeti. (375,00 km uzunluk, 7,00 m genişlik ve 16,5 cm plak kalınlığı ile 15 cm alt temel kalınlığı için)					
Poz Tanımı	Poz No	Birim	Birim Fiyat (₺)	Miktar	Tutar (₺)
SSB KARIŞIMIN HAZIRLANMASI, FİNİŞLERLE SERİLMESİ VE SIKIŞTIRILMA BEDELİ	Y.SSB/01	M ³	227,07 ₺	375x1000x7x0,165 =433.125	98.349.693,80 ₺
1 DEKAR SSB YOL YÜZEYİNE SU İLE KÜR YAPILMASI BEDELİ	Y.SSB/03	DA	51,11 ₺	(375x1000x7)/1000 =1.875.000	134.163,75 ₺
TEMEL YAPILMASI [KIRILMIŞ VE ELENMİŞ OCAK TAŞI İLE (1 ^o)] BEDELİ	KGM/6040	M ³	45,18 ₺	375x1000x7x0,15 =393.750	17.789.625,00 ₺
İlk Yapım Bedeli					116.273.482,60 ₺
Bakım/ Onarım Maliyeti					29.068.370,65 ₺
İlk yapım ve hizmet ömrü boyunca bakım onarım bedeli					145.341.853,30 ₺

* % 75 Güvenilirlik seviyesine göre hizmet ömrü boyunca yıpranma payı %25

Görüldüğü üzere Eskipazar İlçesi sınırlarında yer alan 375 km uzunluğa sahip köy yollarına silindirle sıkıştırılmış beton yol üstyapı imalatı yapılması ve 20 yıl üzerinden tasarımı yapılarak hizmet ömrü 20 yıl seçilen üstyapıya yapılan bakım onarım bedeli toplandığında **145.341.853,30 ₺** gibi bir maliyeti söz konusu olmaktadır. Yıllık bazda düşünüldüğünde bu rakam $145.341.853,30 \text{₺} / 20 = 7.267.092,66 \text{₺/yıl}$ olarak hesaplanmıştır.

5. Sonuç

Hali hazırda Eskipazar köy yollarında kullanılmakta olan mevcut esnek kaplama (sathi kaplama) için Karabük İl Özel İdaresi'nden temin edilen 2013-2018 yılları arasındaki ilk yapım ve bakım/onarım maliyetleri irdelenmiştir. Ancak sağlıklı bir ekonomik mukayese yapılabilmesi için fayda ve maliyetlerin belirli bir yıla ve belirli bir birime çevrilmesi esas olup yıllara sari bu rakamlar TÜİK verileri yardımıyla aktüalize edilerek her biri 2018 yılına dönüştürülmüş ve km bazında dikkate alınmıştır. Ancak yine sağlıklı bir mukayese yapılabilmesi için kaplamaların hizmet ömürlerinin de dikkate alınması gerekmekte olup literatür çalışmaları, uygulamadan elde edilen gözlemler ve Karabük İl özel İdaresi verileri ışığında mevcut sathi kaplamaların hizmet ömürleri 5 yıl olarak dikkate alınmıştır. Elde edilen rakamın 5 yıl hizmet ömrüne bölünmesiyle **6.122.033,00 ₺** yıllık ortalama ilk yapım ve bakım/onarım maliyeti elde edilmiştir.

Buradan hareketle 375 km uzunluğa ve 7 m yol platform genişliğine sahip Eskipazar köy yollarında SSB yol uygulanması sathi kaplamalara göre yıllık **%15,75** daha maliyetli olmasına karşın SSB yol uygulanması BSK kaplamalara göre ise **%38,95** daha ekonomik olduğu değerlendirilmiştir. Görüleceği üzere Ülkemizde rijit üstyapıların kullanımı henüz diğer ülkelerle mukayese edildiğinde çok düşük seviyelerde olmakla birlikte bu ve buna benzer çalışmaların artmasının rijit üstyapıların kullanımının artışına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2019 yılı TÜİK verilerine göre Ülkemizdeki motorlu kara taşıtı sayısı 22.940.636 olup bu rakam son yıllarda çok daha hızlı artış göstermektedir. Bu sebeple yükü zemine daha geniş bir şekilde ileterek hızla artan taşıt trafiğine ve karayolu taşıma miktarlarına karşı daha az deformasyona sebep olması bakımından rijit kaplamaların tercih edilebileceği düşünülmektedir.

Bir diğer bakış açısıyla Ülkemizin iklimsel koşulları irdelendiğinde bölgeler arasında oldukça farklı iklimlerin olduğu, aynı bölgede dahi bir yıl içerisinde çok değişik sıcaklık

farklarının ve yağış durumlarının ortaya çıktığı hatta bir günde dört mevsimin yaşanabildiği ancak Ülkemizin birçok açıdan avantajlı olan bu iklimsel yapısının karayolu kaplamaları açısından deformasyona sebep olabilecek parametreler arasında yer aldığı bilinen bir gerçektir. Bu sebeple özellikle donma-çözünme süreçlerinin sık olduğu, yağış koşullarının (kar+yağmur) yoğun olduğu, sıcaklık değerlerinin asfalt kaplamada kismaya sebebiyet verecek oranda yüksek olduğu bölgelerde beton (rijit) kaplama kullanımının iyi bir alternatif olabileceği değerlendirilmelidir.

Özellikle kış dönemlerindeki donma-çözünme süreçlerinin sıklığı, yoğun kar ve yağmur yağışına bağlı deformasyonlar ile orman emvali taşınması esnasında ağır yüklü araçların yola bıraktığı etki ve neticesinde ortaya çıkan deformasyonlar sebebiyle köy yollarında beton bir kaplama türü olan SSB'nin kullanımı önerilmeli ve teşvik edilmelidir.

Özetle dünyanın çeşitli ülkelerindeki gibi ülkemizde de kaplama türünün seçiminde bölgesel iklim şartları, ekonomik kriterler, trafik miktarı, hizmet ömrü, bakım/onarım ihtiyaçları vb. gibi birtakım parametreler ile her bir kaplama türünün üstünlükleri dikkate alınmalı ve gerçekleştirilecek optimizasyon çalışmaları ile ihtiyaca uygun kaplama türü seçilmelidir.

Kaynaklar

1. Çetin, B., Barış, S. ve Saroğlu, S., “Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi” Cilt-1 Sayı-1, 123-150 (2011).
2. Çetin, O., “Beton Yollarda Yeni Teknolojiler Silindirle Sıkıştırılan Beton Yol”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 26-28 (2009).
3. İnternet: South African National Roads Agency Soc. Ltd., “Rijit ve Esnek Üstyapılarda Meydana Gelen Yük Dağılımları”, https://www.nra.co.za/live/content.php?Item_ID=65 (2017).
4. Yalçın, H. ve Koç, T., “Betonarme Demirlerinin Korozyonu ve Önlenmesi”, CMS Ltd. yayını, Ankara, 85-101 (2004).

Corporation Between the Fire & Rescue Service and Owners: Risk Analyses on the Scenario “Fire in elevator in the princess hall at Frederiksborg Castle”

Kim Lintrup¹

¹ Executive Director - Chief Fire officer (Frederiksborg Brand & Redning, Denmark, klint@fbbr.dk)

Abstract: - In this study the various of emergency management agencies in Denmark will be presented. The first part of the study is focusing on, how the individual agencies are organized and structured. This part of the study will also provide information on, how the individual organization interact and cooperate with other agencies. The second part of the study will provide information on, how the Emergency Management Centre is structured, and how a caller will be transferred to the relevant emergency agency. The third part of the study will presented a risk analyses on the scenario: “Fire in elevator in the princess hall at Frederiksborg Castle”.

Keywords: Emergency Management Agencies, Fire and Rescue Services, Emergency Management.

1. Introduction

Incident management is necessary when an emergency occur, and people or property are in jeopardy. To handle these situations, different guidelines and principles are to make the cooperation optimal. One thing important to agree on, is how to define the area of the incident.

1.1. The Combined force of the emergency agencies

To define this, the guidelines are flexible, in meaning, to fit either emergency agency, but still describe similar situations.

The guideline uses tree primary terms: Incident Area, Damage Area and Danger Area. The Incident Area is the hole area where the emergency agencies are operating during an incident.

The Damage Area is the concrete area ore location, where the emergency is specific located. The Danger Area is the specific area where harm can still come to persons operating in this area.

With these terms, the emergency agencies have these following principles to insure best opportunity for a cooperation and a flow of information and good communication.

1.1.2. Principles

1.1.2.1. Sector responsibility principle

This Principle implies that the authority or organization who is responsible for an area under normal conditions, also is responsible for the preventive, preparatory and remedial emergency preparedness for extraordinary events.

1.1.2.2. The principle of equality

This Principle operates with the concept of equality correlating between the incident and the one or several emergency organizations handling the incident. The Goal of the principle is to insure the balance between the incident and the resources the organizations allocate.

1.1.2.3. The subsidiarity principle

Suggests that an incident or any emergency task is handled and solved, as close to the citizen as possible, in an organizational understanding, to keep the complexity and the relevant organizational level as low as possible.

1.1.2.4. Action principle

This principle is to insure, that in situations with either unclear or incomplete information, it is appropriate to set the emergency level a little higher. At the same time, a quick downscaling of the emergency level, should be possible, not to waste resources.

1.1.2.5. The principle of cooperation

Is about insuring that the government and other key persons has the responsibility to corporate and coordinate with other authorities and organizations.

The above principles are based on the authorities' duty to act in situations where one Emergency response is required, including the ability to deviate from standard procedures to ensure sufficient vigor and progress in the effort.

The response management has the competence and the obligation to deviate from standard procedures if special circumstances make it necessary. If necessary, it is important that this is communicated to all emergency responders at all relevant levels.

The emergency response actors also follow several common principles on effective and prioritized use of resources, timely reactions, etc. Each authority is also responsible for coordinating with the rest of the emergency preparedness authorities, etc., in relation to incidents that affect broadly, and incidents, which are more specific to their area. The coordination obligation applies to both relation to superior, secondary and subordinate authorities and others.

Handling larger or more complex events requires consideration of how an authority relates from the moment it is acknowledged to have occurred or is likely to occur that requires senior management and an active effort by the authority. This means that the authorities must have taken a position on the basics in advance conditions such as management, division of responsibilities, notification routines, crisis communication, coordination, right of disposal for major unexpected expenses, cooperation agreements etc. At the same time, authorities and other emergency actors must make clear to what extent they is expected to be included in cross-cutting crisis management forums (at local / regional or at national level) and how they ensure their capacity is present. The authorities' crisis management organization must reflect the risks that society faces.

2. Police

2.1. Responsibility and organization

The National Police Chief has the overall responsibility for performing the police's tasks throughout the country under the responsibility of the Minister of Justice. The national police function as the superior board of the Danish police, while the daily police work is basically taken care of police districts. Denmark is divided into 12 police districts, each headed by a police director.

2.1.1. Strategic level

The Police law (the Law on Police Activities) contains the general provisions on police duties. It is clear from this, among other things, that it is the police's task to prevent and prevent the danger of disturbing public peace and order, as well as the danger to individuals and public security, and that it is the task of the police to prevent criminal offenses and terminate criminal activity and investigate and pursue offenses.

2.1.2. The police districts

The chief of police coordinates the overall effort on major injuries. The coordinating management means that the police must ensure that all functions inside and outside the incident are coordinated in such a way that the overall effort takes place as efficiently as possible. In addition, the police's tasks are to ensure that the other emergency personnel can work undisturbed. At the same time, the police carry out the police investigation focus area. The coordinating management comes after the police decision in case of incidents, requiring action by several authorities, and it is going from a possible planning and preparation phase through the intervention phase until the function ends with reduced emergency preparedness when the actual recovery and reconstruction phase occurs.

2.1.3. Police efforts

2.1.3.1. Coordination of the overall effort

Incident commander police is responsible for ensuring that the overall effort is coordinated according to the Chief of Police's overall priorities and decisions.

In case of major incidents - or after a concrete assessment - a police officer is sent the right educational competencies for the site as Incident commander police. Until Incident commander police arrives at the action area, the best qualified policeman works the place as the police leader.

Exceptionally and in the case of minor incidents, it is the best qualified policeman in first car on the spot that acts as the police leader.

In connection with major events, Incident commander police creates a command post (KST) in the focus area from which the overall effort in the area of action is coordinated. Incident commander police is responsible for coordinating the overall efforts in the field of

intervention.

Prepare and initiate any evacuation in collaboration with the Incident commander from the fire department,

Consider the need for division of the effort area in case of multiple injury sites,

Assess - in cooperation with Incident commander from the fire department - whether an area can be threatened (new danger area if the wind turns),

Determine and secure roads and ambulance routes within the area of intervention,

Establish a possible helicopter landing site,

Designate KST leader and radio / logman,

Determine times for meeting / contact with Incident commander from the fire department,

Incident commander of the prehospital units and other relevant managers,

Delegate the managerial functions in case of major incidents at the catchment area, collection site, etc.

Make necessary guarding and shutdown (inner and outer), including securing Possibly. valuables,

Submit situation reports to the command station (KSN),

Provide assistance for all actors,

Coordinate access for the press in the area of intervention,

Consider the need for the establishment of an evacuation and relatives centre (EPC) in cooperation with the municipal crisis staff (via Incident commander from the fire department), the region's health preparedness or KSN,

Ensure the necessary documentation, eg. in the form of photo / video recordings and

Coordinate logistical measures in the form of catering and toilet facilities for deployed personnel.

3. Fire & Rescue

3.1. Tasks

The primary objective for the local fire and rescue service, is to provide emergency management, whenever injury occurs on people, property or the enjoyment, when an accident or catastrophe occurs. With this, also during terror and war.

The tasks of the municipal rescue services. As mentioned, the municipal emergency preparedness must be able to make a effort against injuries to persons, property and the environment through accidents and disasters, including acts of terror and war.

The municipal emergency preparedness must thus be able to be deployed against accidents such as e.g. fires and explosion accidents, crash accidents, train accidents, aircraft accidents, ship accidents at quays, natural disasters and accidents that can cause spills and spread in the environment of hazardous substances (CBRNE events) on land, in lakes, in streams and in ports. The municipal emergency preparedness must also be able to be deployed in connection with release of jammed at traffic accidents. Furthermore, the municipal rescue services must be able to receive, accommodate and nursing evacuated and other distressed.

Rescue tasks in lakes, marshes, streams and harbours are also part of the tasks for it municipal emergency preparedness. The Emergency Response Act does not require that the municipal rescue preparedness must be able to solve rescue tasks that entail the creation

of a municipal diving preparedness. However, each municipal council may decide to establish such a diving preparedness, which will then be covered by their requirements for diving work.

3.1.1. Technical management of the incident

The incident manager will be responsible for insuring the operation. If the incident manager is not on scene a team leader with sufficient education will be managing the incident. It will be the team leader's responsibility to advise and request an incident manager, when and if, it is necessary.

If the complexity or the scale of the emergency is at a level, where the one fire brigade, is not possible to handle the emergency, it falls to the incident manager to request assistance from additional fire and rescue services, or from the DEMA, the Danish Emergency Management Agency, which will be described later in this chapter.

4. Public health agency (EMS/EMT etc.)

4.1. In general

The health care system includes the hospital emergency services, the pre-hospital effort, the drug preparedness and the preparedness in the primary health sector. Preparedness on the hospitals and pre-hospital work belong to the regions. Both regions and municipalities have tasks in connection with preparedness in the primary health sector and drug preparedness. Psychosocial efforts (social assistance, crisis support and crisis therapy) and preparedness for efforts in connection with CBRNE events are professional sub-elements in the health care system.

The National Board of Health is the sector responsible for the health care and is one board of the Ministry of Health and the Elderly Ministry. At major extraordinary events The National Board of Health also handles the national coordination of the entire health service's efforts and decides on the overall handling of the incident. The National Board of Health advises and advises regions and municipalities on planning health care. The National Board of Health can also advise on health care in a concrete situation and eg. lay down rules for specific handling of infectious diseases.

The pre-hospital effort is the health professional's efforts towards acutely ill, injured and giving birth before arriving at a hospital. This effort aims to Save lives, improve health prospects, reduce pain and other symptoms, shorten the overall disease course and provide care and create security.

4.2. Regional Emergency Medical Services

The region's main tasks in connection with emergency response efforts are to:

Ensure an unambiguous approach to health care through the region's Emergency Medical Coordination Centre (AMK),

Activate the rest of the health preparedness, including the pre-hospital effort, the hospital emergency and the region's crisis staff,

Alert Incident commander from the prehospital department,

Dispatch ambulances, emergency vehicles, emergency vehicles, emergency doctor

helicopter and other health professionals and equipment,
Handle triage, treatment and visitation,
Be able to receive a large number of sick or injured patients on the regions hospitals
Inform and coordinate with neighbouring regions and municipalities in the region;
Expand the capacity of the hospitals, possibly. by extraordinary printing of patients
Activate the psychosocial efforts (crisis support and crisis therapy preparedness).

AMK is responsible for the operational management and coordination of the overall health professional efforts in the region. The region (often represented by AMK) is a permanent member of the local emergency services (LBS) and can, after a concrete assessment, be included in both strategic and operational level.

5. DEMA

5.1. The regional emergency Service (DEMA)

The Danish Emergency Management Agency (DEMA) is by law to assist the municipality Fire & Rescue Service whenever an emergency unfolds to be at a larger scale than expected, takes more time than expected or requires special materials.

DEMA does not only assist the local Fire & Rescue Services. DEMA also provide assistance to a number of government branches like the department of health, The Treasury, The Immigration Office, Danish Veterinary and Food Administration and more.

DEMA is located throughout the country in various positions, making it possible to reach almost every part of the country, with support forces, within an hour. The centres are manned and will send off the first group in the first five minutes after receiving the alarm.

DEMA houses to expert branches in emergency handling of chemical and nuclear incidents. Whit this DEMA also have the capability of handling decontamination of other branches. In case of a large-scale emergency DEMA has a special USAR team (Urban Search and Rescue) to handle rescue of people in these emergencies

6. Case study

6.1. Scenario analyses

Introduction This scenario describes a fire in a FBBR area Hillerød, Frederiksborg Castle and it is one of FBBR's special objects/risks and representative scenarios in work with the Risk Based Dimensioning (RBD) which is as a part of the comprehensive preparedness planning (CPP). A detailed analysis of this scenario has been made and is in the FBBR RBBD-plan 2019 (www.fbbr.dk).

Table 1. Scenario Description

Scenario ID & titel	S21-B: Fire in elevator in the princess hall at Frederiksborg Castle – ABA alarm
Time	July, Monday, 01:45 PM
Location	Frederiksborg Castle, 3400 Hillerød
Distance to nearest fire station	Hillerød: 2,1 km, about 5 minutes away Helsingø: 15,6 km, about 17 min away
Meteorological conditions	Summer evening, bright sky and no wind.
Description of the object	Since the mid-16th century, Danish kings has made use of Frederiksborg Castle as a base for hunting activities and home for the Royal family as well. After the fire in 1859, the castle was rebuilt and transformed into the National museum of history. The main part of the castle consists by three wings, The castle church, the king hall and the princess hall. In the princess hall there has been installed an elevator, one of the latest years. The castle is constructed out of bricks and wood, without any fire armed separations, beyond that the hallways are separated from each other.
Arrival situation	There's fire in an elevator in the princess hall, after closing time. The fire is started in the elevators control room and has spread to the elevator tower and the hallway on 1. Floor and smoke are spread to the 2. Floor, as well.
First respond crew	1 (incident commander) +2 (team leader) +10 (fire fighters) Note: In the drought period the first response team is composed of 1 + 2 + 10 instead of the standard response team composition 1 + 1 + 5 .
Pick-list	ABA_s (Automatically fire detecting and warning system), Frederiksborg Castle
Risk level	High – because of the value of the cultural heritage
Other information	The Scenarios are prepared according to the method explained in FBRR's Risk Based Dimensioning plan, Chapter 3. The respective previous scenarios and capacity analyzes are to find in FBRR's RBD plan 2016, Appendix B.

Table 2. Analyses of Impact

Frequency	Probable > 50 per. year	5					
	Mostly probable 5-50 per. year	4					
	Probable 0,5-5 per. year	3					
	Mostly improbable 0,05-0,5 per. year	2					
	Very improbable <0,05 per. year	1	E & S		P		Pr
	High Risk						
	Medium Risk						
	Low risk						
	People (P)		Insignificant impact	Less injuries/ few persons	More than 5 Injured	few deadly injured/few dead	Many Injured/many dead
	Property (Pr)		< 1.500 €	1.500 - 15.000 €	15.000 - 150.000 €	150.000 – 1. Million €	> 1. Million €
Environment (E)		Insignificant impact	Greater Impact	Risk for permanent damage	Minor lasting damage	Big lasting damage	
Society (S)		No/minor disturbances (Delays in operation < 1 day)	Shorter disturbances (Delays in operation < 1 week)	Significant Disturbances (Delays in on operation > 1 month, firing of employees)	Serious disturbances (Delays in operation > 3 months, loss of customers)	Critical for maintaining of functions. (Termination of business operations)	
Consequence							

Table 3. Analyses of Response Flow

Tasks	Timeline								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Incident commander				1	1	2	2	2	2
Team Leader		1	1	1	2	3	3	3	3
Pump runners		1	1	1	2	3	3	3	3
Pump starting and hose preparing			4	2					
Search and rescue after missing people			2	2	2				
Ladder team				2	2				
Firefighting and property saving					4	14	14 + DEMA + VOLU- NTEERS		
After Extinguishing								14 + DEMA + VOLU- NTERS	
Staffing								VOLU- NTERS	
Reestablishment									14 + DEMA + VOLU- NTERS
total									
Crew members		2	8	9	13	22	22	22	22
Crew members in total		1+1	1+7	1+1+7	1+2+10	2+3+17			
Water consumption [liters/minute]									
Water consumption in total									

Table 4. Description of the Operation

Timeline	Description
T1 (0-5 min)	Alarm goes from the ABA (Automatically fire detecting and warning system)
T2 (5-10 min)	HSE (Quick response unit) arrives and start the pumps and prepare hoses. The employees from the castle announces that there is doubt about whether everyone came out or not. The incident commander receives additional information and requires an incident site leader, a fire engine, a water tender from the fire station in Helsingør, a response unit from the fire station in Frederikssund (includes turntable-ladder and fire engine), and last the supplementary volunteer preparedness team, to fill the firemen's air bottles, saving property and for staffing the fire crew. He also requests BRS (Danish Emergency Management agency = DEMA), also to save property, and to replace the already working firemen with firefighting.
T3 (10-15 min)	The fire engine and turntable-ladder from the fire station in Hillerød arrives, and immediately they start pumps and prepare the hoses. The crew from the HSE, begin to search after missing people with a H/T-hose (H/T = High pressure fire hose).
T4 (15-20 min)	The incident commander arrives. First smoke diver team have found 2 persons on the 2. Floor. The ladder gets prepared in the inner yard of the castle to entry the 2. Floor from the windows and rescue the 2 persons down.
T5 (20-25 min)	The fire engine from the fire station in Helsingør arrives. Smoke diver team 2 and 3 get ready to fight the fire down and to save property. They discover that the fire now has spread to hole 2. Floor.
T6 (25-45 min)	The water tender from the fire station in Helsingør, the response unit from the fire station in Frederikssund and the incident site leader arrives and prepare the equipment. The firefighting and property rescue continue.
T7 (0:45-1:45 time)	The supplementary volunteer preparedness team and BRS (Danish emergency management agency = DEMA) arrives and assist. The firefighting and property rescue continue. The incident commander requires spotlights from the volunteer preparedness team, to light up the site.
T8 (1:45-6:45 time)	After Extinguishing and staffing. Air bottles get filled continuously and when they are needed. The volunteer preparedness team with the spotlights arrives and put lights on the site.
T9 (6:45-7:45 time)	Cleanup and reestablishment

6.2. Prerequisites for the operation

First Responder: Hillerød Fire Station: HSE (Quick response unit) (1+1), response time 5 minutes. Hillerød Fire Station: engine truck (1+3) And Ladder (2), response time 10 minutes. Incident commander, response time 15 minutes. Helsingør Fire Station: engine truck (1+3), response time 20 minutes.







Additional fire units: Helsingør Fire Station: water tender (2), response time 20 minutes. Frederikssund Fire Station: engine truck (1+3) and ladder (2), response time 25 minutes. Incident site leader, response time 30 minutes. The supplementary volunteer preparedness, response time 45 minutes. BRS (DEMA), response time 1 hour and 45 minutes.




Evaluation of Water consumption and supply: Plenty of water.

Table 5. Analyses of Fire Prevention

Prevention initiatives
Existing Prevention: Fire inspection in accordance with the preparedness act/law.
Future prevention: There is already a special focus on fire safety from the Management of Frederiksborg Castle and the Danish Property Agency in the form of fire protection measures.
Comments: Ensure continued dialogue on fire safety with the management of Frederiksborg Castle, company visits by firefighters.

6.3. Conclusion on the operation

People Rescue		Response time, less than 10 minutes
Fire spread		Fire spread
Water supply		Plenty of water
Staff		Adequate crew in the first response
Response time		Response time for the first emergency vehicle is less than 10 minutes.
Leadership		Incident commander is capable to start commanding the actions from his car, while driving to the site. And he arrives 10 minutes after the first response unit (HSE)
Chemistry		Not relevant

-  *Green means that the dimensioning/service level is satisfactory*
-  *Yellow means that the dimensioning/Service level is partially satisfactory*
-  *Red means that the dimensioning/service level isn't satisfactory*

The colour-code is made according to the principles below

The Analyzes is built on the different principles:

- The analyzes are made as objective as possible.
- The assessments and conclusions are made by operative employees in FBBR and are formulated with a knowledge based on operative experiences from past events and with the right technical knowhow. That makes them subjective, but a subjectivity that are commonly for all the members in team RBD (Risk based Dimensioning).

A model implementation: Fire protection practices and competence-based training in historical buildings (protecting people and cultural heritage)

Gazanfer Erbay¹, Salvatore Santuccio², Kasım Yılmaz³, Mateja Gris⁴, Kim Lintrup⁵, Bora Balun⁶, Andrea Marconi⁷, Hüseyin Yavuz Erbil⁸, Gašper Golob⁹, Jimmy Braunschweig Andersen¹⁰, Yılmaz Olcay¹¹

¹ Ph.D. (Karabuk Provincial Disaster and Emergency Directorate, Karbuk, gerbay1966@hotmail.com)

² Assoc. Prof. (Università di Camerino, Scuola di Architettura e Design "E. Vittoria", Italy, salvatore.santuccio@unicam.it)

³ Asst. Prof. (Karabuk University, TOBB Technical Sciences College, kasimyilmaz@karabuk.edu.tr)

⁴ Project Manager at Slovenian Fire Protection Association (Slovenian Fire Protection Association, Slovenia, mateja@szpv.si)

⁵ Executive Director - Chief Fire Officer (Frederiksborg Brand & Redning, Denmark, klint@fbbr.dk)

⁶ Ph.D. Student (Anadolu University, Economics and Administrative Sciences Faculty, Labour Economics and Industrial Relations, Eskisehir, borabalun@hotmail.com)

⁷ Head of Project Office (Università di Camerino, Italy, andrea.marconi@unicam.it)

⁸ Lecture (Karabuk University Safranbolu Vocational School, Architectural Restoration yavuzerbil@karabuk.edu.tr)

⁹ The Secretary General at Slovenian Fire Protection Association (Slovenian Fire Protection Association, Slovenia, info@szpv.si)

¹⁰ Specialist at Fire Officer (Frederiksborg Brand & Redning, Denmark, jiban@fbbr.dk)

¹¹ Survey Engineer (Safranbolu Municipality, Karabuk, yilmazolcay73@hotmail.com)

Abstract: Fire has been a part of our needs in life and we now cannot live without it. It has been of much use now to us since man learned of its potentials and usage. But then again, uncontrollable spread of fire such as in historical building fire will lead to damage of our properties, our cultural heritage and worse, loss of life. Fire safety is a field where fire safety designs were designed for the sake of fire prevention and also whenever there is an event of fire; it functions as to control the spreading of fire and also for safe evacuation of the people. Fire safety engineering plays a significant role in the development of cost-effective fire-safety designs for buildings, manufacturing plants and industrial operations as it can provide a systematic approach to assessing fire safety and minimizing the risks associated with fire.

Historical buildings reflect the state of the art at the time of their construction. Materials were used that are often viewed critically today with regard to fire safety. The biggest challenge is to ensure optimal fire protection of the building structure and the interior (stucco, ceiling and wall paintings, panelling, furniture and chandeliers) as well as the historical artifacts inside a building, without affecting their aesthetic value and historical integrity. Fire safety in all buildings is a critical topic, but fire protection in historical buildings is also of great cultural importance. Fire and the consequential damage can result in monetary losses that run into the tens of millions of Euros and the loss of irreplaceable historical artifacts. Restoring these damaged buildings and items can be very costly and sometimes impossible.

The experts and staff working at Fire Brigade and Disaster and Emergency Unit located in cultural and historical protected cities don't have enough up-to-date knowledge and competencies in terms of Fire Safety Management (Prevention, Preparedness and Response). In this context, competency-based training module is an approach, which ensures that staff becomes competent and remains competent and that experience and changing demands are incorporated in the Fire Safety Management involved.

There is a need to identify and tackle Fire Safety Management in cultural and historical protected cities such as Safranbolu (TR), Frederikssund (DK), Marche (IT) and Ljubljana (SI). In order to decrease the effects of fire accident and irreplaceable historical artifacts, the task is to examine best practices in this area and thereby to develop a professional profile and training modules who can manage together with local policymakers' fire brigades, security and health institutions, VET, education, and emergency and safety concerns.

In particular the main aim of the FireSkills is to create a new profile and develop a Training Modules (EQF level 8) for experts/staff working specific sectors such as Fire Safety, Fire Accident, Security, Health, Emergency, Crisis Management and Firefighting in cultural and historical protected cities. The second main of the FireSkills project is to expand awareness and improved know-how, skills and knowledge of the fire safety management for inhabitants living in cultural and historical protected cities in terms of preparing user guide and organizing training activities. In this study, will given informations about a model implementation developing for these fields, in conjunction with an Erasmus+ project.

Keywords: Cultural And Historical Protected Cities, Fire Safety Management, Fire Protection Practices, Training Modules.

1. Introduction

Europe's and Turkey cultural heritage, both tangible and intangible, are our common wealth – our inheritance from previous generations of Europeans/Turks and our legacy for those to come. It is an irreplaceable repository of knowledge and a valuable resource for economic growth, employment and social cohesion. It enriches the individual lives of hundreds of millions of people, is a source of inspiration for thinkers and artists, and a driver for our cultural and creative industries. Our cultural heritage and the way we preserve and valorise it is a major factor in defining Europe and Turkey's place in the world and its attractiveness as a place to live, work, and visit.

Cultural heritage teach us about the history that happened before we were born and promotes the respect for those who lived in different times and different societies. Cultural heritage enriches the individual lives of citizens, is a driving force for the cultural and creative sectors, and plays a role in creating and enhancing Europe's and Turkey's social capital. For France is known for the Eiffel tower, for Italy the Historic Centre of Siena, Turkey for the Sultan Ahmet or Ayasofya Mosques, Ephesus, Divriği Great Mosque and Hospital and Safranbolu and etc. Historical structures bring character and certain charm to the neighbourhood that people live in.

Historical buildings reflect the state of the art at the time of their construction. Materials were used that are often viewed critically today with regard to fire safety. The biggest challenge is to ensure optimal fire protection of the building structure and the interior (stucco, ceiling and wall paintings, panelling, furniture and chandeliers) as well as the historical artifacts inside a building, without affecting their aesthetic value and historical integrity. Fire safety in all buildings is a critical topic, but fire protection in historical buildings is also of great cultural importance. Fire and the consequential damage can result in monetary losses that run into the tens of millions of Euros and the loss of irreplaceable historical artifacts. Restoring these damaged buildings and items can be very costly and sometimes impossible.

There is no specific training course (competency-based) for experts and staff working at Search& Rescue Services and Fire Brigades located in cultural and historical protected cities. Fire Safety Management in these cities is totally different from the big cities or new built cities and it is totally different in terms of current techniques, using equipment's, competencies and skills.

When considered from this point of view, the experts and staff working at Search& Rescue Services and Fire Brigades working in cultural and historical protected cities like a Safranbolu (TR), Marche (IT) and Ljubljana don't have enough up-to-date knowledge and competencies in terms of Fire Safety Management (Prevention, Preparedness and Response).

In this context, competency-based training module is an approach, which ensures that staff becomes competent and remains competent and that experience and changing demands are incorporated in the Fire Safety Management involved.

On the other hands, people living in historical buildings and inhabiting historical sites/areas/region don't have enough practical knowledge in case of fire and how to take basic precautions as part of fire intervention, fire safety, fire protection and practical fire safety arrangements.

The target group for the FireSkills project is broadly defined because the scope for recruitment is so large. There is a need to identify and tackle Fire Safety Management. In order to decrease the effects of fire accidents, the task is to examine best practices in this area and thereby to develop a professional profile who can manage together with local authorities of fire brigade, security, health, education, emergency and safety concerns. There are two concrete objectives of FireSkills project;

- 1-Training Modules (EQF level 8) for Experts/staff working at Search& Rescue Services and Fire Brigades
- 2-User guide for people living in historical buildings and inhabiting historical sites/areas/region

In this sense, target groups are;

Experts/staff working at Search& Rescue Services and Fire Brigades in Karabük and Safranbolu (TR), Frederikssund (DK) and Ljubljana (SI).

People living in in Safranbolu (TR), Frederikssund (DK), Marche (IT) and Ljubljana (SI). Especially, people living in historical buildings and inhabiting historical sites/areas/region have been targeted.

2. The main concrete outputs of FireSkills project

There are two main concrete outputs of FireSkills project;

- 1-“Training Modules (EQF level 8) for Experts/staff working at Search & Rescue Services and Fire Brigades
- 2-“User guide for people living in historical buildings and inhabiting historical

sites/areas/region”

Apart from the intellectual outputs defined in detailed in related section of application form, the expected results of the FireSkills project are as follows;

A-Network Building: Partners from different countries in this project has come together in order to reach the proposed objectives. Academic staff, experts, public authorities and government officials are have an opportunity to create new contacts enabling further cooperation and initiatives.

B-Development of Institutional Capacity: All partner organizations in project have improved new skills, competences, new methods and have an opportunity to transfer new applications and technologies. All partners have learnt new procedures and methods from each other. Experts and staff who have worked in project activates have an opportunity to increase their knowledge and skills by engaging with the experts and specialists from other partner organizations.

C-Cultural Dialogue: Turkey is a candidate country, which harmonizes its legislation, standards and procedures to the EU acquis, and further getting more and more integrated to the European environment. FireSkills project is provided benefit individuals, institutions, organisations and society as a whole by contributing to growth and ensuring prosperity and social inclusion in Europe and beyond. EU-level partnership of FireSkills project serves opportunity to work together with European counterparts and to share information and experience on search rescue, firefighting, security ,health ,saving cultural heritage & historical buildings and crisis management.

D-Raising Awareness's at Multilingualism: Multilingualism is one of the cornerstones of the European project and a powerful symbol of the EU's aspiration to be united in diversity. Foreign languages have a prominent role among the skills that have help equip people better for the labour market and make the most of available opportunities. In this content, the promotion of language learning and linguistic diversity could be appreciated and valued within the scope of the project activities.

3. Preparation phases of Fire Skills project

3.1. Inventory analysis /current status

Karabük AFAD, Karabük University and Safranbolu Municipality has conducted a inventory analysis to determine the current situation of Safranbolu within the scope of Fire Safety Management (Prevention, Preparedness and Response). Other partners from DK, IT and SI has also conducted an inventory analysis with same aspects in EU and their regions. All partners are prepared a report that document a concrete list of all actual and potential concept Training Modules (EQF level 8) for Experts/staff working at Search & Rescue Services and Fire Brigades and User guide for residents/inhabitants in historical areas/cities/region in terms of Fire Safety Management.

Next step would be to assess the actual and potential local actors' (municipality, university, governmental bodies, NGOs, organizational and institutional) needs via conducting surveys/questionnaires. These studies;

1.1. Questionnaire and Questionnaire Report

1.2. Research and Collecting Data

1.3. EU Best Practices and Know-how Transfer would help to determine the practical needs and daily observations of Fire Safety Management that would be very useful to decide what sort of education/training would bring benefit in developing modules.

3.2. Preparation of the training modules and user guide

One of the concrete outcomes of the project is to develop a Training Modules (EQF level 8) for Experts/staff working at Search & Rescue Services and Fire Brigades that is targeting the improvement of skills, competences, capacity, modern techniques and knowledge about Fire Safety Management. Another concrete outcome of the Fire Skills project is the User guide for residents/inhabitants in historical areas/cities/region. This user guide is included some modules such as preventing fire accidents, compliance with statutory requirements as a minimum, assessing and controlling the fire risks that arise from our daily activities and providing a safe and healthy working and learning environment.

Besides, based on their experiences and expertise, each partner organization would be responsible for developing modules/course materials. Project Executive Team would be responsible for facilitating the information exchange and interactions among partners. During the completion of modules, the required discussions regarding the course contents have been assessed. During this stage, a continuous communication with the partners would be provided in order to include their opinions and benefit from their approaches.

3.3. Web site

A project web-site was been created during the first stage of the project. All partners have involved in defining the structure and contents of the web-site. The web-site would be in each partner countries' native language; and links would be given to each partner's own organizational web-pages. The web-site would be used first in dissemination activities and then later would be upgraded for interactive learning process during pilot training applications.

3.4. National and international meetings

At the beginning of the project, a kick off and announcement meeting was be organized in Karabük, Turkey by the project coordinator to introduce the primary objectives and the scope of the project. Local and national media members would be informed and invited to attend to and publicize the meetings. Foreign and local partners would be share and discuss studies, experience, and progress of project, feedback and evaluation reports during the 3 workshop in Denmark, Italy and Slovenia. The final conference was be held in Karabük, Turkey. The overall evaluation of the project, the results, outcomes and the tangible products of the project would be presented in the conference. The Final Conference would be released to the related universities and public authorities of Turkey.

3.5. Dissemination and exploitation activities

At the beginning of the project, a kick off and announcement meeting would be organized

in Turkey by the project coordinator to introduce the primary objectives and the scope of the project. Local and national media members would be informed and invited to attend to and publicize the meetings. A project web-site would be created to promote the project. The web-site has been the main dissemination channel to inform partners and outside users about project details. All project products produced during the different phases of the project would be publicized in the web-site. Brochures, booklets and leaflets would be printed. These materials have been sent to partners to spread information about the project to wider audiences.

4. Results

The fireskill project has contributed to facilitate a policy level national dialogue on issues and challenges in the area of fire risk management at various levels in the country by assessing the current status of prevention, preparedness, and management for fire events in the country, identify the gaps and develop a plan of action for implementation of the national policies and the guidelines for fire management. The fireskill project also has put impact on the adaptation, further development and transfer of existing innovative training curricula for fire safety, prevention and preparedness guidebook for staff, expert and workers. Fire Protection Practices and Competence-Based Training in Historical Buildings (Protecting People and Cultural Heritage) (final output) includes work-based training in all vocational courses: practical training carried out within the testing phase allowed participants to gain work-related competences ensuring a higher transfer of their expertise.

At present, various ministries and institutions are involved in Fire Safety Management. At the national level National Disaster Management Authority, Ministry of Environment and Forest, Ministry of Home Affairs, etc. are involved with the process. But unfortunately, there is no Fire Safety Management training modules for experts/staff working at Fire & Rescue Services and Fire Brigades in cultural and historical protected cities aiming to ensure that the occurrence of fire are minimised the risk of destruction of cultural heritage. Fire and the consequential damage can result in monetary losses that run into the tens of millions of Euros and the loss of irreplaceable historical artifacts. Restoring these damaged buildings and items can be very costly and sometimes impossible. There is no special prepared tool/educational materials for research & rescue team and fire brigade working in cultural heritage area and cities having historical buildings. Before fire and in case of fire, measurements, technics, action plan and competencies should be clarified and classified. In this sense, FireSkills project is innovative Training Modules (EQF level 8) for Experts/staff working at Search & Rescue Services and Fire Brigades and development of user guide for people living in historical buildings and inhabiting historical sites/areas/region.

Fire safety in all buildings is a critical topic, but fire protection in historical buildings is also of great cultural importance. Considering the very high rate of touristic destination, plenty of historical buildings and artifacts belonging to cultural heritage in Safranbolu, Karabük, these user guides will contribute to achieving a low frequency of major accidents and to identify and tackle fire accident prevention, preparedness and response.

In this regard, The impact on the the participants and participating organisations involved in the project was; 1-The improvement the effectiveness of the institutions offering education on the search and rescue works and increasing the strategic partnership between

among universities, SMEs, companies, research and development centres and other stakeholders within the scope of the fire safety management, 2-Increasing partner countries' understanding of issues related to fire safety, prevention and preparedness, 3-Improving the capacity of relevant institutions, agencies and experts to address the risks of fire safety across EU and Turkey, 4-Helping partner countries to develop and implement an appropriate fire safety, prevention and preparedness guidebook within the scope of the EQF.

Acknowledgment

The authors would like to thank their institutions, Karabük Provincial Disaster and Emergency Directorate, Karabuk University, Safranbolu Municipality, Unicam University, Frederiksbesreorg Brand & Redning, Slovenian Fire Protection Association. They also express their special appreciation to European Commission, for funding the Erasmus KA2 Project (2017-1-TR01-KA202-045607).

References

- [1] Fire Protection Practices and Competence-Based Training in Historical Buildings (Protecting People and Cultural Heritage), 2017-1-TR01-KA202-045607.

Trabzon İlinde 2016 Ocak – 2019 Ağustos Tarihleri Arasında AFAD Tarafından Raporlanan Yangınlar Hakkında Çeşitli İstatistiksel Analizler

Some Statistics Analysis on Fire Disaster Reported by AFAD from January 2016 to August 2019 in Trabzon Province

Dr. Muhammet ÇELİK¹, Ülkü BİNLER², Ercan OSMANOĞLU³

¹ Trabzon AFAD, İnşaat Yük. Müh. Trabzon, Türkiye muhammetcelik@ktu.edu.tr

² Trabzon AFAD, Jeofizik Yük. Müh. Trabzon, Türkiye ulku.binler@afad.gov.tr

³ Trabzon AFAD Jeofizik Müh. Trabzon, Türkiye ercan.osmanoglu@afad.gov.tr

Özet Yangın çeşitli boyutlarda yaşanan, can ve mal kaybına neden olan bir afet türüdür. Yangınlarda konutları yanan vatandaşlar başka ikamet adresleri olmadığında, ikamet edecek yer bulma sıkıntısı yaşamaktadır. Açıkta kalan vatandaşların acil ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından vatandaşlara acil yardım ödeneği gönderilmektedir. Bu yardımlardan faydalanabilmek için AFAD İl Müdürlükleri tarafından rapor düzenlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada 2016 Ocak ayından 2019 Ağustos ayına kadar düzenlenen raporlardan elde edilen veriler hazırlanmıştır. Hazırlanan verilerde değerlendirilmiş ve çeşitli istatistik bilgisi ile yangın afeti hakkında daha detaylı bilgi sahibi olunması amaçlanmıştır. İleride yangınları engellemek için yapılacak çalışmalarda bu tarz istatistik bilgilerinin faydası olacağı düşünüldüğünden bu bilgiler titizlikle yorumlanmıştır.

Abstract Fire is a type of disaster that can cause loss of life and property. The citizens whose houses damaged by fire when there are no other residency addresses, they have difficulty with finding accommodation. Disaster and Emergency Management Presidency sends emergency aid to citizens in order to meet the urgent needs of exposed citizens. In order to benefit from these aids, reports should be prepared by AFAD Provincial Directorates. In this study, the data obtained from the reports prepared from January 2016 to August 2019 were prepared. It was evaluated in the prepared data and aimed to have more detailed information about fire disaster with various statistical information. Since this kind of statistical information is thought to be useful in future studies to prevent fires hazards, this information has been interpreted meticulously.

1. Giriş

Afet, insanların doğal yaşam düzenlerinin dışarıdan yardım gerektirecek kadar bozarak can ve mal kayıplarına neden olan çevresel olaylara denir [1]. Afet türleri insan kaynaklı afetler ve doğal afetler olarak ikiye ayrılmaktadır. Yangın afeti insan kaynaklı bir afettir [2]. Afetler zamanı belli olmayan olaylar olduğundan sürekli hazır olmak gerekir, bu hazırlıklar öncelikle arama kurtarma daha sonra ise insanların temel ihtiyaçlarını karşılayacak yardımların yapılması şeklindedir [3]. Ülkemizde çeşitli tarihlerde meydana gelen afetler sonucu afetzedelerin temel ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığından 7269/1051 sayılı Afetler Yasası kapsamında “afet ve acil durum faaliyetleri” ödeneği talep edilmektedir [4]. Bu kapsamda yapılacak iş ve işlemler Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı’nın Acil Yardım talebi ve harcanması ile ilgili ödenek talepleri ve usulleri hakkında 20.06.2016 tarih ve 59259163-010.06.02 sayılı 2016/3 Nolu genelge ile düzenlenmiştir [5].

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı’nın 2016/3 Genelgesinin “Acil Yardım Talepleri ile ilgili yapılacak iş ve işlemler ve dikkate alınacak hususlar başlığı altındaki 7.maddesinde; acil yardımların yaşanan afet ve acil durum sonrası, bozulan günlük hayatın normale dönüştürülmesi için yapılması gerektiği, genel hayata etkili olmayan bireysel mağduriyetten kaynaklanan taleplerin yıkık veya ağır hasarlı konut hariç Başkanlığa bildirilmemesi gerektiği belirtilmiştir.

İl Afet ve Acil Durum Müdürlüklerince acil yardım ödenekleri deprem, sel/su baskını, heyelan, fırtına, kaya düşmesi ve yangın afetinde açıkta kalan vatandaşların acil ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla her yıl Başkanlıkça tespit edilecek miktarlar oranında, hasar durumuna göre talep edilmektedir. Bu çalışma kapsamında afet olayından hasar gören yapılarda İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personelleri tarafından inceleme yapıldıktan sonra konu hakkında Afet etkisi belirleme formu doldurulmaktadır. Yangın afeti çalışmalarında teknik personeller genel olarak binanın yapısal hasarlarını incelemekte, yangında yanan yapı ve eşyaları fotoğraflamaktadır. Daha sonra rapora dökerek eklerine itfaiye raporu ve emniyet güçleri tarafından hazırlanan raporu da ekleyerek İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığından, açıkta kalan vatandaşların acil ihtiyaçları için ödenek talep etmektedir.

Yangın sonrası oluşan hasarın incelenmesi, detaylı bir teknik konudur. Hatta bu konuda Afet Acil Durum Yönetimi Başkanlığı 2010 yılında 521365 sayılı ihale ile “Hasar Tespit Sisteminin İyileştirilmesi Projesi ile Betonarme ve Yığma Binalar İçin Hasar Tespit Formu Geliştirmesi Projesi” dâhilinde yangın hasarları hakkında hasar tespit çalışmaları için yeni formlar geliştirmiş, bu formların kullanımını anlatılması için 2010K140130 numara ile el kitapları hazırlamıştır. Ancak yapılan çalışmaların ivediliği, genellikle yangınların bir veya birkaç konutu etkiliyor olması ve benzeri nedenler bu formlar ile hasar tespit değerlendirilmesinin yapılması ihtiyacını şimdiye kadar gerektirmemiştir. Bu formlarda yangın hasarı binanın yığma veya betonarme olmasına göre değerlendirilmektedir. Hazırlanan el kitabında değerlendirme hakkında şu bilgiler bulunmaktadır;

- Hasar tespit formu en fazla hasar görmüş kata göre düzenlenir.
- Binanın etrafı hızla dolaşarak tehlike devam edip etmediği kontrol edilir.
- Binanın ilk önce idari bilgileri girilir. (Kaç kat olduğu, bitişik nizam olup olmadığı vs.)
- Binaya ait mimari veya statik proje varsa incelenir.

- Afetzedelerin bilgileri toplanır.
- Taşıyıcı sistemde oluşan hasarlar incelenir. En ağır hasarı alan taşıyıcı sistem belirlenir.
- Hasar düzeyinin belirlenebilmesi için beton yüzeyinde oluşan renk değişimleri, donatılarda oluşan değişimler, yapısal elemanlarda oluşan çatlaklar ve son olarak beton örtüsünde düşme olup olmadığı incelenir.
- Yangınla ilgili diğer can ve mal kaybı değerlendirilir [6].

Hasar değerlendirilmesinin teferruatla yapılmasının uygun olmasıyla beraber, hasardan etkilenen konutların genellikle diğer afetlere göre az olması ve olayın daha genel değerlendirilmesinin istenilmesi nedeniyle basit gözlemsel değerlendirmeler ile yapısal hasarlar incelenmektedir. Aşağıda Şekil 1-4’de hasarları incelenmiş konutların örnekleri görülmektedir.



Şekil 1. Araklı İlçesi Turanlı Mahallesi’nde çıkan yangın sonucu kullanılmaz hale gelen konut.



Şekil 2. Düzköy İlçesi Çalköy Mahallesi’nde çıkan yangın sonucu kullanılmaz hale gelen konut.



Şekil 3. Yomra İlçesi, Sancak Mahallesi'nde çıkan yangın sonucu kullanılmaz hale gelen konut.



Şekil 4. Sürmene İlçesi, Soğuksu Mahallesi'nde çıkan yangın sonucu kullanılmaz hale gelen konut.

2. Kapsam ve Çalışmalar

Bu çalışma kapsamında Trabzon İlinde 2016 yılı Ocak ayından 2019 Yılı Ağustos ayına kadar olan yangın ile ilgili hasar tespit formları ve raporlar değerlendirilmiş ve tablo haline getirilmiştir. Tabloda elde edilen veriler ile çeşitli istatistikler çıkarılmıştır. İl Afet Acil Durum Müdürlüklerine yangın ihbarları telefon veya dilekçe ile gelmektedir. Bu ihbarlar doğrultusunda vakanın yaşandığı mevkiye gidilmektedir. Ancak bütün yangın vakalarının ihbarları vatandaşların İl Afet ve Acil Durum Müdürlüklerine başvuru yapmayı bilmemesi nedeniyle Müdürlüğe gelmemektedir. Bu durum aşağıda verilen tablonun aslında Trabzon İlinde olan bütün yangınları kapsamadığını göstermektedir. Ancak istatistik bilgilerinin birbiri ile karşılaştırılabilecek kadar verinin toplandığı düşünülmüştür. Bu nedenle değerlendirme yapılmıştır. Tablo iki parçadan oluşmaktadır. İlk önce yangın hakkında bilgiler verilmiştir. Buna göre yangının olduğu ilçe ve mahalle bilgisi verilmiş olup ardından tarih ve yangın nedeninden bahsedilmiştir. Tablonun ikinci kısmında ise yapı ve hasar bilgisinden bahsedilmiştir. Bu kısımda yapı türü kaç yapının etkilendiği hasar miktarı gelen/talep edilen yardım miktarı ve ölü/yaralı sayıları bilgileri verilmiştir. Tablo verileri

değerlendirilerek Trabzon İlinde yangın afetiyle ilgili çeşitli istatistik bilgisine ulaşılması amaçlanmıştır. Böylece ileride afet önleyici tedbirler çerçevesinde yapılacak çalışmalara ışık tutulması hedeflenmiştir.

3. İrdelemeler Bulgular

Çalışma kapsamında elde edilen veriler aşağıda Tablo 1’de detaylı olarak verilmiştir. Çalışma kapsamında sadece Afet Acil Durum Müdürlüğünde raporu tutulan yangın vakaları verilmiştir. İl genelinde yangınların tümü bu kapsamda değerlendirilememiştir. İl Afet Acil Durum Müdürlüğü tarafından yapılan yardımın halk tarafından bilinmiyor olması, raporlanma süresinin 15 gün gibi kısıtlı bir süre olması (2016/3 nolu Genelge gereği yangından sonra 15 gün geçmesi durumunda yardım talep edilememektedir) ve genellikle konutlara yardım geliyor olması nedeniyle iş yeri yangınları hakkında İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğüne başvuru yapılmaması (şimdiye kadar konut dışında yardım yapılmamıştır), bu çalışmada Trabzon ili sınırları içerisinde tüm yangın olaylarının değerlendirilememesini açıklamaktadır. Ayrıca 2016/3 Genelge gereği AFAD yangına uğrayan konutun tek konut olması durumunda hasarlı veya yıkık evlere yardım yapılmasını gerektirdiğinden bu durum küçük yangınlarda AFAD’a başvuruları engellemiştir. Bu nedenle İl genelinde yaşanan yangın afetlerinin oldukça düşük miktarı ihbarı AFAD’a gelmekte ve bu ihbarlar doğrultusunda raporlar hazırlanmaktadır. Buna göre AFAD tarafından hazırlanmış raporların özetleri aşağıda tabloda verilmiştir; Tablo 1. Trabzon İlinde Ocak 2016- Ağustos 2019 tarihleri arası AFAD tarafından raporu tutulan yangınlar;

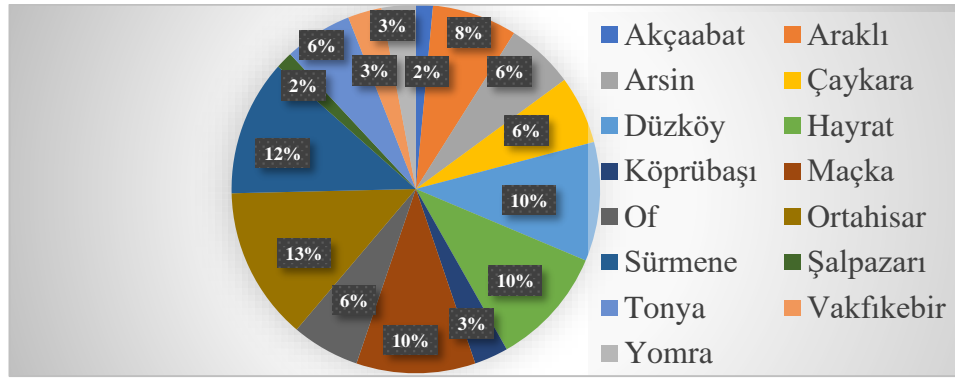
Tablo.1 Trabzon Afad tarafından tutulan raporlar da elde edilen veriler.

Yangının				Yapının	Binanın	Binanın Hasar
İlçesi	Mevki	Nedeni	Tarihi	Kullanım Amacı	Yapı Türü	Durumu
Tonya	Çayırçı	Belirsiz	2019 Ocak	Konut	Yığma	Ağır Hasarlı
Düzköy	Aykut	Belirsiz	2019 Ocak	Konut	Bilgi Yok	Yıkık
Akçaabat	Doğanköy	Elektrik Kontakı	2019 Ocak	Konut	Yığma	Yıkık
Düzköy	Çalköy	Elektrik Kontakı	2019 Şubat	2 Konut	Yığma	Yıkık
Araklı	Turnalı	Elektrik Kontakı	2019 Mart	Konut	Yığma	Yıkık
Sürmene	Çarşı Mah.	Belirsiz	2019 Mart	10 Konut	Bilgi Yok	Az Hasarlı
Tonya	Sayraç	Belirsiz	2019 Mart	Konut	Bilgi Yok	Ağır Hasarlı
Sürmene	Soğuksu	Belirsiz	2019 Nisan	Konut	Yığma	Yıkık
Çaykara	Eğridere	Belirsiz	2019 Nisan	Konut	Bilgi Yok	Ağır Hasar
Araklı	Türkeli	Belirsiz	2019 Mayıs	Konut	Bilgi Yok	Ağır Hasar
Araklı	Yolgören	Elektrik Kontakı	2019 Mayıs	Konut	Yığma	Yıkık
Arsin	Güneyce	Elektrik Kontakı	2019 Temmuz	Konut	Betonarme	Yıkık
Arsin	Fatih	Belirsiz	2019 Haziran	Konut	Bilgi Yok	Ağır Hasar
Maçka	Gülgenağaç	Soba Bacası	2019 Şubat	Konut	Betonarme	Az Hasarlı
Arsin	Yeşiltepe	Soba Kıvılcımı	2018 Şubat	Konut	Betonarme	Orta hasar
Ortahisar	Boztepe	Elektrik Kontakı	2018 Mart	Konut	Yığma	Ağır Hasar
Ortahisar	Değirmendere	Elektrik Kontakı	2018 Haziran	2 Konut	Betonarme	Ağır Hasar
Düzköy	Çalköy	Soba Kıvılcımı	2018 Nisan	Konut	Betonarme	Ağır Hasar
Hayrat	Kılavuzköy	Elektrik Kontakı	2018 Mayıs	Konut	Betonarme	Az Hasar
Maçka	Yukarıköy	Elektrik Kontakı	2018 Mayıs	Konut	Yığma	Ağır Hasar
Ortahisar	Gazipaşa	Elektrik Kontakı	2018 Ekim	Konut	Betonarme	Az Hasar
Şalpaazarı	Doğancı	Elektrik Kontakı	2018 Kasım	2 Konut	Yığma	Az Hasar
Vakıfkebir	Güney	Elektrik Kontakı	2018 Eylül	Konut	Yığma	Yıkık
Yomra	Sancak	Soba Kıvılcımı	2018 Ekim	Konut	Betonarme	Ağır Hasar
Of	Cumapazarı	Belirsiz	2018 Nisan	2 Konut	Betonarme	Ağır Hasar
Köprübaşı	Fidanlı	Belirsiz	2018 Mayıs	2 Konut	Yığma	Yıkık
Hayrat	Geçitli	Belirsiz	2018 Eylül	2 Konut	Yığma	Ağır Hasar
Tonya	Kalınçam	Belirsiz	2018 Eylül	2 Konut	Yığma	Az Hasar
Ortahisar	İnönü	Elektrik Kontakı	2018 Aralık	Konut	Betonarme	Az Hasar
Sürmene	Dirlik Mah.	Soba Kıvılcımı	2017 Kasım	Konut	Yığma	Yıkık
Araklı	Erenler	Elektrik Kontakı	2017 Aralık	Konut	Yığma	Orta Hasar
Arsin	Gölgelik Mah.	Elektrik Kontakı	2017 Temmuz	Konut	Yığma	Yıkık
Hayrat	Gülderen	Belirsiz	2017 Ağustos	Depo	Yığma	Yıkık

Maçka	Bakırcılar	Belirsiz	2017 Mayıs	3 Konut	Yıgma	Yıkık
Maçka	Yukarıköy	Elektrik Konağı	2017 Temmuz	Konut	Yıgma	Yıkık
Sürmene	Petekli	Elektrik Konağı	2017 Nisan	Konut	Yıgma	Yıkık
Hayrat	Pınarca	Elektrik Konağı	2017 Temmuz	Konut	Yıgma	Yıkık
Tonya	Yenimahalle	Elektrik Konağı	2017 Kasım	Konut	Yıgma	Yıkık
Vakıfkebir	Ballı	Elektrik Konağı	2017 Ekim	Konut	Betonarme	Ağır Hasarlı
Yomra	Sancak	Elektrik Konağı	2017 Aralık	Konut	Betonarme	Ağır Hasarlı
Hayrat	Cumhuriyet	Elektrik Konağı	2017 Nisan	Konut	Betonarme	Ağır Hasarlı
Maçka	Çayırılar	Elektrik Konağı	2017 Mayıs	Konut	Yıgma	Yıkık
Maçka	Ormanüstü	Elektrik Konağı	2017 Mayıs	Konut	Yıgma	Ağır Hasar
Sürmene	Çimenli	Elektrik Konağı	2017 Mayıs	Konut	Yıgma	Ağır Hasar
Hayrat	Köyceğiz	Belirsiz	2017 Mart	2 Konut	Yıgma	Ağır Hasar
Ortahisar	Toklu	Belirsiz	2017 Haziran	Konut	Betonarme	Ağır Hasar
Sürmene	Petekli	Elektrik Konağı	2017 Haziran	Konut	Betonarme	Ağır Hasar
Düzköy	Büyükmahalle	Elektrik Konağı	2017 Mayıs	Konut	Yıgma	Ağır Hasar
Maçka	Ormanüstü	Belirsiz	2017 Haziran	Depo	Yıgma	Yıkık
Düzköy	Yenimahalle	Elektrik Konağı	2017 Ağustos	Konut	Yıgma	Ağır hasar
Of	Erenköy	Elektrik Konağı	2017 Eylül	Konut	Yıgma	Ağır Hasar
Çaykara	Yukarıkumlu	Belirsiz	2016 Ocak	2 Konut	Bilgi Yok	Az Hasarlı
Hayrat	Şehitli	Soba	2016 Şubat	3 Konut	Yıgma	Yıkık
Ortahisar	Çukurçayır	Elektrik Konağı	2016 Mart	40 Konut	Betonarme	Az Hasarlı
Ortahisar	Çukurçayır	Elektrik Konağı	2016 Haziran	7 Konut	Bilgi Yok	Az Hasarlı
Köprübaşı	Beşkoy	Elektrik Konağı	2016 Haziran	Konut	Yıgma	Ağır Hasarlı
Çaykara	Maraşlı	Belirsiz	2016 Temmuz	Konut	Bilgi Yok	Ağır Hasarlı
Of	Yazlık	Belirsiz	2016 Ağustos	2 Konut	Bilgi Yok	Ağır Hasarlı
Sürmene	Balıkli	Belirsiz	2016 Ağustos	Konut	Bilgi Yok	Ağır Hasarlı
Sürmene	Balıkli	Belirsiz	2016 Ekim	Konut	Bilgi Yok	Ağır Hasarlı
Araklı	Pervane	Elektrik Konağı	2016 Kasım	Konut	Yıgma	Yıkık
Ortahisar	Boztepe	Belirsiz	2016 Kasım	Konut	Bilgi Yok	Az Hasarlı
Düzköy	Çayırbağ	Belirsiz	2016 Kasım	Konut	Bilgi Yok	Az Hasarlı
Düzköy	Gülgendağ	Elektrik Konağı	2016 Haziran	3 Konut	Yıgma	Yıkık
Çaykara	Kabataş	Elektrik Konağı	2016 Nisan	Konut	Yıgma	Yıkık
Ortahisar	Gazipaşa	Elektrik Konağı	2016 Şubat	Konut	Yıgma	Ağır Hasar
Of	Çataldere	Yıldırım Düşmesi	2016 Haziran	Konut	Yıgma	Az Hasar

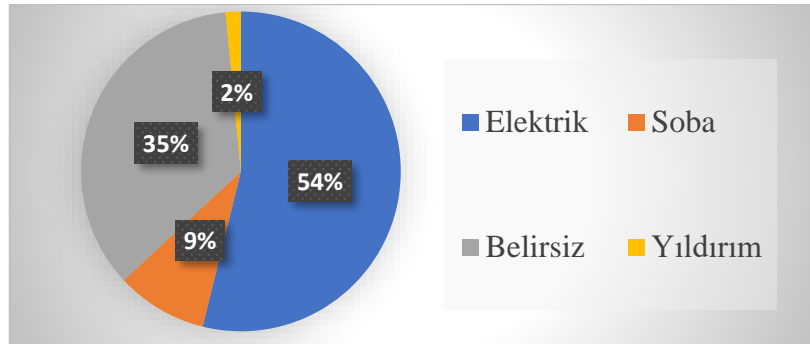
Tablo dikkatlice incelendiğinde şu sonuçlar elde edilmektedir;

- 2019 yılında şimdiye kadar 14, 2018 yılında 15, 2017 yılında 22 ve 2016 yılında ise 15 ihbar raporlanmıştır. Bu rakamlar şehirde olan yangınlardan oldukça azdır. Örneğin 2018 yılında Trabzon Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı raporlarına göre toplam 588 konut etkilenmişken Trabzon AFAD 15 İhbarda 21 Konutun etkilendiğini tespit etmiştir. Yani il genelinde çıkan konut yangınlarının %3,57'si AFAD tarafından raporlanmaktadır.
- Yangınların ilçelere göre dağılımları Şekil 5'de görüldüğü gibi olmuştur; Bu dağılıma göre en fazla yangın olayının en kalabalık nüfusa sahip ilçelerden Ortahisar ve Sürmene İlçelerinde (%13) olduğu görülmektedir. Bu ilçeleri kırsalda bulunan iki ilçe Düzköy ve Hayrat takip etmektedir. Merkezi ve kalabalık İlçelerde yangın verisinin çok olması, ihbar bilincinin daha çok olması veya çeşitli kaynaklardan ihbarın ulaşabilmesi nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Kırsalda bulunan ilçelerde yangın verisinin bu denli olması ise, yöresel inşaat tipi, ulaşım zorluğu ve yangın nedenlerinden oluştuğu tahmin edilmektedir. Soba kullanımı sırasında daha çok önlem alınması ve elektrik tesisatlarında belirli düzenlemeler bu yangınların oldukça azaltacaktır.



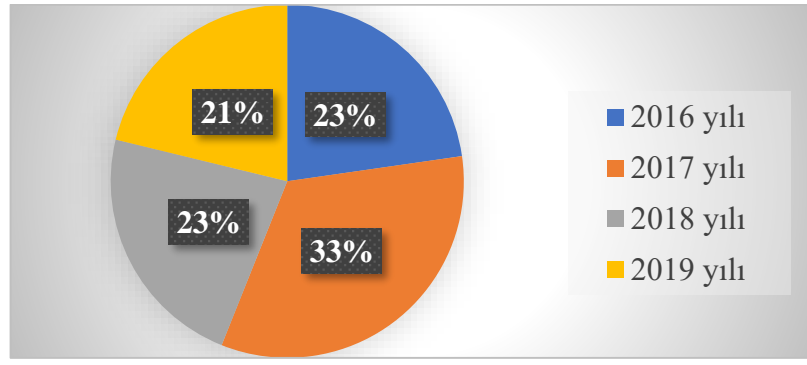
Şekil 5. Trabzon AFAD tarafından raporlanan yangınların ilçelere göre dağılımları.

- Şekil 6'da verilen dağılımlarda görüldüğü gibi yangın çıkış nedenlerinin büyük bir kısmı (%35) raporlarda verilmemiştir. Yangın nedeni bilinen vakalarda ise en fazla elektrik kontağı nedeniyle (%54) yangın çıktığı tespit edilmiştir. Soba vakaları tamamı eski köy olan mahallelerde rastlanmıştır. Toplam yangın oranının %9'u soba nedeniyle çıkmıştır. 1 vakanın ise yıldırımdan kaynaklanmış olduğu tespit edilmiştir. Bölgenin sık yağışlı bir bölge olması yıldırım nedeniyle yangın çıkma vakalara rastlanma ihtimalini yükseltmektedir. Elektrik kontağı, özellikle bölge genelinde İl İlçe Merkezleri (eski mücavir alanlar) dışında çok sık rastlanan bir sıkıntıdır. Elektrik sistemlerine aşırı yüklenme (konutlarda bulunan sistemlerin eski ve yetersiz olması) veya elektrik gerilimlerinde olan dalgalanma yangınlara sebebiyet verdiğinden önlem alınması gerekmektedir [7].



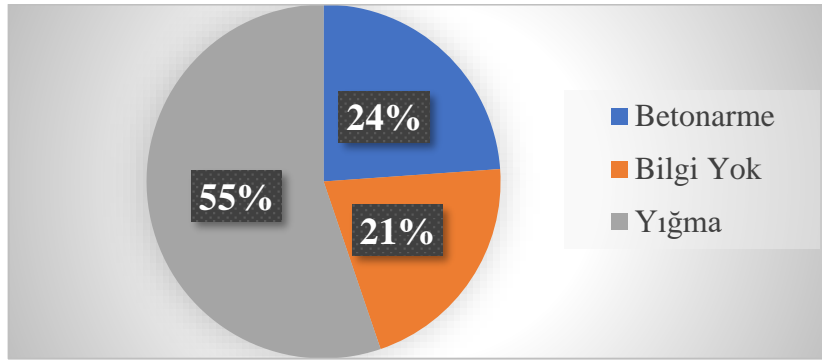
Şekil 6. Trabzon AFAD tarafından raporlanan yangınların çıkma nedenleri.

- İhbarlar incelendiğinde en fazla yangının 2017 yılında (%33) raporlandığı görülmüştür (2019 yılı daha bitmemiş hali ile değerlendirildiğinde). Diğer yıllarda Şekil 7'de görüldüğü gibi birbirine yakın oranlarda (%21-23) yangınlar tespit edilmiştir.



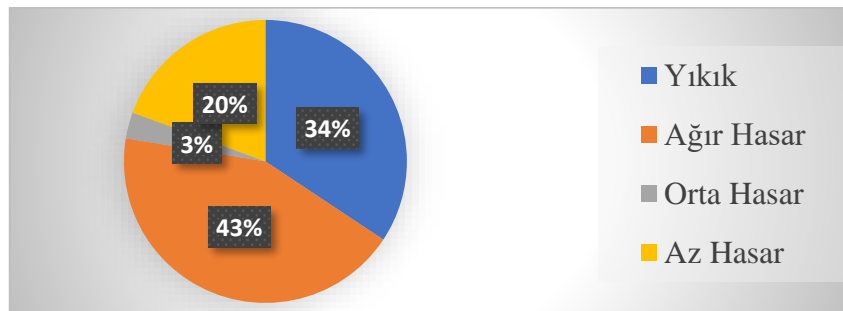
Şekil 7. Trabzon AFAD tarafından raporlanan yangınların yıllara göre dağılımları.

- 67 yangın vakasında 133 konut 2 depo raporlanmıştır.
- Yangınların yapı türleri incelendiğinde Şekil 8’de görüldüğü gibi en fazla görülen yapı türü yığma yapı olduğu tespit edilmiştir. Yığma yapıların bölgesel mimariye uygun horasan tipi ahşap taş karışık yapılarda olduğu hesaba katıldığında bu tarz yapılarda kullanılan malzemenin yanmaya daha elverişli olduğu düşünülmektedir.



Şekil 8. Trabzon AFAD tarafından raporlanan yangınlarda yapı tiplerinin dağılımları.

- Yangın nedeniyle yapılarda oluşan hasarlar gözlemsel olarak incelendiğinde, Şekil 9’da dağılımlar incelendiğinde %43 Ağır Hasar, %34 ‘ü yıkık %20 Az hasarlı ve %3’ü Orta hasarlı olduğu görülmektedir. Az hasarlı gösterilen evlerde genelde evin içinde eşyaların yanmış olması yeterli görülmekte sadece yapının taşıyıcı sisteminde hasar olmasa bile az hasarlı diye rapor tutulmaktadır. Yıkık olarak tespit edilmiş bütün yapıların tamamı yığma yapılar olduğu görülmüştür.



Şekil 9. Trabzon AFAD tarafından raporlanan yangınlarda hasar oranlarının dağılımları

4. Sonuçlar ve Öneriler

Çalışma kapsamında yangın afeti vakaları incelendiğinde neredeyse bütün ilçelerde yangın vakasının yaşandığı ancak konut yangını vakalarının ancak %3,57 gibi çok az kısmı AFAD'a ihbar edildiği tespit edilmiştir. Bu durumda birçok vatandaş mağdur olduğu görülmüştür. Elektrik kontağı ve soba yangınlarının, nedeni bilinen yangınların neredeyse tamamını oluşturmaktadır. Bu durumda yangın afetinden korunmak için bu iki hususta çalışma yapılması ve vatandaşların bilgilendirilmesi yangın afetinin daha az olmasını sağlayacaktır. Yıllara göre yangın afeti sayıları birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Yangın afeti yaşanan konutların %77'si kullanılmaz halde yani yıkık veya ağır hasarlı olduğu görülmüştür. Afet kapsamında ihbar edilen yangınların genellikle bu tarz yangınlar olduğu için böyle bir istatistik çıktığı anlaşılmaktadır.

Bu çalışma göstermiştir ki, bilgilendirme ile AFAD kapsamında yardımın daha çok vatandaşa ulaştırılması gerektiği yine bilgilendirme broşürleri ile yangın çıkma nedenleri ve alınacak önlemler vatandaşlara anlatılmasının bu afeti önleyecek tedbir olacağı görülmüştür. Yapı malzemeleri, ısınma gereçleri, elektrik tesisatları gibi hususlarda iyileştirme yapılması durumunda da afetin kısmen engellenebileceği anlaşılmaktadır. Afet Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından yayınlanan Afet Yönetimi Sözlüğünde acil yardım ödeneğinin tanımı "*Afet, acil durum ve korunma konularında hazırlık, müdahale ve iyileştirme çalışmalarında yapılacak harcamaları karşılamak üzere özel hesaplara konulan ödenek.*" olarak verilmektedir [8]. Yangın vakalarında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın acil yardım talebi ve harcanması ile ilgili ödenek talepleri ve usulleri hakkında 20.06.2016 tarih ve 59259163-010.06.02 sayılı 2016/3 Nolu genelge gereği konutlardaki hasarların yapısal olarak değerlendirilmesi belirtilmiştir bu durum acil yardım ödeneği tanımına uymamaktadır. Zira konutlarda ağır hasar olmasa bile vatandaşın kullandığı eşyalar yandığında vatandaş bir süre açıkta kalmakta ancak yardımdan faydalanamamaktadır. Oysa genelgede "*açıkta kalan vatandaşların acil ihtiyaçları için*" ifadesi kullanılmış olmasına rağmen yangın afetlerinde bu ifade dikkate alınmamaktadır. Bu durum büyük mağduriyetler doğurduğu arazi çalışmalarında tespit edilmiştir.

Kaynakça

- [1] Akdur R., "21. Yüzyılda Türkiye", Türkiye Sorunlarına Çözüm Konferansı-3, Ankara Üniversitesi Basımevi, 2000
- [2] Uzunçubuk L., "Doğal Afetlerin Kentsel ve Bölgesel Planlamada Yeri" Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 2009/2 Sayı 101
- [3] Erkal T., Değerliyurt M., "Türkiye'de Afet Yönetimi" Doğu Coğrafya Dergisi Sayı 22, syf. 147-164, Atatürk Üniversitesi, Erzurum 2009.
- [4] Türkiye Cumhuriyeti Anayasası "7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun" Resmi Gazete Tarih : 25/5/1959 Sayı : 10213
- [5] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı "Acil Yardım talebi ve harcanması ile ilgili ödenek talepleri ve usulleri" 20.06.2016 tarih ve 2016/3 Nolu Genelge, 2016
- [6] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı "Sel ve Yangın Afetleri Sonrası Betonarme ve Yiğma Binalar İçin Hasar Tespit Formları Kullanıcı El Kitabı" Aralık 2013
- [7] İstanbul Büyükşehir Belediyesi "Yangın ve Kazalarla Mücadele Eğitim Kitabı" İtfaiye Dairesi Başkanlığı, Bahçelievler İstanbul
- [8] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı "Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü" Kasım, 2014.