

TURK J FOR SCI

e-ISSN: 2618-6616



TURKISH JOURNAL OF FOREST SCIENCE



Volume	Issue	Year
9	1	2025



Turkish Journal of Forest Science

Available online at dergipark.gov.tr/turkjforsci



CORRESPONDING ADDRESS

Kahramanmaraş Sutcu Imam University

Faculty of Forestry

46100 – Kahramanmaraş/TURKEY

Tel: +90 (344) 300-1813

E-mail: tjfseditor@gmail.com

Web: <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjforsci>

This journal is double-blind peer-reviewed and published semi-annually.



Turkish Journal of Forest Science

Available online at dergipark.gov.tr/turkjforsci



OWNER

Prof. Dr. Alptekin YASIM
Kahramanmaraş Sutcu Imam University

EDITOR-IN-CHIEF

Dr. Hasan SERIN, Professor
Forest Industry Department, Kahramanmaraş Sutcu Imam University

CO-EDITOR-IN-CHIEF

Dr. Hakan OGUZ, Professor
Department of Landscape Architecture, Kahramanmaraş Sutcu Imam University

EDITORIAL BOARD

Mustafa ÇİÇEKLER, Associate Professor
mcicekler@ksu.edu.tr
+90 (344) 300-17 46
Forest Industrial Engineering Department
Kahramanmaraş Sutcu Imam University
TURKEY

Emre BABUR, Associate Professor
emrebabur@ksu.edu.tr
+90 (344) 300-1741
Forest Engineering Department
Kahramanmaraş Sutcu Imam University
TURKEY

Sinan KORDON, Assistant Professor
sinankordon@ktu.edu.tr
+90 (344) 300-1821
Department of Landscape Architecture
Kahramanmaraş Sutcu Imam University
TURKEY



ADVISORY BOARD

- Dr. Cengiz ACAR, Professor, Karadeniz Technical University
Dr. Abdullah E. AKAY, Professor, Bursa Technical University
Dr. Mustafa AVCI, Professor, Süleyman Demirel University
Dr. İsmail AYDIN, Professor, Karadeniz Technical University
Dr. Ergün BAYSAL, Professor, Muğla Sıtkı Koçman University
Dr. Suha BERBEROĞLU, Professor, Çukurova University
Dr. Nihat Sami ÇETİN, Professor, Katip Çelebi University
Dr. Andrew G. KLEIN, Professor, Texas A&M University, Texas, USA
Dr. Laurant M. MATUANA, Professor, Michigan State University, Michigan, USA
Dr. Engin NURLU, Professor, Ege University
Dr. Turgay ÖZDEMİR, Professor, Karadeniz Technical University
Dr. Sezgin ÖZDEN, Professor, Çankırı Karatekin University
Dr. Harun PARLAR, Professor, Technical University of Munich
Dr. Sorin POPESCU, Professor, Texas A&M University, Texas, USA
Dr. Yusuf SERENGİL, Professor, İstanbul University
Dr. Ramesh Sivanpillai, Professor, University of Wyoming, Wyoming, USA
Dr. Raghavan SRINIVASAN, Professor, Texas A&M University, Texas, USA
Dr. Salih TERZİOĞLU, Professor, Karadeniz Technical University
Dr. Ramzi TOUCHAN, Professor, University of Arizona, Arizona, USA
Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU, Professor, Artvin Çoruh University
Dr. Adnan UZUN, Professor, Işık University
Dr. Mustafa VAR, Professor, Yıldız Technical University
Dr. Ahmet YEŞİL, Professor, İstanbul University
Dr. Mustafa YILMAZ, Professor, Bursa Technical University



CONTENTS

Research Article

- AN INVESTIGATION OF VISUAL DESIGN CRITERIA OF WOODEN TOYS FOR CHILDREN WITH LEARNING DISABILITIES 1 - 11
Cebirail AÇIK
- PERFORMANCE ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN DIGITIZATION OF LOST CULTURAL HERITAGE: SARAY-I AMIRE 12 - 24
Süleyman Aykutalp ÖZKUYUMCU, Ayşe KALAYCI ÖNAÇ*
- ENDÜSTRİ MİRASININ TURİZM AMAÇLI CANLANDIRILMASI: ISPARTA MİLLET BAHÇESİ 25 - 42
Yasin TEKİN
- KENT PARKLARININ BİYOFİLİK TASARIM PARAMETRELERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ: SAMSUN ÇAKIRLAR PARKI ÖRNEĞİ 43 - 58
Filiz DOĞAN
- ISPARTA İLİ EĞİRDİR İLÇESİNDE GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİNİN İRDELENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA 59 - 74
Beyza SAVA, Candan KUŞ ŞAHİN*, Sezen COŞKUN
- IMPACT OF CEDRUS LIBANI AFFORESTATION ON SOIL CARBON AND NITROGEN STOCKS IN THE UPPER MEDITERRANEAN BASIN 75 - 88
Emre BABUR*, Burak YALÇINTAŞ, Yasin Taha ÜNSAL
- THE OBSERVATIONS ON THE DAMAGE OF *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) FEEDING ON HORSE-CHESTNUT TREES (*Aesculus hippocastanum* L.) IN ESKİŞEHİR 89 - 95
Zeynep ÇİÇEKLİ*, Hakan DEMİRBAĞ, Saliha VOYVOT
- RESEARCH ON THE COLEOPTERA (INSECTA) FAUNA OF KAHRAMANMARAŞ PROVINCE 96 - 121
Elif MERCAN SADIKOĞLU
- CELLULOSE NANOFIBERS (CNF) AND CELLULOSE NANOCRYSTALS (CNC) AS HIGH-PERFORMANCE FILLERS IMPROVING THE MECHANICAL, OPTICAL, AND SURFACE PROPERTIES OF RECYCLED NEWSPAPER 122 - 140
Mustafa ÇİÇEKLER*, Ahmet TUTUŞ



İ DIR ÜNİVERSİTESİ ŞEHİT BÜLENT YURTSEVEN YERLEŞKESİ'NİN 141 - 156
KURAK IL PEYZAJ A ISINDAN DE ERLENDİRİLMESİ
Rıdvan TİK*, Tuncay KAYA

IMPACT OF POPULATION GROWTH AND INDUSTRIAL 157 - 167
PRODUCTION ON THE ECOLOGICAL CRISIS: A PANEL DATA
ANALYSIS OF BRICS-T COUNTRIES
Tu ba KONUK, Zülküf AYDEMİR*, Emre BABUR

ÜNİVERSİTE YERLEŞKELERİ İÇİN İNOVATİF VE SÜRDÜRÜLEBİLİR 168 - 185
MİMARİ ÇÖZÜMLER
Ayşe Bet l G K, Bora BİNGÖL*

DETERMINATION OF USER PREFERENCES FOR THE POTENTIAL 186 - 202
USE OF ATA BOTANICAL GARDEN AS A POST-DISASTER
ASSEMBLY AREA
B őra AKSU*, Hasan YILMAZ

OPTIMIZING FIREFIGHTING EQUIPMENT ALLOCATION IN 203 - 216
BALIKESİR USING 0-1 INTEGER PROGRAMMING
Burcu TEZCAN, Tamer EREN*



AN INVESTIGATION OF VISUAL DESIGN CRITERIA OF WOODEN TOYS FOR CHILDREN WITH LEARNING DISABILITIES

Cebrail AÇIK*

Provincial Directorate of National Education, Kahramanmaraş

*Corresponding author: cebrail46@hotmail.com

Cebrail AÇIK: <https://orcid.org/0000-0002-1094-6946>

Please cite this article as: AÇIK C. (2025) An investigation of visual design criteria of wooden toys for children with learning disabilities, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 1-11.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 6 Temmuz 2023 / Received 6 July 2023

Düzeltilmelerin gelişi 10 Mart 2025 / Received in revised form 10 March 2025

Kabul 12 Mart 2025 / Accepted 12 March 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ABSTRACT: In this study, it was tried to determine whether visual features are effective in the wooden toy preferences of children with educable intellectual disabilities. The dynamics of this study are the fact that cognitive disability have the highest number among the educable disability groups, the use of toys as educational materials in this target group, and the limited academic studies on this type of disability. Three different toy groups were manufactured from pine wood for the study. Each group consists of four toys whose surface treatment is colored in four different ways. These toys are offered periodically to cognitive disability children of different genders, disability rates, and ages. From the data obtained, it was concluded that the gender, and disability rates were significantly effective in the wooden toy color preferences of individuals, still the effect of age differences was insignificant.

Keywords: Wooden toys, visual design, disabled children

ÖĞRENME GÜÇLÜĞÜ OLAN ÇOCUKLAR İÇİN AHŞAP OYUNCAK GÖRSEL TASARIM KRİTERLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET: Bu çalışmada eğitilebilir düzeyde öğrenme güçlüğü bulunan çocukların ahşap oyuncak tercihlerinde görsel özelliklerin etkili olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Öğrenme güçlüğüne sahip çocukların, eğitilebilir engel grupları içinde en fazla sayıya sahip olması, oyuncakların bu hedef kitlede aynı zamanda eğitim materyali olarak da kullanılması ve bu engel türüne yönelik akademik çalışmaların oldukça kısıtlı olması bu çalışmanın dinamiğini oluşturmuştur. Çalışma için çam ağacından üç farklı oyuncak grubu üretilmiştir. Her grup farklı üst yüzey işlemi yapılmış dört çeşit oyuncaktan oluşmaktadır. Bu oyuncaklar periyodik sürelerde farklı cinsiyet, engel oranı ve yaşa sahip bireylerin beğenisine sunulmuştur. El edilen verilerden bireylerin cinsiyet ve engel oranlarının ahşap oyuncak tercihlerinde anlamlı olarak etkili olduğu, ancak yaş farklarının etkisinin anlamsız olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ahşap oyuncak, görsel tasarım, engelli çocuklar

INTRODUCTION

Children with intellectual disabilities are children who differ by two standard deviations from the average compared to their normally developing peers in terms of mental functions, and accordingly have deficiencies or limitations in conceptual, social, and practical adaptation skills, and need special education, and supportive education services. Children with intellectual disabilities who need special education have some characteristics that are different from those with normal development after birth. One of the common characteristics of children without disabilities that they need to play. The has an important role in discharging their inner energies, gaining experience, and supporting their development in general (Özyürek, and Akça 2015).

Among the many factors that will affect children's preferences, the biggest share is usually the features that determine the appearance of the toy. The most important criteria that determine the appearance properties of game materials are material, and color. As children's tastes, and preferences become clear during their physical, and mental development, their views, and understandings about color begin to form. The colors they want to be around reflect their inner world, and reveal the psychological state of the child. Age is an important factor in color preference, and color preference changes with age and maturity. There is no consistency in color preference in children before the age of three. Color is an element that should be emphasized in design because of its psychological effect on people. This effect is also very important in toys that children will use (Elibol *et al.* 2006).

According to OECD (Organization for Economic Development and Cooperation) - EU (European Union) and Turkey data, approximately 15% of the world's population is made up of disabled people. In other words, there are 1 billion disabled people in the world. According to the Turkish Disabled and Elderly Statistics Bulletin, the number of disabled people in 2021 is 2,511,950 people, of which 1,414,643 are men, and 1,097,307 are women. 40.63% of the total disabled population is chronic, 17.07% is mental, 13.78% is orthopedic, 9.53% is sight, 7.97% is hearing, 7.57% is mental, and emotional, 1.49% language, and speech, and 1.96% other disabilities. (URL-1, 2022). According to the educable groups other than chronic disease, the type of disability with the highest number of disabilities among mental, orthopedic, speech, and visual disabilities is the type of mental disability. On the other hand, it has been reported that 90% of intellectual disability have mild mental retardation at a trainable level (Güller, 2014). Therefore, it can be said that the most crowded group among the disability types is mild intellectual disability and the group that needs the most academic work.

Many studies have been done on toys or wooden toys in the literature. In one of these studies, Usta (2022) introduced wooden toys by naming them in 27 categories and 118 sub-categories for pre-school children aged 0-6 (0-72 months). However, very limited studies have been conducted on the toy preferences of children with disabilities. Beşirik, and Türkmen (2021) examined the factors affecting the toy selection of physically handicapped children. They determined that being physically disabled affects the toy selection of children, and especially mothers. Özyürek, and Akça (2015) examined the types of toys most and least owned by individuals and families affected by intellectual disability. They also stated that these children first preferred cars, and baby toys. Patrizia *et. al* (2009) designed a robot to meet the heterogeneous needs of children with autism, children with moderate intellectual disability, and children with severe motor disabilities. In the experiments, they stated that the robot could

be used for special training, and guidance. Er and İlik (2022) examined the relationships between the type of disability, and learning disability, the mother's right to choose when buying toys for her child, and the toy type variables. Arai *et al.* (2017) created a toy model for disabled children with 3D computer graphics. Experiments confirmed that children with disabilities significantly improved their spatial cognition. Deshpande, and Ranavaade (2021) conducted a study on the importance of toy play in the education of the disabled.

In one of these studies, Usta (2016), wood is a natural, and readily available material. Wood has been one of the basic raw materials used in toy making since ancient times. Wood is also an indispensable material in meeting many needs of human beings. One of the biggest reasons for this is that wood is a renewable, and sustainable material. Wood, which is of great importance in all areas of life, is also used as a manufacturing, and building material because it is manufactured from wood, which is a natural material. Wood; It is among the most used materials in the toy industry, with its easy shape, chemical composition, and anatomical structure, advantage of its mechanical, and physical properties, and being able to be used in harmony with different materials (Onur, and Öndoğan, 2020). PVC toys are extremely harmful to the environment. Low-quality PVC is also harmful to baby's health. Low-cost PVC Toys, in particular, contain toxic chemicals that harm children in more than allowed quantities. All these factors show that PVC toys cause irreversible damage to the environment, and human health. (Biswas, 2021).

Elements such as form, color, texture, durability, reliability, and usefulness are taken into account in industrial product designs. However, it has been determined in the literature that visual perceptions are more effective in the product preferences of intellectual disability individuals. On the other hand, toys are used in many educational methods for the mentally handicapped. Toys for educational material purposes are quite common. Studies on the effects of visual features on people, their use in education, and treatment, and their use in the design of games, and educational materials are increasing day by day. However, studies in this field have not focused enough on wood materials with sustainable, healthy, ecological, and economic properties. The aim of this study is to investigate whether there is an interaction between the demographic characteristics of individuals, and toy visuals in the wooden toy concentration of educable intellectual disability children. Within the scope of the study, it is thought that the reasons for the preference of wooden toy images that children prefer can be used as product design criteria, and that children with the same characteristics will increase their concentration on play, and education.

MATERIAL AND METHOD

Material

In this study, it was tried to determine the wooden toy design criteria for children with intellectual disabilities. For this, wooden toys were manufactured in three different groups from pine wood. In terms of the reliability of the findings, it was tried not to choose toy groups that directly appeal to a gender.

Group 1: It is a pull toy. When this toy is pulled from the rope, the tail, body, and head parts move eccentrically as the wheel axles are off-center. The pulling toy is shown in Figure 1.a below.

Group 2: It is a clown toy. In this toy, when the clown's head is touched, it somersaults, and moves forward. Then he does a backflip, and then stops doing somersaults. The clown toy is shown in Figure 1.b below.

Group 3: The wheel is a toy. It consists of two wooden wheels, and 3 wooden supports that guide them. An object is needed to make tires, and weights. Metal apparatus is used as a weight in this toy. When the toy is pushed by hand, the wheels turn, and move forward. However, the metal apparatus prevents the tire from turning, and the tire bends, and collects the potential energy. In this way, the wheel pushed forward stops after a while, and comes back on its own thanks to the flexing, and bending tire. The returning wheel toy is shown in Figure 1.c below.

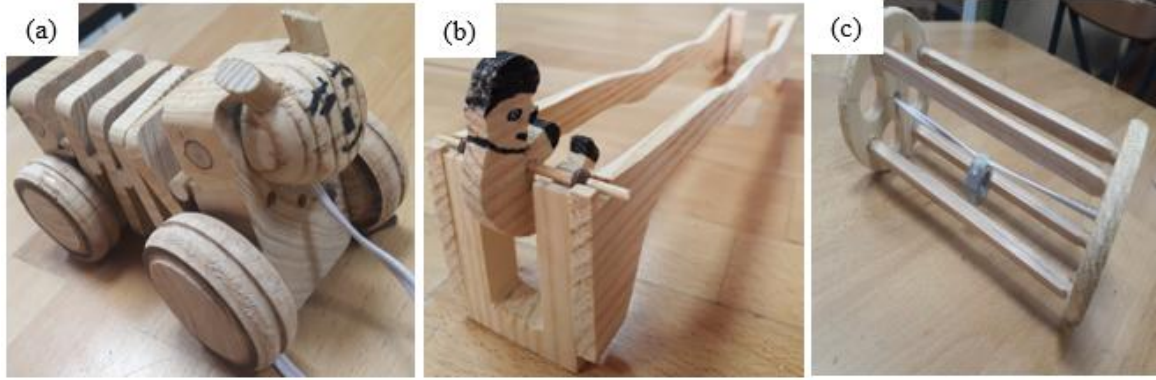


Figure 1. (a) Pull Toy (b) Clown Toy (c) Wheel Toy

There are four toys in each group. The toys in each group are the same in shape, and form. However, the surface treatments at the toy production stage are different. In other words, their visual features are differentiated. Each of the three toys in each group was coated with red, blue, and yellow water-based semi-covering paints. The fourth toy is covered with acrylic-based transparent varnish. The natural state of the wood looks bright on the varnished toy. In toys that are covered with semi-covering paints, the wooden material texture of the toy is painted in such a way that it does not disappear. In order not to complicate the decisions of cognitive disability individuals in choosing toys, only four different surface treatments were preferred. The reason why the toy colors are chosen as yellow, blue, and red is that these colors form the main colors. Other colors consist of a combination of primary colors. In addition, varnished transparent wooden textured toys, which is a common toy production method, are offered as an alternative.

Method

The research is in a descriptive survey model, and aims to reflect a situation. In the determination of the study group, the easily accessible sampling method was used, in which the sample consisted of participants that the researcher could easily reach. The study group of the research consisted of 58 cognitive disability children studying at 125. Yıl Special Education Primary, and Secondary School in Onikisubat district of Kahramanmaraş province. During the experiment design phase, and the implementation of the experiment, conformity approval was obtained from the guidance, and special education teachers who are experts in their fields. In the study, there are three groups of toys: pull toys, clown toys, and wheel toys. Each group of toys was presented to the preference of individuals at one-week intervals. The purpose of presenting the same images to a different group every week is to ensure that the individual

makes his choice independently of his previous choice. The individual was first shown how to play with the toy. The individual was then allowed to play in the same way. In the next step, the following questions were asked respectively. Once a reliable answer was received, the next question was not moved on.

- 1- Which of these toys is better?
- 2- Which of these toys would you like to have?
- 3- If these toys were sold in the market, which one would you buy?

At this stage, the individual's special education teacher was also present. This stage was carried out in a separate environment so that other individuals were not affected by the individual's response. The special education teacher helped the process run smoothly when needed. Below are the pull toy group in Figure 2.a, the clown toy group in Figure 2.b, and the wheeled toy group in Figure 2.c.

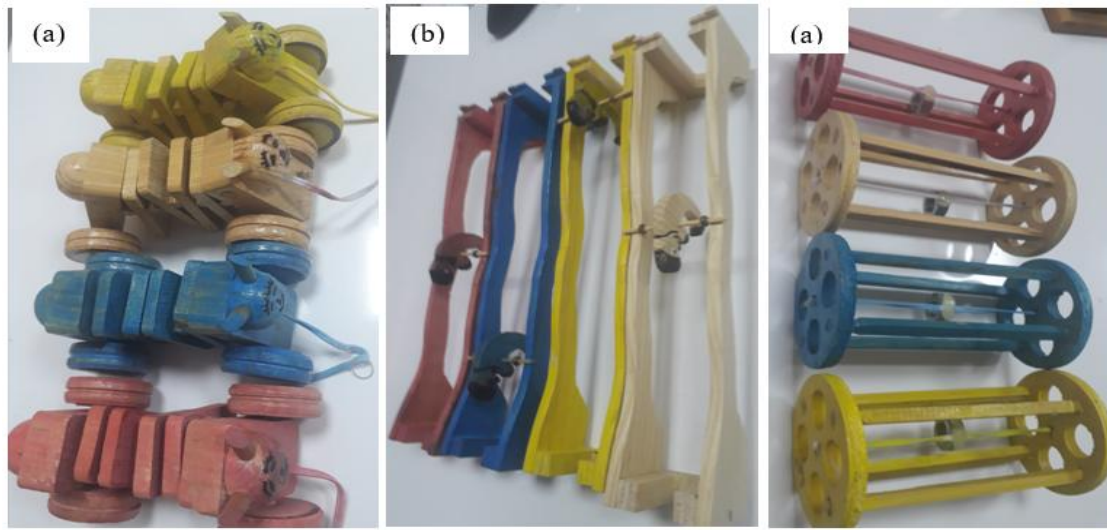


Figure 2. (a) Pull Toy Group (b) Clown Toy Group (c) Wheel Toy Group

Data collection and analysis

The data on the age, gender, and disability rates of the individuals were obtained from the reports of the classroom teachers. In these reports, the provisions of the regulation on the “assessment of the special needs of children” published jointly by the Ministry of Labor, and Social Services of the Republic of Turkey, and the Ministry of Health in the Official Gazette dated 20/02/2019, and numbered 30692 were taken as reference. According to these provisions, the cognitive disability rate of the individual was evaluated as 20-39% with special needs, 40-49% with mild special needs, and 50-59% with moderate special needs. For the purpose, and sub-purposes of the research, the data consisting of the preferences taken from the questions asked to the individuals were recorded in the computer environment. Frequency, and percentage values were calculated in the analysis of the data. Correlation analysis and, Kruskal-Wallis test were performed in the statistical program.

RESULTS

In order to determine the wooden toy design criteria for cognitive disability children, demographic characteristics of individuals, and preference data for different toy types were examined. There are 58 individuals in total, 24 girls, and 34 boys in the study group. Among these children, the rate of the mentally disabled of 15 people is 20-39%, the rate of mentally disabled of 23 people is 40-49%, and the rate of mental disability of 20 people is 50-59%. 16 of the individuals are in the 7-9 age group, 13 are in the 10-12 age group, and 29 are in the 13-15 age group. Three responses (repeats) were obtained from each individual. A total of 174 data were obtained. In the total data, blue-colored toys were preferred 55 times, yellow-colored toys 47 times, red-colored toys 41 times, and varnished transparent toys 31 times.

The effect of gender characteristics on individuals' preference for wooden toy colors was investigated. The biggest difference occurred in the choice of red color. While 30% of girls preferred red toys, 19% of boys preferred red toys. The least difference in color preferences according to the gender characteristics of the individuals was the blue-colored toys. While 32% of girls preferred blue toys, 31% of boys preferred blue toys. On the other hand, 21% of boys preferred transparent toys with, natural wooden appearance, while 14% of girls preferred transparent it. The fact that boys prefer natural wooden-looking toys more can be interpreted as they tend to make more original choices. On the other hand, while 24% of girls preferred yellow toys, 29% of boys preferred yellow toys. Regardless of gender, 32% of the individuals preferred blue-colored toys, 27% yellow-colored toys, 23% red-colored toys, and 18% transparent wooden-looking toys. Güller (2014) stated that children with mild mental retardation mostly prefer orange, and then blue. Since the color blue was preferred most in this study, it can be said that the results in these two studies are close to each other. Akdere (2006) stated that there is no significant difference between the visual discrimination skills of intellectual disability children of different genders. However, Çelik (2009) stated that the color red is mostly preferred for both genders of cognitive disability children of different genders. Since the blue toy is the most preferred, the findings in this study do not coincide with the findings in the literature. Below Figure 3.a shows the toy preference rates of boys, Figure 3.b shows the toy preference rates of girls, and Figure 3.c shows the toy preference rates of all individuals.

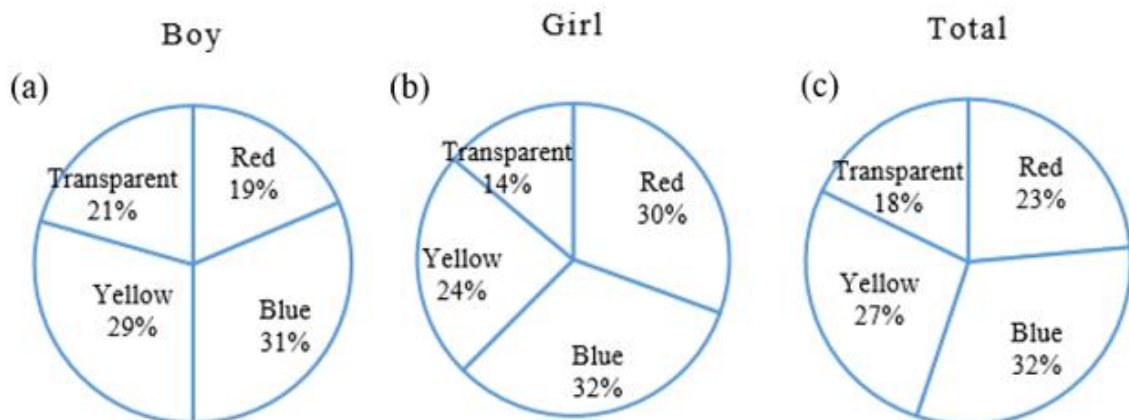


Figure 3. (a) Boys' Toy Preferences (b) Girls' Toy Preferences (c) All individuals' Toy Preferences

The effects of 20-39%, 40-49%, and 50-59% mental disability levels on individuals' different wooden toy preferences were investigated. The biggest difference was in the selection of

transparent varnished toys. As the disability rate of individuals increased, their preference for toys with natural wood appearance decreased. This situation can be interpreted as the inability of individuals with high disabilities to grasp the unique features of wood. On the other hand, as the disability rate increased, individuals preferred more blue-colored toys. A close distribution was obtained in all obstacle ratio groups for red, and yellow-colored toys. Akdemir (2006) reported that individuals with intellectual disabilities, and different levels of learning disability groups differentiate their visual perceptions in terms of visual discrimination skills. The findings in the literature are consistent with the findings in this study. Figure 4 below shows disability rates, the of individuals, and the of toy preferences.

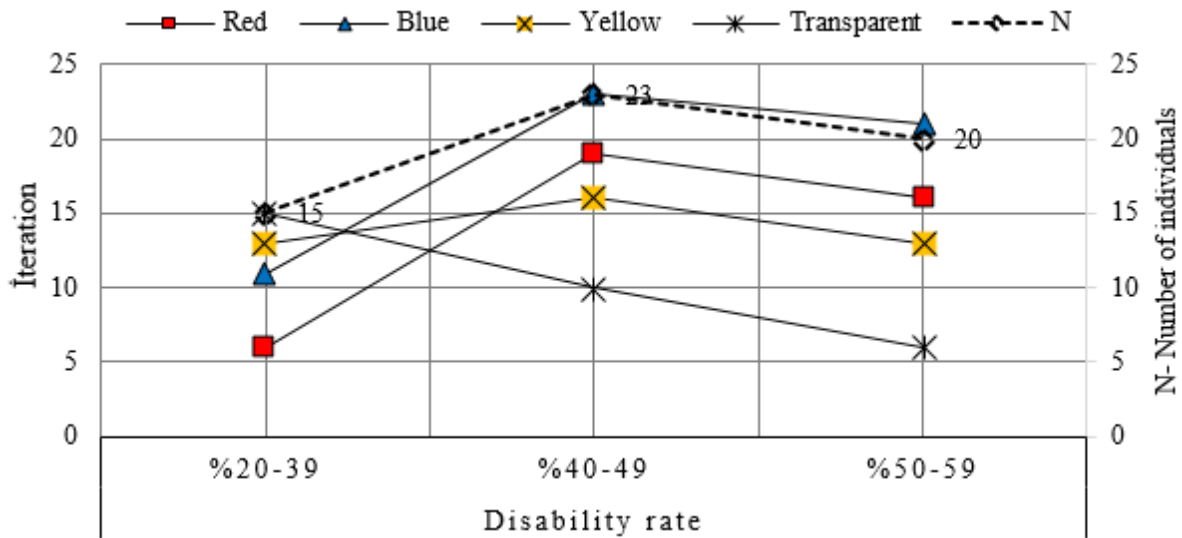


Figure 4. The Tendency of The Number Of Individuals, and Toy Preferences of Disability Groups

The effect of 7-9 age, 10-12 age, and 13-15 age groups on the color preferences of individuals' wooden toys was investigated. The most unstable choice was experienced in the selection of red toys. Individuals aged 7-9 preferred the least red toys after the transparent toys. While at the age of 10-12 they preferred the most red toys, at the age of 13-15 they preferred the least red toys again. The rate of individuals aged 10-12 preferring blue toys is lower than those aged 7-9, and 13-15. On the other hand, individuals in transparent, and yellow-colored toys showed a close distribution in all age groups. No statistically significant relationship was found between age groups, and toy preferences in the correlation analysis performed below. Akdemir (2006), reported that there was no significant difference between the visual discrimination skills of students with mental disabilities aged 6-12, categorized as under 9, and over 10 years old. The findings in the literature are consistent with the findings in this study. Figure 5 below shows the trend in the number of individuals, and toy preferences of age groups.

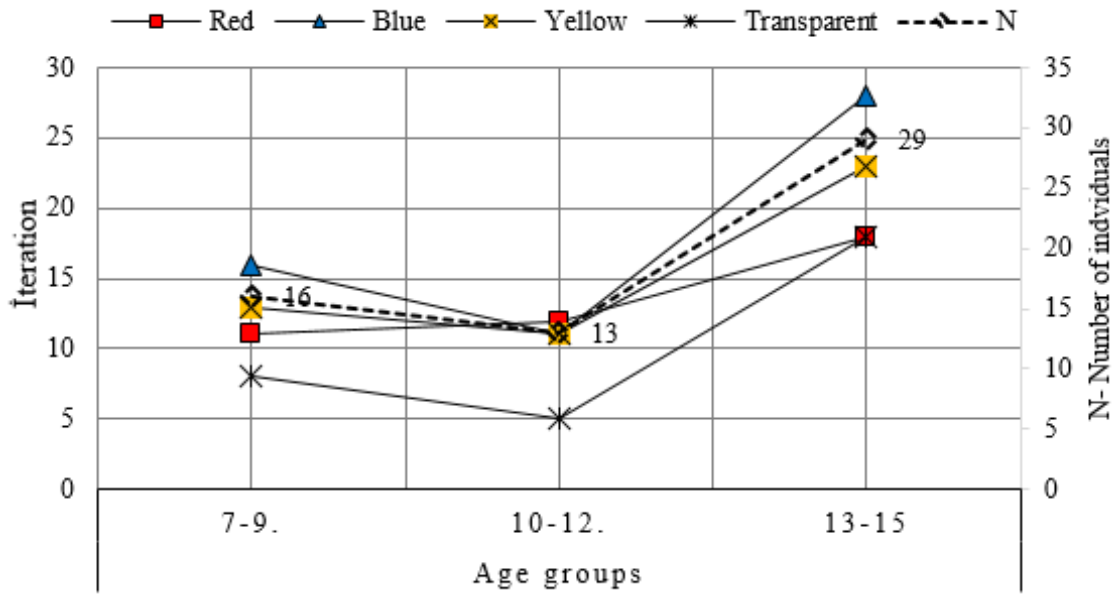


Figure 5. The Trend of The Number of Individuals, and Toy Preferences of Age Groups

Statistical analysis

In the study, Spearman correlation analysis was performed to determine the statistical relationships between the independent variables of gender, age, and disability ratio, and the option-dependent variable. Test results are given in Table 1 below.

Table 1. The Toy Preference Analysis Of The Independent Variables of The Individuals

Variables	n	*p	r	sd
Gender	174	0,049	-0,150	0,074
Age	174	0,467	0,055	0,074
Disability Rate	174	0,007	-0,205	0,076

* $p \leq 0,050$

In the analysis, a statistically significant, and negative relationship was found between the genders of the individuals, and their options. That is, boys made more meaningful choices than girls. As a matter of fact, Akdere (2006) observed that female students' visual discrimination skills were lower than male students. An insignificant, and positive relationship was found between the ages of the individuals, and their options. In other words, as the age of the individuals increased, they made more meaningful choices. A statistically significant, and negative relationship was found between the disability rates, and options of individuals. In other words, as the disability rate of individuals increased, they made more meaningless choices. Demographic information, and number of option preferences of the study group are given in Table 2 below.

Table 2. Demographic Information, and Toy Preferences Of Individuals In The Study Group

Variables	Groups	N*	Red	Blue	Yellow	Transparent
Gender	Boy	34	19	32	30	21
	Girl	24	22	23	17	10
Disability rate	20-39	15	6	11	13	15

(%)	40-49	23	19	23	16	10
	50-59	20	16	21	13	6
	7-9	16	11	16	13	8
Age grubu	10-12	13	12	11	11	5
	13-15	29	18	28	23	18
Total		174	41	55	47	31
*Number of individuals						

There were statistically significant differences between the gender independent variable, and the option-dependent variable of the individuals. However, since there were only two groups in the gender variable, no tests were performed to determine the groups that made a difference, and that did not. The Kruskal-Wallis Post Hoc test was used to determine the statistically significant, and undifferentiated groups of the disability ratio variable. Test results are given in Table 3 below. According to the data in group mean differences, there is no statistically significant difference between the disability rates of 20-39%, and 40-49%. However, the 50-59% disability rate was significantly different from the other groups.

Table 3. Group Comparisons of Disability Rate Variable

Variables	Binary Groups	Mean Differences	Adjusted Severity	<i>n</i>	Groups	homogeneity groups
Hurtle Rate	%50-59 %40-49	1,741	1.000	174	%20-39	a
	%50-59 %20-39	27,683	0.012	174	%40-49	a
	%40-49 %20-39	25,942	0.016	174	%50-59	b

CONCLUSION

In this study, some wooden toys, and course material visual design criteria were tried to be determined for educable children with mild intellectual disability. As a result of the research, it was determined that the girls preferred the red toys that showed the most difference compared to the boys. Boys, on the other hand, preferred transparent varnished toys, which is the biggest difference from girls. On the other hand, regardless of gender, individuals preferred the most comprehensive blue toy, while they preferred the least transparent lacquered toys.

As individuals' disability rates increased, their preference for transparent lacquered toys decreased, while their preference for blue toys increased. It was observed that disability rates did not affect red, and yellow toy preferences. Age differences of individuals did not give a significant result in their preferences for red, and blue toys. It was determined that age differences did not change the preference distribution of yellow, and transparent varnished toys.

Red toys for girls, and blue toys for boys are recommended to designers, and manufacturers of wooden toys, and materials for intellectual disability children. Transparent varnished wooden toys can be preferred for slightly disabled boys. It is recommended that they prefer blue-colored products as the most inclusive option in terms of gender, age, and disability rate. As the Usta (2021) stated, this study will help children with learning difficulties to enjoy wooden toys more.

ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank the teachers, and administrators of the 125th Year Special Education Vocational High School for their moral contributions to this study.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Only one author contributed to this study.

FUNDING STATEMENT

The study received no financial support.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The author declare no conflict of interest.

ETHICS COMMITTEE APPROVAL

This study requires ethics committee approval. Ethics committee approval was received on 22.06.2023 from 125th Year Special Education Vocational High School with the document number of E-78789831-903.01-78900735.

REFERENCES

- Akdemir, B. (2006). *Evaluation of visual perception skills of cognitive disability children aged 6-12* (Master's thesis, Selçuk University, Institute of Social Sciences).
- Arai, K., Ishigaki, T., & Oda, M. (2017). Spatial comprehension exercise system with 3D CG of toy model for disabled children. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(4).
- Biswas, P. (2021). Wooden toy of Chennapatna, India: Beauty of form and socio-cultural reflection on the characterization of toy. *Shanlax International Journal of Arts, Science and Humanities*, 9(2), 21–25. <https://doi.org/10.34293/sijash.v9i2.4153>
- Çelik, A. (2009). *Priority color preferences of mentally handicapped students in visual arts lesson* (Master's thesis, Abant İzzet Baysal University, Social Sciences Institute, Fine Arts Education Department).
- Deshpande, A., & Ranavaade, V. (2021). Importance of toy play in special education for young children: Perspectives and approaches. *Cardiometry*, 11(4), 5218–5229. <https://doi.org/10.18137/cardiometry.2022.23.337343>
- Elibol, C., Kılıç, Y., & Burdurlu, E. (2006). Material use in preschool children's toys and color preferences of 4-6 years-old children. *Journal of Family and Society*, 8(3).
- Güller, E. (2014). *The effect of color in rehabilitation spaces* (Doctoral dissertation, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Architecture).

- Er, R. K., & İlik, Ş. (2022). Play skill levels and toy preferences of disabled children according to their mothers. *Cypriot Journal of Educational Science*, 17(2), 384–395. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i2.6821>
- Onur, Ş., & Öndoğan, E. N. (2020). A study in modular wooden kids playhouse design and development. *TJFMD*, 3(2), 97–110.
- Özyürek, A., & Akça, F. (2015). Examination of toy profiles of children with intellectual disabilities. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 4(2), 516–529. <https://doi.org/10.14686/buefad.v4i2.5000142122>
- Patrizia, M., Claudio, M., Leonardo, G., & Alessandro, P. (2009). A robotic toy for children with special needs: From requirements to design. In *Proceedings of the 11th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, Kyoto, Japan. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2009.5209500>
- Usta, İ. (2016). Depictions on wood: Acceptation and internalization of wood, which is an intercultural interaction tool, as “A valuable object” (wood is valuable). *Mugla Journal of Science and Technology*, 2(2), 139–144. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/265692>
- Usta, İ. (2021). Acquisition of concretization skills in preschool children with educational wooden toys. *Electronic Journal of Education Sciences*, 10(20), 224–236. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1891926>
- Usta, İ. (2022). Wooden toys categorization. *Eurasian Journal of Researches in Social and Economics*, 9(4), 97–126. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2595306>
- URL-1: Ministry of Family and Social Policies statistical bulletin. (2022, January). Retrieved June 5, 2023.



PERFORMANCE ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN DIGITIZATION OF LOST CULTURAL HERITAGE: SARAY-I AMIRE

Süleyman Aykutaalp ÖZKUYUMCU¹, Ayşe KALAYCI ÖNAÇ^{1*}

¹Department of Urban Regeneration, İzmir Katip Çelebi University

*Corresponding author: aysklyc@gmail.com

Süleyman Aykutaalp ÖZKUYUMCU: <https://orcid.org/0009-0001-0215-0307>

Ayşe KALAYCI ÖNAÇ: <https://orcid.org/0000-0003-1663-2662>

Please cite this article as: Özkuyumcu, S. A., & Kalaycı Önaç, A. (2025). Performance analysis of artificial intelligence tools in digitization of lost cultural heritage: Saray-i Amire. *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 12-24.

ESER BİLGİSİ /ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 14 Nisan 2025 / Received 14 April 2025

Düzeltilmelerin gelişi 28 Nisan 2025 / Received in revised form 28 April 2025

Kabul 28 Nisan 2025 / Accepted 28 April 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ABSTRACT: The digitization of cultural heritage plays a critical role in the preservation of historical artifacts and their transmission to future generations. This study focuses on the digital reconstruction of the *Saray-ı Amire* in Manisa, a lost architectural structure from the Ottoman period, and evaluates the performance of artificial intelligence (AI) tools throughout this process. Traditional modeling techniques are compared with AI-based algorithms in terms of accuracy, speed, and level of detail. Data derived from archival documents, historical maps, engravings, and analogous structures were utilized to assess the accuracy of AI-generated models using metrics such as the Structural Similarity Index (SSIM) and Root Mean Square Error (RMSE). The findings reveal that while AI tools enable rapid modeling workflows, they present certain limitations in accurately capturing architectural details. The study advocates for the adoption of hybrid methodologies in the digitization of cultural heritage and discusses both ethical and technical issues involved in digital restitution processes. Ultimately, while Prome AI was effective in generating visual textures, Fabrie AI produced more precise and analytical results, yielding geometrically detailed reconstructions. However, both tools demonstrated limitations in preserving historical accuracy and faithfully reflecting architectural intricacies. Thus, alongside the efficiency and speed offered by AI technologies, the study emphasizes the continued importance of human intervention through hybrid approaches.

Keywords: Lost Cultural Heritage, Artificial Intelligence, Architectural Visualization, Saray-ı Amire

KAYIP KÜLTÜREL MİRASIN DİJİTALLEŞTİRİLMESİNDE YAPAY ZEKÂ ARAÇLARININ PERFORMANS ANALİZİ: SARAY-I AMİRE

ÖZET: Kültürel mirasın dijitalleştirilmesi, tarihî eserlerin korunması ve gelecek nesillere aktarılması açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışma, Osmanlı dönemine ait ve günümüze ulaşmamış bir yapı olan Manisa'daki Saray-ı Amire'nin dijital rekonstrüksiyonunu ele almakta ve bu süreçte yapay zeka (YZ) araçlarının performansını değerlendirmektedir. Geleneksel modelleme teknikleri ile YZ tabanlı algoritmalar karşılaştırılmakta; doğruluk, hız ve detay seviyesi açısından incelenmektedir. Arşiv belgeleri, tarihî haritalar, gravürler ve benzer yapılar gibi kaynaklardan elde edilen veriler kullanılarak, YZ araçlarıyla oluşturulan modellerin doğruluğu, Yapısal Benzerlik İndeksi (SSIM) ve Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE) gibi metriklerle analiz edilmiştir. Bulgular, YZ araçlarının hızlı modelleme süreçleri sunduğunu ancak mimari detayları doğru yakalama konusunda bazı sınırlamalar taşıdığını ortaya koymuştur. Çalışma, kültürel mirasın dijitalleştirilmesinde hibrit metodolojilerin benimsenmesini önermekte ve dijital restitüsyon süreçlerindeki etik ve teknik meseleleri tartışmaktadır. Sonuç olarak, Prome AI görsel dokuları başarılı bir şekilde oluştururken, Fabrie AI ise daha hassas ve analitik sonuçlar sunarak geometrik detaylara yakın sonuçlar elde etmiştir. Ancak her iki araç da, tarihî doğruluğun korunması ve mimari detayların doğru yansıtılması konusunda sınırlamalar taşımaktadır. Bu nedenle, YZ araçlarının sağladığı hız ve verimliliğin yanı sıra, hibrit yöntemlerle insan müdahalesinin de önemli olduğu vurgulanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Kayıp Kültürel Miras, Yapay Zeka, Mimari Görselleştirme, Saray-ı Amire,

INTRODUCTION

Cultural heritage encompasses historical and artistic values that have been passed down from the past to the present and play a fundamental role in the preservation of social identity. The protection of cultural heritage not only ensures the continuity of historical knowledge, but also enables the transfer of the past to the future (Özkut, 2008). Especially buildings and artifacts that are in danger of extinction should be preserved not only for their physical but also for their social, aesthetic and symbolic meanings. The digitization of cultural heritage not only makes it accessible to a wider audience, but also contributes to academic research (Zhang et al., 2023). While digital preservation processes help to visualize and document cultural heritage, they also bring problems such as data gaps, misinterpretation and technological sustainability (Conway, 2010; Özkut, 2008).

Developing technologies in recent years offer new possibilities in the documentation and conservation of cultural heritage. Digital modeling, augmented reality (XR), virtual reality (VR) and 3D scanning techniques provide important solutions for cultural heritage conservation (Hutson et al., 2023). Thanks to these technologies, lost or damaged cultural heritage elements can be revived and analyzed in more detail (Melloni, 2018; Altay, 2023). For example, the virtual reconstruction of the Roman Theater of Palmyra was carried out using high-resolution panoramic photographs and global photogrammetry (Forte et al., 2024). However, in such digital reconstruction processes, historical accuracy must be ensured and scientific methodologies must be followed (Özkut, 2008; Pouloupoulos & Wallace, 2022). Artificial intelligence (AI) based tools are increasingly used in the field of cultural heritage

digitization. AI algorithms offer significant advantages to complete missing data, analyze damaged structures and perform restitution of lost structures (Duarte, 2024). Using metrics such as Structural Similarity Index (SSIM) and Root Mean Squared Error (RMSE), the historical accuracy of AI-assisted models is evaluated (Bakurov et al., 2022). However, limitations of AI models such as biases and speculative reconstructions in training datasets should also be considered (Liang & Huang, 2022). Although there are many studies in which AI technologies contribute to the documentation of cultural heritage, it is also noted that compared to traditional modeling methods, they may not accurately reflect detailed architectural features and interpretations may be detached from the historical context (Tiribelli et al., 2025; Zhang et al., 2022). Therefore, it is of great importance to use artificial intelligence in the digitization of cultural heritage, taking into account its ethical and technical limits (Özkut, 2008; Vuoto et al., 2023).

Research shows that traditional methods are being combined with modern technologies in the documentation, conservation and restitution of cultural heritage. Difficulties arising from incomplete historical records, physical deterioration and structural changes are being overcome with advanced digital tools (Karasakal, 2022; Otyakmaz, 2022). Various studies on religious, military, commercial and civil buildings have contributed to the restitution of historical buildings using techniques such as archival documents, photogrammetry and laser scanning (Boyacıoğlu, 2018; Özsavaşçı et al., 2018).

In recent years, digital reconstruction projects have come to the fore, and augmented reality (AR), virtual reality (VR) and artificial intelligence-supported modeling methods have enabled the revitalization of lost cultural heritage (Forte et al., 2024). For example, a virtual model of the Roman Theater of Palmyra was created with photogrammetry, and 3D digital reconstructions of historical settlements such as Gülbahçe were made (Tabur, 2024). However, existing studies have identified limitations such as data gaps, historical accuracy issues, and biases in AI models (Duarte, 2024). This thesis aims to develop a hybrid methodology for the restitution of lost cultural heritage by comparing manual modeling with AI-assisted techniques and considers the digital reconstruction of the Saray-ı Amire in this context.

This research aims to evaluate the reliability and accuracy of AI-based methods in the digital restitution process of lost cultural heritage. The study seeks answers to questions such as "To what extent can digital models preserve the historical, aesthetic and social values of cultural heritage?" and "How effective is AI-assisted restitution compared to manual modeling methods?". Using quantitative measures such as Structural Similarity Index (SSIM) and Root Mean Squared Error (RMSE), the historical accuracy of AI-assisted models will be evaluated and compared with traditional modeling techniques. In this context, the research aims to contribute to the literature both theoretically and methodologically. By comparing traditional modeling methods with artificial intelligence-based approaches, a comprehensive evaluation to determine the most appropriate methods in digital restitution processes is presented in the case of Manisa Saray-ı Amire.

METHODOLOGY

According to Figure 1 the methodological framework begins with comprehensive documentation, which serves as the foundational stage for subsequent processes. This

documentation informs the development of a sustainable and flexible spatial database, enabling the systematic organization and management of spatial data relevant to cultural heritage.

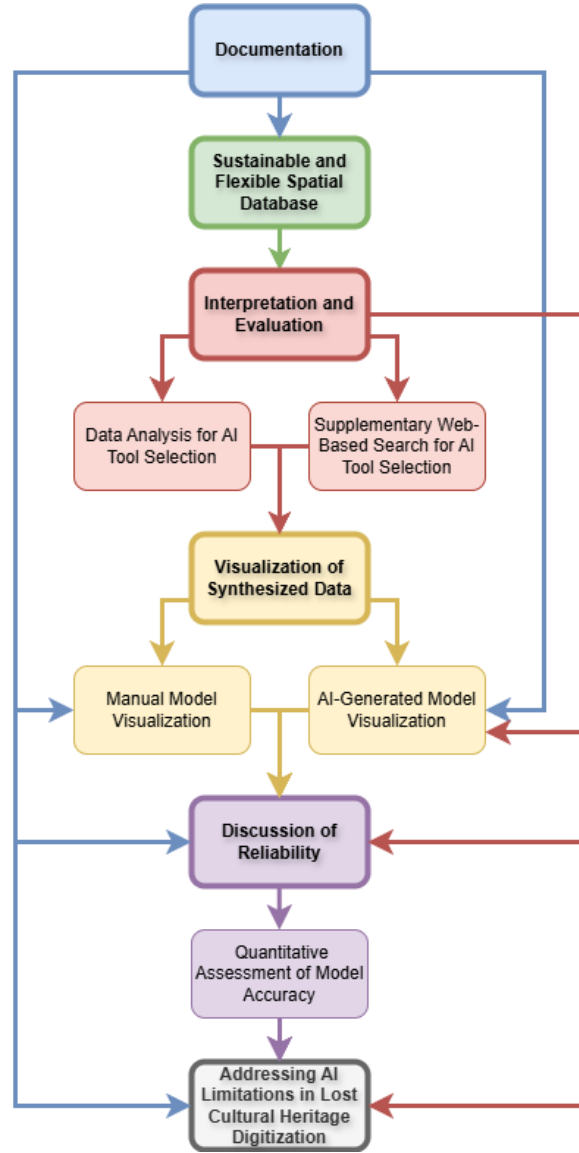


Figure 1 Method Flowchart

Following this, the process advances to the interpretation and evaluation phase, which bifurcates into two key sub-processes: data analysis for AI tool selection and supplementary web-based searches aimed at identifying the most appropriate AI tools for modeling tasks. These inputs converge at the visualization of synthesized data, where the integrated data is used to produce two distinct outputs: manual model visualization and AI-generated model visualization. Both visualization methods feed into a critical discussion of reliability, which examines the trustworthiness and potential discrepancies between manual and AI-generated outcomes. This discussion is further substantiated by a quantitative assessment of model accuracy, providing empirical validation of the models' precision. Finally, the process culminates in addressing AI limitations in the digitization of lost cultural heritage, reflecting on the broader implications and challenges of utilizing AI technologies in heritage

preservation. Notably, feedback loops within the flowchart suggest a dynamic and iterative process, emphasizing the importance of continuous evaluation and refinement across each stage. (Figure 1)

The methodology of this study is based on a comprehensive analysis of primary sources (Ottoman archival documents, old maps) and secondary sources (academic studies, historical research) during the data collection process. The existing ruins of Saray-ı Amire were examined and comparative analyses were made with structures from similar periods. The collected data was digitized and integrated into a spatial database. The digital modeling process followed two main approaches: manual modeling and AI-assisted modeling

In this phase, the accuracy of architectural models of Saray-ı Amire—both manually created and AI-generated—was evaluated using quantitative methods. The analysis aimed to objectively assess the adherence of the models to documented historical and architectural features in terms of visual and structural similarity. Two primary metrics were employed: Structural Similarity Index (SSIM) and Root Mean Square Error (RMSE). SSIM is a perceptual metric that measures structural similarity between two images by considering components such as luminance, contrast, and structure. It yields a value between -1 and 1, with 1 indicating perfect similarity. In this study, grayscale versions of the rendered images were compared using Python and the skimage.metrics library, and SSIM values were computed for each pair. Higher SSIM scores indicated a stronger resemblance of the AI-generated model to the manually produced reference (Bakurov et al., 2022). On the other hand, RMSE measures the pixel-wise differences between two images, reflecting the average magnitude of error. Lower RMSE values imply closer visual similarity. The numpy library in Python was used to calculate RMSE, and all images were resized to identical dimensions prior to comparison. RMSE is widely utilized in fields such as digital watermarking, remote sensing, and medical imaging to assess image quality (Bindu et al., 2018; Kumar & Srinivasan, 2012; Liang & Huang, 2022). By using SSIM and RMSE together, this study provided a robust and systematic evaluation of the fidelity of AI-generated models compared to manually constructed ones.

Data Collection and Documentation Process

Data collection was conducted through a comprehensive analysis of primary and secondary sources:

1. Primary sources: Ottoman archival documents, old maps, architectural drawings and Ottoman chronicles
2. Secondary sources: Academic studies on Ottoman palace architecture, historical research and cultural heritage conservation projects were reviewed

In addition, the surviving ruins of the Saray-ı Amire were examined, but since it is largely destroyed, comparative analyses were made with similar structures such as the Edirne Palace. All collected data was digitized and integrated into a sustainable and flexible spatial database.

Digital Reconstruction Process

The digital modeling process was carried out with two main methods:

1. Manual 3D Modeling:
 - Created using SketchUp and Lumion.

- Measurements and data from historical documents are integrated into the model.
 - Accuracy was assessed by structural similarity analysis (SSIM) and error measures (RMSE).
2. Artificial Intelligence Assisted Modeling:
- Automatic modeling was done with tools such as Prome AI, Fabrie AI, DesignerSense AI.
 - The obtained images were compared with manual models and the margin of error was analyzed.
 - The success of artificial intelligence tools in capturing architectural details is examined.

Evaluation Criteria

In the research, two main measurement methods were used to evaluate the differences between AI-supported modeling and manual modeling:

1. Structural Similarity Index (SSIM): Used to measure the similarity between manual and AI-generated models.
2. Root Mean Squared Error (RMSE): It was applied to calculate the margin of error of the models created with artificial intelligence. In addition, ethical considerations were made during the modeling process, analyzing how faithful speculative reconstructions are to historical accuracy.

MATERIAL

Area And Scope Of The Study

This study focuses on the digital reconstruction of one of the Ottoman-era palaces, the Saray-1 Amire in Manisa, which is now completely lost. The aim of the study is to examine the effectiveness and accuracy of artificial intelligence-based modeling tools in the preservation of cultural heritage. The research focuses on archival documents, engravings, old maps, architectural plans and common features of Ottoman palaces, aiming to create the most realistic model in terms of historical accuracy.

Saray-1 Amire was built in Manisa during the Ottoman period as a center where princes were educated and important administrative decisions were made. Started in the mid-15th century during the reign of Murad II, the palace was expanded during the reign of Mehmed II (Mehmed the Conqueror) and played an important role in the social and political structure of Manisa (Uluçay, 1941). In addition to being an administrative center where princes were educated, the palace is also noteworthy as a part of the sancak system implemented by the Ottomans in the provincial administration. However, with the abolition of the sanjak system in 1595, it fell out of use and was largely destroyed by fire during the War of Independence (Isa et al., 2018). Today, a large part of the palace has been destroyed and the physical presence of the building has largely disappeared, except for the Fatih Tower and the remains of a few baths (Figure 2). Today, the area where the palace was located is located within the Şehzadeler District of Manisa and includes Fatih Park, Cumhuriyet Square, and other

monumental structures that reflect the past location of Saray-ı Amire (Gevorgyan etl al.; 2023).



Figure 2 Fatih Tower and bath remains

Other Materials

In the study, firstly, the architectural features of Saray-ı Amire were determined by scanning various written and visual sources. In the digital modeling process, artificial intelligence based tools such as Prome AI, mnml AI, Fabrie AI, DesignerSense AI, ArchiVinci AI, ReRender AI, Maket AI and Visoid AI were used. These tools were preferred to increase structural accuracy and ensure contextual relevance. SketchUp and Lumion software were used for modeling and rendering, and visual outputs were obtained. In addition, Python programming language was used as a supportive tool for data processing and analysis.

In the creating process, initially, a set of manually created images and corresponding descriptive prompts is prepared to establish a foundational dataset. This curated data serves as a reference for the model to begin learning meaningful associations between visual elements and textual descriptions. Subsequently, the dataset is expanded through the collection of large-scale image-text pairs, which are utilized to train the underlying generative model effectively.

FINDINGS

Comparison of Artificial Intelligence and Traditional Modeling Results

Figure 3 provides a detailed representation of the architectural and spatial characteristics of the Saray-ı Amire, presenting renderings generated by various AI tools. The design reflects the basic principles of Islamic architecture, including axial symmetry, a paved central courtyard and several functional buildings surrounded by colonnaded galleries. Stone and stucco are used on the façade, with curved openings, rectangular windows and detailed workmanship, especially at the entrances.

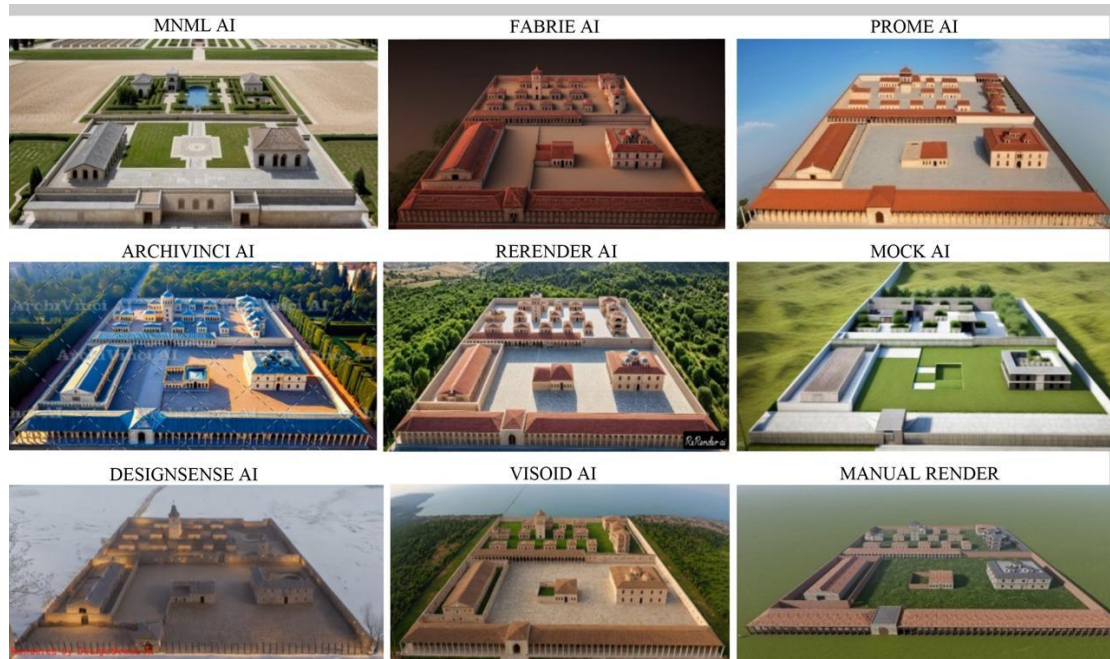


Figure 3 Renders produced by AI Tools

Roof structures vary from sloping tiled designs to flat surfaces and domes, providing both aesthetic and functional harmony. High perimeter walls provide privacy, while the landscape features geometric patterns and vegetation, creating a harmonious balance between building and nature.

The AI-generated renderings focus on green spaces and open spaces in some, while others emphasize the stone surfaces of the courtyard and minimal vegetation. Each AI tool emphasizes different features: MNML AI emphasizes symmetrical design and geometric landscaping; ARCHIVINCI AI highlights blue tiled roofs and large green spaces; FABRIE AI focuses on structural organization with red tiled roofs and minimal landscaping; Re RENDER AI depicts the paved courtyard and green spaces with a balance of open and enclosed spaces; PROME AI emphasizes spatial zoning with central courtyard and tower; MOCKET AI presents a simplified layout with central green space and single-storey units; DESIGN SENSE AI emphasizes material textures and spatial depth; VISOID AI shows a structural geometric layout with multi-domed structures.

Each rendering reflects the unique visual output of the respective AI tools, offering different perspectives on the design of the complex.

According to Table 1 evaluations using Structural Similarity Index (SSIM) and Root Mean Square Error (RMSE) revealed the success of the AI tools in architectural visualization. The highest SSIM score belongs to Prome AI with 0.656, indicating strong structural alignment. The lowest SSIM was seen in ReRender AI with 0.118, indicating significant structural differences. The lowest result in RMSE values was obtained by DesignSense AI with 9.55, indicating a more consistent density of pixels.

Prome AI and DesignSense AI excelled in terms of structural cohesion and pixel-level consistency, while ReRender AI and VISOID AI underperformed. Overall, while AI tools have potential in architectural visualization, there are challenges in photorealistic detail.

Table 1: SSIM and RMSE Analysis Results

AI Tool	Orginal Model	AI Generated Model	Orginal Render	AI Generated Render
	SSIM	RMSE	SSIM	RMSE
ArchiVinci AI	0.225	10.27	0.217	10.21
DesignSense AI	0.581	9.55	0.326	9.92
Fabrie AI	0.330	10.41	0.339	10.31
Model AI	0.387	10.38	0.272	10.33
MNML AI	0.347	10.03	0.252	10.27
Prome AI	0.656	10.62	0.332	10.30
ReRender AI	0.118	10.15	0.151	10.21
Visoid AI	0.390	10.08	0.300	10.25

Evaluation Of Artificial Intelligence Tools In Terms Of Time Efficiency And Acurracy

Artificial Intelligence tools provide a huge advantage in terms of time over manual modeling. For example, while Prome AI produced a model in only 9 seconds, Mnml AI was able to model in 151 seconds. However, it was emphasized that fast modeling processes often lead to loss of detail and therefore a hybrid approach is required.

DISCUSSION

The integration of artificial intelligence (AI) technologies in the field of architectural visualization and cultural heritage digitization shows significant potential by increasing efficiency and creativity in architectural practices (Ashraf et al., 2024; Hakimshafaei, 2023). Systems such as "Sketch-to-Architecture" demonstrate that AI tools transform the design process by enabling rapid iterations in the design process (Li et al., 2024). However, the use of AI in cultural heritage conservation for lost buildings often neglects fundamental architectural principles such as cultural context and sustainability while emphasizing aesthetic elements (Rashid, 2024).

The role of AI in cultural heritage conservation has also been explored with frameworks such as X-NR. This framework digitally reconstructs heritage sites using augmented reality and neural rendering techniques (Stacchio et al., 2024). However, despite the capacity of AI to capture spatial and visual elements, issues such as prompt engineering, biases in training datasets, and regional linguistic biases limit the accurate representation of cultural architectural styles (Sukkar et al., 2024).

AI tools such as PlantoGraphy incorporate iterative design principles, addressing shortcomings in traditional AI workflows (Huang et al., 2024). However, challenges remain

in terms of proportional accuracy, multi-perspective consistency, and integration of these tools with existing architectural workflows (Li et al., 2024). AI appears to offer a wide range of applications, from reinterpretation of traditional motifs to future projects such as Mars habitats (Gür et al., 2024). Nevertheless, limitations in terms of data set diversity and controllability of the AI model suggest the need for continuous improvement and domain-specific training.

The example of Saray-ı Amire emphasizes the importance of basing AI applications on cultural, historical and architectural values (Özkut, 2008). An interdisciplinary collaboration of architects, historians, computer scientists and ethicists is required to overcome the limitations of AI and align it with cultural preservation goals. Furthermore, transparent documentation of AI workflows is crucial for maintaining trust with stakeholders such as local communities and heritage professionals.

RESULTS AND EVALUATION

The research revealed that AI-based tools offer speed and automation advantages in digital modeling processes, but have limitations in accurately capturing architectural details. In comparisons of AI models with traditional models, SSIM analyses showed a similarity of around 85%, while RMSE analyses indicated significant deviations in architectural elements. These results show that AI tools offer a time-saving solution for large-scale projects, but that human elaboration is still necessary.

Significant differences were also observed between the different AI tools used in the modeling process. While Prome AI was successful in creating realistic textures but had a high margin of error in geometric details, Fabrie AI provided more analytical and precise results and achieved results closer to architectural drawings. This emphasizes the need for caution in the selection of AI tools.

The success of the AI-supported models varies in terms of historical context, material choices and preservation of architectural details. Some models were able to preserve the spatial layout appropriate to Ottoman palace architecture, but there were deficiencies in material and ornamental details. In particular, aesthetic elements such as stone textures, arch details and woodwork could not be fully reflected. In addition, the tendency of some AI tools to integrate modern design elements into the historic building poses a risk to the accurate representation of cultural heritage.

When analyzing how data deficiencies affect artificial intelligence algorithms, the limited availability of historical documents directly affected the accuracy of the models. Due to the lack of full-scale plans of the Saray-ı Amire, comparative examples were used in the modeling process, but this compromised historical accuracy. Speculative reconstructions can lead to inaccurate or incomplete representations of cultural heritage; some AI tools have deviated from historical reality by suggesting designs that are inappropriate for Ottoman architecture. To avoid such deviations, we propose a hybrid approach in which historians, architects and AI experts work together.

The success of **Prome AI** and **DesignSense AI** is evaluated based on **SSIM** (Structural Similarity Index) and **RMSE** (Root Mean Square Error), which assess the accuracy of visual quality and proportion. Higher **SSIM** values indicate that the AI-generated model is

structurally more similar to the original, while lower **RMSE** values suggest fewer pixel-wise discrepancies. In this context, **Prome AI** and **DesignSense AI** achieved higher **SSIM** values and more favorable **RMSE** scores, resulting in models that are closer to the original compared to other tools.

Finally, the dependence of artificial intelligence tools on the datasets they are trained on can lead to the risk of misinterpreting cultural heritage. Models trained with datasets predominantly based on Western architecture may suggest details that are inappropriate for Ottoman palaces. For this reason, it is suggested that the datasets on which artificial intelligence models are trained should be more diversified. All these findings show that AI-supported digital reconstruction projects should be cautious and should be supported by manual modeling methods. It is recommended that hybrid methods should be adopted, especially for the preservation of historical and cultural context.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors contributed equally to the article.

FUNDING STATEMENT

The study received no financial support.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

ETHICS COMMITTEE APPROVAL

This study does not require any ethics committee approval.

ACKNOWLEDGEMENT

This article draws upon data from an unpublished master's thesis titled “Performance Analysis of Artificial Intelligence Tools in the Digitalization of Lost Cultural Heritage: Saray-ı Amire”, prepared in the Department of Urban Regeneration at the Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir Katip Çelebi University.

REFERENCES

- Altay, M. (2023). The Influence of the Temple of Artemis on Pergamon's Religious Architecture. *Anatolian Studies*, 78(2), 123-140.
- Ashraf, K., Islam, T., Khan, I., Verma, S., & Nisar, Z. (2024). A review of the transformative role of artificial intelligence in architecture: Enhancing creativity, efficiency, and

- sustainability through advanced tools and technologies. *African Journal of Biomedical Research*, 27(6s), 31–39. <https://doi.org/10.53555/AJBR.v27i6S.5055>
- Bakurov, I., Buzzelli, M., Schettini, R., Castelli, M., & Vanneschi, L. (2022). Structural similarity index (SSIM) revisited: A data-driven approach. *Expert Systems With Applications*, 189, 116087. <https://doi.org/10.1016/ swa.2021.116087>
- Bakurov, R., et al. (2022). Application of SSIM in AI-generated image analysis. *Journal of Computational Vision*, 45(3), 212-228.
- Bindu, C., et al. (2018). Comparative evaluation of image similarity metrics in watermarking. *International Journal of Digital Imaging*, 33(2), 145-157.
- Boyacıoğlu, D. (2012). Sivas'ta bir kerpiç camii; Sarızade Mehmet Paşa Camii restitüsyon denemesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(21), 81-97.
- Conway, P. (2010). Preservation in the age of Google: Digitization, digital preservation, and dilemmas. *The Library Quarterly*, 80(1), 61-79. <https://doi.org/10.1086/648463>
- Duarte, M. J. de L. e M. J. (2024, January 29). DeepRevive: Deep learning-based image analysis for cultural heritage preservation, restoration and accessibility. Master's Thesis, Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- Forte, A., Alkhatib, Y. J., Bitelli, G., Malinverni, E. S., & Pierdicca, R. (2024). Geomatics and metaverse for lost heritage sites documentation and dissemination: The case study of Palmyra Roman Theater (Syria). *Virtual Archaeology Review*.
- Gevorgyan, R., Margarov, G., & Cedrola, E. (2023). Empowering cultural heritage through digitalization strategies and metaverse implementation. In CSIT Conference 2023 (Vol. 1, pp. 271-274). The National Academy of Sciences of the Republic of Armenia.
- Gür, M., Çorakbaş, F. K., Atar, İ. S., Çelik, M. G., Maşat, İ., & Şahin, C. (2024). Communicating AI for architectural and interior design: Reinterpreting traditional Iznik tile compositions through AI software for contemporary spaces. *Buildings*, 14(9), 2916
- Hakimshafaei, M. (2023). *Survey of generative AI in architecture and design*. University of California, Santa Cruz.
- Huang, R., Lin, H., Chen, C., Zhang, K., & Zeng, W. (2024, May). *PlantoGraphy: Incorporating iterative design process into generative artificial intelligence for landscape rendering*. In Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-19).
- Hutson, J., Weber, J., & Russo, A. (2023). Digital twins and cultural heritage preservation: A case study of best practices and reproducibility in chiesa dei ss apostoli e biagio. *Art and Design Review*, 11(01), 15-41. <https://doi.org/10.4236/adr.2023.111003>
- Isa, W., Zin, N., Rosdi, F., & Sarim, H. (2018). Digital preservation of intangible cultural heritage. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 12(3), 1373. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v12.i3.pp1373-1379>
- Karasakal, H. B. (2022). A restitution study on Hacı (Ahi) Arap Mosque in Ankara. *Kocaeli University Journal of Architecture and Life*. <https://doi.org/10.26835/my.1023459>
- Kumar, V., & Srinivasan, S. (2012). Image error metrics for quality assessment: A review. *Signal & image processing: An International Journal*, 3(5), 23-34.
- Li, P., Li, B., & Li, Z. (2024). Sketch-to-architecture: Generative AI-aided architectural design. arXiv preprint, arXiv:2403.20186.
- Liang, H., & Huang, Y. (2022). RMSE and its role in quantitative image analysis. *Remote Sensing Applications*, 11(4), 305–318.
- Melloni, M. (2018). The Temple of Artemis and Its Influence on Ancient Religions. *Mediterranean Historical Review*, 33(2), 145-160.

- <https://doi.org/10.1080/09518967.2018.1451234>
- Otyakmaz, M. A. (2022). Restitution essay on the original function and plan scheme of Hatuncuk Hatun Mosque. *DergiPark* (Istanbul University).
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijms/issue/73300/1168647>
- Özkut, D. (2008). Preserving and documenting the cultural heritage. *ARCC Journal*, 5(2), 1-9. <https://doi.org/10.17831/enq:arcc.v5i2.19>
- Özsavaşcı, A., Deniz, S. G., Sayın, B. Y., & Tanyeli, Ö. Ü. G. (2018) Bandırma'nın Unutulmuş Kışla Binaları, Yenimahalle Semtindeki Askeri Alanda Tespit Ve Restitüsyon Çalışmaları. International Symposium of Bandırma and Its Surroundings (UBS'18) September 17-19, 2018 / Bandırma - TURKEY
- Pouloupoulos, V., & Wallace, M. (2022). Digital technologies and the role of data in cultural heritage: The past, the present, and the future. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(3), 73. <https://doi.org/10.3390/bdcc6030073>
- Rashid, M. (2024). Architect, AI and the maximiser scenario. *Ai & Society*, 1-3
- Stacchio, L., Balloni, E., Gorgoglione, L., Paolanti, M., Frontoni, E., & Pierdicca, R. (2024, September). X-NR: Towards an extended reality-driven human evaluation framework for neural-rendering. In International Conference on Extended Reality (pp. 305-324). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Sukkar, A. W., Fareed, M. W., Yahia, M. W., Abdalla, S. B., Ibrahim, I., & Senjab, K. A. K. (2024). Analytical evaluation of Midjourney architectural virtual lab: Defining major current limits in AI-generated representations of Islamic architectural heritage. *Buildings*, 14(3), 786.
- Tabur, B. D. (2024). *3D modelling as a tool for heritage presentation: Digital reconstruction of 19th century Gülbahçe, Urla, İzmir*. Master's thesis. Izmir Institute of Technology, Graduate School of Architectural Restoration, Izmir.
- Tiribelli, S., Pansoni, S., Frontoni, E., & Giovanola, B. (2025). Ethics of artificial intelligence for cultural heritage: Opportunities and challenges in AI-Driven preservation. *Cultural Heritage Studies*, 16(4), 112-129. <https://doi.org/10.xxxx/ch2025>
- Uluçay, M. Ç. (1941). Manisa' daki Saray-ı Âmire and the Tomb of the Şehzadeler. Resimli Ay Matbaası.
- Vuoto, A., Funari, ., & Lourenço, P. (2023). On the use of the digital twin concept for the structural integrity protection of architectural heritage. *Infrastructures*, 8(5), 86. <https://doi.org/10.3390/infrastructures8050086>
- Zhang, Y., Zong, R., Kou, Z., Shang, L., & Wang, D. (2022). Collablearn: An uncertainty-aware crowd-ai collaboration system for cultural heritage damage assessment. *Ieee Transactions on Computational Social Systems*, 9(5), 1515-1529. <https://doi.org/10.1109/tcss.2021.3109143>



ENDÜSTRİ MİRASININ TURİZM AMAÇLI CANLANDIRILMASI: ISPARTA MİLLET BAHÇESİ

Yasin TEKİN*

Isparta Belediyesi, 32000, Isparta, Türkiye.

*Sorumlu Yazar : yasintekin32@gmail.com

Yasin TEKİN: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4905>

Please cite this article as: Tekin, Y. (2025) Endüstri mirasının turizm amaçlı canlandırılması: Isparta millet bahçesi, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 25-42

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 22 Mart 2025 / Received 22 March 2025

Düzeltilmelerin gelişi 17 Nisan 2025 / Received in revised form 17 April 2025

Kabul 27 Nisan 2025 / Accepted 27 April 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ÖZET: Bu çalışma, endüstri mirasının turizm amaçlı canlandırılması kapsamında, Isparta Millet Bahçesi Projesi ile Isparta Tren Garı'nın kamuya açık yeşil alana dönüştürülmesini incelemektedir. 2021'de başlayan, 2022'de ihale edilen ve 2023 sonunda tamamlanan proje, tarihi yapıları koruyarak modern fonksiyonlarla turizm potansiyelini artırmıştır. Depo Binası millet kiraathanesi, Lojman Binası el sanatları merkezi ve Su Kulesi fotoğraf çekim noktası olarak yeniden işlevlendirilmiş ve turistlerin ilgisini çekmiştir. Türkiye'nin aktif tren garına entegre edilen ilk millet bahçesi olarak proje, kültürel mirası rekreasyon alanlarıyla birleştirerek Isparta'nın turizm cazibesini artırmış ve sosyal etkileşimi desteklemiştir. Bu çalışma, endüstri mirasının sürdürülebilir turizmi destekleyecek şekilde yeniden işlevlendirilmesi için örnek bir model sunmaktadır. Hayata geçirilen proje ile atıl vaziyetteki kültürel miras öğeleri gelecek nesillere aktarılacak üzere koruma altına alınmış olmakla birlikte kazandırılan yeni fonksiyonlar ve üzerinde bulundukları 75.150 m² lik alanın modern teknikler ile gerçekleştirilen peyzaj çalışmaları ile yerel halk ve turistler için yeni bir ziyaret noktasına dönüşmesini sağlayarak, alternatif bir turizm ziyaret noktasına dönüşmesini sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: Isparta, sürdürülebilir turizm, millet bahçesi, kültürel mirasın korunması, yeniden işlevlendirme

REVIVAL OF INDUSTRIAL HERITAGE FOR TOURISM PURPOSES: ISPARTA NATIONAL GARDEN

ABSTRACT: This study examines the transformation of the Isparta Train Station into a public green space with the Isparta National Garden Project within the scope of revitalizing industrial heritage for tourism purposes. Started in 2021, tendered in 2022 and completed by the end of 2023, the project preserved the historical buildings and increased the tourism potential with modern functions. The Depot Building was repurposed as a public café, the Lodging Building as a handicraft center, and the Water Tower as a photo attraction, attracting tourists. As

Turkey's first nation garden integrated into an active train station, the project has increased Isparta's tourism appeal and promoted social interaction by combining cultural heritage with recreational spaces. This study provides an exemplary model for the re-functioning of industrial heritage to support sustainable tourism. With the implemented project, the idle cultural heritage elements have been taken under protection to be passed on to future generations, but with the new functions and landscaping works carried out with modern techniques, the 75,150 m² area on which they are located has been transformed into a new visit point for local people and tourists, and has turned into an alternative tourism visit point.

Keywords: Isparta, sustainable tourism, public garden, protection of cultural heritage, re-functioning.

GİRİŞ

Açık-yeşil alanlar, kentsel yaşamın temel bileşenlerinden biri olarak toplumun sosyal yenilenmesini sağlayan, fiziksel rahatlama sunan ve bireylerin nefes aldığı yaşanabilir ortamlar yaratmaktadır. Modernleşmenin beraberinde getirdiği hızlı kentleşme baskısının hafifletilmesi ve kentlerin ekolojik dengelerinin korunması açısından açık-yeşil alanlar giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Son yıllarda bu ihtiyacı karşılamada önemli bir rol üstlenen millet bahçeleri, kent estetiğini artırmanın yanı sıra, toplumun rekreatif ihtiyaçlarını karşılayan, doğa ile buluşma imkanı sunan ve kent ekolojisini destekleyen alanlar olarak öne çıkmaktadır (Birold & Aydın, 2019).

Osmanlı'da Tanzimat Dönemi ile başlayan modernleşme sürecinde, toplumsal yaşamı yeniden şekillendirme amacıyla millet bahçeleri oluşturulmaya başlanmıştır. Taksim Bahçesi, 1864 yılında İstanbul'da halkın kullanımına sunulan ilk millet bahçesi olarak tarihe geçmiştir. Ardından Üsküdar Sarıkaya Millet Bahçesi, Tepebaşı Parkı, Kısıklı Millet Bahçesi ve Sultanahmet Millet Bahçesi gibi önemli kamusal mekanlar açılmıştır (Altıntaş & Serdaroğlu Sağ, 2022).

Günümüzde millet bahçeleri, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı öncülüğünde, 2018 yılında başlatılan millet bahçesi seferberliği ile yeniden gündeme gelmiş ve Türkiye genelinde 81 ilde 484 millet bahçesi tamamlanarak yaklaşık 75 milyon metrekare açık-yeşil alan kazandırılmıştır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025). Bu modern millet bahçeleri, kent estetiğine katkı sunmanın yanı sıra, kültürel mirası koruma, sosyal etkileşimleri artırma ve turizm çeşitliliğini destekleme gibi işlevleri ile ön plana çıkmaktadır.

Millet bahçeleri, sadece yeşil alanlar olarak değil, aynı zamanda doğal ve kültürel güzellikleri barındıran, tarih ve sosyokültürel yaşama dair önemli yansımalar içeren, afet durumlarında toplanma alanı olarak değerlendirilebilen ve kentin prestijini artıran simgesel mekanlar olarak da işlev görebilir. Bu yönüyle, Millet Bahçeleri, kentlerdeki sosyal ve ekolojik ihtiyaçları karşılayan yanı sıra kültürel mirasın korunması ve tanıtılması açısından da önemli bir rol üstlenmektedir.

Artan kentleşme ve nüfus yoğunluğu ile birlikte, geçmişin izlerini günümüze taşıyan kültürel miras alanları, bulundukları konum itibarıyla kentin önemli arterleri üzerinde yer almakta ve arazi değerlerinin yükselmesiyle birlikte sosyal alan ihtiyacının artması sonucunda daha da önem kazanmaktadır (Koçan, 2011). Bu durum, tarihi yapıların ve kültürel miras alanlarının

yeniden işlevlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle endüstri mirası alanlarının turizm amaçlı canlandırılması, kültürel kimliği korurken aynı zamanda ekonomik kalkınmayı da destekleyen sürdürülebilir bir yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır.

Günümüzde turizmin gelişmesi ve insanların tatil beklentilerinin değişmesi ile birlikte alternatif turizm kavramı ön plana çıkmıştır. Alternatif turizm, geleneksel turizm anlayışının ötesine geçerek turistlerin gelişen ve değişen beklentilerine cevap vermeyi amaçlamaktadır (Hacıoğlu & Avcıkurt, 2008). Bu bağlamda, endüstri mirasının turizm amaçlı canlandırılması, kültürel ve doğal zenginlikleri modern turizm anlayışı ile buluşturmakta ve turizm destinasyonlarında farklılık yaratmaktadır.

Muhteşem bir doğaya ve coğrafi zenginliklere ev sahipliği yapan Isparta, yer aldığı Akdeniz Bölgesinin batısında, sahip olduğu birçok gölden dolayı Göller Bölgesi olarak isimlendirilen bölgenin iç kesimlerin de yer almaktadır. Yer aldığı coğrafi konumu itibarıyla Isparta, Akdeniz bölgesin de yer almasına rağmen Akdeniz, İç Anadolu ve Ege bölgeleri arasın da önemli bir konum da yer almaktadır (Turgut, 2000). Sahip olduğu bu stratejik konum Isparta tarih boyunca birçok uygarlığa da ev sahipliği yapmasını sağlamıştır. Bunun sonucunda da Anadolu'nun zengin tarihinden çokça nasibini almıştır. Bundan dolayı da kent hem sahip olduğu zengin tabiatıyla ve tarihi zenginlikleriyle turizm açısından çok büyük bir potansiyele sahiptir (Durgun, 2006).

Isparta ilçeleri ile birlikte bir bütün olarak turizmin on iki ay boyunca yapılabildiği ve sahip olduğu zenginlikler sayesinde birçok alternatif turizm çeşidine ev sahipliği yapan bir kenttir. Kent merkezi ve çevresi kültürel miras, kuş gözlemciliği, doğa yürüyüşleri, foto safari, avcılık gibi bir çok turizm potansiyeline ev sahipliği yapmaktadır. Son yıllar da turizm yön değiştirerek klasik deniz, kum ve güneş turizminden daha çok kültür turizmine ve doğa turizmine yönünü çevirmiştir. Bu açıdan da bakıldığında da kültür ve doğa turizmi destinasyon noktaları açısından zengin bir konumda olan Isparta, dünyada ve ülkemizde artan turizm hareketliliğinde yerini almaya başlamıştır (Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı, 2017). Kentte yer alan Hristiyanların önemli inanç turizm noktalarından biri olan ve Pisidia kentlerinin de en büyüğü olan Antiochia antik kenti kültür turizmi açısından büyük önem arz ettiği gibi Davraz kayak merkezi ve Eğirdir Gölü de doğa turizmi açısından kış sporları turizmi ve doğa turizmi açısından kentin turizm potansiyeli açısından büyük önem arz etmektedir (Uzun & Şen Demir, 2019).

Günümüzde hızla artan kentleşme, şehirleri beton yapılarla dolu, sıkışık yaşam alanlarına dönüştürmüş ve bu durum, yeşil alanların hızla azalmasına ve günlük yaşam yoğunluğunun artmasına neden olmuştur. Sonuç olarak, kent sakinleri doğal ve kültürel zenginliklerden giderek daha fazla mahrum kalmakta ve bu durum psikolojik baskıyı artırmaktadır. Şehir hayatının getirdiği bu stres ve yoğunluk, insanların doğal ve kültürel alanlara yönelerek rahatlama ve yenilenme ihtiyacını artırmıştır (Akın & Gül, 2020).

Bu doğrultuda, alternatif turizm çeşitleri giderek daha fazla önem kazanmış ve şehirden kaçış noktaları olarak doğa turizmi ve kültür turizmi ön plana çıkmıştır. Isparta tren garı, uzun yıllar boyunca atıl durumda kalmış ve kent içinde kullanılmayan bir alan olarak varlığını sürdürmüştür. Isparta kent merkezinde yer alan ve önemli bir kamusal alan olarak dikkat çeken Tren Garı Millet Bahçesi, bu ihtiyaca cevap vermek amacıyla yeniden düzenlenmiş ve turizm çeşitliliğine önemli katkılar sağlamıştır. Bu çalışma kapsamında, Millet Bahçesi Projesi kapsamında yeniden işlevlendirilen Isparta Tren Garı ve çevresindeki arazi tescilli kültür

varlıkları olan Depo Binası, Su Deposu ve Lojman Binası restore edilerek turistik cazibe merkezlerine dönüştürülmüştür. Böylece, Isparta'ya yeni bir turizm destinasyonu kazandırılarak hem tarihi dokunun korunması hem de turizm çeşitliliğinin artırılması sağlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, Isparta Millet Bahçesi'nin turizm çeşitliliğine katkısını, endüstri mirasının yeniden işlevlendirilmesini ve alternatif turizm potansiyelini değerlendirmektir.

Yapılan millet bahçesi çalışması kente yeni bir peyzaj ve turizm noktası kazandırması yanı sıra endüstri mirasının korunması noktasında da ayrıca önem göstermektedir. Tüm dünya da endüstri mirası kavramının yaygınlaşması ve taşıdığı değerin anlaşılması açısından doğru bir şekilde hayata geçirilmiş yeniden işlevlendirme kazandırılmış endüstri mirası örnekleri çoğaltılmalıdır. Böylelikle gerçekleştirilecek bu başarılı endüstri uygulamaları ile özgün nitelikleri yanı sıra kazandıkları yeni işlevler ile topluma hizmet etmeye devam edeceklerdir (Tülek & Özdemir, 2019).

Endüstriyel mirasın yeniden işlevlendirilmesi açısından dünya örneklerini incelediğimiz de Amerika da bulunan Rail City Demiryolu Müzesi ve İngiltere de bulunan Midland Demiryolu hattı ön plana çıkmaktadır. İlk buharla çalışan demiryolu olan Rail city şuan da demiryolu müzesi olarak hizmet vermektedir. New york da Sandy Creek kasabasının da Ontario Gölünün kıyısında bulunan müze, gar binaları, vagonlar, lokomotifler ve tramvaylar ile alanın tarihsel yapısını ön plana çıkarması yanı sıra geniş bir demiryolu koleksiyonunu da keşfetme fırsatını ziyaretçilere sunmaktadır. Midland Demiryolu hattı ise zaman içerisinde farklı fonksiyonlar da kullanılsa da şuan itibarıyla dikkat çekici bir eğlence rotasına dönüşmüştür. Midland demiryolu projesi gerek yaban hayatı koruyarak şekilde gerekse de tarihi dokusunu bozmayacak şekilde hazırlanarak bölge ekonomisine ve alanın ekolojik dokusuna katkı sağlayacak şekilde hayata geçirilmiştir (Tülek & Özdemir, 2019).

MATERYAL VE METOD

Isparta, Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nin batısında, Göller Bölgesi olarak adlandırılan alanda yer almaktadır. Coğrafi konumu itibarıyla Akdeniz, İç Anadolu ve Ege Bölgeleri arasında stratejik bir geçiş noktası oluşturmakta ve bu sayede farklı iklim ve kültürel özellikleri bir arada barındırmaktadır. 1050 metre rakıma sahip olan Isparta, güneyde Toros Dağları, kuzeyde ise Sultan Dağları ve Söğüt Dağları ile çevrilidir. Şehir, Burdur Gölü ve Eğirdir Gölü gibi doğal göllerle çevrili olup, bu özellikleriyle Göller Bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Isparta'da karasal iklim ile Akdeniz iklimi etkileri bir arada görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. İlkbahar ve sonbahar aylarında ise ılıman bir hava hakimdir. Isparta ilinin yüzölçümü 8.913 km² olup, TÜİK'in (2024) verilerine göre toplam nüfusu 446.409 olarak kaydedilmiştir. Kent merkezinin nüfusu ise 272.797'dir. Tarih boyunca birçok uygarlığa ev sahipliği yapmış olan Isparta, zengin kültürel mirası ve doğal güzellikleri ile turizm açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Özellikle gül yetiştiriciliği ve halı dokumacılığı ile tanınan şehir, alternatif turizm açısından önemli bir destinasyon konumundadır.

Isparta Tren Garı, Isparta kent merkezinde, Karaağaç Mahallesi'nde yer almakta olup, 37.4685° N enlemi, 30.3344° E boylamı ve 1050 metre rakıma sahiptir. Çalışma alanının konumu Şekil 1'de görülmektedir. Toplam 75.150 m² alana sahip olan bu tarihi yapı, düz ve uzun bir şekle sahip olup, yürüyüş yolları, rekreatif alanlar ve tarihi yapılar için uygun bir yerleşim düzenine

sahiptir. Alanın kuzeyinde şehir merkezi ve ticari alanlar, güneyinde ise yeşil alanlar ve yerleşim bölgeleri bulunmaktadır. İstasyon Caddesi Bulvarı ile Hükümet Konağı'na bağlanan ana ulaşım aksının sonunda yer almakta olup, kentin ticari merkezlerine yakın konumu ve modern ulaşım aksları ile güçlü bir erişilebilirliğe sahiptir.



Şekil 1. Çalışma Alanının Konumu

Isparta Tren Garı 1861-1869 yılları arasında İngilizler tarafından inşa edilen İzmir-Aydın Demiryolu Hattı'nın bir parçasıdır. Bu hat, Nazilli-Denizli-Dinar güzergâhında uzatılmış ve 1912 yılında Eğirdir'e kadar ulaşmıştır (Nedim, 2002). Cumhuriyet Dönemi'nde, kent merkezlerine ulaşım ihtiyacını karşılamak amacıyla Bozanönü-Kuleönü hattı yapılmış ve Isparta kent merkezine ulaşım sağlanmıştır. 1936 yılında, Başbakan İsmet İnönü tarafından düzenlenen törenle Isparta ve Burdur demiryolu hatları hizmete açılmıştır (Haştemoğlu & Erkan, 2013). Isparta Tren Garı, Türkiye'deki tek ikiz mimari projeye sahip istasyon olarak Burdur Tren Garı ile benzerlik göstermektedir. İkinci Ulusal Mimarlık Dönemi'nde uygulanan mimari özellikleri yansıtan bu yapı, uzun, yatay ve dikdörtgen bir kütle olarak tasarlanmıştır. Yapının içerisinde hangar yapıları, teknik servis binaları, depolar, tuvaletler, büfeler ve çeşmeler yer almaktadır (Çetin, 2010). Isparta Tren Garı, bölgenin ekonomik ve sosyal gelişiminde önemli bir rol oynamış olup, İkinci Ulusal Mimarlık Dönemi'nin modernist estetiğini yansıtmaktadır.

Endüstri mirası olarak kabul edilen bu yapı, Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında yeniden işlevlendirilmiş ve Depo Binası, Su Deposu ve Lojman Binası restore edilerek turizme kazandırılmıştır. Bu proje, Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğü (TCDD 7. Bölge Müdürlüğü) ve Isparta Belediyesi arasında imzalanan protokol çerçevesinde yürütülmüştür. Türkiye'deki tek aktif tren istasyonuna entegre edilen millet bahçesi olma özelliği ile dikkat çekmekte ve tarihi dokunun korunmasının yanı sıra, yerel turizmi desteklemektedir.

Bu çalışmada materyal olarak Isparta Tren Garı ve çevresi kullanılmıştır. Çalışmanın ana materyali olarak seçilen bu alan, yerinde gözlem, fotoğraflama, mekânsal analiz ve turizm potansiyelinin değerlendirilmesi amacıyla incelenmiştir. Alan içinde yer alan tescilli kültür varlıkları olan Depo Binası, Su Deposu ve Lojman Binası, yeniden işlevlendirilme süreci kapsamında materyal olarak değerlendirilmiş ve bu yapıların turizm ve kültürel faaliyetler için nasıl kullanıldığı analiz edilmiştir.

Isparta Millet Bahçesi Projesi'ne ait resmi belgeler, proje raporları ve tasarım planları da çalışmanın materyalleri arasında yer almaktadır. Bu belgeler, projenin planlama ve uygulama süreçlerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan Millet Bahçeleri Rehberi incelenerek projelendirme sürecinde dikkate alınan kriterler analiz edilmiştir.

Tarihi ve kültürel belgeler ile arşiv dokümanları, Isparta Tren Garı'nın tarihsel süreci ve kültürel önemi hakkında bilgi sağlamak amacıyla materyal olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, tarihi belgeler, haritalar ve arşiv dokümanları incelenerek, alanın tarihsel bağlamı ve kültürel değeri analiz edilmiştir.

Son olarak, literatür taraması kapsamında bilimsel makaleler, kitaplar, raporlar ve yerel yayınlar incelenmiştir. Bu kaynaklar, Isparta ve çevresinin turizm potansiyeli ile ilgili teorik altyapının oluşturulmasına katkı sağlamış ve çalışmanın bilimsel temellerini desteklemiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Estetik, güzellik olgusunun insanın aklının ve duygularının üzerinde bıraktığı etkileri konu olarak ele alan felsefe dalıdır. (Şentürk, 2013). Estetik kavramından yola çıktığımız da peyzaj estetiği ise kültürel ve doğal çevrenin estetik bir nesne olarak değerlendirildiği algısal bir boyuttur (Tülek & Özdemir, 2019). Çalışma alanımız da estetik boyut kapsamında kültürel miras ve doğal çevrenin bütünlüğü de değerlendirilmiştir.

Bu bölümde, Isparta Tren Garı'nın Millet Bahçesi Projesi kapsamında yeniden işlevlendirilmesi sürecinde elde edilen bulgular sunulmaktadır. Çalışma alanındaki gözlemler, proje dokümanlarının analizi ve tarihi yapıların yeniden fonksiyonlandırılması süreçlerine dayanan bulgular, tarihi dokunun korunması, yeni işlevlerin kazandırılması ve turizm potansiyelinin artırılması temaları etrafında değerlendirilmiştir.

Isparta Millet Bahçesi Projesi, 2021 yılında proje çizimiyle başlamış, 2022 yılında ihalesi yapılmış ve 2023 yılının sonunda tamamlanarak kamu kullanımına açılmıştır. Bu süreçte, tarihi dokunun korunması, tescilli yapıların aslına uygun şekilde restore edilmesi ve kamusal yeşil alanların modern peyzaj düzenlemeleriyle zenginleştirilmesi hedeflenmiştir. Proje tamamlandığında, Isparta kent merkezinde yeni bir turistik destinasyon noktası oluşmuş, kentsel yaşam kalitesi artmış ve sosyal buluşma alanları kazandırılmıştır. Isparta Millet Bahçesi, aktif tren garı ile rekreasyon alanını entegre eden ilk örnek olarak, kültürel mirasın korunması ve sürdürülebilir turizmin desteklenmesi açısından önemli bir model teşkil etmektedir.

Isparta Tren Garı, Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğü (TCDD 7. Bölge Müdürlüğü) ve Isparta Belediyesi arasında yapılan protokol çerçevesinde, Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında kullanılmak üzere tahsis edilmiştir. Alanın toplam büyüklüğü 75.150 m² olup, bu

geniş alan rekreatif kullanımlar, açık yeşil alanlar ve turizm faaliyetleri için yeniden düzenlenmiştir.

Açık yeşil alanlar insanların dış mekanlar da vakit geçirdiği odak noktalarıdır. Bu yeşil alanlar insanlar arasındaki sosyal bağ ve etkileşimi artırmakta ve sosyal bağların güçlenmesine katkı sağlamaktadır. Bu alanlar aynı zamanda toplumu meydana getiren her sınıftan insanı bir araya getirerek toplum arasındaki kaynaşmayı artırarak sosyal gerilimin azalmasını da sağlayabilir. Yeşil alanlar farklı yaş aralığındaki insanların, yürüme, karşılaşma, sohbet etme gibi sosyal etkinliklerde bulunabilme fırsatları elde ettikleri alanlardır (Kızılaslan, 2007).

Kentsel peyzaj alanları, taşıdığı estetik güzellik, rekreasyonel ve tarihsel değerler ile bulunduğu kentin cazibesini artırdığı gibi turizm değerini de artırarak şehrin gelir ve istihdamını yükseltmektedir. İyi projelendirilen ve hayata geçirilen açık yeşil alanlar kentin ekonomisinin canlanmasına katkı sağlamaktadır (Uzun, 2005).

Proje kapsamında, Isparta Belediyesi ile Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı arasında yapılan iş birliği doğrultusunda, alanın Millet Bahçeleri Rehberi çerçevesinde turizm açısından daha cazip hale getirilmesi hedeflenmiştir. Türkiye’deki tek aktif tren istasyonuna entegre edilen millet bahçesi olma özelliği taşıyan bu proje, tarihi dokunun korunması ve yerel turizmin desteklenmesi amacıyla önemli bir rol üstlenmiştir.

Gar binası, aktif olarak kullanılmaya devam etmekte olup, orijinal fonksiyonunu koruyarak hizmet vermektedir. Tarihi dokusunun korunması amacıyla herhangi bir fonksiyon değişikliğine gidilmemiştir. Bununla birlikte, alanda yer alan Depo Binası, Su Deposu ve Lojman Binası gibi tescilli kültür varlıkları, Antalya Kültür Varlıkları Koruma Bölge Müdürlüğü tarafından yeni işlevler kazandırılarak kullanım alanları çeşitlendirilmiştir. Bu bağlamda, kültürel etkinlikler, sergi alanları, rekreatif mekanlar ve turistik çekim merkezleri olarak işlevlendirilmişlerdir. Bu yapılar, tarihi dokunun korunarak kültürel ve rekreatif işlevlerle entegre edilmesi sayesinde turistik cazibe merkezleri haline getirilmiştir. Ayrıca, çocuk oyun alanları, çay bahçeleri ve Isparta bölgesine özgü bitkilerle tasarlanan peyzaj düzenlemeleri ile rekreatif kullanımlar desteklenmiş ve alanın turistik cazibesi artırılmıştır. Yöresel bitkilerin kullanılması, hem biyoçeşitliliğin korunmasını hem de yerel kimliğin güçlendirilmesini sağlamıştır.

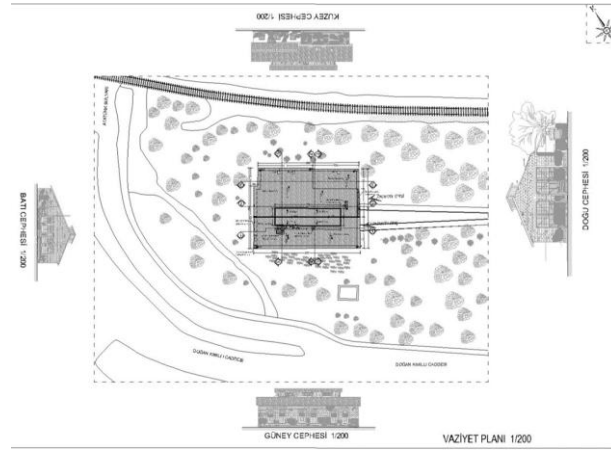
1. Depo Binası

Depo Binası, Karaağaç Mahallesi 32 ada 5 parselde yer almakta olup, Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında yeniden işlevlendirilerek turizme kazandırılmıştır. Bu yapı, sanayi devrimi ile gelişen ulaşım ağlarının merkezinde yer alarak kentin tarihi ve kültürel dokusunun önemli bir parçası olmuştur. Mimarlıkta ve kültürel miras koruma politikalarında bir yapıya yeniden fonksiyon yüklenerek kullanıma sunulması yaklaşımı, kültürel miras öğelerin de sürdürülebilir mekan elde ederek bu yapıları korunmasına ve gelecek kuşaklara aktarılması yöntemi yol gösterici ve önemli bir yöntemdir (Bekar, Lülecı & Çakır, 2023). Endüstri mirası olarak kabul edilen Depo Binası, geçmişte tren garının depo binası olarak kullanılmış ancak zamanla atıl duruma düşmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Depo Binası

Depo Binası, su deposunun kuzeyinde, istasyon alanının başlangıç noktası olarak stratejik bir konumda yer almaktadır. Kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanan yapı, 13.49 x 24.96 m ölçülerinde dikdörtgen planlı, tek katlı ve yüksek tavanlı olarak inşa edilmiştir (Şekil 3). Yığma teknikle inşa edilen binada taş malzeme kullanılmış olup, alt kademelerde üç sıra yatay düzlemde yerleştirilmiş apartman taşları kullanılarak yapılandırılmıştır. Beden duvarları, sarı renkte sıva ve boya ile kaplanarak sade ve estetik bir görünüm elde edilmiştir.



Şekil 3. Depo Binası Vaziyet Planı

İç mekâna, güneydoğu cephesinde yer alan çift kanatlı ve dikdörtgen iki açıklıktan giriş sağlanmaktadır (Şekil 4a). Demiryoluna bakan güneydoğu cephesi dışında herhangi bir kapı açıklığı bulunmamaktadır. Güneydoğu yönünde, lokomotif geçişleri için tasarlanmış dikdörtgen formda, 5.00 m yüksekliğinde ve 4.20 m genişliğinde iki özgün ahşap kapı yer almaktadır. Ayrıca, bu kapılarda 1.90 m yüksekliğinde ve 90 cm genişliğinde tek kanatlı insan geçişlerini sağlayan kapı açıklıkları da bulunmaktadır.

İç mekânda, lokomotiflerin tamir edildiği ana mekân dikkat çekmektedir (Şekil 4b). Bu ana mekân, ince bir beton şapla kaplı olup, iki tamir çukurundan biri moloz dolgu ile kapatılmıştır. Güneybatı iç cephede, 6 adet nizami biçimde ve aynı ölçülerde yapılan demir doğramalı pencereler yer alırken (Şekil 4c), kuzeybatı kanadında 4 adet aynı özelliklere sahip pencere bulunmaktadır (Şekil 4d). Özgün demir pencere doğramalarında, bakımsızlıktan dolayı cam kırılmaları ve demir elemanlarında korozyon görülmektedir. Çatı örtü sistemi, 5 adet ahşap makas sistemi ile desteklenmiştir (Şekil 4e ve Şekil 4f). Cephele, tamamen sade bir tasarıma sahip olup, herhangi bir süsleme veya dekoratif eleman kullanılmamıştır. Giriş, yalnızca doğu cephesinden yapılmakta ve demiryoluna bakan güneydoğu cephesi dışında herhangi bir kapı açıklığı bulunmamaktadır.



Şekil 4. a. Depo Binası Girişi, b. Depo Binası İçi, c. 6 Adet Pencere Açıklığı, d. 4 adet Pencere Açıklığı, e,f. Üst Örtüyü Taşıyan Ahşap Makas Sistemi

Depo Binası, Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında yeniden işlevlendirilerek millet kıraathanesi ve kafeterya olarak tasarlanmıştır (Şekil 5). Bu dönüşümde, kültürel miras koruma politikalarına uygun olarak yapının özgün yapısal özellikleri korunmuş, tarihî dokusu ve mekânsal düzeni modern ihtiyaçlarla birleştirilmiştir. Millet kıraathanesi olarak kullanıma açılan bu tescilli yapı, hem halkın sosyal buluşma noktası haline gelmiş hem de turizm potansiyelini artırarak bölgenin cazibesini yükseltmiştir.



Şekil 5. Millet Kiraathanesi Tasarımı

Endüstri mirasının turizm amaçlı yeniden canlandırılması kapsamında, Depo Binası, Isparta'nın kültürel mirasına sahip çıkılarak nostaljik bir mekâna dönüştürülmüştür. Geçmişin izlerini modern çizgilerle birleştiren bu mekan, gastronomik tatlar sunan kafeterya işleviyle ziyaretçilere eşsiz deneyimler sunmaktadır. Bu dönüşüm, sadece kültürel ve tarihî mirasın korunmasına katkı sağlamakla kalmamış, aynı zamanda turistik cazibenin önemli ölçüde artmasına da olanak tanımıştır.

Depo Binası, geçmişin derin izlerini taşıyan bir mekan olarak, toplumun kültürel ve sosyal yaşamında önemli bir rol üstlenmektedir. Sanayi devriminden bu yana kentlerin tarihini yansıtan tren garlarının ayrılmaz bir parçası olan bu yapı, Isparta'nın tarihî ve kültürel belleğini canlı tutarak gelecek kuşaklara aktarılmasını sağlamaktadır.

Bu dönüşümle birlikte, millet kıraathanesi olarak işlevlendirilmesi, toplumsal buluşma noktası olarak hizmet verirken, aynı zamanda yerel halkın sosyalleşmesine ve turistlerle kültürel etkileşimin artmasına olanak tanımaktadır. Isparta'nın gastronomik kültürünü tanıtmak amacıyla yerel lezzetlerin sunulması, turistik çekim gücünü artırarak kentin ekonomik gelişimine de katkı sağlamaktadır.

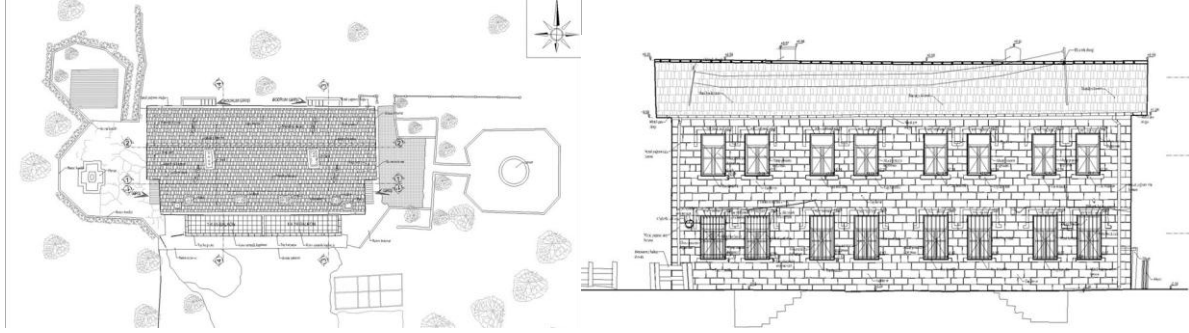
Depo Binası'nın yeniden işlevlendirilmesi, endüstri mirasının turizm amaçlı canlandırılması konusunda başarılı bir örnek teşkil etmektedir. Tarihi dokunun korunması, yeni işlevler kazandırılması ve turistik cazibenin artırılması açısından önemli bir model olarak değerlendirilebilir.

Bu bağlamda, Isparta Millet Bahçesi Projesi, kentsel turizmi destekleyen ve kültürel sürdürülebilirliği güçlendiren bir yaklaşımı ortaya koymaktadır. Endüstri mirasının korunarak yeniden işlevlendirilmesi, sadece turizm potansiyelini artırmakla kalmamış, aynı zamanda Isparta'nın kültürel kimliğini güçlendiren ve toplumsal hafızayı diri tutan bir mekan haline gelmesini sağlamıştır.

Bu bulgular, Isparta Depo Binası'nın kültürel ve turistik anlamda yeniden canlandırılması yoluyla, endüstri mirasının korunması ve sürdürülebilir turizmin nasıl başarılı bir şekilde entegre edilebileceğini göstermektedir.

2. Lojman Binası

Lojman Binası, Karaağaç Mahallesi 32 ada 5 parselde, su deposunun güneyinde ve istasyon sahasının merkezi konumunda yer almaktadır. Kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanan yapı, 18.90 x 10.70 m boyutlarında olup, dikdörtgen planlı ve girintili çıkıntılı bir forma sahiptir (Şekil 6). Demiryolu hattına paralel olarak inşa edilen bu yapı, birbirinden bağımsız iki evden oluşmakta olup, doğu ve batı cephelerinde yer alan iki ana girişe sahiptir. Bu girişler, yapıya sonradan eklenen ahşap bölmeler ile sağlanmaktadır. Simetrik plan tipolojisi ile tasarlanmış olan yapı, bağımsız iki ev olarak hizmet vermektedir.



Şekil 6. Lojman Binası Vaziyet Planı

Lojman Binası, bodrum, zemin ve birinci kat olmak üzere üç katlı olarak inşa edilmiştir (Şekil 7). Taş malzemeden kâgir yığma tekniği kullanılarak inşa edilen yapının bahçesinde, beton malzemeden yapılmış küçük bir havuz bulunmaktadır. Çatı sistemi, ahşap konstrüksiyon üzerine Marsilya tipi kiremit kaplı olarak tasarlanmıştır. Yapının çevresinde, beton çevre duvarı yer almakta olup, bu özellikler lojman binasının tarihî dokusunu ve özgün mimari yapısını korumaktadır.



Şekil 7. Lojman Binası Görünümü

Lojman Binası, geçmişin izlerini ve tarihî dokusunu günümüze taşıyan nadir yapılardan biri olup, Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında yeniden işlevlendirilerek turizme kazandırılmıştır (Şekil 8). Geçmişte tren garı çalışanlarının lojmanı olarak kullanılan bu yapı, zamanla atıl duruma düşmüş ancak kültürel mirasın korunması ve sürdürülebilir turizm amacıyla aslına uygun şekilde restore edilerek yeni işlevlerle yeniden hayata kazandırılmıştır.



Şekil 8. Lojman Binası Tasarımı

Bu lojman binası, kadınlara yönelik geleneksel el sanatları merkezi olarak yeniden işlevlendirilmiştir. Bu işlevlendirme ile birlikte, geçmişin ruhunu yansıtan bu tarihî yapı, kadınların meslek öğrenebilecekleri, sanatsal faaliyetlerde bulunabilecekleri ve ekonomik katkı sağlayabilecekleri bir mekân haline getirilmiştir. Kadınlara yönelik geleneksel el sanatları merkezi olarak işlevlendirilmesi, hem kültürel sürdürülebilirliği desteklemekte hem de alanın turizm cazibesini artırmaktadır.

Bu dönüşüm, yalnızca kadınların ekonomik bağımsızlığını desteklemekle kalmamış, aynı zamanda Isparta'nın geleneksel el sanatlarını tanıtarak kültürel mirasın yaşatılmasına da katkı sağlamıştır. Kadınların el sanatları ürünlerini sergileyebilecekleri ve satışını yapabilecekleri bu merkez, yerel turizmi destekleyen ve kültürel sürdürülebilirliği güçlendiren bir model olarak öne çıkmaktadır.

Lojman Binası'nın yeniden işlevlendirilmesi, endüstri mirasının turizm amaçlı canlandırılması açısından başarılı bir örnek olarak değerlendirilmektedir. Tarihi dokunun korunarak yeni işlevler kazandırılması, yalnızca turizm potansiyelini artırmakla kalmamış, aynı zamanda Isparta'nın kültürel kimliğini güçlendiren ve toplumsal hafızayı diri tutan bir mekân haline gelmesini sağlamıştır.

Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında yeniden hayat bulan bu lojman binası, geçmişin izlerini modern çizgilerle birleştirerek, kültürel mirasın korunması ve sürdürülebilir turizmin nasıl entegre edilebileceğini göstermektedir. Nostaljik atmosferi ve sanatsal faaliyetlerle zenginleştirilmiş iç mekânları ile turistik cazibesini artırmış olup, Isparta'nın sosyal ve kültürel yaşamında önemli bir buluşma noktası haline gelmiştir.

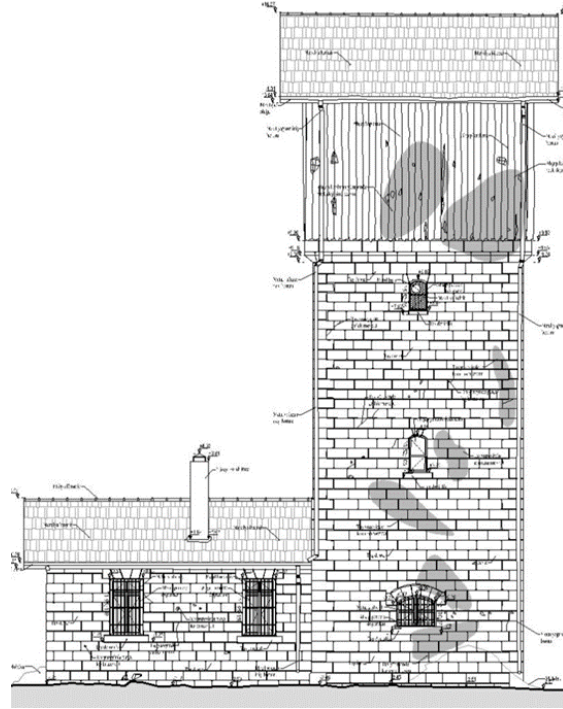
3. Su Kulesi

Su Kulesi (Şekil 9), Isparta ili Merkez Karaağaç Mahallesi 32 ada 5 parselde yer almakta olup, istasyon binası ve müştemilatları ile aynı tarihte inşa edilmiştir. Lokomotiflerin su ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılan bu yapı, teknolojik gelişmelerle birlikte işlevini yitirmiş ve zamanla atıl duruma düşmüştür. Ancak, mimari görünümüyle nostaljik bir atmosfer sunan su kulesi, tarih severler ve fotoğraf tutkunları için ilgi çekici bir mekan haline gelmiştir. Orijinal yapısına sadık kalınarak gerçekleştirilen restorasyon çalışmaları, gelecek kuşaklara aktarılması amacıyla Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında önemli bir adım olmuştur.



Şekil 9. Su Kulesi Görünümü

Su Kulesi, birbirinden bağımsız iki bölmeden oluşmakta olup, 105 m² alana sahiptir. Demiryolu hattına paralel olarak inşa edilmiş olan yapı, dikdörtgen ve kare formun birleşiminden oluşmaktadır (Şekil 10). Dikdörtgen formda zemin kat ve kare formda zemin+2 kat olarak tasarlanan yapıda, taş malzemeden kâgir yığma tekniği kullanılmıştır. Çatı sistemi, ahşap konstrüksiyon üzerine Marsilya tipi kiremit kaplı olarak tasarlanmıştır.



Şekil 10. Su Kulesi Mimari Çizimi

Zamanla, bazı kapılar ve pencere doğramaları değiştirilmiş ve zemin kat tavan döşemelerinde özgün ahşap kaplamalarda hasarlar meydana gelmiştir. Yapıda, yer yer dökülmeler ve kararmalar görülmektedir. Restorasyon çalışmaları, orijinal dokunun korunması amacıyla titizlikle gerçekleştirilmiş ve estetik dokusu ile geçmişin nostaljik izlerini günümüze taşımıştır.

Su Kulesi, Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında fotoğraf çekim noktası olarak yeniden işlevlendirilmiş ve turistlerin uğrak mekânı haline getirilmiştir. Estetik dokusu ve eşsiz mimari görünümü ile fotoğraf tutkunlarının dikkatini çeken bu yapı, geçmişin izlerini modern turizm deneyimleriyle buluşturarak turistik cazibesini artırmıştır.



Şekil 11. Su Kulesi Tasarımı

Su Kulesi'nin fotoğraf çekim noktası olarak yeniden işlevlendirilmesi, sürdürülebilir turizm açısından yaratıcı bir deneyim noktası oluşturmuş ve turistik destinasyon olarak çekim gücünü artırmıştır. Geçmişin izlerini günümüze taşıyan bu kültürel miras ögesi, nostaljik atmosferi ve estetik mimarisi ile turistlerin ilgisini çeken bir turizm destinasyon noktası olarak öne çıkmıştır.

Su Kulesi'nin yeniden işlevlendirilmesi, yalnızca tarihî dokunun korunmasını sağlamakla kalmamış, aynı zamanda Isparta'nın kültürel kimliğini güçlendiren ve toplumsal hafızayı diri tutan bir mekân haline gelmesini sağlamıştır. Geçmişin derin izlerini modern çizgilerle birleştiren bu yapı, Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında sürdürülebilir turizmin nasıl kültürel mirasla entegre edilebileceğini göstermektedir.

Isparta Millet Bahçesi Projesi kapsamında gerçekleştirilen restorasyon uygulamaları, Su Kulesi'nin estetik dokusunu koruyarak yaratıcı turizm deneyimleri sunmuş ve turistik cazibesini önemli ölçüde artırmıştır. Geçmişin nostaljik atmosferi, modern turizm anlayışıyla buluşturularak kültürel sürdürülebilirliğe katkı sağlanmıştır.

Bu bağlamda, Su Kulesi, endüstri mirasının turizm amaçlı yeniden canlandırılması konusunda başarılı bir örnek olarak değerlendirilmektedir. Geçmişin dokusunu modern turizm deneyimleriyle birleştirerek, Isparta'nın sosyal ve kültürel yaşamında önemli bir turistik destinasyon noktası haline gelmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

2018 yılında Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Millet Bahçeleri Rehberi doğrultusunda 81 ilde başlatılan millet bahçesi projesi kapsamında, yıllarca atıl durumda kalan ve metruk görünümüyle kentsel estetiği olumsuz etkileyen Isparta Tren Garı ve arazisi, bu proje ile şehrin önemli bir cazibe merkezine dönüştürülmüştür.

Bu makalede, 1932 yılında hizmete açılan ve uzun yıllar boyunca bölgenin ulaşım ihtiyacını karşılayan Isparta Tren Garı, tarihsel süreci, üzerinde yer alan tescilli yapıları ve Millet Bahçesi Projesi kapsamında kazandırılan yeni fonksiyonları ile birlikte ele alınmıştır. Isparta kent merkezinde yer alan 75.150 m²'lik geniş bir alana sahip bu millet bahçesi, kamusal yeşil alan olarak düzenlenmiş ve kent merkezinde turizm açısından yeni bir destinasyon noktası oluşturmuştur.

Son yıllarda demiryolu kullanımının azalması sonucunda metruk ve kullanılmaz hale gelen bu alan, hazırlanan restorasyon ve yeniden işlevlendirme projeleri ile turizm potansiyelini artıracak şekilde yeniden düzenlenmiştir. Gar arazisi üzerinde yer alan dört adet tescilli yapıya yeni fonksiyonlar kazandırılarak halkın kullanımına sunulmuş ve şehrin merkezi konumunda yer alan bu alana yüklenen yeni işlevlerle Isparta'nın önemli bir cazibe merkezi haline gelmesi sağlanmıştır.

Gar sahası içerisinde yer alan tescilli yapılar, uzun süre kullanım dışı kalmalarına rağmen, özgün mimari özelliklerini büyük ölçüde korumuş ve tarihî dokuları bozulmamıştır. Restorasyon projelerinde, özgün yapılar korunarak rölöve, restitüsyon ve restorasyon projeleri hazırlanmış; alanın bütüncül peyzaj projesi kapsamında bakım ve onarımları tamamlanarak yeni işlevlerle halkın kullanımına sunulmuştur. Modern peyzaj düzenlemeleri ile kamusal açık-yeşil alan olarak yeniden tasarlanan bu bölge, sosyal buluşma noktası olarak kentsel yaşam kalitesini artırmıştır.

Proje kapsamında, yıllardır yolcu taşımacılığında kullanılmayan tren garında yeniden tren seferleri başlatılarak, Isparta Tren Garı, Türkiye'nin ilk aktif tren garına entegre edilmiş millet bahçesi unvanını kazanmıştır. Aktif tren garı olarak Isparta Millet Bahçesi, ulaşım ile rekreasyonun entegre edildiği önemli bir kentsel mekân haline gelmiş, turistik destinasyon olarak farklılaşarak diğer millet bahçelerinden ayrılmıştır.

Geçmişten günümüze varlığını sürdüren millet bahçeleri, bulundukları kentlerin en uğrak noktaları olarak sosyal ve kültürel etkileşimi desteklemektedir. Isparta Millet Bahçesi, aktif tren garı alanında yapılması ve farklı fonksiyonlarla donatılmış tescilli yapıları ile turizm destinasyonu olarak ön plana çıkmayı başarmıştır. Isparta kent merkezi, doğal ve kültürel değerleri, kentsel ekoturizm ve kültürel miras yönetimi açısından büyük bir potansiyel barındırmaktadır.

Bu potansiyelin turizm açısından değerlendirilmesi, kentin turizmden alacağı payı artırmanın yanı sıra, sürdürülebilir kent gelişimini ve kaynak değerlerinin korunmasını destekleyecektir. Millet bahçesi projesi, kentsel turizmin geliştirilmesi ve Isparta'nın kültürel mirasının korunması açısından örnek bir model oluşturmuş ve sürdürülebilir turizmin nasıl kültürel mirasla entegre edilebileceğini göstermiştir.

Bu tür projeler, Isparta'da yaşayan insanların kültürel miras farkındalığını artırmak, turistlerle kültürel etkileşimlerini güçlendirmek ve yerel ekonomiye katkı sağlamak amacıyla önemli bir rol üstlenmektedir (Akkuş & Gül, 2020). Turizmin gelişmesiyle birlikte, Isparta kentinin tanınırlığının artması, daha fazla turistin çekilmesi ve kentin ekonomik gelişiminin desteklenmesi beklenmektedir.

Sonuç olarak, Isparta Millet Bahçesi Projesi, endüstri mirasının korunması, yeniden işlevlendirilmesi ve turizme kazandırılması açısından başarılı bir örnek teşkil etmektedir. Geçmişin izlerini modern çizgilerle birleştiren bu proje, Isparta'nın kültürel kimliğini güçlendiren, toplumsal hafızayı diri tutan ve sürdürülebilir turizmi destekleyen bir model olarak önemli bir rol üstlenmiştir.

Gelecekte benzer projeler geliştirilirken, kültürel mirasın korunması ve sürdürülebilir turizmin desteklenmesi amacıyla bütüncül ve katılımcı yaklaşımlar benimsenmelidir. Isparta Millet Bahçesi Projesi'nin başarısı, kültürel mirasın yeniden işlevlendirilerek turizme kazandırılması yoluyla, kentlerin kültürel kimliklerinin güçlendirilmesine ve ekonomik kalkınmanın desteklenmesine önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir.

YAZAR KATKILARI

Bu makalede tek yazar görev almıştır.

FINANSAL DESTEK BEYANI

Çalışma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar herhangi bir çıkar çatışması belirtmemiştir.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

TEŞEKKÜR

Değerli görüş ve önerileri ile çalışmamı yönlendiren, karşılaştığım sorunların çözümünde her zaman yol gösterici olan, düşüncelerinden veengin tecrübelerinden faydalanmayı her daim fırsat bildiğim Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bina bilgisi ana bilim dalı Öğretim üyesi Doç. Dr. Hasan Şehmuz Haştemoğlu'na verdiği destekten dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Akın, T., & Gül, A. (2020). Isparta-Atabey Yöresinin Ekoturizm Potansiyeli ve Turizm Rotalarının Belirlenmesi. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 5(2), 221-240.
- Akkuş, F. G., & Gül, A. (2020). Kentsel ekoturizm açısından Isparta kent insanının talep ve eğilimleri. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 5(2), 181-200.
- Altıntaş, G., & Serdaroğlu Sağ, N. (2023). Eski Stadyum Alanından Yeni Millet Bahçesine: Eskişehir Kent Merkezinde Bir Dönüşüm Örneği. *İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi*, 12(26), 12-36.
- Batı Kalkınma Ajansı. (2017). 2017 yılı faaliyet raporu. <https://baka.gov.tr/dokuman-merkezi/dokumanlar/faaliyet-raporlari/2017-yili-faaliyet-raporu>
- Bekar, İ., Lülecı, E. S., & Çakır, M. (2023). A studio study on “reuse” in architectural design. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 8(2), 541-557.
- Birol, S. Ş. & Aydın, E. (2019), Açık Alan Rekreatasyonunda Kent Merkezlerine Yenilikçi Bir Yaklaşım: Millet Bahçeleri, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, C:12 S: 66, 489-497.
- Çetin, S. (2010). Isparta İstasyon Yapıları, Isparta İli Değerleri ve Değer Yaratma Potansiyeli Sempozyumları, 26 Nisan-3 Mayıs 2010, Isparta.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2025). <https://csb.gov.tr/bakan-kurum-81-ilimize-484-millet-bahcemizle-75-milyon-metrekare-yesil-alan-kazandirdik-bakanlik-faaliyetleri8667#:~:text=Cumhurba%C5%9Fkan%C4%B1%20Recep%20Tayyip%20Erdo%C4%9Fan'%C4%B1n,metrekare%20ye%C5%9Fil%20alan%20kazand%C4%B1r%C4%B1ld%C4%B1%C4%9F%C4%B1n%C4%B1%20a%C3%A7%C4%B1klad%C4%B1.10.03.2025> Accessed 10.01.2025
- Durgun, A. (2006). Bölgesel Kalkınmada Turizmin Rolü, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Hacıoğlu, N. & Cevdet , A., (2008), Turistik Ürün Çeşitlendirmesi, Nobel Yayın Dağıtım.
- Haştemoğlu, H. Ş. & Erkan, İ. (2013). Tarihsel Süreçte Türkiye'de Demiryolu İstasyon Binaları ve Isparta-Burdur Örneği. *History Studies*, 5(6), 165-181.

- Kızıllarslan, S. (2007). Trabzon Kenti Park ve Bahçelerinin Peyzaj Tasarım Kriterleri Açısından İncelenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Koçan, N. (2011). Tarihi Mekanlarda Kültürel Dönüşüm: Uşak Tarihi Tren Garı Örneği. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 11(2), 130-137.
- Nedim, A. (2002). İzmir Demiryolları, İzmir Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları.
- Şentürk, G. (2013). Leonardo Da Vinci Eserlerinin Estetik Eğitimi Açısından Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Güzel Sanatlar Eğitimi Bölümü Resim İş Öğretmenliği Ana Bilim Dalı, Ankara
- Turgut, H. (2000). Cumhuriyet'ten günümüze Isparta, ABC Basın Ajansı, Isparta.
- TÜİK. 2024. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2024.
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2024-53783>
- Tülek, B. & Özdemir, A. (2019). Kentsel Peyzajlarda Endüstri Miraslarının Önemi: Çankırı Tarihi Tren Garı Örneği, *Inonu University Journal of Art and Design* (2019) SSN: 309-9876, E-ISSN: 1309-9884,
- Uzun, H., & Şen Demir, Ş. (2019). Marka Kent Isparta Üzerine Bir Araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(2), 171-186.
- Uzun, S. (2005). Kırsal ve Kentsel Alanlardaki Parklarda Kullanıcı Memnuniyeti: Gölcük Orman İçi Dinlenme Alanı ve İnönü Parkı Örneği. A.İ.B.Ü. Fen Bilimleri Enst. Peyzaj Mim. ABD. Yüksek Lisan Tezi.



KENT PARKLARININ BİYOFİLİK TASARIM PARAMETRELERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ: SAMSUN ÇAKIRLAR PARKI ÖRNEĞİ

Filiz DOĞAN^{1,*}

¹İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Atlas Üniversitesi, İstanbul

*Sorumlu Yazar: filizkaynardogan@gmail.com.tr

Filiz DOĞAN: <https://orcid.org/0000-0002-1075-5752>

Please cite this article as: Doğan, F. (2025) Kent parklarının biyofilik tasarım parametrelerine göre değerlendirilmesi: Samsun Çakırlar Parkı örneği, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 43-58.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article 9 July 2024

Geliş 9 Temmuz 2024 / Received

Düzeltilmelerin gelişi 19 Mart 2025 / Received in revised form 19 March 2025

Kabul 8 Nisan 2025 / Accepted 8 April 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ÖZET: Dünya nüfusundaki hızlı artış, kentsel mekanların insan üzerinde oluşturduğu baskıyı giderek arttırmaktadır ve bu baskı insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Biyofilik tasarım, son yıllarda kentsel planlama çalışmalarında doğayı ve doğal çevreyi ön plana çıkarmayı amaçlayan, doğala yakın kentsel tasarımlar olarak adlandırılan bir planlama yaklaşımıdır. Son yıllarda oldukça fazla biyofilik tasarım örnekleri sunan mekan kurguları oluşturulmuş, “biyofili” terimi mimarlık, şehir planlama, peyzaj mimarlığı ve kentsel tasarım alanlarında önem kazanmış ve tasarımlara yansımıştır. Biyofilik tasarım, doğadan ilham alınarak tasarlanan mekanları yapıli çevreye dahil etmeyi ve yaşam kalitesini yükseltmeyi amaçlar. Fonksiyonel olduğu kadar, zihinsel refahı da sağlayan bir tasarım anlayışıdır. Kent parkları da kullanıcılara doğanın güzelliklerini sunarak insanların doğaya karşı pozitif tutum sergilemesine yardımcı olan, kendilerini doğanın bir parçası gibi hissetmelerini sağlayan özel bahçelerdir. Bu çalışmada Samsun Çakırlar Koru Parkı çalışma alanında biyofilik tasarım parametrelerinin irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, biyofilik tasarımın ondört parametresinin yerinde gözlemler ve fotoğraflama tekniği kullanılarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Buna bağlı olarak çalışma alanının biyofilik tasarım parametrelerinden “mekânda doğa” parametresine %50 oranında, “doğal analoglar”a %21 oranında, “mekânın doğası” na ise %29 oranında uyum sağladığı tespit edilmiştir, biyofilik tasarımların insanlara mutlu ve sağlıklı çevreler sunacağı düşüncesiyle biyofilik tasarım yaklaşımının yaygınlaştırılması gerekliliği yönünde önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Biyofilik tasarım, biyofilik tasarım parametreleri, kent parkları

EVALUATION OF URBAN PARKS ACCORDING TO BIOPHILIC DESIGN PARAMETERS: CASE OF SAMSUN URBAN PARK

ABSTRACT: The rapid increase in the world population gradually increases the pressure that urban spaces put on people, and this pressure negatively affects human health. Biophilic design is a planning approach called naturalization of urbanization, which aims to highlight nature and natural environment in urban planning studies in recent years. In recent years, space setups that offer biophilic design examples at many different spatial scales have been created, and the term “biophilia” has gained importance in the fields of architecture, city planning, landscape architecture and urban design, has been reflected in designs. Biophilic design aims to include spaces inspired by nature into the built environment and improve the quality of life. It is a design approach that provides not only functional and visual discipline but also mental well-being. Urban parks are special gardens that offer their users the beauties of nature, helping people to have a positive attitude towards nature and making them feel like a part of nature. In this study, it is aimed to examine biophilic design parameters in the example of Samsun Çakırlar Park. For this purpose, 14 criteria of biophilic design were evaluated using on site observations and photography techniques. Accordingly, it was determined that the study area complied with the biophilic design parameters of "nature in space" by 50%, "natural analogs" by 21%, and "nature of place" by 29%, and suggestions were made that biophilic design parameters should be widespread, based on the idea that people will be happier and healthier thanks to biophilic designs.

Keywords: Biophilic design, biophilic design parameters, urban parks.

GİRİŞ

Biyofili; insanlara fiziksel olduğu kadar zihinsel sağlık, yaşamsal memnuniyet sunmak amacıyla doğayla bütünleşme çabası olarak tanımlanabilmektedir (Kellert, 2014). Wilson tarafından 1984 yılında önerilen ‘biyofili’ terimi, sürdürülebilirlik yaklaşımıyla kentsel planlamaya yeni bir anlayış getirmiştir (Özden, 2019). Sürdürülebilir ve iklim değişikliğine dayanıklı kentleşme anlayışını da destekleyen biyofilik yaklaşım, büyük ya da küçük ölçekte doğa esaslı çözümler sunmayı hedefler, kentsel tasarımın doğayı ve doğal unsurları içermesi gerektiğini belirtir (Beatley & Newman, 2013).

Endüstrileşme ve beraberinde gerçekleşen teknolojik gelişmelerle, insanların doğaya zararları artmış, çevre sorunları son yıllarda ciddi boyutlara ulaşmıştır. Hızlı ekonomik büyümenin yarattığı çevre sorunları ve atıklar, iklim değişiklikleri, küresel ısınma, en önemli çevre sorunları arasında yer almaktadır (Heywood, 2007). Endüstrileşme ve kentleşmeyle bozulan insan-doğa birlikteliğini canlandırmak için ‘doğaya geri dönüş’ anlayışıyla çevre koruma bilinci doğmuştur (Dobson, 1996). Son yıllarda, çevreyle dost yaklaşımlar gelişmiş, çeşitlenerek birçok çevreci yaklaşımı ortaya çıkarmıştır. Bu yaklaşımlar arasında bahçe-kent, yeşil tasarım, ekolojik tasarım ve biyofilik tasarım gibi sürdürülebilir planlama ve tasarım ilkesini taşıyan, insan ve doğa etkileşimine vurgu yapan yaklaşımlar yer almaktadır (Abdollahi & Oktay, 2020).

Biyofili, eski Yunan dilinde ‘yaşam sevgisi’ anlamına gelmektedir (Dündar, 2021). İlk olarak 1960’lı yıllarda Erich Fromm tarafından “The Heart of Man” adlı kitabında kullanılmış ve yaklaşık 20 yıl sonra Edward Wilson tarafından ‘Biophilia’ (1984) adlı kitabında tanımlanmış

ve popüler hale getirilmiştir (Fromm, 2023). Bu terim ‘yaşama karşı duyulan sevgi’ olarak da tanımlanmaktadır (Genç et al., 2018). Zamanla Stephen Kellert ve Wilson biyofili kavramını, ‘Biyofilik Tasarım’ olarak mimarlık alanına dahil etmeyi başarmışlardır. Biyofili tasarımı ilk defa Kellert ve Wilson’ın ortak çalışması olan, 2005’te yayımlanan ‘Building For Life’ adlı eserleriyle tanımlanmıştır. 2008 yılında ‘Biyofilik Tasarım’ kavramı, ‘Biophilic Design’ isimli kitap ve birçok çalışmayla desteklenerek derlenmiştir (Çorakçı, 2016). Biyofilik tasarım ‘insanların yaşadığı yapıyı çevresine doğal ya da doğayı taklit eden elemanların getirilerek insan ve doğa ilişkisinin sürdürülebilir olmasına destek olan tasarımlar olarak tanımlanabilir (Abdollahi & Oktay, 2020).

İnsanların doğayla olan ilişkisini sürdürme eğilimi tarihsel süreç boyunca gözlenmektedir. Biyofilik tasarım, insanların evrimsel süreç içerisinde hayatla kurduğu bağı önemsemektedir. Bu bağı, doğayla yakınlık hissi olarak tanımlamaktadır ve bu duyguyu her insan taşır. Biyofili tasarımı, insanların doğal unsurlarla arasında geçen duygusal etkileşimin yönünü de belirler (Bayraktaroğlu et al., 2014). İnsanların doğal dünya ihtiyaçları kapsamında yürütülen çalışmalar, doğal dünyanın insanı tamamlayıcı bir parçası olduğunu öne sürmektedir. Bu durum göz ardı edildiğinde yalnızca dünyaya zarar vermekle kalmayıp, yaşam kalitesinin azaldığını ve insan sağlığının etkilendiği görülür (Pollack, 2006). Son yıllarda, doğayı taklit eden ortamların kullanıcı memnuniyetini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, biyofilik tasarımın ne olduğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır (Salingaros & Masden, 2008). Beatley (2011); biyofilik tasarımın kentlerde desteklenmesi gerektiğini, kentsel planlama ve tasarım alanında doğanın ve doğal sistemlerin ön plana çıkarılması gerektiğini savunmaktadır. Bu görüşü Russo ve Cirella’da (2017); biyofilik anlayışla tasarlanan kentlerde yaşamsal kalitenin artacağını ifade etmektedir. Bu kapsamda yapılan araştırmalar kentsel tasarım sürecinde biyofilik tasarım yaklaşımının uygulanabileceğini ortaya koymaktadır (Derr & Lance, 2012; Scharoun & Montana, 2013; Ojamaa, 2015; Onuk et al., 2015; Düzenli et al., 2017; Downton et al., 2017; Al-Rhodesly et al., 2018; Zari, 2019). Ayrıca, biyofilik tasarım kentler için birer fırsattır ve yapısal çevreye küçük müdahalelerle uygulanabilir (Fischl, 2016).

Çalışma kapsamında, Samsun Çakırlar Koru Parkı literatürde başarılı uygulamalarla dikkat çeken biyofilik tasarım kriterleri bağlamında değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada, Samsun Çakırlar Koru Parkı’ndan alınan görüntülerle nitel gözleme dayalı bir araştırma yapılmıştır.

Biyofilik Tasarım Parametreleri

Kentsel planlama; geleceğe yönelik insanların ihtiyaçlarının planlı ve kontrollü bir yaklaşımla geliştirilebilmesi için oldukça önemlidir. Doğal çevreyle yapıyı çevre arasındaki etkileşimin analiz edilmesi büyük önem taşır (Suri, 2018). Topoğrafya, iklim gibi unsurlar planlama sürecinde değerlendirilerek doğal çevreyle olan bağlantı güçlendirilmelidir. Kentsel mekan tasarımında önerilecek biyofilik tasarım kararları, doğa manzarasıyla olan görsel bağlantının güçlendirilebilmesini sağlar (Ünal, 2021). Yapılan birçok araştırma, doğayla etkileşimin olduğu ortamlarla bağlantı kurmanın stres hormonunu azalttığını, zihinsel sakinlik sağladığını kanıtlamıştır (NHS, 2022).

Biyofili tasarımı üç ana parametreden oluşmaktadır (Coulthard, 2020). Bu parametreler; “mekanda doğa”, “doğal analoglar” ve “mekanın doğası”dır (Tablo 1). Bitki, su ve hayvanların

yanı sıra hava, ısı, ses, koku gibi diğer doğal unsurları içeren bu parametreler kentsel bir mekanda doğrudan ele alınarak, görsel bağlantıların oluşturulmasıyla en güçlü doğal etkiyi sunmaktadır (Browning et al., 2014).

Tablo 1. Biyofilik Tasarım Parametreleri (Xue et al., 2019; Ryan et al., 2014; Browning et al. 2014; Genç et al., 2018).

Mekanda Doğa	1.Doğa manzarasına görsel bağlantı; Doğal elemanlara, doğal süreçlere, canlı sistemine bakış.
	2.Doğaya görsel olmayan bağlantı; Doğal elemanlara, doğal süreçlere ve canlı sistemine kaynak oluşturan işitsel ve dokunsal uyaranlar.
	3.Ritmik olmayan duyuşsal uyaranlar; Çimenlerin veya yaprakların esintiyle hareket etmesi, su yüzeyinin dalgalanması gibi istatistiksel olarak analiz edilebilen rastlantısal değişkenler.
	4. Isı ve hava akımı değişkenliği; Hava sıcaklığındaki değişiklikler.
	5. Suyun varlığı; Suyu görmek, işitmek ve dokunmak.
	6. Dinamik ve dağınık ışık; Doğada meydana gelen aydınlatma koşullarını, ışık ve gölge yoğunluklarıyla taklit etmek.
	7. Doğal sistemlerle ilişki; Mevsimsel değişiklikler gibi doğal süreçlerin farkındalığı.
Doğal Analoglar	8.Biyoförmik form ve örüntüler; Doğada yer alan şekil ya da dokuların sembolik temsilleri.
	9. Doğal Malzeme Kullanımı; Yerel ekolojiyi yansıtan ve ayrı bir mekan kurgusu oluşturan doğal malzeme kullanımı.
	10. Karmaşa ve düzen; Doğada yer alan simetri ve hiyerarşinin tasarıma yansıtılması.
Mekanın Doğası	11.Manzara; Uzun mesafeli ve engelsiz görüş alanı.
	12.Sığınma; Bireyin çevresel koşullardan korunma bir konuma çekilmesi.
	13.Gizem; Kısmen gizlenmiş görüş açıları ile bireyde daha derine gitme merakı uyandıran tasarım anlayışı.
	14.Risk; Güvenilir bir koruma alanıyla tanımlanabilir bir tehdit.

Kent Parkları Uygulamalarında Biyofilik Tasarım

Kent parkları, kalabalık kent yoğunluğu içerisinde doğayla özgürce etkileşim içine girmeye olanak sağlayan, insanlara çeşitli sosyal etkinlik alanları oluşturan mekanlardır. Kent parkları orman, koru gibi doğal peyzaj unsurlarını, insanların kullanımına yönelik yürüyüş parkurları, gezinti alanları gibi rekreasyonel etkinlik alanlarıyla ilişkilendirir (Atanur & Ersöz, 2020). Zumthor (2010); kentsel planlamanın hayatla fiziksel bir bağ kurduğundan bahseder.

Modern yaşamda günlük hayatın büyük bir kısmını yapıklı çevre içerisinde geçiren insanın mekânla kurduğu temas, kentsel planlamalar söz konusu olduğunda daha da önem kazanmaktadır. Gullikson (2010), kentsel planlama ve tasarımın sürdürülebilir bir yaklaşımla ele alınabilmesi amacıyla biyofili tasarımının bir fırsat sunduğunu, doğanın yapay çevre içerisine serpiştirilmesinden daha çok, insanlar tarafından deneyimlenebilir olmasının daha önemli olduğundan bahsetmektedir. Mimarlık alanında biyofilik tasarım, mimari projelerin doğadan esinlenilerek tasarlanan elemanları içermesiyle ilişkilendirilen, insanların doğal çevreyle etkileşim içine girmesine olanak tanıyan bir yaklaşımdır. Kentsel mekânlara doğal elemanların entegrasyonu ile doğal dünyayla daha fazla temas sağlanarak doğal çevreyle uyumlu alanların oluşturulması hedeflenir (Beatley, 2011; Browning & Ryan, 2020; McGee vd., 2019; Soderlund & Newman, 2015).

Biyofilik tasarımla ilgili yapılan araştırmalarda artış olduğu görülmektedir (Akyıldız, 2023). Şehir-Bölge Planlama alanında biyofilik tasarım; kentlerdeki yeşil dokunun korunmasını, doğal alanların ve doğal çevreyle olan etkileşimin artırılmasını hedeflemekte, doğal çevreyle uyum sağlayan kentlerin ve yerleşim alanlarının planlanmasını önermektedir (Beatley, 2011;

Totaforti, 2020). Yerleşim alanlarındaki biyofilik tasarım elemanlarının korunması da oldukça önemlidir (Akyıldız & Olğun, 2021; Sinemillioglu et al., 2010). Biyofilik tasarım alanında yapılacak akademik araştırmaların belirlenmesi gelecekte bu konuda yapılacak olan çalışmalara yol gösterici olacaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeyinde yer alan Samsun ilinde bulunmaktadır (Şekil 1). Karadeniz bölgesinin en önemli liman kentlerinden biri olan Samsun kenti, 7,5 km'lik kıyı şeridinde sahiptir. Kent, Karadeniz Bölgesinin ekonomi, eğitim, sağlık, ticaret, sanayi ve ulaşım alanlarında en gelişmiş şehirlerinden biridir (Url-1).



Şekil 1. Samsun Çakırlar Koru Parkı (GoogleEarth, 2023)

Samsun Çakırlar Koru Park, 2012 yılında tamamlanan çevre düzenleme çalışmasıyla dört mevsim boyunca ilgi çeken turistik bir yer haline gelmiştir. Çakırlar Koru Parkı; çeşitli rekreasyonel etkinlikler için Samsun kentinde tercih edilen yerler arasında hizmet vermektedir (Url-2). Park Samsun'un Atakum ilçesinde, merkeze yaklaşık 19 km uzaklıkta yer almaktadır. Samsun Çakırlar Koru Parkı, sahip olduğu doğal yaşam alanlarının yanı sıra her yaştan insanların ilgi duyduğu bir yaşam merkezi haline gelmiştir. Parkın içinde oldukça fazla sayıda bitkilere yer verilmiştir. Park, yaklaşık 241 dönüm büyüklüğündedir. İçerisinde yer alan çeşitli sosyal tesisleri, ormanının derinliklerine doğru ilerleyen ahşap yürüyüş yolu, eğlence, etkinlik ve piknik alanları, oyun parkı, kafeterya gibi 47 dönüme yayılmış rekreasyon alanlarıyla insanlara ortak kullanım hizmeti sunmaktadır. Parkın yaklaşık 194 dönümlük alanı koru olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Samsun Çakırlar Koru Parkı biyofilik tasarım parametrelerine (Tablo 1) göre, yerinde gözlem ve fotoğraflama tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışma, Samsun Çakırlar Koru Parkının "Biyofilik Tasarım Parametreleri" bağlamında uyum seviyesini araştırmak ve geliştirmek amacıyla yapılmıştır. Mimarlık ve peyzaj mimarlığı disiplinlerinde yapılan farklı çalışmalarda (Genç et al., 2018; Kaya & Arslan Selçuk, 2018; Yurtgün, 2020; Demirbaş & Demirbaş, 2019; Gökten & Kelkit, 2021) kullanılan biyofilik tasarım parametrelerine göre; biyofilik tasarımın on dört kriteri Samsun Çakırlar Koru Parkı için, yerinde gözlem ve fotoğraflama tekniği yapılarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanı, 'mekanda doğa' parametresi kapsamında doğa manzarasına görsel bağlantı, doğaya görsel

olmayan bağlantı, ritmik olmayan duyuşsal uyarılar, ısı ve hava akımı değişkenliği, suyun varlığı, dinamik ve dağınık ışık, doğal sistemlerle ilişki, ‘doğal analoglar’ parametresi bağlamında biyoformik form ve örüntüler, doğal malzeme kullanımı, karmaşa ve düzen, ‘mekanın doğası’ parametresi bağlamında ise manzara, sığınma, gizem, risk olmak üzere toplam 14 kriter kapsamında değerlendirilmiştir.

Buna ek olarak, çalışmanın asıl sorunsalına yönelik veri sağlamak ve tartışmanın altyapısını oluşturabilmek amacıyla araştırma konusu ve alanıyla ilgili hem ulusal hem de uluslararası bilimsel araştırmalar incelenmiş ve bu çalışmalardan yararlanılmıştır. İncelenen literatürler kapsamında biyofilik tasarım kriterleri belirlenmiş ve Samsun Çakırlar Koru Park’ında bu ilkelerle uyum sağlayabilecek alanları tespit etmek amacıyla arazi çalışması yapılmıştır. Samsun Çakırlar Koru Parkı’nın biyofilik tasarım parametrelerini sağlama durumu 0 puan=kriteri sağlamıyor, 1 puan=kriteri kısmen sağlıyor ve 2 puan=kriteri sağlıyor şeklinde puanlandırılarak değerlendirilmiştir.

BULGULAR

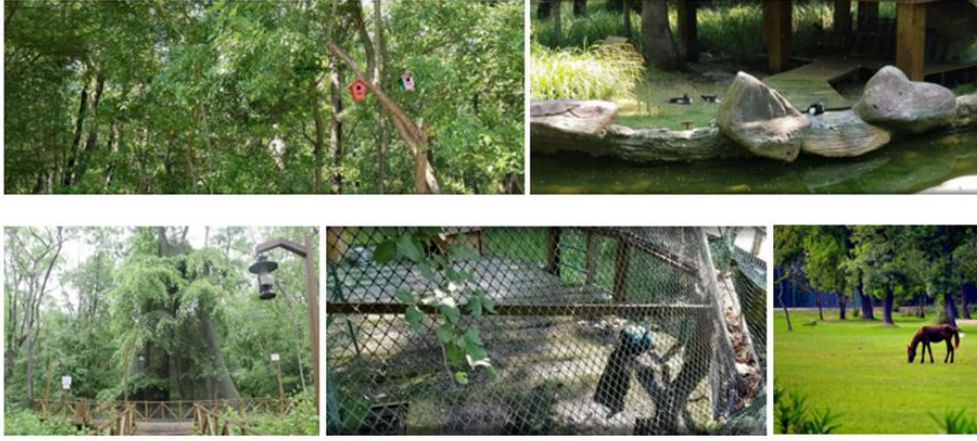
Samsun Çakırlar Koru Parkı doğa ile etkileşimi kopan kentlilerin doğa ile yeniden bağ kurmasında önemli bir etkiye sahiptir. Samsun Çakırlar Koru Parkı çalışma alanı, biyofilik tasarım parametrelerine göre irdelenmiştir. Çalışma alanına ait veriler, yerinde yapılan nitel gözlem ve incelemelere dayanmaktadır.

Samsun Çakırlar Koru Parkında doğa manzarasına görsel bağlantının kurulmasını sağlayacak miktarda yeşil alan oluşturulmuş, alan içerisinde su ögesine ve hayvanlara yer verilmiştir (Şekil 2). Ancak, parkta doğal alan algısının yanında yapılı çevre algısı da hakim olmuştur.



Şekil 2. Doğa manzarasına görsel bağlantı (Url-3)

Doğaya görsel olmayan bağlantı kapsamında, çalışma alanı içerisinde yer alan su ögesi, kuşların ve ördeklerin sesleri kullanıcıların doğaya görsel olmayan bağlantı kurmasını sağlayan unsurlar olarak öne çıkmaktadır (Şekil 3). Ancak, bu kriter kapsamında gerekli olan duyuşsal uyarılardan kokulu bitkiler yok denecek kadar az sayıda kullanılmıştır. Su ögesi, işitsel ve dokunsal açıdan oldukça yetersizdir.



Şekil 3. Doğaya görsel olmayan bağlantı (Url-4)

Bunun yanında çalışma alanı içerisindeki ağaçların, çalılıkların ve çimenlerin esintisiyle hareket etmesi ve su yüzeyinde oluşan dalgalanma ritmik olmayan duyu uyaranlarının varlığını göstermektedir. Bu bağlamda alan içerisinde doğayla bağlantı kısmen sağlanmıştır.

Çevresindeki yapısal mimari dokunun olmasına rağmen çalışma alanının topografik yapısı ile yoğun yeşil doku temiz hava akımını sağlamaktadır. Parkta yer alan bitkilerle oluşturulmuş gölgeli oturma alanlarıyla yürüyüş parkurları mikroklimatik ortamlar oluşturmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Ritmik olmayan duyu uyaranlar

Ilıman iklimin hâkim olduğu kentte, yüksek sıcaklıklara çözüm olmasa da hava değişkenliği kazandıracak alanlara özellikle yürüyüş parkurunda yer verilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Isı ve Hava Akımı Değişkenliği (Url-5)

Çalışma alanı içerisinde su ögesi bulunmaktadır. Kullanıcılar suyun kısmen de olsa işitsel ve görsel özelliğinden yararlanabilmektedir (Şekil 6). Ancak, biyofilik tasarım yalnızca görselliğe

değil, duyuşal deneyime ve dokunsallığa da bağılı olduğu için parktaki suyun varlığının bu açıdan yetersiz olduğu söylenebilir.



Şekil 6. Suyun varlığı (Url-6)

Çalışma alanı içerisindeki geniş çim alanları kullanıcıların ışığı doğrudan deneyimleyebilmelerine olanak sağlarken, ağaçların altı ve gölge alanlar ise dinamik ve dağınmık ışığı deneyimleyebilme imkanı tanımaktadır. Ancak, dinamik ışık varlığı, planlamanın başlangıç aşamasında analiz edilmesi gereken bir konudur. Samsun Çakırlar Korum Parkı planlama sürecinde bu amaçla analiz edilmediğinden ışık faktörü yalnızca boylu ağaçların sunduğu açık ve yarı gölge alanlarla sağlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Dinamik ve Dağınmık Işık

Doğal sistemlerle ilişki kurulmasına yönelik parametrede değışken, mevsimsel geçişlere uyum sağlayan türlerin seçilmesi olarak hedeflenmektedir. Ancak, çalışma alanı kapsamında renk çeşitliliği açısından bu parametreye uyumlu bir uygulamadan söz etmek oldukça güçtür. Çalışma alanında dişbudak, kara gürgen ve doğu gürgen ağaçlarının yanında göl soğanı ve her dem yeşil 20 çeşit çalı türü saptanmıştır (Kutbay vd., 2017). Parkta, ekosistemin zamansal değışiminin yıl boyu deneyimlenebilmesi çiçekli bitkilerin varlığından çok, yaprağını döken ağaçların varlığıyla sağlanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Ekosistemin zamansal değışimi (Url-7)

Çalışma alanı doğal analoglar bağlamında biyomorfik form ve örüntüler, doğal malzeme kullanımı, karmaşa ve düzen olmak üzere üç parametre kapsamında değerlendirilmiştir. Alan içinde doğadan öykünerek tasarlanmış biyomorfik form ve örüntülere rastlanmaktadır. Örneğin parkta yer alan yürüyüş akslarında doğal formların kullanılmasının yanında parktaki kaya bahçesinde bu formları görmek olasıdır. Parkta özellikle su yüzeyi ve çevresinde kullanılan doğal malzemeler öne çıkmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Biyomorfik Form ve Örüntü (Url-8)

Parkta özellikle su ögesi ve çevresinde kullanılan doğala yakın malzemelerle özgün tasarımlar yaratılmaya çalışılmıştır. Ancak, alanda doğal malzeme kullanımına yer verilmiş olsa da görsel bağlantının koptuğu noktalar mevcuttur. Doğal malzemelerin yalnızca belirli bir alanda değil, zemin döşemesinden aydınlatma elemanlarına, oturma birimlerine kadar her alanda kullanılması gerekir. Parkta yer alan oturma elemanları bu kriteri karşılamamaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Oturma Elemanları (Url-9)

Buna ek olarak; çalışma alanı içinde çocukların doğayı deneyimleyebileceği, mental ve fiziksel gelişimini destekleyecek doğal malzemelerle tasarlanmış, farklı yaş gruplarının doğaya ilgilerini arttırmak amacıyla kurgulanmış bir çocuk oyun alanı bulunmamaktadır. Bu kapsamda çocuk oyun alanı yetersiz bulunmuştur (Şekil 11).



Şekil 11. Çocuk Oyun Alanı (Url-10)

Karmaşa ve düzen doğanın içinde hiyerarşik düzene bir gönderme yaparak karmaşanın içindeki düzeni vurgular. Karmaşa ve düzen parametresine göre Samsun Çakırlar Koru Parkı içerisindeki mekanların hiyerarşik bir düzen içerisinde kurgulandığı söylenebilir. Çalışma alanında bu parametreyi karşılayacak tasarımlar bulunmaktadır, ancak öteki kullanımlar ile bağlantısı sağlanmadığından başarılı olamamıştır. Mekanın doğası parametresine göre çalışma alanı manzara, sığınma, gizem ve risk olmak üzere dört kriter altında değerlendirilmiştir. Çalışma alanı manzara değeri yüksek bir konuma sahiptir. Fakat, manzarayı daha iyi gözlemleyebilmek amacıyla çalışma alanı içinde seyir noktaları oluşturulmamıştır. Engelsiz görüş amacı yürüyüş parkurlarıyla sağlanmış ancak parkın genelinde manzara oluşturabilecek alternatif kullanım alanları oluşturulmamıştır.

Sığınma ilkesi kapsamında parkta kullanıcıların beraber zaman geçirebileceği kapalı ve yarı kapalı korunaklı mekanlar bulunmaktadır (Şekil 12). Parkta gölge veren ağaçların bulunduğu, insan yoğunluğundan uzak kullanım alanları da mevcuttur.



Şekil 12. Sığınma

Samsun Çakırlar Koru Park içinde ormanın derinliklerine doğru uzanan yürüyüş parkuru ve bitkisel kompozisyonlar görsel engeller oluşturarak, kullanıcıların merakını arttırmaktadır (Şekil 13). Park genelinde sert yüzeylerden daha çok yeşil alanların oldukça geniş alanlara yayılması, boylu ağaçların kullanımına çalı ve bodur bitki kullanımından daha fazla yer verilmesi parkın merak uyandıran gizemli bir alana dönüşmesini sağlamıştır.



Şekil 13. Gizem

Risk oluşturabilecek alanlar özellikle su kenarları ve yüksek alanlardır. Güvenlik önlemleri alınmış ve uyarı levhaları konulmuş olsa da (Şekil 14) parkta gözlemlenen en belirgin tehlike, yürüyüş parkurunda yer alan koruma elemanlarında herhangi bir perdeleme elemanının kullanılmamış olmasıdır.



Şekil 14. Risk (Url-11)

Kalabalık kent yoğunluğu içerisinde doğaya özgürce temas etmeye olanak sağlamak ve insanlara çeşitli sosyal etkinlik alanları oluşturmak amacıyla hayata geçirilen kent parklarından biri olan Samsun Çakırlar Koru Parkı, içerisindeki özgün su yüzeyi, koru gibi doğal peyzaj alanının yanında çeşitli kullanım alanlarıyla insanlara doğayla iç içe olma imkanı sunmaktadır. Çizelge 2’de Samsun Çakırlar Koru Parkı’nın biyofilik tasarım parametrelerini sağlama durumu 0 puan=kriteri sağlamıyor, 1 puan=kriteri kısmen sağlıyor ve 2 puan=kriteri sağlıyor şeklinde puanlandırılarak değerlendirilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Samsun Çakırlar Koru Parkı’nın Biyofilik Tasarım Kriterleri Değerlendirme Tablosu

Mekanda Doğa	Puan	%	Doğal Analoglar	Puan	%
Doğa ile görsel bağlantının kurulması	1		Biyoförmik formlar ve modeller	2	
Doğa ile görsel olmayan bağlantı	1		Doğa ile malzeme bağlantısı	1	%21
Ritmik olmayan duyuşal uyaranlar	1	%50	Karmaşıklık ve düzen	1	
Termal ve hava akışı değişkenliği	1		Mekanın Doğası		
Suyun varlığı	1		Manzara	1	
Dinamik ve dağınık ışık	1		Sığınma	2	
Doğal sistemlerle bağlantı	1		Gizem	2	%29
			Risk	1	

Çalışma alanına ait yapılan değerlendirmelere göre Samsun Çakırlar Koru Parkı, on dört biyofilik tasarım parametresinden yalnızca dört kriteri sağlarken, on kriteri de kısmen sağlamaktadır. Samsun Çakırlar Koru Parkı, biyofilik tasarım parametresi altında üç grupta incelenmiş ve “mekânda doğa” parametresine %50 oranında, “doğal analoglar”a %21 oranında, “mekânın doğası” na ise %29 oranında uyum sağladığı tespit edilmiştir.

TARTIŞMA

Şehir hayatı kentlilerin zihinsel ve fiziksel sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Olumsuz bu etkiler insanların günlük hayatına yansarak mutsuz bireylerin sayısının artmasına sebep olmaktadır. Yapılan birçok araştırma yeşil dokuyu görebilmenin insanlar üzerinde olumlu sonuçlar doğurduğunu tespit etmiştir. Kent parkları, kent içerisinde insanlara yeşil dokuyu sunan rekreasyon alanlarıdır. Birçok araştırmacı (Engleson & Yockers, 1994;

Chawla, 1999; Wells & Lekies, 2006; Chawla, 2007; Samways, 2007), insanların doğayla olan ilişkisinin azalmasının veya tamamen kopmasının, doğaya duyarlı olmak konusunda özensiz olabileceklerini belirtmektedir (Yılmaz & Olgan, 2017). Engleson & Yockers (1994)'ın çocukların gözlemsel becerilerini geliştirmek üzerine yapmış oldukları araştırmaya göre, doğayla ilişkili bir eğitim programı alan çocukların algısal yeteneklerinde artış olduğunu göstermektedir. Chawla (1999) 'a göre, farklı yaş gruplarıyla yapılan görüşmeler sonucu elde edilen veriler doğrultusunda, etkili çevresel eyleme giden yaşam koşullarının çocukluk dönemlerinde yaşadıkları çevresel koşullarla ilişkili olduğunu ve doğa ile ilişkili olan çocukluk dönemlerine sahip insanların sorunlar karşısında daha çözüm odaklı olduklarını tespit etmiştir. Wells & Lekies (2006), çocuklukta doğal çevreyle etkileşim ve yetişkin çevreciliği arasındaki bağlantıları yaşam boyu perspektifinden incelemektedir. Wells & Lekies (2006) 'e göre; özellikle ormanda yürüyüş yapmak veya oynamak, kamp yapmak, avlanmak veya balık tutmak gibi "vahşi" doğaya çocukluk katılımının yanı sıra çiçek veya ürün toplamak, ağaç veya tohum dikmek ve çocuklukta bitkilerle ilgilenmek gibi "evcilleştirilmiş" doğaya katılım, yetişkin çevre tutumlarıyla olumlu bir ilişkiye sahiptir. İnsanların doğayla, özellikle de kentsel çevreyle bağlarını kaybettiklerine dikkat çeken Samways (2007); kent parklarının doğayı deneyimlemek için olumlu duyguların ve faydalı hizmetlerin değerli bir kaynağı olduğunu belirtmektedir. Biyofilik tasarım doğayla bağı kopan insanların tekrar bağının kurulmasını ve sürdürülmesini hedeflemektedir. Samsun Çakırlar Koru Parkı doğa ile iletişimi ve etkileşimi kopan kentlilerin yeniden bağ kurmasında önemli bir paya sahiptir.

SONUÇ

Samsun Çakırlar Koru Parkı biyofilik tasarımın ondört parametresi kapsamında incelendiğinde, çalışma alanının mekansa doğa başlığı altında sadece doğa manzarasına görsel bağlantı kriterini sağladığı, geriye kalan altı kriteri kısmen sağladığı, doğal analoglar başlığı altında değerlendirilen kriterlerden sadece birini biyoformik form ve örüntüler kriterini sağladığı, geriye kalan üç kriteri ise kısmen sağladığı, mekanın doğası başlığı altında değerlendirilen sığınma ve gizem kriterlerini sağladığı, diğer iki kriteri kısmen sağladığı söylenebilir (Tablo 2). Çalışma alanı sahip olduğu yeşil dokusuyla, rekreasyonel etkinlik alanlarıyla insanlara kent yaşamının baskısından uzak bir ortam sunarak, insanlar zihinsel ve fiziksel açıdan yenilenmesine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, Samsun Çakırlar Koru Parkının var olan alan kullanımları biyofilik tasarım parametreleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Buna bağlı olarak çalışma alanının biyofilik tasarım parametreleri kapsamında “mekânda doğa” parametresine %50 oranında, “doğal analoglar”a %21 oranında, “mekânın doğası” na ise %29 oranında uyum sağladığı tespit edilmiştir.

Chawla, (2006) çocukların doğada farklı deneyimler kazanması amacıyla onlara doğa sevgisini aşılacak ve doğayla olan ilişkilerini artırmak için fırsatların sunulmasının önemli olduğunu belirtmiştir (Sobel, 2008; Yılmaz & Olgan, 2017). Samsun Çakırlar Koru Parkı özellikle çocukların doğayı keşfetme fırsatı sunan, çocukların doğayla etkileşimlerine önemli katkılar sağlamaktadır. Park içerisinde yapılacak düzenlemelerle bu etkileşime katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Samsun kenti Çakırlar Koru Parkı ölçeğinde gerçekleştirilen bu çalışma, biyofilik tasarım parametrelerinin ülkemizdeki kentsel yeşil alan kullanımlarının arttırılmasına yönelik mevcut durum analiziyle geliştirilebilecek tasarım uygulamalarına etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Alanın korunmasına yönelik yapılacak olan çalışmalar alan

kullanımının gelecekte artması durumunda bu özelliklerini muhafaza etmesi açısından oldukça önemlidir. Bu bağlamda, biyofilik tasarım parametrelerine uyum sağlayan yapılandırmalarla kentsel kullanım alanlarının niteliğinin artırılması sağlanmalıdır. Özellikle kentsel planlama alanında benimsenmiş olan biyofilik tasarımlar aracılığıyla yaşam kalitesinin artacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda, kent parkları, mevcut mekan kurgularıyla ve bitkisel dokusuyla etkili alanlardır. Bu bağlamda, küçük ölçekli kent parklarından büyük ölçekli yeşil alan kullanımlarına kadar biyofilik tasarım parametrelerinin yaygınlaştırılması gerektiği düşünülmektedir.

YAZAR KATKILARI

Bu çalışmaya sadece bir yazar katkı sağlamıştır.

FİNANSAL DESTEK BEYANI

Çalışma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

KAYNAKLAR

- Abdollahi, S. & Oktay, H. E. (2020). Çevre estetiğinde kullanılan modellerin değerlendirilmesi ve biyofilya bağlamında yeni bir model önerisi. *Yedi*, (23), 75-86.
- Akyıldız, N. A. (2023). Biyofilik tasarım konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Kent Akademisi*, 16(2), 879-904.
- Akyıldız, N. A. & Olğun, T. N. (2020). Geleneksel yapılarda yaşlı ve engelli erişilebilirliğinin irdelenmesi: Malatya-Balaban geleneksel evleri örneği, *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 31-48.
- Al-Rhodesly, A., Al Hagla, K., Farghaly, T. & El-Gamal, M., (2018). *Revisiting the Alhambra architecture: Biophilic design approach*, Proceedings of the 6th International Conference on Heritage and Sustainable Development, Volume: 1, Green Lines Institute, Granada/Spain, 373-386.
- Atanur, G. & Ersöz, N. D. (2020). Kavramsal gelişim süreçleri ve tasarım bileşenleri bağlamında kent parkları. *Ağaç ve Orman*, 1(1), 66-71.
- Bayraktaroğlu, Ö. E. (2014). *Mimarlıkta ekosistem düşüncesiyle tasarlamak*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Beatley, T. & Beatley, T. (2011). Biophilic cities: what are they?. *Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*, 45-81.
- Beatley, T. & Newman, P. (2013). Biophilic cities are sustainable, resilient cities. *Sustainability*, 5(8), 3328-3345.

- Browning, W. D. & Ryan, C. O. (2020). *Nature inside: a biophilic design guide*. Routledge.
- Browning, W. D., Ryan, C. O., & Clancy, J. O. (2014). 14 Patterns of biophilic design. New York: Terrapin Bright Green, LLC, 3-4.
- Chawla, L. (1999). Life paths into effective environmental action. *The Journal of Environmental Education*, 31(1), 15-26.
- Chawla, L. (2007). Childhood experiences associated with care for the natural world: A theoretical framework for empirical results. *Children, Youth and Environments*, 17(4), 144-170.
- Coulthard, S. (2020). *Biophilia: You nature home*. Kyle Books.
- Çorakçı, R. E. (2016). İç mimarlıkta biyofilik tasarım ilkelerinin belirlenmesi.
- Demirbaş, G. U. & Demirbaş, Ö. O. (2019). Biyofilik Tasarım Kapsamında Peyzaj Mimarlığı ve İç Mimarlık Arakesiti: Eğitim Programlarının Karşılıklı Değerlendirilmesi. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 50-60.
- Derr, V. & Lance, K. (2012). Biophilic boulder: Children's environments that foster connections to nature. *Children Youth and Environments*, 22(2), 112-143.
- Dobson, A. (1996). Environment sustainabilities: An analysis and a typology. *Environmental politics*, 5(3), 401-428.
- Downton, P., Jones, D., Zeunert, J. & Roös, P. (2017). Biophilic design applications: Putting theory and patterns into built environment practice. *KnE Engineering*, 59-65.
- Dündar, G. (2021). *Biyofili – Biophilia Ne Demek? Kelimekolik*. Gizushka özgün Türkçe blog. Erişim Tarihi: 08.08.2024. <https://www.gizushka.com/biyofili-nedirkelimekolik>
- Düzenli, T., Eren, A. G. E. T. & Akyol, A. G. D. (2017). Peyzaj Mimarlığında Sürdürülebilirlik ve Biyofilik Tasarım Kavramı, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, (48), 43-49.
- Engleson, D. C. & Yockers, D. H. (1994). A guide to curriculum planning in environmental education.
- Fischl, G. (2016). *Biophilic Living: A Behavior Responsive Architecture*.
- Fromm, E. (2023). *The heart of man: Its genius for good and evil*. Open Road Media.
- Genç, G., Selçuk, S. A. & Beyhan, F. (2018). Biyofilik Kavramının Tarihi Binalar Bağlamında Değerlendirilmesi: Tokat Mustafa Ağa Hamamı, *Journal of International Social Research*, 11(58).
- Gökten, İ. & Kelkit, A. (2021). Ankara İmrahor Vadisi ve İncesu Deresinin biyofilik tasarım yaklaşımı içinde değerlendirilmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 71-78.
- Gullikson, C. (2010). Human Connection to Nature Within the Built Environment: An Exploration of Office Employee Perception of Nature Connectedness.
- Heywood, A. (2007). *Siyasi İdeolojiler. (Çevirenler: Ahmet Kemal Bayram, Özgür Tüfekçi, Hüsamettin İnanç, Şeyma Akın ve Buğra Kalkan). Liberte Yayınevi, Ankara.*
- Kaya, H. & Arslan S., S. (2018). Biyofilik Tasarım ve İyileştiren Mimarlık. *International Refereed Indexed Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences (EJONS)*, 2(3).
- Kellert, S. (2016). Biophilia and biomimicry: evolutionary adaptation of human versus nonhuman nature. *Intelligent Buildings International*, 8(2), 51-56.
- Kutbay, H. G., Sürmen, B., Ağır, Ş. U., & Kılıç, D. D. (2017). Samsun ili kıyı kumullarında tespit edilen yabancı bitkiler. *Turkish Journal of Weed Science*, 20(2), 19-27.
- McGee, B., Park, N. K., Portillo, M., Bosch, S. & Swisher, M. (2019). DIY Biophilia: Development of the Biophilic Interior Design Matrix as a design tool. *Journal of Interior Design*, 44(4), 201-221.
- NHS, (2022). Evidence of Benefits. Erişim Tarihi:01.05.2022. nhsforest.org/Evidence-Benefits

- Ojamaa, H. (2015). *Enhancing The Human-Nature Connection Through Biophilic Design In the Built Environment: A Branch Library on the Banks of Lake Union*, Doctoral dissertation.
- Onuk, Tuğçe, E., Hayriye, E., Gürler, E. & Çiçek, İ., (2015). "Experimenting landscape scale biophilic design: Case of Konyaaltı, Antalya, Turkey", *Eclas 2015 Conference Landscapes In Flux*, Eds: Gloria Niin ve Himansu Sekhar Mishro, Estonya, 550-559.
- Özden, M. A. (2019). Yaşanabilir kentler için yeni bir yaklaşım olarak 'Biyofilik Tasarım' teoriden uygulamaya bir değerlendirme. *Şehir ve Şehir Yönetimi*, 597-621.
- Pollack, M. H. (2006). Telomere shortening and mood disorders: preliminary support for a chronic stress model of accelerated aging. *Biological Psychiatry*, 60(5), 432-435
- Russo, A. & Cirella, G. T. (2017). Biophilic cities: planning for sustainable and smart urban environments.
- Ryan, C. O., Browning, W. D., Clancy, J. O., Andrews, S. L. & Kallianpurkar, N. B. (2014). Biophilic design patterns: emerging nature-based parameters for health and well-being in the built environment. *ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 8(2), 62.
- Salingaros, N. A. & Masden, K. (2008). Neuroscience, the natural environment, and building design. *Biophilic design: The theory, science and practice of bringing buildings to life*, 41(3).
- Samways, M. J. (2007). Rescuing the extinction of experience. *Biodiversity and Conservation*, 16(7), 1995-1997.
- Scharoun, L. & Montana-Hoyos, C. A. (2013). Nature in repurposed post-industrial environments. *International Journal of Architectonic, Spatial, and Environmental Design*, 6(3), 25-35.
- Sinemillioglu, M. O., Akin, C. T. & Karacay, N. (2010). Relationship between green areas and urban conservation in historical areas and its reflections: case of Diyarbakir city, Turkey. *European Planning Studies*, 18(5), 775-789.
- Sobel, D. (2008). *Childhood and nature: Design principles for educators*. Stenhouse Publishers.
- Soderlund, J. & Newman, P. (2015). Biophilic architecture: a review of the rationale and outcomes. *AIMS environmental science*, 2(4), 950-969.
- Suri, L. (2018). Planlamada doğal eşik değerlendirme kriterleri. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(34), 47-67.
- Totaforti, S. (2018). Applying the benefits of biophilic theory to hospital design. *City, Territory and Architecture*, 5, 1-9.
- URL-1. <https://samsun.bel.tr/icerik/tarihce> Erişim Tarihi: 14.12.2023
- URL-2. <https://cakirlarkorusu.atakum.bel.tr/> Erişim Tarihi: 14.12.2023
- URL-3. <https://www.samsunharitasi.com/turizm/cakirlar-korusu/> Erişim Tarihi: 14.12.2023
- URL-4. <https://aroundtogether.com/turkiye/karadeniz/samsun/cakirlar-korusu/> Erişim Tarihi: 07.05.2023
- URL-5. <https://www.kulturportali.gov.tr/medya/fotograf/fotodetay/20622> Erişim Tarihi: 07.05.2023
- URL-6. <https://www.samsunkulishaber.com/cakirlar-korusuna-sus-havuzu/5743/> Erişim Tarihi: 07.05.2023
- URL-7. https://www.tripadvisor.com.tr/Attraction_Review-g298035-d12710522-Reviews-Cakirlar_Korusu-Samsun_Turkish_Black_Sea_Coast.html#/media/atf/12710522/504087927:p/?albumid=-160&type=0&category=-160 Erişim Tarihi: 06.05.2023
- URL-8. <https://karadeniz.gov.tr/cakirlar-korusu-b-tipi-mesire-yeri/> Erişim Tarihi: 07.05.2023

- URL-9. https://aroundtogether.com/turkiye/karadeniz/samsun/cakirlar-korusu/#google_vignette Erişim Tarihi: 06.05.2023
- URL-10. <https://tr.foursquare.com/v/%C3%A7akirlar-korusu-piknik-alani/5702302f498e85b7fbcf31e0?openPhotoId=60fc36d12ac7e501a49efed0> Erişim Tarihi: 07.05.2023
- URL-11. <https://cakirlarkorusu.atakum.bel.tr/> Erişim Tarihi: 07.05.2023
- Ünal, N. (2021). Müstakil yapılarda iç mekân ve çevre ilişkisinin biyofilik tasarım bağlamında ele alınması. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 88-99.
- Xue, F., Gou, Z., Lau, S. S. Y., Lau, S. K., Chung, K. H. & Zhang, J. (2019). From biophilic design to biophilic urbanism: Stakeholders' perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 211, 1444-1452.
- Wells, N. M. & Lekies, K. S. (2006). Nature and the life course: Pathways from childhood nature experiences to adult environmentalism. *Children, youth and environments*, 16(1), 1-24.
- Wilson, E. O. (1984). Biophilia. Harvard. Press, Cambridge (Mass.), 1-157.
- Yılmaz, S. & Olgan, R. (2017). Okul öncesi dönem çocuklarının doğaya yakınlık (biyofili) seviyelerinin araştırılması. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(3), 1106-1129.
- Yurtgün, Ö. (2020). Biyofilik Tasarım Kriterlerinin Açık Ofisler Üzerinden Değerlendirilmesi. *IDA: International Design and Art Journal*, 2(2), 281-296.
- Zari, Pedersen, M. (2023). Understanding and designing nature experiences in cities: A framework for biophilic urbanism. *Cities & Health*, 7(2), 201-212.
- Zumthor, P. (2010). Thinking architecture. In *Thinking Archi*.



ISPARTA İLİ EĞİRDİR İLÇESİNDE GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİNİN İRDELENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Beyza SAVA¹, Candan KUŞ ŞAHİN^{1*}, Sezen COŞKUN²

¹Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta

²Eğirdir Meslek Yüksekokulu, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

*Sorumlu yazar: candansahin@sdu.edu.tr

Beyza SAVA: <https://orcid.org/0000-0003-0581-6466>

Candan KUŞ ŞAHİN: <https://orcid.org/0000-0002-0413-2380>

Sezen COŞKUN: <https://orcid.org/0000-0001-7011-9187>

Please cite this article as: Sava, B., Kuş Şahin, C. & Coşkun, S. (2025). Isparta ili Eğirdir ilçesinde gürültü kirliliğinin irdelenmesi üzerine bir araştırma, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 59-74.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 13 Eylül 2024 / Received 13 September 2024

Düzeltilmelerin gelişi 27 Nisan 2025 / Received in revised form 27 April 2025

Kabul 28 Nisan 2025 / Accepted 28 April 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ÖZET: Çevre kirliliği, özellikle büyük kentlerde insan sağlığını tehdit eden çok önemli kentsel sorunların başında gelmektedir. Su, hava, toprak kirliliği ile birlikte kent kalabalığının neden olduğu gürültü kirliliği de insan hayatını olumsuz etkilemektedir. Gürültü kirliliği, su, toprak ve hava kirliliği gibi ölçülebilir olmasının yanında bitki örtüsü, topoğrafya veya yapısal engellere çarparak dağılabilmekte ve etkisi değişebilmektedir. Trafik, inşaat, endüstri ve sanayi alanlarından kaynaklanan gürültünün insanlar üzerindeki etkisini belirleyebilmek için noktasal gürültü kaynaklarının belli bir alanda etkisini ölçmek gerekmektedir. Bu çalışma, Isparta ili Eğirdir ilçesinde oluşan gürültü kirliliğini ilçe merkezi örneğinde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, Eğirdir ilçe merkezinde yer alan 35 adet ölçüm noktasında mevsimsel değişimleri de belirlenmek amacıyla 2023 yılı Ocak-Şubat, Nisan-Mayıs ve Temmuz-Ağustos aylarında gürültü ölçümleri yapılmıştır. Hesaplanan ve ölçülen verilere bağlı olarak elde edilen Leq değerleri ile ArcGIS 10.5 programında gürültü haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar, belirlenen noktalardaki gürültü ölçümlerinin Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen 55 dB(A) sınır değeri aştığını göstermektedir. Çalışmanın sonucunda, ilkbahar ve yaz aylarında ilçedeki rekreasyon potansiyeli sebebiyle özellikle Can ada ve Yeşil ada noktalarında gürültü artışı dikkat çekmektedir. Nisan-Mayıs ayında ada girişlerinde, Temmuz-Ağustos ayında ise Can ada ve Yeşil ada tamamında belirlenen noktalardan elde edilen sonuçların sınır değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanından elde edilen ölçümlerin Leq (Eşdeğer gürültü seviyesi) değerleri kullanılarak mevsimsel olarak gürültü haritaları hazırlanmıştır. Eğirdir İlçesi ölçeğinde daha önce bu kapsamda gürültü haritalarının hazırlanmamış olması, çalışmanın özgün değerini ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışma sonunda yüksek çıkan ölçüm değerleri dikkate alınarak öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Eğirdir, gürültü, gürültü kirliliği, gürültü haritası.

AN ANALYSIS OF NOISE POLLUTION IN EĞİRDİR DISTRICT OF ISPARTA PROVINCE

ABSTRACT: Environmental pollution is one of the most important urban problems that threaten human health, especially in big cities. Along with water, air and soil pollution, noise pollution caused by urban crowds also negatively affects human life. Noise pollution, besides being measurable like water, soil and air pollution, can be dispersed by hitting vegetation, topography or structural obstacles and its effect can change. In order to determine the effect of noise from traffic, construction, industry and industrial areas on people, it is necessary to measure the effect of point noise sources in a certain area. This study aims to reveal the noise pollution in the district center of Eğirdir district of Isparta province. For this purpose, noise measurements were carried out in January-February, April-May and July-August 2023 in order to determine the seasonal changes at 35 measurement points located in the district centre of Eğirdir. Noise maps were created in ArcGIS 10.5 with the Leq values obtained based on the calculated and measured data. The results obtained show that the noise measurements at the determined points exceed the limit value of 55 dB(A) set by the World Health Organization. As a result of the study, especially in the spring and summer months, due to the recreation potential in the district, noise increase is especially noticeable at Can Island and Green Island points. It was determined that the results obtained from the points determined at the island entrances in April-May, July-August Can Island and Green Island were higher than the limit values. In the study area, the obtained Leq (Equivalent noise level) values were used to prepare seasonal noise maps. It is noticeable that there were no noise maps available for Eğirdir District; this reveals the original value of the study. However, the high obtained noise values were carefully monitored, and some suggestions were presented in the study.

Keywords: Eğirdir, noise, noise pollution, noise map.

GİRİŞ

Farklı yaşam tarzına sahip olan insanların birlikte yaşadığı, sosyal, ekonomik ve kültürel faaliyetlerin gerçekleşmesinde kolaylık tanıyan kentlerde; nüfusun artması, teknoloji ve sanayideki ilerlemeler, kentlerin hızla gelişmesi gibi nedenlerle plansız yapılaşma artmış, açık-yeşil alanlar yok olmuş, motorlu araç sayısının artmasıyla yol kapasitesi yetersiz kalmıştır. Bu durum insanların sosyal, kültürel ve ekonomik yapısında farklılıklara sebep olurken, kent içerisinde ve yakın çevresinde de farklı çevre sorunlarına sebep olmaktadır. Buna ek olarak, iklim koşullarında ortaya çıkan değişimler, biyolojik çeşitliliğin azalması, ozon tabakasının incilmesi, hava kirliliği, su kirliliği ve gürültü kirliliği gibi problemler, sağlıklı bir dünya olabilmek için önlem alınabilmesi gereken sorunlar arasında yer almaktadır (Cansaran, 2019; Onay, 2021).

Canlılar için zararlı sonuçlar oluşturacak ses üreten insan faaliyetleri nedeniyle doğal ortamdaki gürültü seviyelerinin yükselmesi, gürültü kirliliği olarak tanımlanmaktadır (Slabbekoorn, 2019). Olumsuz etkiler arasında; insanların fizyolojik ve psikolojik dengelerinin bozulması, iş performansında azalma, çevre sakinliğinin bozulması, geçici duyma kaybı gösterilebilir (Yerli, 2012; Onay & Kuş Şahin, 2021). En yaygın gürültü kaynaklarından birisi, ulaşım aktivitelerinden kaynaklanan gürültülerdir. Gürültü kirliliği, WHO tarafından sağlık sorununa yol açabilecek problemler sıralamasında 2. sırada yer alırken (Tercan & Yaman,

2021; Coşkun, Sava & Şahin, 2022), hava ve su kirliliğinden sonra üçüncü en ciddi kirlilik olarak kabul edilmiştir (Khilman. 2009; Maleki & Hosseini, 2011).

Ulaşım yöntemlerinde ise karayolu ulaşımından kaynaklanan çevresel gürültü ilk sıradadır. Araç sayılarının her geçen gün artması, bu durumun en önemli sebebidir (Tosun, Avşar, Sevindir & Beyhan, 2003; Harman, Köseoğlu & Yiğit, 2016; Şahin, Şenol & Ögel, 2016; Coşkun, Sava & Şahin, 2022). DSÖ (Doygun, 2016) ve EPA (EPA, 1974; Mayda & Yıldırım, 2019; Tercan & Yaman, 2021) tarafından 55 dB(A) sınır değeri olarak kabul edilirken, Türkiye’de yasalar gereği ulaşım kaynakları için çevresel gürültü düzeyi sınır değeri, gündüz saatlerinde 65 dB(A), akşam saatlerinde 60 dB(A), gece ise 55 dB(A) sınır değerini aşmamalıdır (Anonim, 2022). Gürültünün kontrolü için ilk adım, yapılacak gürültü ölçümleri ile gürültü haritalarının hazırlanmasıdır. Gürültü haritaları sayesinde insanların maruz kaldığı gürültü seviyeleri, harita üzerinde gösterilerek, bir görsel haline getirilmektedir (Bouzir & Zemmouri, 2017; Kaliski, Duncan & Cowan, 2007; Suárez & Barros, 2014; Onay, 2021). Bu sebeple, genelde CBS tabanlı ticari yazılımların kullanıldığı bilinmektedir (Kundu, Sen & Mondal, 2022). Stratejik gürültü haritaları, stratejik gürültü eylem planları, akustik raporlar 2022 yılında ilgili yönetmelikte yerini almıştır (Anonim, 2022). Gürültü haritalarının hazırlanması çalışmaları daha da önem kazanmıştır.

Türkiye’de trafik gürültüsü konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde; Sakarya (Likos, 2019) ve Bursa (Yalılı Kılıç, Adalı & Kılıç, 2021) illerinde hastane çevrelerinde gürültü ölçümleri ve haritalandırma çalışmaları yapıldığı görülmektedir. Isparta ili için gürültü seviyesi üzerine trafik, ticari alan ve endüstriyel faaliyetlerin etkisini inceleyen çalışmalarda da gürültünün kent planlaması yapılırken göz önüne alınması gerektiği belirtilmiş, gürültü seviyelerinin yıllara göre düzenli bir artış gösterdiği ve yönetmelik sınırlarını aşan kavşak vb noktalar olduğu tespit edilmiştir (Tosun, Avşar, Sevindir & Beyhan, 2003; Sargın, 2003; Morova, Şener, Terzi, Beyhan & Harman, 2010; Coşkun, Sava & Şahin, 2022). Isparta ilçelerinde gürültü konusu, Yalvaç ve Eğirdir ilçeleri ile ilgili yapılan çalışmalarda geçmektedir (Sargın, 2003; Özmen & Can, 2018; İnanır, Uslu & Çaprak, 2019) ancak ilçelerde gürültü haritalaması ile ilgili bir yayına rastlanmamıştır. Bu çalışmada; Isparta ili Eğirdir ilçesinde oluşan gürültü düzeylerinin ortaya konulması ve alınabilecek önlemlerin tartışılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Isparta ili sınırları içerisinde yer alan Eğirdir ilçesi, 2017 yılında Isparta ilinin ikinci Türkiye’nin ise on dördüncü Sakin Şehri unvanına sahiptir. Türkiye’deki büyüklük açısından 4. büyük gölü olan Eğirdir gölü kıyısında bir yarımada konumunda bulunmaktadır (Çolak, 2018). Eğirdir ilçesi, göl nedeniyle bölgede turizmin gelişmesinde çok önemli role sahiptir.

Çalışmanın yöntemini; literatür taraması, çalışma alanı ile ilgili veri toplama, bu verilerin incelenmesi, yerinde gözlem yapılması, gürültü ölçümü yapılması ve analizi aşamaları oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında ilgili konularda yapılmış olan yerli ve yabancı kaynaklar taranarak konunun kavramsal çatısı oluşturulmuştur.

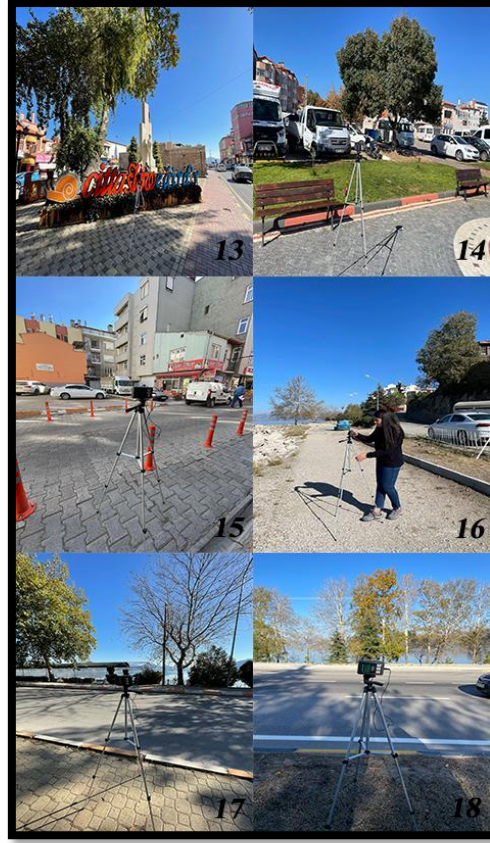
Eğirdir ilçe merkezinde yürütülen çalışmada amaç; özellikle trafik ve insan kaynaklı (rekreasyon, eğitim vb) oluşan gürültü kirliliğini belirlemektir. Çalışmada kullanılan ölçümler yapılmadan önce Eğirdir ilçesine ziyaretler yapılmış, yerinde gözlemler yapılarak gürültü

kaynakları tespit edilmiştir. Özellikle karayolu gürültüsünün, ilçedeki çevresel gürültünün en büyük sebeplerinden birisi olduğu gözlemlenmiştir. Bu kapsamda çalışmada, literatür kaynak taraması ile önceden belirlenen ana noktalara ek olarak ilçenin ana yolları, sirkülasyon açısından insan kullanımının yoğun olduğu bölgeler ve Eğirdir ilçe merkezinde gözlem yapılarak gürültü haritalarının oluşturulabileceği 35 ölçüm noktası tespit edilmiştir. Ölçüm noktalarının plan görünüşleri Google Earth programından elde edilen verilerden yola çıkılarak Photoshop CC 2018 bilgisayar programı doğrultusunda hazırlanarak etrafında yer alan kullanımlarla birlikte harita üzerine işlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Gürültü Ölçüm Noktalarının Konumları (Google Earth, 2023)

Ölçümler, belirlenen noktalarda trafik hareketliliğinin yoğun olduğu dönemlerde ve mevsimsel bir değerlendirme yapabilmek için kış, ilkbahar ve yaz dönemlerinde; 2023 yılının Ocak-Şubat, Nisan-Mayıs ve Temmuz-Ağustos aylarında yapılmıştır. Ölçümler sırasında, gürültüyü ölçmek için kullanılan cihaz yerden 1,5 m yüksekte tutulmuş ve etrafında gürültüyü yansıtan bir yüzey bulunmamasına dikkat edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Gürültü Ölçümü Görüntüler

Isparta Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre, TS ISO 1996-2 standartlarına bakılarak ölçümün yapılabilmesi için rüzgâr seviyesinin 5 m/sn'den (18 km/sa) fazla olduğu günler ve yağmur/kar yağması halinde ölçüm yapılmamıştır. Belirlenen 35 ölçüm noktasında PCE-NDL 10 marka gürültü ölçüm cihazı ile ölçüm yapılmıştır (Coşkun, Sava & Şahin, 2022). Cihaz, verileri kaydedebilme özelliklerine sahip olmakla birlikte oldukça yüksek kalitede ses seviyesini ölçebilmektedir. A ve C frekansları arasında F (fast) ve S (slow) ölçümü yapabilen ses seviyesi ölçer, ses seviyesi ölçer (doz) ölçümlerini ve ses basıncı seviyesi (SPL) ölçümlerinin desibel şeklinde (dB) kayıt yapmakta ve ölçüm verilerinin depoladığı harici bellek ve bir SD kart mevcuttur. Cihaz, ölçüm yapmadan önce 94 dB ya da 114 dB seviyesinde çift aşamalı kalibrasyon yapabilme özelliği olan PCE-SC 42 Marka kalibrasyon cihazı ile kalibrasyon işlemi yapılmıştır (Morova, Şener, Terzi, Beyhan & Harman, 2010) (Şekil 3).



Şekil 3. Ses Ölçüm Cihazı ve Kalibratör

Ölçümler 35 noktada, standartlara uygun olarak 5 dakika boyunca 2 saniye aralıklarla yapılmıştır. Ölçümlerin Leq (Eşdeğer gürültü seviyesi) değerleri kullanılıp gürültü haritaları hazırlanmıştır. Gürültü haritalarının yapılması, renklendirme işleminin olması ve sunuma hazır hale getirilmesinde, Google Earth programında nokta koordinat olarak işlendikten sonra ArcGIS programı kapsamında işlenerek gürültü haritaları meydana getirilmiştir. ArcGIS programı Spatial analyst içerisindeki IDW (Inverse Distance Method (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi) yardımıyla gürültü haritaları oluşturulmuştur (Paşaoğlu, 2013; Savaş, 2019; Dikmen, 2022; Coşkun, Sava & Şahin, 2022).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Isparta ili Eğirdir ilçesinde yapılan ölçümlere göre elde edilen gürültü ölçüm sonuçları Çizelge 1’de, gürültü ölçümleri Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6’da, gürültü haritaları ise Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9’da yer almaktadır.

Elde edilen gürültü ölçümleri mevsimsel olarak Çizelge 1’de gösterilmiştir. Eğirdir ilçesi iklim verileri incelendiğinde, Ocak ve Şubat aylarının en soğuk aylar olduğu tespit edilmiştir (MGM, 2022). Bu nedenle çalışma kapsamında ilk ölçümler Ocak ve Şubat aylarında gerçekleştirilmiştir. Leq değerlerinde en yüksek ve en düşük gürültü ölçümleri verilmiştir.

Ocak ve Şubat 2023 gürültü ölçümlerine göre en yüksek Leq değeri, haritada 33 numaraya sahip olan alanda elde edilmiş olup (71,65 dB(A)), en düşük leq değeri ise haritada 22 numaranın yer aldığı alandan (44,52 dB(A)) elde edilmiştir. Nisan-Mayıs ayları değerlerine göre Leq, haritada 32 numaraya sahip olan alanda (73,57 dB(A)), en düşük leq ölçümü ise haritada bulunan 1 numara ile gösterilen alanda (49,12 dB(A)) ölçülmüştür. Eğirdir ilçesi iklim verileri incelendiğinde, Temmuz ve Ağustos aylarının en sıcak aylar olduğu tespit edilmiştir (MGM, 2022). Bu nedenle çalışma kapsamında son ölçümler Temmuz-Ağustos aylarında gerçekleştirilmiştir. Leq değerlerinde en yüksek ve en düşük gürültü ölçümleri verilmiştir.

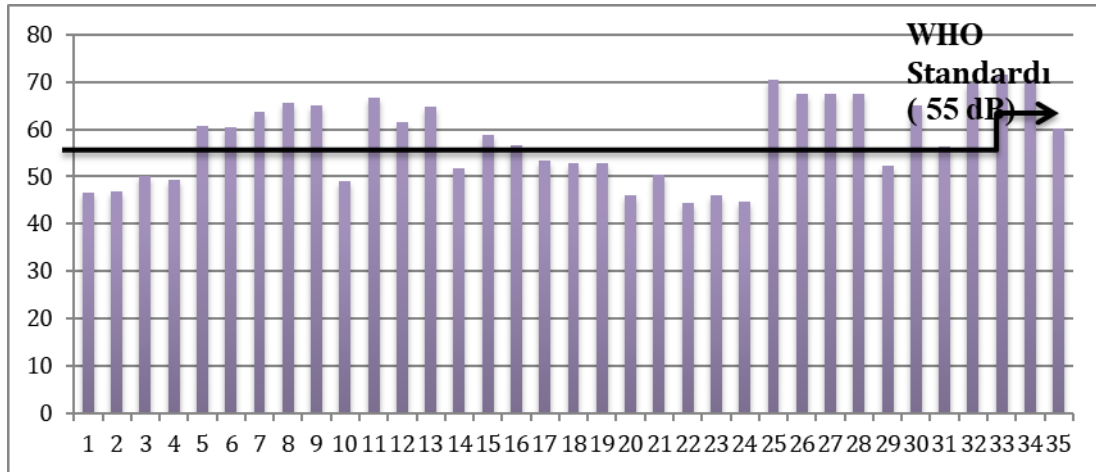
Elde edilen ölçüm sonuçlarında en yüksek leq değeri, haritada 26 numaraya sahip olan alanda (69,72 dB(A)), en düşük leq değeri ise haritada 23 numara ile gösterilen alanda (38,60 dB(A)) elde edilmiştir. İlçenin sahip olduğu ana trafik aksı, araçlar sebebiyle belli bir boyutta gürültü yaratmaktadır. Ocak-Şubat ve Nisan-Mayıs ayları gürültü ölçümleri sonucunda, Isparta- Konya Karayolu Koçtaş Fix önü üzerindeki noktalardan elde edilen değerlerin yüksek olduğu görülmektedir. Düşük çıkan noktalar Yeşilada gibi trafik yoğunluğunun olmadığı, rekreasyon amacıyla yürüyüş yapmak için tercih edilen alanlardan elde edilmiştir.

Çizelge 1. Gürültü Ölçüm Sonuçları

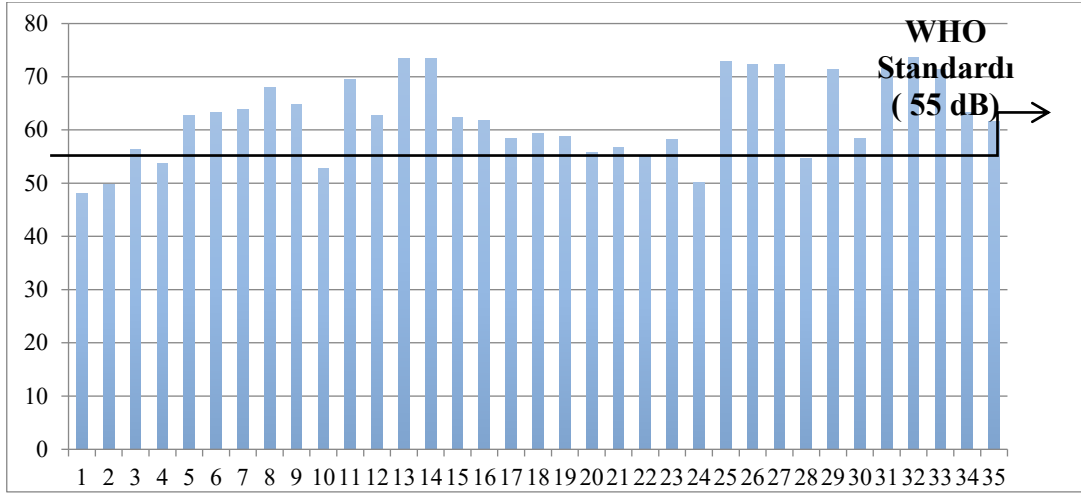
Ölçüm Noktası	Leq (dB(A)) Ocak-Şubat	Leq (dB(A)) Nisan-Mayıs	Leq (dB(A)) Temmuz-Ağustos
1	46,70	49,12	63,84
2	46,91	49,80	64,05
3	50,18	56,29	56,09
4	49,19	53,70	58,90
5	60,82	62,70	61,60
6	60,34	63,25	48,01
7	63,60	63,92	62,80
8	65,58	67,98	64,95
9	65,04	64,70	65,86
10	49,12	52,85	50,19
11	66,70	69,51	63,62
12	61,60	62,79	62,98

13	64,73	73,35	49,18
14	51,80	73,45	42,50
15	58,67	62,26	46,90
16	56,71	61,75	38,70
17	53,40	58,42	66,88
18	52,96	59,27	52,76
19	52,96	58,80	53,10
20	46,16	55,75	50,47
21	50,38	56,80	51,46
22	44,52	55,23	42,50
23	45,98	58,25	38,60
24	44,79	50,18	40,30
25	70,45	72,80	43,70
26	67,51	72,25	69,72
27	67,51	72,35	66,88
28	52,36	54,65	39,70
29	65,08	71,45	55,80
30	56,23	58,43	51,46
31	69,59	71,60	54,74
32	70,40	73,57	63,78
33	71,65	71,45	65,60
34	60,27	63,27	59,41
35	58,86	61,69	57,68

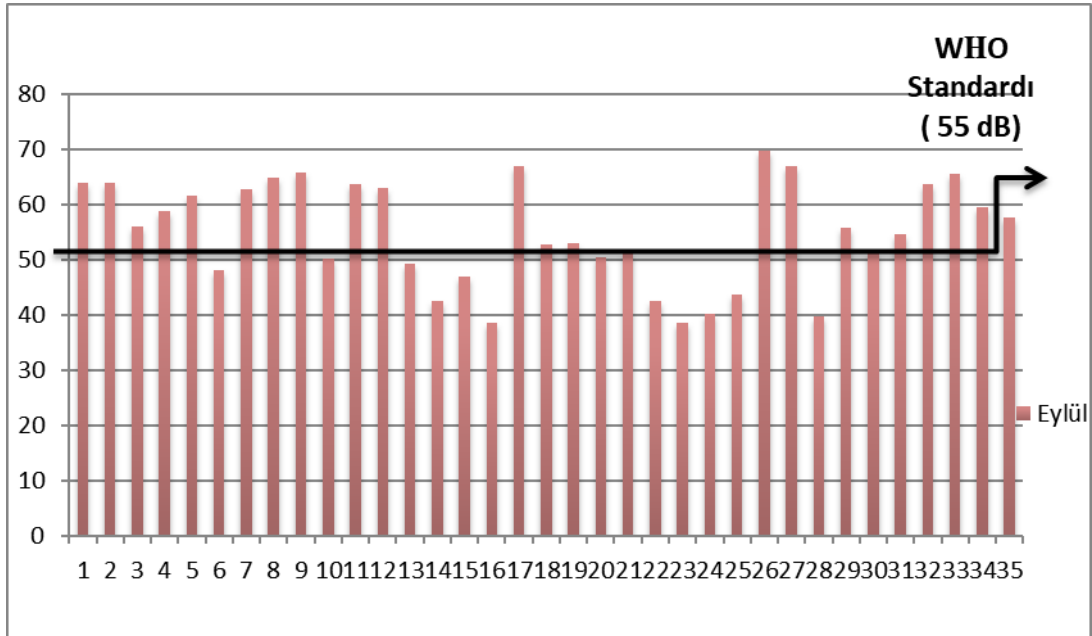
Dünya Sağlık Örgütü standardına göre sonuçlar Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6’da verilmiştir. Elde edilen ölçüm değerleri irdelendiğinde, mevsim kaynaklı olarak daha çok karayolu kaynaklı gürültünün söz konusu olduğu ve bunun yoğunluğa göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4. Ocak-Şubat Gürültü Ölçümleri (Leq Değerleri)



Şekil 5. Nisan-Mayıs Gürültü Ölçümleri (Leq Değerleri)

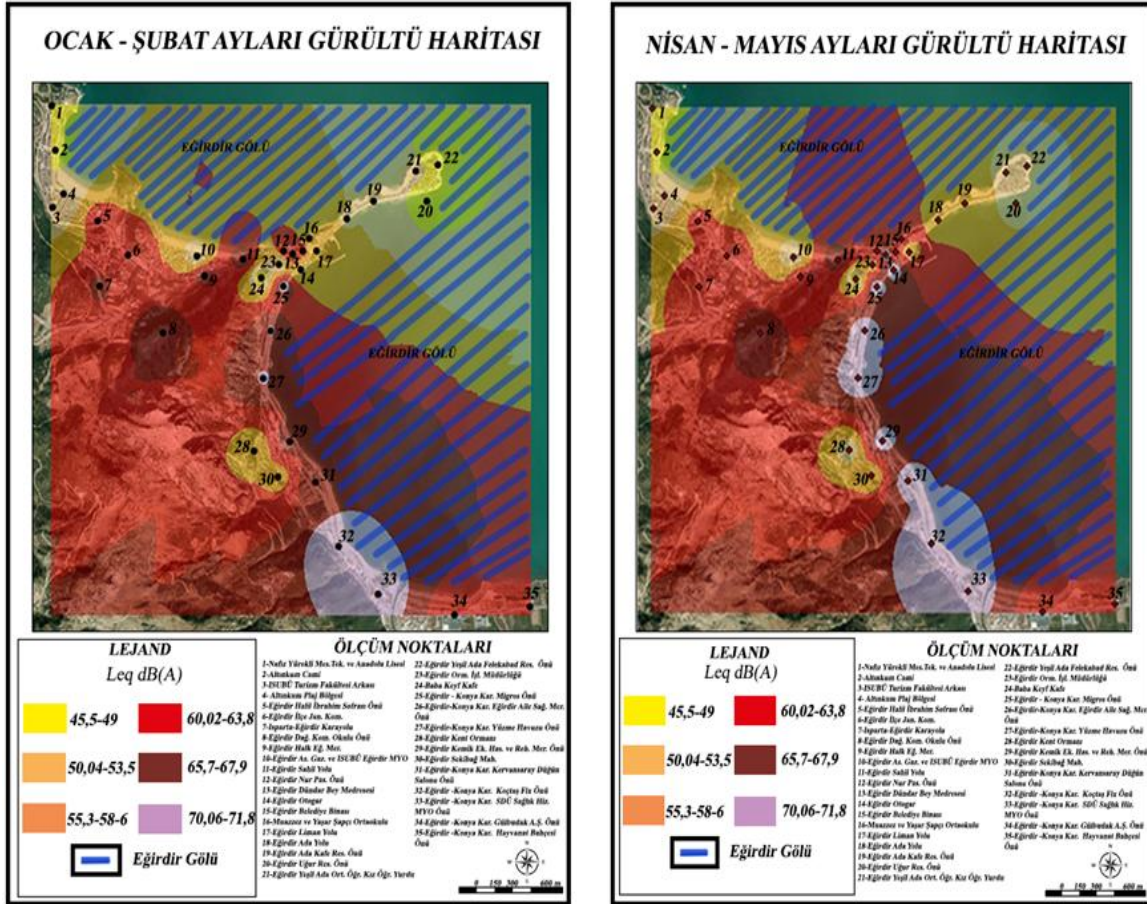


Şekil 6. Temmuz-Ağustos Gürültü Ölçümleri (Leq Değerleri)

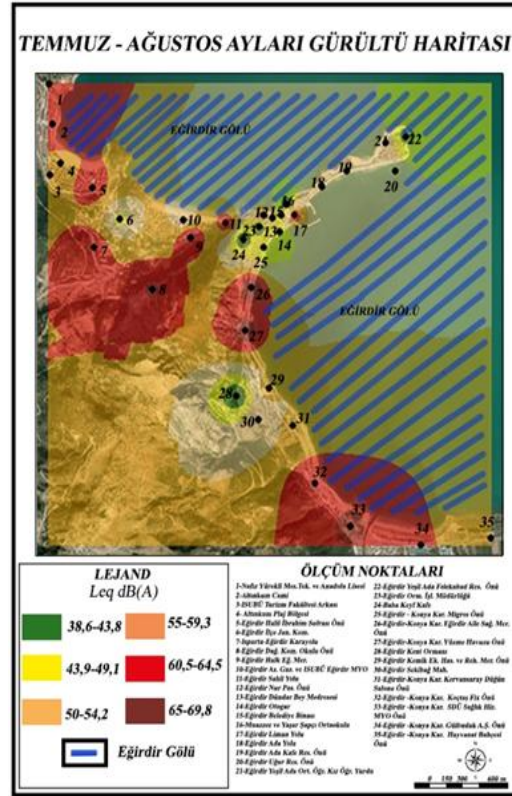
Gürültü haritasına Ocak-Şubat aylarındaki Leq değerlerine bakıldığında; 16 adet ölçüm noktasından elde edilen verilerin 60 dB(A)'nın üzerinde kalırken, 4 adet ölçüm noktasından elde edilen veriler 55 dB(A)'nın üzerinde kaldığı görülmektedir. Gürültü haritasına ve Şekil 5'de verilen değerlere bakıldığında; Nisan-Mayıs aylarındaki Leq değerlerine bakıldığında 15 adet ölçüm noktasından elde edilen veriler 60 dB(A)'nın üzerinde kalırken 9 adet ölçüm noktasından elde edilen veriler 55 dB(A)'nın üzerinde kalmıştır. Gürültü haritasına ve Şekil 6'ya verilen değerlere bakıldığında, Temmuz-Ağustos aylarında 13 adet ölçüm noktasından elde edilen Leq değerleri 60 dB(A)'nın üzerinde kalırken 5 adet ölçüm noktasından elde edilen leq değerleri 55 dB(A)'nın üzerinde kalmıştır.

Stratejik gürültü eylem planları için de kullanılabilmesi adına Ocak-Şubat, Nisan-Mayıs ve Temmuz-Ağustos Leq değerleri ile oluşturulan gürültü haritaları Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.

Yapılan çalışma kapsamında, Eğirdir ilçesinin ilkbahar ve yaz aylarında sahip olduğu rekreasyon potansiyeli nedeniyle özellikle Can ada ve Yeşil adada belli bir boyutta gürültü ortaya çıkmakta olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Nisan–Mayıs gürültü ölçümleri sonucunda Eğirdir–Konya karayolu üzerinde, Temmuz- Ağustos gürültü ölçümleri sonucunda aynı şekilde Eğirdir–Konya karayolu üzerinde, Can ada ve Yeşil ada tamamında belirlenen noktalardan elde edilen değerlerin sınır değerlerden yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 7 ve Şekil 8. Gürültü Haritaları



Şekil 9. Gürültü Haritası

Eğirdir ilçesi, gerek tarihi zenginlikler açısından, gerekse doğal varlıklar açısından büyük bir potansiyele sahip olması nedeniyle Isparta İlinin önde gelen turizm merkezlerinden birisidir. Bu nedenle, Eğirdir Gölü'nün ve çevresinin doğal güzellikleri, her yıl artan sayıda yerli ve yabancı turisti ilçeye çekmektedir. Aynı zamanda Eğirdir; bedensel ve ruhsal açıdan yenilenmek, canlanmayı sağlamak, huzur veren aktiviteleri gerçekleştirmek yani rekreasyonel aktiviteler için de kent merkezinden veya diğer ilçelerden özellikle ilkbahar ve yaz mevsimlerinde rağbet görmektedir. Bu nedenle iklimin elverdiği zamanlarda göl çevresinde yüzmeye, piknik vb faaliyetler artmakta, bu da söz konusu alanlarda insan kaynaklı gürültülere neden olmaktadır. Say vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada da; gününbirlik veya mevsimlik önemli turizm akslarında bulunan yerleşimlerin gürültü değerlerinin tespiti için özellikle yaz ve kış dönemi olmak üzere mevsimsel ölçümlerin yapılmasının önemine vurgu yapılmaktadır.

Benzer şekilde Öncül & Kelkit (2023) tarafından Çanakkale'deki en büyük park ve rekreasyon alanlarından birisi olan Özgürlük Parkı'nda ses karakterlerinin ve işitsel peyzaj değerlerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapılmış; yaz döneminde en yüksek değerin 72,60 dB(A) en düşük değerin ise 50,53 dB(A) olduğu, sonbahar döneminde ise en yüksek değerin 59,22 dB(A) en düşük değerin ise 49,60 dB(A) olduğu ve ilkbahar döneminde ise en yüksek değerin 69,22 dB(A) en düşük değerin ise 49,14 dB(A) olduğu saptanmıştır. İlkbahar dönemi haritalarına bakıldığında, hafta içi evcil hayvan alanı ile çay bahçesinin olduğu bölgede özellikle ses düzeylerinde artış görüldüğü ifade edilmiştir. Ayrıca Deveci & Yorulmaz (2022) tarafından yapılan çalışmada da Edirne il merkezinde gürültü ölçüm cihazı ile yaptıkları analizler sonucunda kıyı şeridinin özellikle yaz aylarında yoğun gürültüye maruz kaldığı sonucuna varılmıştır. Yine Özyurt Ökten & Aysu Kapan (2024) tarafından İskenderun'da yapılan çalışmada da; yaz mevsiminde akşam saatlerinde hafta içi saatlerinin daha sakin olduğu, hafta sonu akşam saatlerinin ise özellikle ulaşım aksında seri şekilde yoğunlaşan gürültü kirliliğinin

olduğu ifade edilmiştir. Bu kullanım yoğunluğu ve gürültü artışının yaz aylarında ilçeye gelen yerli ve yabancı turistlerin artmasından ve gündüz yüksek sıcaklıklara maruz kalan bölgede rekreasyon faaliyetlerinin akşam saatlerine kaymasından kaynaklanmakta olduğu belirtilmiştir. Solak vd. (2023) tarafından Isparta ilinde yapılan çalışmada, park içerisinde ve çevresinde meydana gelen gürültünün olması gereken değerin üzerinde olduğu ifade edilmiştir.

Trafik gürültüsünün belirlenmesi ile ilgili Türkiye’de yapılan çalışmalar incelendiğinde, çalışmalara konu ölçüm noktalarının çoğunda yönetmelik değerlerinin üzerinde elde edilen sonuçlara dikkat çekilmektedir. Yerli & Demir (2015) tarafından yapılan çalışmada; İstanbul-Ankara Otoyolu’ndaki dinlenme alanlarının, gürültü kirliliğinin etki etmesi durumları araştırılmıştır. 36 gürültü kaynağıyla dinlenme tesisi arasındaki mesafenin ve kot farkının gürültü üzerinde etkisinin değerlendirildiği çalışmada, otoban üzerindeki 12 dinlenme alanlarında farklı mesafe ve kodlarda gürültü ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda, otoyoldan uzaklaştıkça gürültünün azaldığı tespit edilmiştir. Aydın & Ateş (1997) tarafından yapılan çalışmada da Konya’da oldukça kalabalık trafiğe sahip 10 cadde üzerinde gürültü ölçümleri yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmada bulunan gürültü ölçüm değerlerinin, yönetmelik kapsamında görülen değerlerin üstünde görüldüğü sonucuna varıldığı bilinmektedir. Sivas ilinde trafikten kaynaklanan gürültü kirliliği araştırılması amacıyla Atmaca (1997) tarafından yapılan çalışmada; Sivas şehir merkezinde ölçüm için seçilen kavşak ve caddelerde belirtilen 24 noktada gürültü ölçümü alınmıştır. Çalışmada bulunan gürültü ölçümlerinin yönetmelikte öngörülen değerlerin üstünde seyrettiği görülmüştür. Ünver (2008) tarafından yapılan çalışmada; Çorlu’da trafikten kaynaklanan gürültü kirliliğinin ve gürültü değerlerinin zamansal dağılımı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, 15 ölçüm alanında Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre belirlenen sınır değerinin aştığı ve sadece 3 ölçüm noktasının sınır değerin altında olduğu sonucuna varılmıştır. Yerli (2012) tarafından yapılan çalışmada; Düzce Kentinin Ağustos 2010–Temmuz 2011 yılı için mevsimler, yıl, aylara ait gürültü haritaları yapılmış, gürültünün sınır değerlerini aşan alanlar tespit edilmiştir. Çalışmada, çevresel gürültünün yüksek olmasının sebebi trafik gürültüsü olduğu, kent alanlarının kullanım koşullarının kötüleştiği alanlarda gürültü seviyesinin arttığı, şehir merkezinden uzaklaştıkça bu seviyenin yavaş bir şekilde azaldığı görülmüştür. Kent merkezlerinde gürültü ve çevre sorunlarından kaynaklı insanların, doğa ya da doğala yakın olan yeşil alan ve parkları tercih ettikleri tespit edilmiş bir sonuçtur (Özer, 2017).

Yaşam alanlarında gürültü şikâyeti ile ilgili yapılan anketlerde katılımcıların %98,4’ü gürültünün yaşamı olumsuz etkilediğini ve yaşadıkları alanda gürültü bariyeri oluşturulmasına %68,9 oranında istekli oldukları tespit edilen bir sonuçtur (Aksu, 2023). Kentsel alanlarda gürültü seviyelerinin olumsuz çevresel etkilerini azaltmak için bitkilerden oluşturulan gürültü perdelerinin çok avantajlı olduğunu belirten çalışmalar mevcuttur. Bitkilerin, devamlı form değiştirebilen estetik yapılarıyla iklimi iyileştirme, gölgeleme, toz süzme, erozyon önleme, dinlenme imkânı sağlama ve kültürel etkilerinin yanı sıra halkın psikolojik ve fizyolojik ihtiyaçlarına önemli derecede iyi yönde etki yapmaktadırlar. Yapay elemanlardan meydana getirilen gürültü perdelerine bakılırsa, çok daha ucuza mal olmalarının yanı sıra daha estetik bir görünüme sahiptirler (Gür & Önder, 2000).

Bitkisel uygulamalara örnek olarak, ekolojik koridor oluşturmaya yönelik, yapısal ve bitkisel tasarım, yol ağaçlandırması, cep parkları ve kesintisiz yaya ve bisiklet yolları önerilebilir. Gürültüyü engelleme bariyeri ile ekolojik bir koridor uygulaması çalışmasının sonucu olarak İstanbul’da gürültü bariyerlerinin hemen arkasında yapılan ölçümlerde plastik bariyerlerinin

tüm ölçüm noktalarında gürültüyü 20 dB(A)'nın üzerinde azalttığı tespit edilmiştir (Aksu, 2023).

SONUÇ

Günümüzde kentleşmenin artması, yaşam alanlarında birçok çevre sorununun nedenidir. Gürültü kirliliği kentleşmenin bir sebebi olarak insan sağlığını olumsuz etkileyen çevre sorunlarından birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma kapsamında; Göller Bölgesinde yer alan ve Isparta iline bağlı Eğirdir ilçesi araştırma alanı olarak belirlenmiştir. İlçe merkezinde yapılan gözlemlere dayanarak gürültü haritalarının oluşturulabileceği ölçüm noktaları belirlenmiştir. 35 adet noktada gürültü ölçümleri mevsimsel değerlendirme de yapabilmek için 2023 yılı Ocak-Şubat, Nisan-Mayıs ve Temmuz-Ağustos aylarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre alandaki en düşük ve en yüksek Leq değerleri belirlenmiş, mevsimsel olarak gürültü haritaları hazırlanmıştır. Çalışma sonuçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Kış mevsimi gürültü ölçümlerine göre alandaki en yüksek Leq değeri, Eğirdir – Konya Karayolu Koçtaş Fix etrafındaki noktadan 71,65 dB(A), en düşük leq değeri ise Eğirdir Yeşil Ada Felekabad Restaurant etrafında 44,52 dB(A) elde edilmiştir. İlkbahar ölçümlerinde en yüksek Leq değeri, Eğirdir – Konya Karayolu Koçtaş Fix etrafındaki noktadan 73,57 dB(A), en düşük Leq değeri ise Nafiz Yürekli Mesleki Teknik Anadolu Lisesi yakınında 49,12 dB(A) tespit edilmiştir. Yaz mevsimi gürültü ölçümlerine göre en yüksek Leq değeri, Eğirdir – Konya Karayolu Eğirdir Aile Sağlığı Merkezi etrafında 69,72 dB(A), en düşük Leq değeri ise Eğirdir Orman İşletme Müdürlüğü yakınında belirlenmiş olan noktadan 38,60 dB(A) elde edilmiştir.

Gürültü ölçümlerinden elde edilen değerler ve hazırlanan gürültü haritaları irdelendiğinde; Ocak-Şubat ölçümlerinde 20 ölçüm noktası 55 dB(A)'nın üzerinde; Nisan-Mayıs ölçümlerinde 24 adet ölçüm noktasından elde edilen gürültü ölçümleri 55 dB(A)'nın üzerinde; Temmuz-Ağustos aylarında 18 adet ölçüm noktası gürültü seviyeleri 55 dB(A)'nın üstünde tespit edilmiştir. İlkbahar aylarında rekreasyon ve trafik hareketliliği nedeniyle daha fazla noktada değerler yüksektir.

Öneriler

Hazırlanan çalışma kapsamında; yapılan ölçüm ve değerlendirmeler sonucunda elde edilen gürültü değerlendirmelerinde, birçok noktanın gürültü düzeyinin, gürültü yönetmeliğine ve WHO'ya göre sınır değerleri üzerinde olduğu görülmüştür. İlçenin maruz kaldığı gürültü kaynağının motorlu taşıtlar kaynaklı trafik yoğunluğu olduğu görülmüştür. İlçede zamanla ekonomi ve nüfusun gelişmesine dayanarak araç sayısının da artması sonucunda gürültü seviyesinin yükselmesi söz konusu olabilir. Bu nedenle, yönetmelik gereği kamu kurum ve kuruluşlarıyla birlikte sivil toplum örgütlerinin daha sağlıklı bir gelecek için stratejik gürültü haritaları, stratejik gürültü eylem planları, akustik raporların hazırlanması için uygulamaya geçilmelidir.

Karayollarından kaynaklanan gürültünün, motorlu taşıtlarla ilgili olarak teknik kapsamlı alınması gereken önlemler ve de yerel yönetimlerin kent içindeki ulaşımı yönlendirilme ve düzenlemesi kapsamında alacağı önlemlerle denetimin azaltılması mümkün kılınmaktadır. Trafik düzenlemeleri ve yerel yönetimlerle ilgili birimlerin araçlardan oluşan gürültünün ölçümleriyle denetlenebilmesi şeklinde tedbirler alınmalıdır.

Taşıtların hareket etmesi ve kavşaklarda durması esnasında motordan gelen ses seviyesinin çok olması ve trafik lambasında duran sürücülerin kornaya basmalarından dolayı oluşan gürültü seviyesinin yüksek olması nedeniyle önlem olarak kavşak sayısı azaltılabilir ve taşıtların korna kullanmaları önlenebilir veya kısıtlanabilir. Trafik kaynaklı gürültünün hissedilebilirliğinin azaltılabilmesi için karayolları çevrelerinde ve refüjlerde bitkilendirme çalışmaları yapılmalıdır. Bitkinin gürültüyü azaltma / perdeleme seviyeleri; gürültü kaynağının şiddetine, gürültü perdelerinin uygun yerlerde tesis edilip edilmediğine, uygun bitki türünün seçilip seçilmediğine, kaynak ile alıcı arasındaki mesafeye, zeminin etkisine, yeterli yoğunluk, sıklık, boy ve genişlikte olup olmadıklarına, mevsimsel değişimlere, doğru kompozisyon ve dikim tekniği yapıp yapılmadığı doğrultusunda farklılık gösterebilmektedir.

Gürültüye sebep olan kuruluşların, yapıların etraflarında bilgi sahibi kişiler tarafından bitkilendirme yapılması, bölgede yaşam sağlayan insanların sağlıkları bakımından oldukça önem teşkil etmektedir. Bu yapıların çevrelerini bitkilendirilmesi, gürültüyü hissedilir oranda azaltacaktır.

Eğirdir’de toplu taşımanın kullanımı teşvik edilmelidir. Gürültü etkileri konusunda resmî kurumların, sivil toplum kuruluşlarının ve basın yayın organları iş birliği yaparak toplantılar, konferanslar ve seminerler düzenlenip halkın bu şekilde bilinçlenmesi sağlanmalıdır.

Akdeniz Bölgesi’ndeki Sakin Şehirlerden birisi olan Eğirdir İlçesinde gerçekleştirilen çalışma, farklı CittaSlow destinasyonların incelemesine örnek teşkil edebilir ve böylece karşılaştırma yapılabilir. İlçenin Sakin Şehir özelliğinin korunabilmesi ve devamlılığı adına, turizm paydaşlarının da ortak alınacağı kararlar ile uzun vadeli planlamalar yapılabilir. Bu konuda gerek yörede bulunan yerel işletmeciler gerekse yerel halkın, yörenin doğal güzellikleri ve kültürel değerlerinin gözetilmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi adına, duyarlı olmaları konusunda bilgilendirilmeleri gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında uygulanan yöntemler, gerçekleştirilen ölçüm teknikleri ve ortaya konulan veriler literatür için özgündür ve ileride gerçekleştirilecek benzer araştırmalara rehberlik etme niteliği taşımaktadır. Bu kapsamda elde edilen sonuçların, ortaya konulan verilerin ve değerlendirmelerin, gürültünün olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik araştırmalara katkı sağlaması beklenmektedir. Gürültü kirliliği gibi diğer çevre sorunlarının da azaltılması ve önlem alınması, kentsel alanlarda koruma-kullanım dengesinin sağlanması ve kamu yararı gözetilerek yeşil alanların planlanması ve oluşturulması kapsamında oluşturulacak peyzaj planı altlık olarak kullanılmalı ve bu bağlamda kent planları yapım aşamasında meslek disiplini olarak peyzaj mimarı görev almalıdır.

YAZAR KATKILARI

Beyza Sava: Makale yazımı, literatür taranması, verilerin elde edilmesi, verilerin analizi.
Candan Kuş Şahin: Makale kontrolü, Danışmanlık. **Sezen Coşkun:** Makale kontrolü, Danışmanlık

FINANSAL DESTEK BEYANI

Bu çalışma FYL-2023-8844 No'lu Proje kapsamında Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

TEŞEKKÜR

FYL-2023-8844 No'lu Proje ile çalışmayı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aksu, A. (2023). *Erzurum kent merkezi karayolu güzergahında ekolojik koridor kapsamında gürültü önleme bariyeri planlaması*. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum.
- Anonim, (2022). T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği. Resmî Gazete Tarihi: 30.11.2022 Resmî Gazete Sayısı: 32029.
- Aydın, M.E. & Ateş, N. (1997). Konya'da trafik gürültüsü ve bazı öneriler. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 447-456. Denizli.
- Bayazıt Solak, E., Şahin, C., Onay, B. & Sava, B. (2023). Parklardaki Gürültünün Değerlendirilmesi: Isparta İli Çünür Mahallesi Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 324-331.
- Bouzir, T.A.K. & Zemmouri, N. (2017). Effect of urban morphology on road noise distribution. *Energy Procedia*, 119: 376-385.
- Cansaran, D. (2019). Gürültü kirliliği düzeyini belirlemeye yönelik bir çalışma: Amasya örneği. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 74-1, 89-108.
- Cittaslow Türkiye, (2023). Üyelik Süreci/Politikalar. Erişim Tarihi: 05.8.2023 <https://cittaslowturkiye.org.tr>
- Coşkun, S., Sava B. & Şahin, C. (2022). Isparta kent merkezi hastane yerleşkelerinin gürültü kirliliği açısından incelenmesi. *Kent Akademisi Dergisi*, 15(2), 848-860.
- Çolak, C.E. (2018). *Sürdürülebilir kentleşme kapsamında sakin şehir uygulaması: Yalvaç örneği*. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Deveci, S. & Yorulmaz, F. (2022). Edirne il merkezinde çevresel gürültünün değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilim Dergisi*, 15(2), 234-244.

- Dikmen, O. (2022). *Erzurum kenti örneğinde kent merkezindeki önemli caddelerin gürültü değişimlerinin belirlenmesi ve önleme çalışmaları*. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 117s, Erzurum.
- Doygun, N., (2016). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Yerleşkesinde trafik gürültüsünün incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi.*, 6(14), 1-11.
- Harman, B.İ., Köseoğlu, H. & Yiğit, C.Ö. (2016). Performance evaluation of IDW, kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey. *Applied Acoustics*, 11.
- İnanır, A., Uslu, A. & Çaprak, D. (2019). Sakin şehir ve kırsal turizm: Eğirdir İlçesi'nde bir araştırma. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 7(3), 1711-1726.
- Kaliski, K., Duncan, E. & Cowan, J. (2007). Community and regional noise mapping in the United States. *Sound and Vibration*. 14 – 17.
- Kundu, S., Sen, K. & Mondal, N. K. (2022). GIS-based mapping and assessment of road traffic noise in and around of schools situated near busy roadside. *International Journal of Automotive Science and Technology*, Cilt 6, Sayı 1, s.26-38.
- MGM, (2022). İl/ İlçeler. Erişim Tarihi: 18.05.2020. <https://www.mgm.gov.tr>.
- Morova, N., Şener, E., Terzi, S., Beyhan, M. & Harman, B.İ. (2010). Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesinin gürültü haritalarının coğrafi bilgi sistemleri ile hazırlanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14-3, 271-278.
- Onay, B. (2021). *Okul bahçeleri ve çevresindeki gürültü kirliliğinin önlenmesinde peyzaj mimarlığı yaklaşımları: Isparta örneği*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 181s, Isparta.
- Onay, B. & Kuş Şahin, C. (2021). Isparta kent merkezindeki bazı ilkokulların dış çevre gürültülerinin incelenmesi üzerine bir araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (3): 859-870.
- Öncül, N.E. & Kelkit, A. (2023). Rekreatyon Alanlarında İşitsel Çevrenin Değerlendirilmesi: Özgürlük Parkı Çanakkale. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism, Recreation and Sports Sciences (ATRSS)*, 6 (1): 76-87.
- Özer, S. (2017). Erzurum kenti Yüzüncüyıl Parkı örneğinde kent parklarındaki gürültü kirliliğinin mevcut durum analizi. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 32(1): 39-44.
- Özmen, A., & Can, M.C. (2018). The urban conservation approach of Cittaslow Yalvaç. *Megaron*, 13(1), 13–23.
- Özyurt Ökten, S.S. & Aysu Kapan, A. (2024). İskenderun örneğinde mevsimsel ölçümlere göre trafikten kaynaklanan gürültünün mekânsal analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 14(3), 751-763.
- Paşaoğlu, A. (2013). *Eyüp Hasdal-Kemerburgaz Yolu Göktürk mevkiinde otoyoldan kaynaklanan çevresel gürültünün değerlendirilmesi, gürültü haritasının hazırlanması ve gürültü perdesi modeli*. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Sargın, S. (2003). Isparta'nın çevre sorunları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt V, Sayı: 2, s. 147-165, Afyonkarahisar.
- Savaş, S. (2019). *İstanbul Kavacık mevkiinde TEM otoyolundan kaynaklanan gürültünün haritalanması ve gürültü perdesi modelinin uygulanması*. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 67s, Tekirdağ.
- Say, N., Ökten, S.Ö., Aysu, A. & Yalçinkaya, N.M. (2017). Seasonal Change and Spatial Distribution of Traffic Noise in Seferihisar, Turkey. *Archives Of Acoustics*, 42(4), 631–642.
- Slabbekoorn, H. (2019). Noise pollution. *Current Biology*, 29(19), R957-R960.

- Suárez, E. & Barros, J.L. (2013). Traffic noise mapping of the city of Santiago de Chile. *Science of The Total Environment*, 466-467, 539-546.
- Şahin, K., Şenol, E. & Ögel, C. (2016). Isparta şehrinde trafik kaynaklı gürültü kirliliği. *The Journal of International Social Research*. 9,43.
- Tercan, Ş. & Yaman, G. (2021). Kent içi trafikten kaynaklanan stratejik gürültü haritalarının değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, Cilt 7, Sayı 1, s.27-40.
- Tosun, İ., Avşar, Y., Sevindir, H.C. & Beyhan, M. (2003). Isparta’da Gürültü Seviyesi Üzerine Trafik, Endüstri ve Ticari Faaliyetlerin Etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Isparta, 7(1): 70-79.
- Ünver, E. (2008). *Trafik ve rekreasyonel kullanım kaynaklı gürültü kirliliğinin belirlenmesi: Çorlu örneği*. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 90s, Tekirdağ.
- Yalılı Kılıç, M., Adalı, S. & Kılıç, İ. (2021). Hastane çevresinde gürültü kirliliğinin belirlenmesi: Bursa örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(3), 847-856.
- Yerli, Ö. (2012). *Kentsel alan kullanım kaynaklı gürültünün Düzce kenti örneğinde irdelenmesi*. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 240s. Düzce.
- Yerli, Ö. & Demir, Z. (2015). Otoban gürültüsünün dinlenme tesislerine etkisi: İstanbul Ankara Otoyolu örneği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 1-15.



IMPACT OF *CEDRUS LIBANI* AFFORESTATION ON SOIL CARBON AND NITROGEN STOCKS IN THE UPPER MEDITERRANEAN BASIN

Emre BABUR^{1*}, Burak YALÇINTAŞ¹, Yasin Taha ÜNSAL¹

¹Department of Forest Engineering, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş

*Corresponding author: emrebabur@ksu.edu.tr

Emre BABUR: <https://orcid.org/0000-0002-1776-3018>

Burak YALÇINTAŞ: <https://orcid.org/0009-0004-5253-9494>

Yasin Taha ÜNSAL: <https://orcid.org/0009-0009-5118-1634>

Please cite this article as: Babur, E., Yalcintas, B. & Unsal, Y. T. (2025). Impact of *cedrus libani* afforestation on soil carbon and nitrogen stocks in the upper mediterranean basin. *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 75-88.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 20 Mart 2025 / Received 20 March 2025

Düzeltilmelerin gelişi 8 Nisan 2025 / Received in revised form 8 April 2025

Kabul 9 Nisan 2025 / Accepted 9 April 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ABSTRACT: Soils, as the most dynamic and complex components of terrestrial ecosystems, serve as crucial sinks for atmospheric carbon storage and retention. Human interventions in soil management significantly influence the amount of carbon and nitrogen stored or sequestered. This study investigated the effects of afforestation using *Cedrus libani* A. Rich (Lebanese cedar or Taurus cedar) at two different ages (10 and 25 years) in the Upper Mediterranean basin on soil organic carbon and nitrogen stocks. The afforestation was conducted on previously bare lands for soil conservation purposes. A total of 45 soil samples were collected from topsoil (0–10 cm): 15 samples were randomly taken from two different times (2000 and 2015) afforested areas and 15 from non-afforested (control) land. Soil organic carbon (SOC), total nitrogen (TN), and bulk density (BD) analyses were performed on these samples. To calculate soil organic carbon stocks in tons per hectare, bulk density (BD) was estimated using the SOC and soil mass equation. The results revealed a substantial increase in carbon and nitrogen storage in the afforested areas, depending on tree age. Specifically, organic carbon and nitrogen stocks in the topsoil of 25-year-old and 10-year-old afforestation sites were 65% and 48% higher, respectively, than in control soils. Carbon and nitrogen storage followed the trend: 25-year > 10-year > 0-control. The highest total nitrogen content (0.78%) was observed in 10-year-old cedar afforestation sites. While BD values did not differ significantly among afforested areas, the control areas showed distinct differences from the afforested sites. This study demonstrates that age-protected cedar afforestation significantly enhances carbon and nitrogen sequestration in previously bare soils, highlighting its importance for soil conservation and ecosystem sustainability.

Keywords: Cedar, afforestation, Karst, carbon sequestration, carbon stocks, nitrogen

CEDRUS LIBANI AĞAÇLANDIRMASININ YUKARI AKDENİZ HAVZASINDA TOPRAK KARBON VE AZOT STOKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

ÖZET: Karasal ekosistemlerin en dinamik ve karmaşık yapıtaşı olan topraklar atmosferik karbonun tutularak depo edildiği en önemli yutakların başında gelmektedir. Topraklara yapılan müdahaleler depo edilen veya edilecek olan bu karbon ve azot miktarlarını değiştirmektedir. Bu çalışmada, toprak koruma amacıyla yukarı Akdeniz havzasındaki çıplak arazilerde 25 ve 10 yıllık *Cedrus libani* A. Rich (Lübnan sediri veya Toros sediri) kullanılarak yapılan ağaçlandırmaların toprakların organik karbon ve azot stoklarına olan etkileri araştırılmıştır. İki farklı zamanda (2000 ve 2015) ağaçlandırma yapılan alanlardan rastgele olarak 15'er adet ve ağaçlandırma yapılmayan çıplak bir araziden de 15 adet toprak alınmak suretiyle toplamda 45 adet toprak numunesi 0-10 cm derinliğinden alınmıştır. Toprak örneklerinde organik karbon (TOK), toplam azot (TA) ve hacim ağırlığı (HA) analizleri yapılmıştır. TOK ve TA stoklarını hektar başına ton cinsinden hesaplamak için HA, TOK veya TA ve toprak kütlesi eşitliğinden yararlanılarak tahmin edilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda yaşa bağlı olarak çok ciddi miktarda sedir ağaçlandırma sahalarında karbon ve azot depolandığı, özellikle 25 ve 10 yaşlarındaki ağaçlandırma sahasındaki üst topraklarda depolanan karbon ve azot miktarının kontrol topraklarına nispeten sırasıyla %65 ve %48 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu alanlardaki karbon ve azot depolama yaşa göre 25>10>0 şeklinde sıralanmıştır. Buna karşın toprakların toplam azot miktarlarında en yüksek değer 0.78 ile 10 yaşındaki sedir ağaçlandırma sahalarında bulunmuştur. İstatistiksel olarak ağaçlandırma yapılan alanlardaki hacim ağırlıkları birbirlerinden farklı olmadığı halde kontrol alanlarının hacim ağırlıkları ağaçlandırma yapılan alanlardan farklı bulunmuştur. Bu çalışma, yaşa bağlı olarak korunan sedir ağaçlandırma çalışmalarının çıplak topraklarındaki karbon ve azot miktarının önemli derecede arttırdığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Sedir, ağaçlandırma, Karst, karbon tutulması, karbon stokları, azot

INTRODUCTION

Global warming is one of the most pressing environmental challenges affecting both our country and the world. To combat this issue, reducing atmospheric greenhouse gas emissions and enhancing carbon sinks are widely used strategies (Kokanç, 2014; Ozlu et al., 2022). Forests and forest soils serve as the primary terrestrial ecosystems capable of storing significant amounts of atmospheric carbon (Lee et al., 2016). In particular, substantial investments and efforts have been dedicated to afforestation, rehabilitation, and grazing management to protect soils in barren areas and enhance carbon sequestration potential. Through large-scale national initiatives such as afforestation campaigns, 'Türkiye Century,' and 'Breath to the Future,' extensive afforestation efforts have been undertaken across the country. Beyond their ecological and economic significance, these afforestation projects contribute to increased carbon storage in vegetation and soils, which is crucial for ecosystem sustainability. Therefore, understanding the dynamics of carbon sequestration in afforested and natural forest areas has become increasingly important (Kara et al., 2016; Babur et al., 2016; Lee et al., 2018).

Soils are among the most critical components of terrestrial ecosystems, capable of storing substantial amounts of organic carbon (Babur et al., 2021a; Dindaroğlu et al., 2021a). It is

estimated that global soil organic carbon (SOC) sequestration surpasses the atmospheric carbon pool by threefold and is four times greater than the biotic carbon pool (Lal, 2001). Recognizing this capacity, the Kyoto Protocol highlighted soil carbon storage as a key strategy for reducing CO₂ emissions, a major greenhouse gas (Ruiz-Sinoga et al., 2012). Furthermore, assessing and enhancing soil carbon storage was a central topic at the COP21 Climate Summit held in Paris in December 2015. In line with these efforts, the United Nations General Assembly adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development, emphasizing the restoration of degraded soils (UNGA, 2015). Through conservation and development initiatives aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs), the sustainable management of dynamic, limited, and fragile soil resources can be ensured (Jónsson et al., 2016). Given its significance, monitoring SOC stock dynamics has been proposed as a viable indicator for assessing land and soil changes within the SDG framework (Lorenz & Lal, 2017). However, land use patterns and changes significantly influence soil carbon sequestration capacity (Feller & Bernoux, 2008; Dindaroğlu et al., 2024).

Changes in land use have both direct and indirect effects on biotic and abiotic environmental factors within ecosystems (Dindaroğlu et al., 2024). As a result, land use changes are considered key indicators of land degradation and global climate change (Babur et al., 2021a; Dindaroğlu et al., 2021b). In recent years, improper land use and land use changes have become the primary drivers of both global and local environmental issues (Osman et al. 2025). Consequently, research on identifying, monitoring, and predicting future land use changes is growing rapidly. The conversion of forested areas into agricultural land and pastures negatively impacts land sustainability and ecosystem stability (Long & Liu, 2016). In contrast, afforestation of bare areas enhances soil and ecosystem protection (Babur et al., 2016). According to Bruce et al. (1999), deforestation and soil erosion lead to the release of approximately 1.7 and 0.1 PgCyr⁻¹ of carbon emissions into the atmosphere, respectively. However, increasing forest cover, rehabilitating degraded forests, implementing sustainable land management practices (Lal, 2001), and strengthening environmental protection measures (Wali et al., 1999; Kara et al., 2016; Babur et al., 2021a) can significantly mitigate global CO₂ emissions (Post & Kwon, 2000).

Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) forests are most densely distributed in the Taurus Mountains along Türkiye's Mediterranean coast (Boydak, 1996; 2003). Historically, extensive Lebanon cedar forests existed in Syria and Lebanon, but due to logging, burning, and goat-grazing over the past 5000 years, only small populations remain in these regions (Aytug, 1970). In the Taurus Mountains, Lebanon cedar generally thrives between 800 and 2100 meters in elevation, though smaller populations or individual trees can be found at lower (500–600 m) and higher (up to 2400 m) elevations. Additionally, scattered populations exist in other parts of Anatolia, such as Sultandağı-Afyon and the Black Sea region (Çatalan-Erbaa and Akıncıköy-Niksar) (Saatcioglu, 1976; Boydak, 1996; Atalay, 1987).

Currently, Türkiye hosts the world's largest natural Lebanon cedar forest, covering an area of 417,188 hectares (Çalışkan, 1998; URL-1, 2009). This species' resilience to extreme stress conditions and social pressures in the Mediterranean region, along with its high success rate in afforestation and reforestation, has made it a top choice for forest restoration efforts. Despite centuries of human activity in Anatolia, the rugged and inaccessible topography of the Taurus Mountains has played a crucial role in preventing the extinction of the Lebanon cedar (Boydak, 2003).

Inventory, estimation, projection, and management of soil and soil-related ecosystem resources in our country and the world require accurate determination of SOC stocks within the scope of management practices. In addition to the fact that a large part of the carbon pool in terrestrial ecosystems is soil (Jobbágy & Jackson, 2000), SOC is the main driver of critical ecosystem processes and services such as nutrient cycling, water retention, and biological carbon sequestration (Lal, 2004; Babur et al., 2021b). Although studies on C production and storage in aboveground ecosystem pools have intensified (Vance, 2000; Birdsey et al., 2006; Ludwig et al., 2011), the effects of management practices (such as afforestation, rehabilitation, harvesting) on the increase of belowground C stocks at temporal and spatial scales are much less understood (An et al., 2009). Although various articles have been published on C sequestration in soils in humid and tropical regions, studies on C sequestration are needed in Türkiye since it is covered with semiarid regions with widespread soil degradation, is under the influence of extreme ecological conditions, and is exposed to the negative effects of climate change. Therefore, this study was carried out to reveal how cedar afforestation carried out at different times in karst areas, which are sensitive as ecosystems, for soil protection against erosion, changes the C and N stocks stored in the soils over time. The data to be obtained will reveal the amount of C stored in bare karst areas after afforestation and the function of afforestation, which plays an effective role in reducing greenhouse gas emissions that play a role in global climate change.

MATERIAL AND METHODS

Study Site

The research area consists of afforestation sites within the borders of Toros and Sorgun villages in the Erdemli district of Mersin province, located in the Mediterranean Region of Türkiye (Figure 1). Erdemli's geographical coordinates are 36°34' N latitude and 34°18' E longitude. The district has a warm and temperate climate, with more rainfall in winter than in summer. According to the Köppen–Geiger classification, Erdemli falls under the Cold Semiarid (Csa) climate category, characterized by mild winters and very hot, dry summers. The district's annual average temperature is 16.1 °C, with August being the hottest month (25.5 °C) and January the coldest (6.9 °C). The annual total rainfall is 650 mm, with December receiving the highest precipitation (140mm) and July the lowest (15mm).

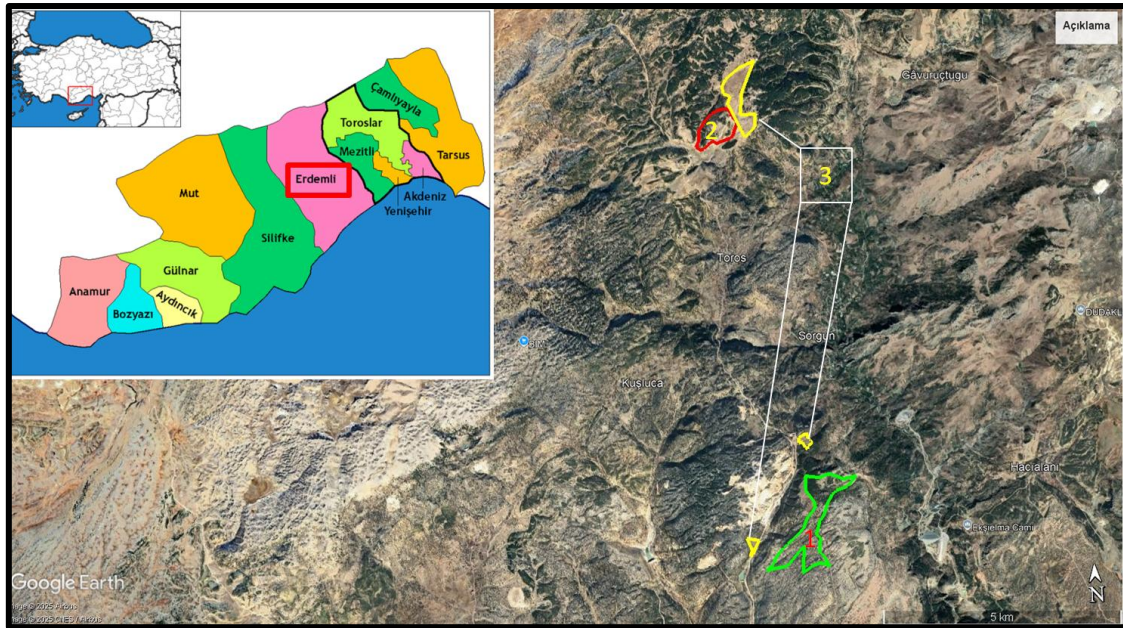


Figure 1. Location of research sites

Given the high-altitude nature of the study area, afforestation efforts have focused on Taurus cedar (*Cedrus libani* L.), which thrives at these elevations. The predominant soil type is Terra rossa (Previtali et al., 2017). Geologically, the study area is part of a basin where Tertiary sedimentary rocks from the Oligocene-Pliocene period rest unconformably on the rugged topography of Paleozoic-Mesozoic basement rocks forming the Taurus orogenic belt (MTA, 2020). These durable limestone surfaces have formed steep slopes, featuring numerous karst dissolution cavities, slides, and rock formations, particularly in the uppermost sections of the terrain (Bulut, 1998). Some physiographic, topographic, biotic and edaphic features of the research area are shown in Table 1.

Table 1. Study site characteristics

Environmental Factors	Afforestation Ages		
	Control	10 years	25 years
Longitude	36° 54' 13"	36° 54' 22"	36° 49' 55"
Latitude	34° 06' 52"	34° 06' 37"	34° 07' 49"
Altitude mean (m)	1670	1675	1650
Slope degree mean (%)	30	40	40
Afforestation date	0	2015	2000
Vegetation type	-	Taurus cedar	Taurus cedar
Soil texture	Sandy clay loam	Sandy clay loam	Sandy loam
pH	7.01	8.09	6.80
pH class	Neutral	Slightly Alkaline	Neutral

Soil Sampling and Laboratory Analysis

Soil samples were collected in October 2024 from afforested in different years, as well as from non-afforested bare areas (control) within the borders of the Erdemli Forest Management Directorate. A total of 45 sampling points were randomly selected: 15 from each different cedar afforestation area established in 2000 (C25) and 2015 (C10), and 15 from

control sites (Co). From these points, 45 disturbed and 45 undisturbed soil samples were collected from topsoil layer (0-10 cm). To determine bulk density, undisturbed soil samples were taken using a sample ring (steel cylinder=VS= 385cm³), while disturbed soil samples were collected separately for chemical analyses. Soil sampling in forested areas followed the International Cooperative Programme (ICP) Guidelines (UNECE, 2003) and the Area-Frame Random Soil Sampling (AFRSS) methodology (EC, 2009; IPCC, 2003; Stolbovoy et al., 2007).

The bulk density of the soil samples with intact natural structure (undisturbed soil) brought to the laboratory was calculated after they were dried in an oven for 24 h at 105 °C until they reached a constant mass weight and weighed on a precision scale (Sariyildiz et al., 2024; Dindaroğlu et al., 2024).

Soil organic carbon (SOC) and total nitrogen (TN) contents were analyzed using the Walkley-Black chromic acid wet oxidation method and the Kjeldahl digestion method, respectively (Rowell, 1994).

SOC and TN stocks were calculated according to the Formula (1) given below (Lee et al., 2009).

$$\text{SOC or TN}_{\text{stocks}} = \% \text{SOC or \%TN} * M_i \text{ (ton ha}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

M_i given in this formula represents the mass of dry soil at the i'th soil depth and its amount is calculated according to the below Formula (2).

$$M_i: BDi \times Ti \times 10^4 \quad (2)$$

BD_i represents the soil bulk density at i soil depth (ton m⁻³), Ti represents the soil sampling thickness at i soil depth (m), and 10⁴ represents the unit change factor (m² ha⁻¹).

Statistical Analysis

Descriptive statistical analyses were made regarding the BD, SOC, TN, C_{stock}, and TN_{stock} properties of soils taken from cedar-afforested and control lands at different times. The Kolmogorov-Smirnov analysis method was used to test whether the values obtained as a result of the analyses showed a normal distribution based on the afforestation year. Duncan's test from one-way variance analysis was used to compare independent group differences. The statistical significance level was accepted as P<0.05.

RESULTS

Descriptive statistics of some soil properties that play an active role in the decomposition processes in Control (Co), 10-year-old cedar field (C10), and 25-year-old cedar field (C25) land use areas are presented in Table 2. BD values ranged from 0.49 to 1.54 g/cm³ in C25, 0.68 to 1.64 g/cm³ in C10, and 0.83 to 1.94 g/cm³ in Co. SOC content varied between 2.08% and 6.46% in C25, 1.35% and 5.80% in C10, and 0.32% and 2.40% in Co. TN levels ranged from 0.015% to 0.153% in C25, 0.037% to 0.108% in C10, and 0.010% to 0.059% in Co.

Soil carbon stock (C_{Stock}) values fluctuated between 15.01 and 52.47 tC ha⁻¹ in C25, 13.69 and 50.72 tC ha⁻¹ in C10, and 3.13 and 39.54 tC ha⁻¹ in Co. Similarly, soil nitrogen stock (N_{Stock}) varied between 0.190 and 1.15 tC ha⁻¹ in C25, 0.380 and 1.55 tC ha⁻¹ in C10, and 0.130 and 1.14 tC ha⁻¹ in Co.

Table 2. Descriptive Statistics of Topsoil (0–10 cm)

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
BD	C25	15	1,07	,27	,069	,49	1,54
	C10	15	1,13	,24	,061	,68	1,46
	Co	15	1,35	,3	,081	,83	1,94
SOC	C25	15	3,35	1,23	,316	2,08	6,46
	C10	15	2,86	1,19	,309	1,35	5,80
	Co	15	1,55	,75	,194	,32	2,40
TN	C25	15	,051	,035	,009	,015	,153
	C10	15	,070	,021	,006	,037	,108
	Co	15	,036	,017	,004	,010	,059
C_{Stock}	C25	15	34,97	11,44	2,954	15,01	52,47
	C10	15	31,19	10,91	2,816	13,69	50,72
	Co	15	21,13	11,50	2,970	3,13	39,54
N_{Stock}	C25	15	,51	,28	,073	,190	1,15
	C10	15	,78	,27	,070	,380	1,55
	Co	15	,49	,28	,072	,130	1,14

Abbreviations: BD=Bulk Density (g/cm³); SOC= Soil organic carbon; TN= total nitrogen; C_{Stock} =soil organic carbon stock (tC ha⁻¹); N_{Stock} =soil organic nitrogen stock (tN ha⁻¹) C25= 25 ages cedar forest; C10= 10 ages cedar forest; Co=Control

ANOVA tests conducted on measured soil samples and the average values of carbon (C) and nitrogen (N) stocks indicated that afforestation significantly influenced these soil properties over time ($P \leq 0.05$; Tables 3 and 4). Among these properties, SOC exhibited the highest F-value.

Table 3. *F* and *P* statistic values of the one-way ANOVA for temporal effect of afforestation on BD, SOC, TN, and C and N stocks

	<i>BD</i>	<i>SOC</i>	<i>TN</i>	<i>C_{stock}</i>	<i>N_{stock}</i>
<i>P-values</i>	*	***	**	**	**
<i>F-values</i>	4.25	11.13	6.64	6.03	5.14

Abbreviations: BD=Bulk Density (g/cm³); SOC= Soil organic carbon; TN= total nitrogen; C_{Stock} =soil organic carbon stock (tC ha⁻¹); N_{Stock} =soil organic nitrogen stock (tN ha⁻¹), * Significant at $P \leq 0.05$; ** Significant at $P \leq 0.01$; *** Significant at $P \leq 0.001$.

Table 4. According to the one-way ANOVA, the changes in soil properties with afforestation of bare space over different years.

	Afforestation Ages		
Properties	Co	C10	C25
BD (g/cm ³)	1.35±0.31 ^b	1.13±0.24 ^a	1.07±0.27 ^a
SOC (%)	1.55±0.75 ^a	2.86±1.19 ^b	3.35±1.23 ^b
TN(%)	.036±0.02 ^a	.070±0.02 ^b	.051±0.04 ^{ab}

The mean BD values of the soils were found to be different ($P \leq 0.05$; Table 3). The highest BD was observed in control soils, while the lowest was recorded in C25 soils.

The organic C fraction in the soil is significantly related to the age of afforested sites (Tables 3 and 4). The SOC values in soils from cedar afforestation sites were higher than those from bare land, with a statistically significant difference between afforested and bare land areas. Especially, C25 soils had the highest C levels, whereas control soils had the lowest, showing an inverse relationship with BD. Total nitrogen content was highest in the C10 and lowest in Co soils.

The average organic carbon sequestration of soils was calculated and the highest value was found in C25 (34.97 tC ha^{-1}), while the lowest was recorded in Co soils (21.13 tC ha^{-1}), mirroring the pattern observed in soil C content (Figure 2a). Similarly, N stocks were highest in C10 (0.78 tN ha^{-1}) and lowest in Co soils (0.49 tN ha^{-1}), aligning with TN content trends (Figure 2b). In terms of C_{Stocks} , C25 and C10 soils formed distinct groups from control soils. However, for N stocks, C10 soils exhibited significant differences compared to both control and C25 soils.

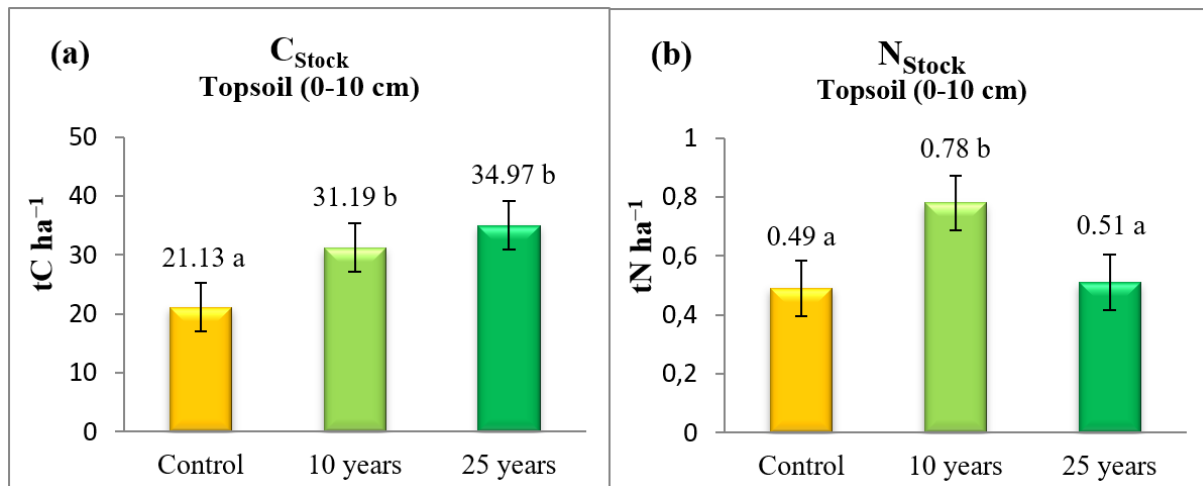


Figure 2. Changes in soil organic carbon stocks (a), total nitrogen stocks (b), with afforestation in different years. Different letters above the bars indicate significant differences at $p < .05$ among the land use types.

The Pearson correlation analysis illustrated that there was a negative significant relationship between BD, SOC, and TN ($p < 0.01$ and $p < 0.05$). In addition, there was a significant positive relationship between SOC and TN, C_{Stock} and N_{Stock} ($p < 0.01$). The highest relationship was found between TN and N_{Stock} ($p < 0.01$; $r = 0.845^{**}$) (Figure 3).

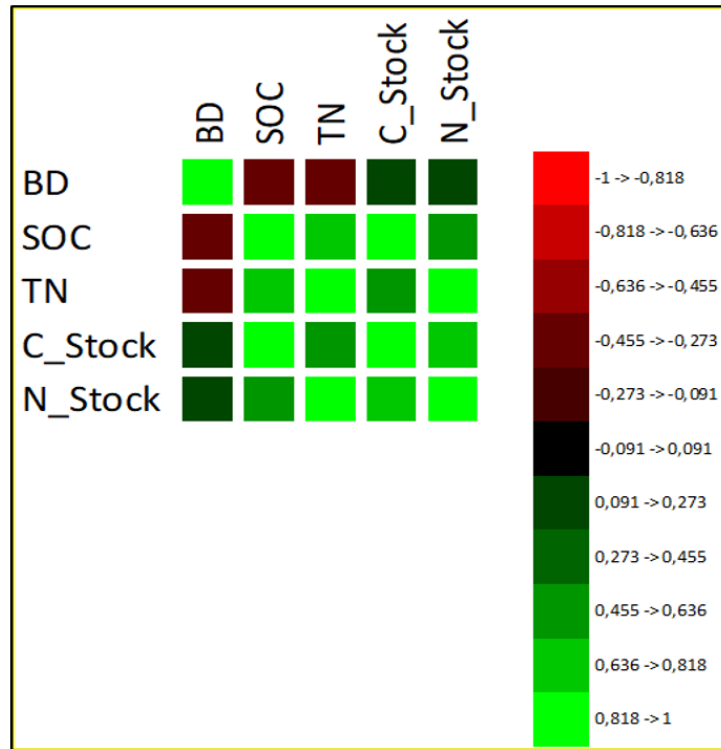


Figure 3. The heatmap of the Pearson correlation coefficients ($p < 0.05$).

DISCUSSION

Afforestation practices significantly influenced the BD, OC, and TN values in the research area. The highest BD of the research areas was found in the control areas. A significant increase in BD values was found in the 0–10 cm soil layer, corresponding to the age of afforestation areas. The highest BD values were recorded in bare land soils (Tables 2 and 3). This increase in BD in bare lands can be attributed to lower soil organic matter content, degradation of soil structure, and a reduction in macropores due to soil deterioration. Similarly, Yuksek & Yuksek (2011) reported the highest BD (1.32 g/cm^3) in bare land and the lowest BD (1.18 g/cm^3) in the upper layers of afforested soils. Our study site was on Karst ecosystems. Previous studies on karst ecosystems by Vermez et al. (2018) indicated that soils were moderately basic (pH 8.1) and contained sufficient organic matter (4.33%).

Generally, afforested lands exhibited higher OC and TN values than bare lands (Tables 2 and 3). This increase is attributed to the accumulation of dead needles, branches, and cones, which enhance soil carbon and nitrogen content by supplying organic matter. The primary sources of C and N in forest soils are fallen litter and fine roots (Babur et al., 2021a). The quantity and quality of litter contribute to plant primary productivity by enhancing fine root density and turnover, thereby increasing SOC and TN availability (Laik et al., 2009; Pang et al., 2016).

Similar findings have been reported in previous studies. Lima et al. (2006) found that afforestation of degraded pastures led to increased carbon accumulation in soils over 30 years. Afforestation has been shown to improve various soil properties, including physical, hydro-physical, and chemical characteristics (Yuksek & Yuksek, 2011; Kara et al., 2016). For example, organic matter content in soils with Black Locust plantations ranged between 2.09%

and 3.57%. However, Polglase et al. (2000) noted that afforestation only had a minor effect on soil carbon accumulation across different environments.

Conversely, some researchers observed a temporary decline in total soil organic carbon after converting grasslands to forests, with reductions appearing a few years after the land-use change (Thuille & Schulze, 2006; Alberti et al., 2008). This trend is attributed to the higher fine root biomass in natural grasslands compared to plantation sites (Guo et al., 2007), as fine roots are a primary source of SOC (Carter & Gregorich, 2010; Babur et al., 2021b). In contrast, bare lands experience substantial soil and organic carbon loss due to erosion and topsoil displacement (Babur et al., 2016). To enhance OC stock in bare lands, urgent measures such as grazing management, rehabilitation, or afforestation are necessary. In bare lands, the absence of protective vegetation results in lower carbon inputs to the topsoil. Additionally, erosion-induced organic matter loss further contributes to reduced SOC levels.

In our study, the correlation matrix indicated a negative relationship between SOC and BD, with BD increasing as SOC decreased (Table 4). As SOC increased, BD decreased. This inverse relationship occurs because SOC enhances soil porosity, thereby reducing bulk density (Korkanç, 2014). Korkanç (2014) also stated that 1.58 g/cm³ BD, 1.49% organic carbon, and accordingly 23.54 tC ha⁻¹ carbon were stored in the topsoil layer (0-10cm) of 14-year cedar afforestation areas. Additionally, Dindaroğlu et al. (2024) reported that forested areas exhibited the highest soil carbon stocks, reaching 101.56 tC ha⁻¹ in the top 30 cm of soil. It has also been reported that maintenance work in afforestation areas significantly increases the SOC stocks of soils by 7.2% (Gong et al., 2021).

CONCLUSION

This study concluded that land use and land cover changes in degraded lands may affect some important soil properties. In particular, afforestation activities carried out in degraded lands have shown that they positively affect the determined soil properties (SOC, TN, and bulk density). In addition, it is predicted that soil quality may further increase with age in terms of these properties. Afforestation activities to be planned using cedar saplings for afforestation of high-altitude karst areas in the Northern Mediterranean will have a positive effect on soil carbon sequestration and will help reduce the effects of global warming. As a result of afforestation activities carried out in degraded lands of this semiarid Mediterranean coastline, which is sensitive to the effects of climate change, soil organic carbon stocks have increased significantly; This situation may be useful in determining which tree species to plant in the future afforestation activities to combat the effects of global warming.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors contributed equally to the article. There is no conflict of interest.

FUNDING STATEMENT

The study received no financial support.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

ETHICS COMMITTEE APPROVAL

This study does not require any ethics committee approval.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Erdemli Forest Management Directorate staff, Master's student Nisanur Belge and Res. Asst. Ferhat Kepek for their help.

REFERENCES

- Alberti, G., Peressotti, A., Piussi, P. & Zerbi, G. (2008). Forest ecosystem carbon accumulation during a secondary succession in the Eastern Pre alps of Italy. *Forestry* 81, 1–11.
- An, S.S., Huang, Y.M. & Zheng, F.L. (2009). Evaluation of soil microbial indices along a revegetation chronosequence in grassland soils on the Loess Plateau Northwest China. *Applied Soil Ecology*. 41, 286–292.
- Atalay, I. (1987). Sedir ormanlarının yayılış, gösterdiği alanlar ve yakın çevresinin genel ekolojik özellikleri ile sedir tohum transfer rejyonlaması (General ecological properties of natural occurrence areas of cedar (*Cedrus libani* A. Rich) forests and regioning of seed transfer of cedar in Turkey). Orman Genel Müdürlüğü yayını (Ankara) 663 (in Turkish with English Summary).
- Aytug, B. (1970). Arkeolojik araştırmaların ışığı altında İç Anadolu stebi (La steppe d'Anatolie centrale a`la lamie`re des recherches arche`ologiques). *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi A* 20 (1), 127–143.
- Babur, E. (2018). Effects of parent material on soil microbial biomass carbon and basal respiration within young afforested areas. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 34(2), 94–101.
- Babur, E., Kara, O., Fathi, R., Susam, Y., Riaz, M., Arif, M. & Akhtar, K. (2021a). Wattle fencing improved soil aggregate stability, organic carbon stocks and biochemical quality by restoring highly eroded mountain region soil. *Journal of Environmental Management*. 288, 112489.
- Babur, E., Uslu, Ö.S., Battaglia, M.L. & et al. (2021b). Nitrogen Fertilizer Effects on Microbial Respiration, Microbial Biomass, and Carbon Sequestration in a Mediterranean Grassland Ecosystem. *Inter J. of Environmental Research* 15, 655–665.
- Babur, E., Kara, Ö. & Susam, Y. E. (2016). Açık Alan Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri İle Erozyon Eğilimlerinin Belirlenmesi (Sinop/Boyabat Örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 95-102.
- Birdsey, R., Pregitzer, K. & A. Lucier. (2006). Forest carbon management in the United States. *Journal of Environmental Quality*. 35:1461–1469.
- Boydak, M. (1996). Ecology and Silviculture of Cedar of Lebanon (*Cedrus libani* A. Rich.) and Conservation of its Natural Forests. Publication 12, Ministry of Forestry, Ankara.

- Boydak, M. (2003). Regeneration of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) on karstic lands in Turkey, *Forest Ecology and Management*, 178, 231–243.
- Bruce, J.P., Frome, M., Haïtes, E., Janzen, H., Lal, R. & Paustian, K. (1999). Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation*. 54, 381–389.
- Bulut, B. (1998). Karaisalı Kireçtası'nın (Kalfalar Köyü-Kadirli) Mermer Olarak Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi) (pp. 27–69). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, FBE.97.YL.151.
- Carter, M.R. & Gregorich, E.G. (2010). Carbon and nitrogen storage by deep-rooted tall fescue (*Lolium arundinaceum*) in the surface and subsurface soil of a fine sandy loamin eastern Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 136, 125–132.
- Çalışkan, T. (1998). Hızlı gelişen türlerle ilgili rapor (report on fast growing tree species). In: Proceedings of Workshop (Hızlı gelişen türlerle yapılan ağaçlandırma çalışmalarının değerlendirilmesi ve yapılacak çalışmalar, November 8–9, 1998, Ankara). Orman Bakanlığı Yayını (Ankara) 83, 109–130
- Dindaroglu, T., Babur, E., Battaglia, M., Seleiman, M., Uslu, O.S. & Roy, R. (2021a). Impact of Depression Areas and Land-Use Change in the Soil Organic Carbon and Total Nitrogen contents in a Semi-Arid Karst Ecosystem. *Cerne*, 27, e-102980.
- Dindaroglu, T., Tunguz, V., Babur, E., Menshov, O. & Battaglia, M. L. (2021b). Determination of the relationship among compound Topographic Index (CTI), soil properties and land-use in karst ecosystems. *Physical Geography*.
- Dindaroglu, T., Boran, B., Babur, E. & Menshov, O. (2024). Long-term temporal variation of land use transition on soil carbon stocks in mediterranean karst ecosystems. *Forestist*, 74(1), 94-101.
- EC. (2009). European Commission, Eurostat, 2009. LUCAS 2009 technical reference document C1. Instruction for surveyors. <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/205002/6786255/LUCAS2015-C1-Instructions-20150227.pdf>. Accessed 08.02.2022.
- Feller, C. & Bernoux, M. (2008). Historical advances in the study of global terrestrial soil organic carbon sequestration. *Waste Management*. 28, 734–740.
- Gong, C., Tan, Q., Liu, G. & Xu, M. (2021). Forest thinning increases soil carbon stocks in China. *Forest Ecology and Management*, 482, 118812.
- Guo, L.B., Wang, M. & Gifford, R.M. (2007). The change of soil carbon stocks and fine root dynamics after land use change from a native pasture to a pine plantation. *Plant and Soil* 299, 251–262.
- Hong, S., Cong, N., Ding, J., Piao, S., Liu, L., Peñuelas, J. et al. (2023). Effects of afforestation on soil carbon and nitrogen accumulation depend on initial soil nitrogen status. *Global Biogeochemical Cycles*, 37, e2022GB007490.
- IPCC. (2003). Intergovernmental panel on climate change. In J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, & F. Wagner (Eds.), Good practice guidance for land use, land use change and forestry. IPCC/OECD/IEA/IGES.
- Jobbágy, E.G. & Jackson, R.B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*. 10, 423–436.
- Jónsson, J. Ö. G., Davíðsdóttir, B., Jónsdóttir, E. M., Kristinsdóttir, S. M. & Ragnarsdóttir, K. V. (2016). Soil indicators for sustainable development: A transdisciplinary approach for indicator development using expert stakeholders. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 232, 179–189.
- Kara, O., Babur, E., Altun, L. & Seyis, M. (2016). Effects of afforestation on microbial biomass C and respiration in eroded soils of Turkey. *Journal of Sustainable Forestry*, 35(6), 385–396.

- Lee, J., Hopmans, J. W., Rolston, D. E., Baer, S. G. & Six, J. (2009). Determining soil carbon stock changes: Simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134, 251–256.
- Kokanc, S.Y. (2014). Effects of afforestation on soil organic carbon and other soil properties. *Catena*, 123, 62–69.
- Lal, R. (2001). World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon. *Advance Agronomy*. 71, 145–191.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123:1–22. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.032
- Lee, L., Makineci, E., Tolunay, D. & Son, Y. (2018). Estimating the effect of abandoning coppice management on carbon sequestration by oak forests in Turkey with a modeling approach. *Science of Total Environment*. 640–641:400–405.
- Lee, J., Tolunay, D., Makineci, E., Çömez, A., Son, Y. M., Kim, R. & Son, Y. (2016). Estimating the age-dependent changes in carbon stocks of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Turkey. *Annals of Forest Science*, 73(2), 523–531.
- Lima, A.M.N., Silva, I.R., Neves, J.C.L., Novais, R.F., Barros, N.F., Mendonc, E.S., Smyth, T.J., Moreira, M.S. & Leite, F.P. (2006). Soil organic carbon dynamics following afforestation of degraded pastures with eucalyptus in southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*. 235, 219–231.
- Long, H. & Liu, Y. (2016). Rural restructuring in China. *Journal of Rural Studies*, 47, 387–391.
- Lorenz, K. & Lal, R. (2017). Impacts of land take and soil sealing on soil carbon. In C. Gardi (Ed.), Urban expansion, land cover and soil ecosystem services (pp. 181–192).
- Ludwig, B., Geisseler, D., Michel, K. & et al. 2011. Effects of fertilization and soil management on crop yields and carbon stabilization in soils. *A review. Agronomy for Sustainable Development*. 31:361–372.
- Mondini, C. & Sequi, P. (2008). Implication of soil C sequestration on sustainable agriculture and environment. *Waste Management*. 28, 678–684.
- MTA. (2022). Adana Yöresi Jeoloji haritası. Maden tetkik arama genel müdürlüğü.
- Osman, M.A., Abdel-Rahman, E.M., Onono, J.O., Elhag, M.M., Olaka, L.A. & Tonnang, H.E. (2025). Integrating satellite remote sensing data and small-scale farmers' perceptions to determine land use/land cover changes and their driving factors in Gedaref state, Sudan. *Environment, Development and Sustain*. 1–27.
- Ozlu, E., Arriaga, F. J., Bilen, S., Gozukara, G. & Babur, E. (2022). Carbon Footprint Management by Agricultural Practices. *Biology*, 11(10), 1453. <https://doi.org/10.3390/biology11101453>
- Pang, X., Hu, B., Bao, W., Vargas, T. & Tian, G. (2016). Effect of thinning induced gap size on soil CO₂ efflux in a reforested spruce forest in the eastern Tibetan Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*, 220, 1–9.
- Polglase, P.J., Paul, K.I., Khanna, P.K., Nyakuengama, J.G., O'Connell, A.M., Grove, T.S. & Battaglia, M., (2000). Change in soil carbon following afforestation or reforestation. Technical Report No. 20. National Carbon Accounting System, Australian Greenhouse Office, Canberra.
- Post, W.M. & Kwon, K.C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*. 6, 317–327.
- Previtali, F., Zdruli, P., Kapur, S. & FitzPatrick, E. A. (2017). Mustafa Sarı, Yusuf Kurucu, Erhan Akça, Muhsin Eren, Selahattin Kadir, Hikmet Günal, Claudio Zucca, Ibrahim Atalay, Zülküf Kaya. The Soils of Turkey, *Springer International Publishing AG* 2018. World Soil Book Series, 231.

- Rowell, D. L. (1994). Soil science: methods and applications. Singapore: *Longman Scientific and Technical*.
- Ruiz-Sinoga, J.D., Pariente, S., Romeron-Diaz, A. & Martinez-Murillo, J.F. (2012). Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain). *Catena* 94, 17–25.
- Saatçioğlu, F. (1976). Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri (Silvikültür I) (Biological foundations and the principles of silviculture). *I.Ü. Orman Fakültesi Yayınları* 2187/222, Istanbul.
- Sarıyıldız, T. & Savacı, G. (2024) Bursa, Karacabey subasar ormanı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* vahl.) meşcerelerinin ölü örtü ve toprakta stoklanan organik karbon ve besin elementlerinin belirlenmesi, *Turkish Journal of Forest Science*, 8(2), 177-200. (in Turkish)
- Thuille, A. & Schulze, E.-D. (2006). Carbon dynamics in successional and afforested spruce stands in Thuringia and the Alps. *Global Change Biology*. 12, 325–342.
- UNECE. (2003). Forests Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, 2003. Part IIIa Sampling and Analysis of Soil and Part IIIb Soil Solution Collection and Analysis. United Nations Commission for Europe Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests.
- UNGA. (2015). Resolution 70/1. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. United Nations.
- URL-1.(2009)chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/
<https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Yayinlar/Asli%20A%C4%9Fa%C3%A7%20T%C3%BCrleri.pdf>
- Wali, M.K., Evrendilek, F., West, T., Watts, S., Pant, D., Gibbs, H. & McClead, B. (1999). Assessing terrestrial ecosystem sustainability: usefulness of regional carbon and nitrogen models. *Nature Resources* 35 (4), 20–33.
- Vance, E.D. (2000). Agricultural site productivity: Principles derived from longterm experiments and their implications for intensively managed forests. *Forest Ecology and Management*. 138:369–396. doi:10.1016/S0378-1127(00)00425-4.
- Vermez, Y., Dindaroglu, T. & Rizaoglu, T. (2018). Some petrographic, soil and vegetative characteristics of karst forest ecosystems; Kahramanmaras-Andirin Sarimsak Mountain example. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 21(1), 32–43.
- Yukse, T. & Yuksek, F. (2011). The effects of restoration on soil properties in degraded land in the semi-arid region of Turkey. *Catena* 84, 47–53.



**THE OBSERVATIONS ON THE DAMAGE OF *Cameraria ohridella*
(Lepidoptera: Gracillariidae) FEEDING ON HORSE-CHESTNUT TREES
(*Aesculus hippocastanum* L.) IN ESKİŞEHİR**

Zeynep ÇİÇEKLİ*¹, Hakan DEMİRBAĞ¹, Saliha VOYVOT²

¹Directorate of Forest Soil and Ecology Research Institute, 26160

²Directorate of Ege Forestry Research Institute, 35430

*Corresponding author: zeynepcicekli@ogm.gov.tr

Zeynep ÇİÇEKLİ: <https://orcid.org/0000-0002-5539-0435>

Hakan DEMİRBAĞ: <https://orcid.org/0000-0003-2778-6376>

Saliha VOYVOT: <https://orcid.org/0009-0002-9794-5942>

Please cite this article as: Çiçekli, Z., Demirbağ, H. & Voyvot, S. (2025). The observations on the damage of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) feeding on horse-chestnut trees (*Aesculus hippocastanum* L.) in Eskişehir. *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 89-95.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 4 Eylül 2024 / Received 4 September 2024

Düzeltilmelerin gelişi 30 Ekim 2024 / Received in revised form 30 October 2024

Kabul 3 Aralık 2024 / Accepted 3 December 2024

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ABSTRACT: This paper gives insights into the behavior of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) at a regional scale on the basis of observations conducted in Eskişehir, Türkiye, from 2023–2024. Horse-chestnut trees (*Aesculus hippocastanum* L.) were randomly selected and the mined leaves were collected to determine the extent of the damage. Among the inspected locations, the infestation was observed only on the trees in Eskişehir Forest Nursery, while others were pest free. This could be due to (1) *C. ohridella* not having had time to reach other regions, (2) the establishment of the pest being inhibited by various biological and environmental factors, and (3) the role of leaf litter in the spread of *C. ohridella* in these areas. The results emphasize the importance of removing fallen leaves as a control measure to minimize the damage caused by *C. ohridella*. To the best of our knowledge, this is the first record of *C. ohridella* in Anatolia.

Keywords: Leaf-miner moth, pest distribution, pest control, urban ecosystem, Anatolia

**ESKİŞEHİR'DE AT KESTANESİ (*Aesculus hippocastanum* L.)
AĞAÇLARINDA BESLENEN *Cameraria ohridella* (Lepidoptera:
Gracillariidae)'NİN HASARINA İLİŞKİN GÖZLEMLER**

ÖZET: Bu makale, 2023-2024 yılları arasında Eskişehir, Türkiye'de yapılan gözlemlere dayanarak *Cameraria ohridella*'nın bölgesel ölçekteki davranışına ilişkin bilgiler vermektedir. At kestanesi ağaçları (*Aesculus hippocastanum* L.) rastgele seçilmiş ve zararın boyutunu belirlemek için galerili yapraklar toplanmıştır. İncelenen yerler arasında, sadece Eskişehir

Orman Fidanlığındaki ağaçlarda istila gözlenirken diğerlerinde zararlıya rastlanmamıştır. Bunun nedeni (1) *C. ohridella*'nın diğer bölgelere henüz ulaşmamış olması, (2) zararlının yerleşmesinin çeşitli biyolojik ve çevresel faktörler tarafından engellenmesi ve (3) *C. ohridella*'nın yayılmasında yaprak döküntüsünün rolü olabilir. Sonuçlar, *C. ohridella* popülasyonlarını yönetmek ve zararı en aza indirmek için bir kontrol önlemi olarak yaprak döküntülerinin temizlenmesinin önemini vurgulamaktadır. Bilgilerimize göre, bu *C. ohridella*'nın Anadolu'daki ilk kayıdır.

Anahtar Kelimeler: Yaprak galeri güvesi, zararlı yayılışı, zararlı kontrolü, kent ekosistemi, Anadolu

INTRODUCTION

Some horse-chestnut trees (*Aesculus hippocastanum* L.), which have brown leaves and premature defoliation, draw an autumnal picture much earlier than usual. This phenomenon may be due to infestation by larvae of a tiny moth, the horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella*. *C. ohridella* is an invasive pest that was first recorded in Lake Ohrid, Macedonia, in 1985 and subsequently described as a new species (Deschka & Dimić, 1986). It has rapidly spread and become a problem throughout Europe over the past 30 years. For example, because of the damage the pest cause, Germany has ceased using horse-chestnut trees for ornamental purposes (Reinhardt et al., 2003). DNA analyses indicate that the pest originates from the Balkans (Valade et al., 2009). The pest was first recorded in Türkiye in 2004 in a recreational forest called the Belgrad Forest in Istanbul (Cebeci & Sabiha, 2007). However, to date, there is limited information on its distribution across Türkiye.

The species is host-specific and feeds mainly on *Aesculus* spp., most significantly white flowering horse-chestnuts (*Aesculus hippocastanum* L.). The pest does not target sweet chestnut (*Castanea sativa*) but has been observed in *Acer* and *Fraxinus* species (Kopačka & Zemek, 2017). However, the larvae do not complete their life cycle because of saponins that are present in the leaves of these species (Kopačka & Zemek, 2017). Saponins are the seconder metabolite products which defense the plants against insects and microorganisms by inhibiting larval development (Küçükkurt & Fidan, 2008). Once the eggs hatched, the larvae of *C. ohridella* feed between the upper and lower epidermis of the leaves. The pest can cause extensive damage by laying up to 70 eggs on horse-chestnut leaves, with multiple overlapping generations possible in a year under favorable climatic conditions (Ivinskis & Rimsaite, 2006). For instance, in mediterranean countries, the moth can have up to five generations but no more than three generations in northern countries (Gilbert et al., 2005). Larvae undergo five developmental stages and the pupae overwinter inside the fallen leaves (Krivosheina & Ozerova, 2020).

Although *C. ohridella* does not cause mortality by damaging the leaves, it damages the mechanism of photosynthesis, converting sunlight into sugar. This may affect the reproduction of horse-chestnut trees and increase their susceptibility to other disturbances (Krivosheina & Ozerova, 2020). Since horse-chestnut trees are used ornamentally in parks, gardens, and roadsides in cities, the real impact of defoliation is mostly aesthetic. Summer browning and premature leaf fall can cause public concern, as trees lose their majestic appearance and may appear to be dying.

There is no obvious solution for controlling *C. ohridella*. Control measures include chemical, biological, and cultural approaches. Chemical application is not recommended because it may harm pollinators and beneficial insects. The pest has natural enemies such as parasitoids and entomopathogens; however, their incidence is low, and they are poorly synchronized with the life cycle of the pest (Ivinskis & Rimsaite, 2006; Volter et al., 2022). Birds are more effective than arthropods but can only consume pupae inside fallen leaves at the end of the season, which is usually not enough to control the population of *C. ohridella*. While the cutting of infected trees is the definitive solution, the best short-term approach is to remove and burn fallen leaves at the end of the seasons (Pavan et al., 2003). This method kills pupae before they overwinter and emerge as adults, causing more damage following year (Pavan et al., 2003). It is affordable and feasible especially for small-scale managements. Long-term solution is to breed resistant horse-chestnut trees (Gubka et al., 2024).

The aim of the present study is to provide information about the scope of damage at the regional scale and the distribution of *C. ohridella* in Türkiye.

MATERIALS AND METHODS

This observational study was conducted in the years, 2023-2024, in Eskişehir (39° 45' 58.2948" N, 30° 31' 36.1704" E), a city located in the Central Anatolia Region of Türkiye, where horse-chestnut trees are commonly used in parks, gardens, and urban roadsides. Eskişehir has an arid climate with dry summers and cold winters at an elevation of 800 m.

To assess the presence and the extent of the damage caused by *C. ohridella*, we carried out field observations. For this reason, we visited parks, gardens, Eskişehir Forest Nursery and urban roadsides of Eskişehir to look for main symptoms of the pest; browning and mined leaves. The samples were collected from the places where the symptoms were observed, which was only in the nursery. In the nursery, one group of horse-chestnut trees was mixed with scots pine in a garden setting and others were on the roadside. From each of the two groups, ten leaves from five trees were randomly collected approximately 2m in height. The leaves were sealed in plastic bags and taken to the laboratory to obtain the adults for imaging. Since the infestation is not severe and the larvae caused individual mines, we counted the mines on the collected leaves to assess the extent of the damage.

RESULTS AND DISCUSSION

Identification of Cameraria ohridella

The inspections revealed that the damage on the leaves was caused by *C. ohridella* (Figure 1). The leaves had mines with pupae inside and some had dead larvae in the mines. The pupae were light brown in color and almost 4 mm long (Figure 1a). June, July and August generations were recorded in 2024. The adults' emergence was observed at the beginning of August. The adult was brown in color with white stripes and was approximately 4 mm long (Figure 1d). This is the first study that the invasive pest feeding on horse-chestnut trees was found inner Anatolia in Türkiye.

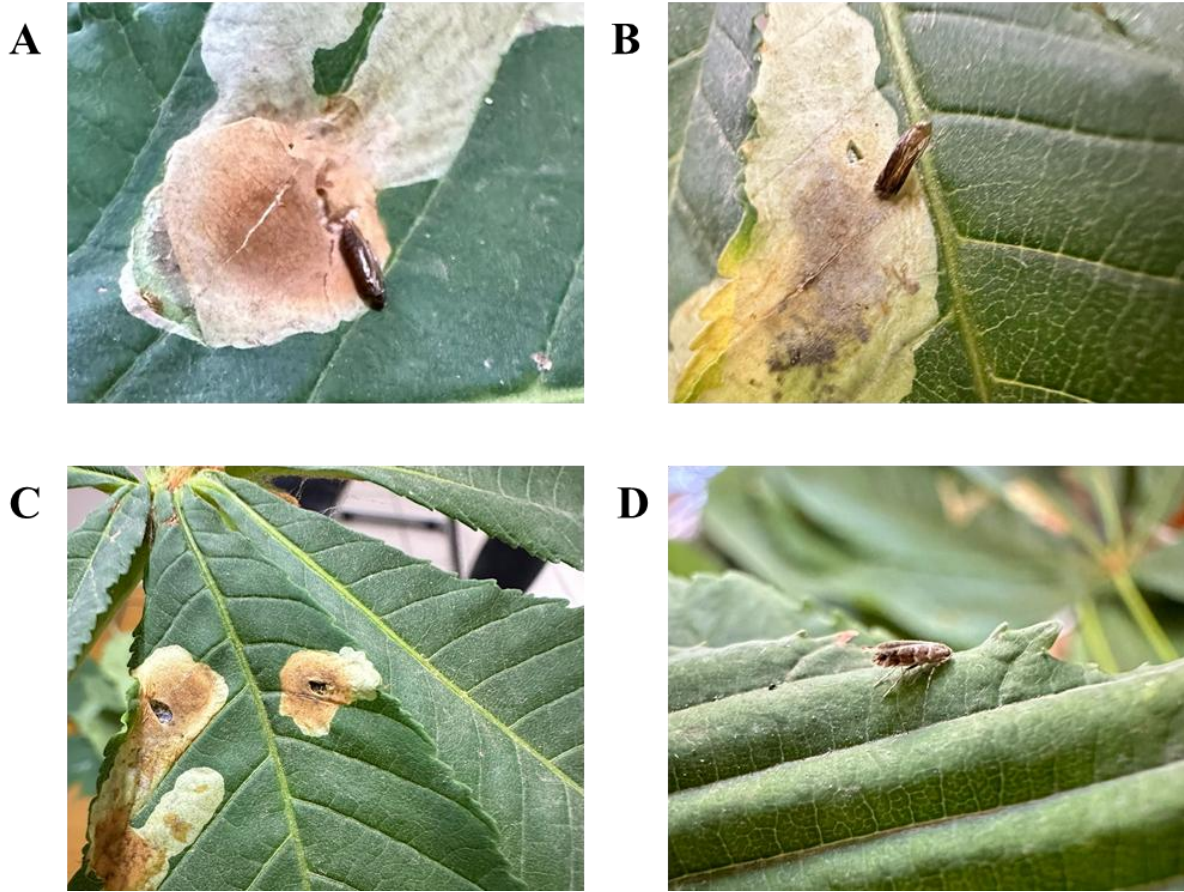


Figure 1. The pupae of *Cameraria ohridella* (A), emerging an immature adult of *Cameraria ohridella* from the mine (B), the exit holes after the adults have emerged (C), and the adult of *Cameraria ohridella* (D).

Infestations Differ Locally

The level of the damage differed by location inspected. The number of mines on the leaves of the horse-chestnut trees was higher in the nursery than other places. The damage did not occur at the whole-tree level but occurred mostly in the lower branches of the trees. This could be because *C. ohridella* has a low population density, which has not yet caused significant damage.

The trees in the garden were more infested than the trees used for roadside greenery (Figure 2). The average number of mines was almost ten times greater for the trees in the garden setting than for those used as roadside planting (Figure 2). In the garden, the horse-chestnut trees were planted close to each other and had leaf litter underneath, which was not observed for the trees used for roadside planting. The better to clean leaf litter is the better to manage the pest because leaf litter serves as a resource for the next generations of *C. ohridella*. The pupae overwinter in the leaves from the previous year, leading to increased damage in the following season. For example, research on the effectiveness of leaf removal under urban conditions revealed that the complete removal of both dead litter and pupae resulted in a significant decrease in infestation; however, the rate of the infestation increased significantly where dead litter remained (Pavan et al., 2003). Thus, complete removal of litter before adult emergence is highly recommended, marking it as the best practice (Krivosheina & Ozerova, 2020; Pavan et al., 2003).

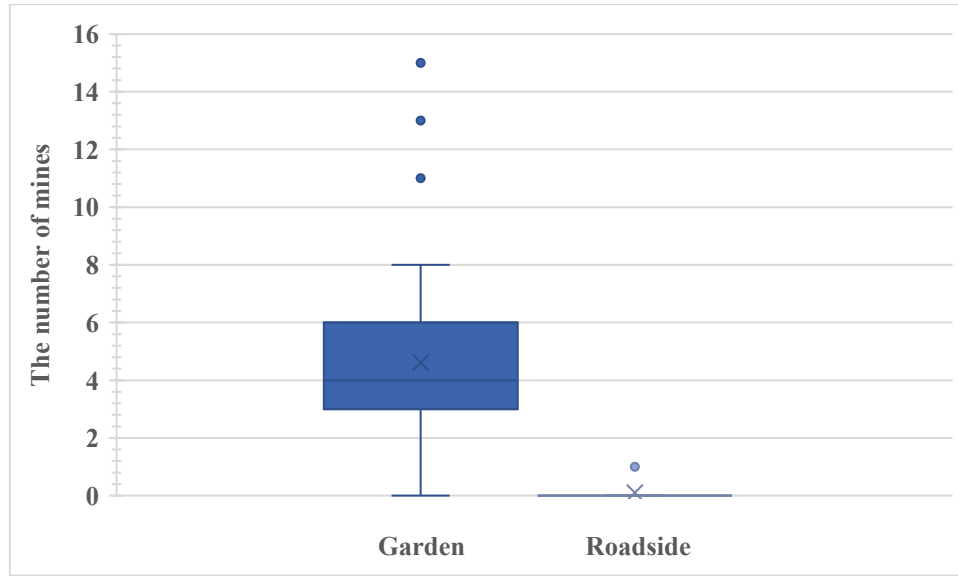


Figure 2. The number of mines caused by *Cameraria ohridella* on the leaves of horse-chestnut trees used for garden and roadside planting in the nursery.

Although some studies indicate that *C. ohridella* damage is more severe in city centers where trees are likely to be stressed but this was not the case in Eskişehir region. In gardens and parks in downtown, the trees had no mined leaves but had rusty brown blotches bordered with a clear yellow band, which is the symptoms of horse chestnut leaf blotch, a fungal disease caused by *Guignardia aesculi* (Peck) V.B. Stewart (Botryosphaerales: Botryosphaeriaceae). Although the interaction between the pest and the fungus has not yet been fully understood, *G. aesculi* could be the superior rival of *C. ohridella* (Kopačka et al., 2021). Thus, the establishment of the pest might be hindered by a variety of biological and environmental factors.

Other possible explanations for the presence of the pest only in nursery is that (1) *C. ohridella* might be initially established in the nursery and might not have had sufficient time to reach the city center and (2) having an active train rail crossing in the nursery might contribute in the spread of *C. ohridella*. It is the fact that the pest spreads by flight within cities but causes damage over large areas through passive transportation (i.e., wind, cars, and trains) (Gilbert et al., 2004). Indeed, initial observations of the pest were often made in areas such as vehicle parking lots (Augustin et al., 2009).

The horse-chestnut seedlings distributed throughout the city have been produced from the seed sources within the nursery. Given the widespread use of horse-chestnut trees in parks, gardens, and forests, the pest is expected to spread further with horse-chestnut seedlings (Krivoshchina & Ozerova, 2020). Currently, no damage caused by *C. ohridella* was observed in the horse-chestnut seedlings.

Changes in climate could also stress horse-chestnut trees, increasing their susceptibility to the pest damage and reducing their ability to recover. Rising temperatures and changing precipitation patterns may create more favorable conditions for the pest, enabling it to expand its range and increase its population density, consequently the damage. As a result, regions previously unaffected by the pest may become vulnerable, necessitating increased monitoring and management efforts to mitigate its impact on urban and natural landscapes. For example, in Lithuania, horse-chestnut leaf miners spread through 39 cities in only 4 years, and their

habitat range is expected to expand in the future (Ivinskis & Rimsaite, 2006). The climate for Eskişehir region was projected to be hotter and drier in 50 years by an approximately 2°C increase in temperature (Basciftci et al., 2021). Therefore, understanding and addressing the impacts of climate change on the distribution and behavior of *C. ohridella* is crucial for developing effective management strategies to protect horse-chestnut trees in the future.

CONCLUSION

This study provides crucial insights into the presence and damage of *Cameraria ohridella* in Eskişehir, Türkiye, marking the first record of this pest on the Anatolian side of the country. The infestation was higher in the garden settings which has more leaf litter than in roadside plantings, highlighting the role of leaf litter in sustaining *C. ohridella* populations. Effective management practices, such as the removal and burning of fallen leaves, are essential for controlling the spread and impact of this pest. Given the potential for further spread facilitated by transportation and climatic conditions, ongoing monitoring and implementation of control measures are necessary to protect horse-chestnut trees from significant aesthetic and physiological damage. This study also emphasizes the need for more extensive research on the distribution and impact of *C. ohridella* across Türkiye to develop comprehensive management strategies. Further studies should focus on (1) extending the research to other regions of Türkiye, (2) evaluating the effectiveness of different control measures under varying conditions, (3) identifying fungal associations with the pest, and (4) investigating the impact of climate change on the pest's distribution and behavior.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Prof. Dr. Oğuzhan SARIKAYA for his help in the identification of *Cameraria ohridella*.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Zeynep ÇİÇEKLİ: Conceptualization, Methodology, Data curation, Formal analysis, Writing - original draft. **Hakan DEMİRBAĞ:** Formal Analysis, Investigation, Data curation. **Saliha VOYVOT:** Supervision, Writing-review, Editing.

FUNDING

This work received no funding.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that they have no conflicts of interest.

ETHICS COMMITTEE APPROVAL

This study does not require any ethics committee approval.

REFERENCES

- Augustin, S., Guichard, S., Heitland, W., Freise, J., Svatoš, A., & Gilbert, M. (2009). Monitoring and dispersal of the invading Gracillariidae *Cameraria ohridella*. *Journal of Applied Entomology*, 133(1), 58-66. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01333.x>
- Basciftci, Z. B., Olgun, M., Yalcin, M., Korkmazer, H., Arpacioğlu, N. G. A., Aydin, D., Sezer, O., Ardic, M., Erkara, I. P., & Koyuncu, O. (2021). Long-term analysis on climate-drought-yield relationship; Eskisehir case study. *Journal of Applied Biological Sciences*, 15(1), 20-36.
- Cebeci, H. H., & Sabiha, A. (2007). The Occurrence of some Lepidopterous species on the horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) at Istanbul-Belgrad Forest in Turkey. *Acta Agriculturae Slovenica*, 89(1), 95-102.
- Deschka, G., & Dimić, N. (1986). *Cameraria ohridella* sp. N.(Lep., Lithocolletidae) from Macedonia, Yugoslavia.
- Gilbert, M., Grégoire, J.-C., Freise, J. F., & Heitland, W. (2004). Long-distance dispersal and human population density allow the prediction of invasive patterns in the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella*. *Journal of Animal Ecology*, 73(3), 459-468. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8790.2004.00820.x>
- Gilbert, M., Guichard, S., Freise, J., Grégoire, J.-C., & Heitland, W., Straw, N., Tilbury, C. and Augustin, S. (2005), Forecasting *Cameraria ohridella* invasion dynamics in recently invaded countries: from validation to prediction. *Journal of Applied Ecology*, 42: 805-813. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01074.x>
- Gubka, A., Zúbrik, M., Mertelík, J., Rell, S., Lalík, M., Nikolov, C., Dubec, M., Vakula, J., Galko, J., & Leontovyč, R. (2024). Resistance of horse chestnut tree (variety ‘Mertelík’) to Deschka & Dimić, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae). *Central European Forestry Journal*, 70(1), 27-33.
- Ivinskis, P., & Rimsaite, J. (2006). The Horse-Chestnut Leafminer (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic 1986) Lepidoptera, Gracillariidae in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*, 16, 323-327. <https://doi.org/10.1080/13921657.2006.10512749>
- Kopačka, M., & Zemek, R. (2017). Spatial variability in the level of infestation of the leaves of horse chestnut by the horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and in the number of adult moths and parasitoids emerging from leaf litter in an urban environment. *European Journal of Entomology*, 114, 42-52. <https://doi.org/10.14411/eje.2017.007>
- Kopačka, M., Nachman, G., & Zemek, R. (2021). Seasonal Changes and the Interaction between the Horse Chestnut Leaf Miner *Cameraria ohridella* and Horse Chestnut Leaf Blotch Disease Caused by *Guignardia aesculi*. *Forests*, 12(7), 952. <https://doi.org/10.3390/f12070952>
- Krivoshaina, M. G., & Ozerova, N. A. (2020). Horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella*: Invasion history and prognosis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 579(1), 012071.
- Küçük Kurt, İ., & Fidan, A. F. (2008). Saponinler ve Bazı Biyolojik Etkileri. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 89-96.
- Pavan, F., Barro, P., Bernardinelli, I., Gambon, N., & Zandigiacomo, P. (2003). Cultural control of *Cameraria ohridella* on horsechestnut in urban areas by removing fallen leaves in autumn. *Journal of Arboriculture*, 29(5), 253-258.
- Reinhardt, F., Herle, V. M., Bastiansen, F., & Streit, B. (2003). Economic impact of the spread of alien species in Germany: German Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. *Texte*, 80, 43-47.
- Valade, R., Kenis, M., Hernandez-Lopez, A., Augustin, S., Marí-Mena, N., Magnoux, E., Rougerie, R., Lakatos, F., Roques, A., & Lopez Vaamonde, C. (2009). Mitochondrial and microsatellite DNA markers reveal a Balkanic origin for the highly invasive Horse-Chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae). *Molecular ecology*, 18, 3458-3470. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04290.x>
- Volter, L., Prenerová, E., Weyda, F., & Zemek, R. (2022). Changes in the parasitism rate and parasitoid community structure of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), in the Czech Republic. *Forests*, 13(6), 885.



RESEARCH ON THE COLEOPTERA (INSECTA) FAUNA OF KAHRAMANMARAŞ PROVINCE

Elif MERCAN SADIKOĞLU*

Department of Bioengineering and Sciences, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş

*Corresponding author: elif.gomlek.80@gmail.com

Elif MERCAN SADIKOĞLU: <https://orcid.org/0000-0002-8018-0392>

Please cite this article as: Mercan Sadıkoğlu, E. (2025) Research on the Coleoptera (Insecta) fauna of Kahramanmaraş province, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 96-121.

ESER BİLGİSİ /ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 29 Kasım 2024 / Received 29 November 2024

Düzeltilmelerin gelişi 26 Şubat 2025 / Received in revised form 26 February 2025

Kabul 1 Mart 2025 / Accepted 1 March 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ABSTRACT: This study aims to contribute to the Coleoptera fauna of the central and district areas of Kahramanmaraş Province. Adult Coleoptera specimens collected between February and October of 2004 were examined within the scope of this study. The specimens were obtained by using the pitfall trap method. As a result of diagnostic studies, a total of 30 genera, 33 species, and 1 subspecies belonging to 10 families were obtained. These are; Buprestidae (1), Cerambycidae (1), Cetoniidae (5), Chrysomelidae (4), Curculionidae (2), Elateridae (5), Lucanidae (1), Scarabaeidae (9), Staphylinidae (2), and Tenebrionidae (4). The study includes collection dates, coordinates, distribution data in Turkey and worldwide, and chorotype information of the identified species.

Keywords: Coleoptera, insect fauna, Kahramanmaraş

KAHRAMANMARAŞ İLİ COLEOPTERA (INSECTA) FAUNASI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

ÖZET: Bu çalışmada Kahramanmaraş il merkezi ve ilçelerinin Coleoptera faunasına katkı sağlamak amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında 2004 yılı Şubat ve Ekim ayları arasında toplanan ergin Coleoptera örnekleri incelenmiştir. Örnekler çukur tuzak yöntemi ile elde edilmiştir. Teşhis çalışmaları sonucunda 10 familyaya ait toplam 30 cins, 33 tür ve 1 alttür elde edilmiştir. Bunlar; Buprestidae (1), Cerambycidae (1), Cetoniidae (5), Chrysomelidae (4), Curculionidae (2), Elateridae (5), Lucanidae (1), Scarabaeidae (9), Staphylinidae (2) ve Tenebrionidae (4). Çalışmada, belirlenen türlerin toplanma tarihleri, koordinat bilgileri, Türkiye ve dünya genelindeki yayılışları ile korotip bilgileri yer almaktadır.

Anahtar kelimeler: Coleoptera, böcek fauna, Kahramanmaraş

INTRODUCTION

The significant ecological importance of insects, stemming from their presence in nearly every domain, primarily arises from the numerous roles they play in association with plants and fungi. The most crucial of these roles include facilitating reproduction and decomposition, directly consuming plant and fungal tissues as well as other consumers, among others. Indeed, insects are an integral part of the food web in almost every non-marine habitat (McKenna & Farrell, 2009). The order Coleoptera has more than 400,000 known species worldwide and is classified into four suborders (Evans, 2023). Although the classification of the Coleoptera order at the family level varies, approximately 500 families and subfamilies have been identified. Coleoptera species can thrive in nearly every environment, including freshwater areas, marine, and tidal habitats. They are particularly prevalent in plant-based microhabitats such as leaves, flowers, buds, roots, stems, and bark; in galls; in the living tissues of plants; or at all stages of the decomposition of dead material (Gullan & Cranston, 2012).

The aim of this study is to contribute to the Coleoptera fauna of Kahramanmaraş province. Since Kahramanmaraş province is located in the transition zone between the Mediterranean climate and the continental climate, it has a rich diversity of fauna. Contributing to the identification of this diversity is not only important for faunistic studies but also lays the groundwork for future research.

MATERIAL AND METHOD

The material of this study consists of species belonging to the order Coleoptera. The study area includes the city center of Kahramanmaraş, its districts, and the villages associated with these districts (Figure 1). The names, elevations, and coordinates of the sampling locations are provided in Table 1.

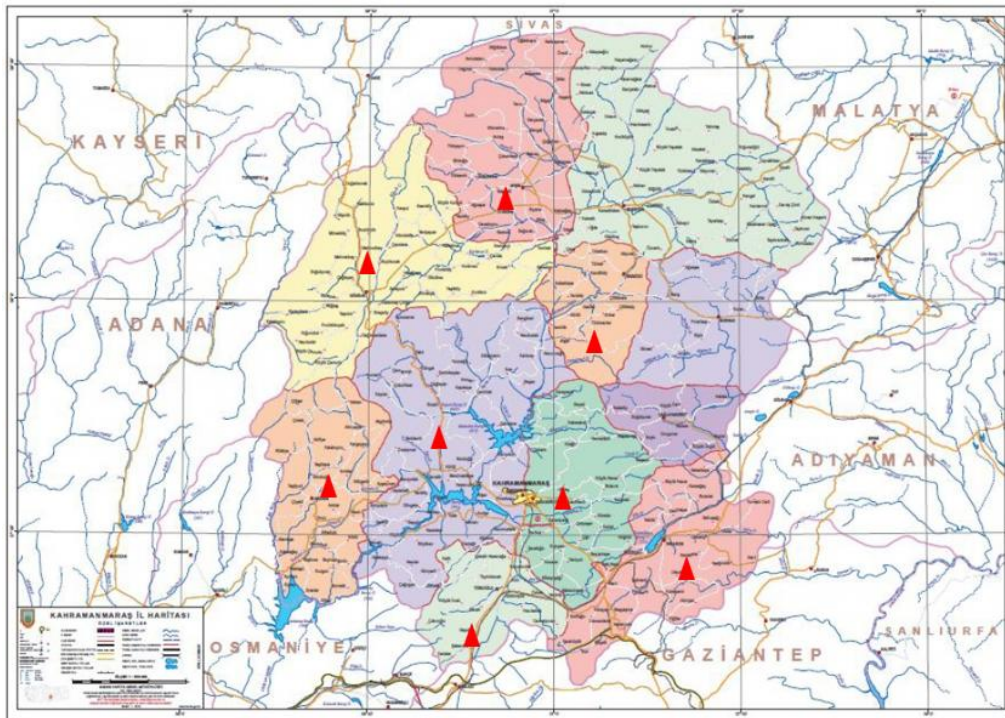


Figure 1. Sampling areas (Harita Genel Müdürlüğü, 2025).

Table 1 . Data from the sampling areas.

Province	Sampling Areas	Elevations	Coordinates
Kahramanmaraş	Onikişubat-Başkonuş	1321 m	37°34'12" N; 36°34'58" E
Kahramanmaraş	Onikişubat-Başkonuş	1312 m	37°33'54" N; 36°34'57" E
Kahramanmaraş	Onikişubat-Yavşan	1591 m	37°28'54" N; 37°16'51" E
Kahramanmaraş	Göksun-Çardak	1365 m	38°03'02" N; 36°38'34" E
Kahramanmaraş	Göksun-Kireçköy	1334 m	38°59'48" N; 36°31'10" E
Kahramanmaraş	Göksun-Gölpınar	1340 m	38°58'50" N; 36°30'07" E
Kahramanmaraş	Ekinözü-Akpınar	1380 m	38°05'32" N; 37°13'17" E
Kahramanmaraş	Pazarcık	792 m	37°28'53" N; 37°16'50" E
Kahramanmaraş	Onikişubat-Üngüt	673 m	37°36'07" N; 36°50'39" E
Kahramanmaraş	Afşin	1242 m	38°14'15" N; 36°55'20" E
Kahramanmaraş	Türkoğlu-Tigem	550 m	37°17'55" N; 36°47'59" E

The field studies were conducted between February and October 2004. The Coleopteraspecimens were collected from the field using the pitfall trap method. The traps were placed at regular intervals in the sampling areas and filled with 25% ethylene glycol. Depending on the accessibility of the area and weather conditions, the traps were checked weekly or biweekly, and the collected insects were retrieved. Additional liquid was added to containers where the fluid had decreased. The collected specimens were preserved in glass jars containing 70% ethanol, labeled with relevant information.

The Coleopteraspecimens were prepared using specialized insect pins and examined with using stereozoommicroscope for identification. To identify species-level diagnoses, the studies by Gülperçin (2006), Çağlar (2009), Şenyüz (2009), Kabalak (2010), Coşkun (2012), and Polat (2016) were utilized. In addition, the identification process was completed by comparing the samples with previously identified specimens located in the Entomology Laboratory of the Faculty of Forestry at Kahramanmaraş Sütçü İmam University. The study provides information on the locality data of the collected species, their distribution in Turkey and globally, as well as their chorotype information.

RESULTS

Family: Buprestidae

Julodis andreae Olivier, 1790

Material examined: Kahramanmaraş: Başkonuş, 1321 m, 37°34'12" N; 36°34'58" E, 25.VII.2004 (1 sample), Göksun-Çardak, 1365 m, 38°03'02" N; 36°38'34" E, 11.VII.2004 (2 sample), 06.VIII.2004 (1 sample).

Turkish records: Ankara, Kahramanmaraş, Kilis, Mersin, Niğde, Van (Obenberger, 1953, transmitting Çağlar, 2009; Bahadıroğlu et al., 2007; Çağlar, 2009; Kemal & Koçak, 2014).

Distribution: Iraq, Azerbaijan, Iran, Armenia, Türkiye, Syria(Löbl & Smetana, 2007).

Chorotype: Turan – East Mediterranean (Vigna-Taglianti et al., 1999).

Family: Cerambycidae

***Cerambyx welensii* (Küster, 1846)**

Material examined: Kahramanmaraş: Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 18.IV.2004 (1 sample), Başkonuş, 1321 m, 37°34'12" N; 36°34'58" E, 27.VII.2004 (1 sample).

Turkish records: Antalya, Adana, Muğla, Afyonkarahisar, Bursa, Balıkesir, Konya, Burdur, Denizli, Niğde, Giresun, Isparta, Adıyaman, İstanbul, Sinop, İzmir, Kahramanmaraş, Karaman, Manisa, Mersin, Osmaniye, Sakarya, Sivas (Lodos, 1998; Rejzek & Hoskovec, 1999; Tozlu et al., 2002; Özdikmen & Çağlar, 2004; Özdikmen & Demir, 2006; Turgut & Özdikmen, 2010; Özdikmen et al., 2010; Sama et al., 2012; Özbek, 2017; Abacıgil et al., 2019; Varlı et al., 2019; Balbakan et al., 2019; Özdikmen & Tezcan, 2020; Özdikmen & Koçak, 2022; Laz & Özdikmen, 2022).

Distribution: Croatia, Bosnia and Herzegovina, Crete, Spain, Bulgaria, France, Sicily, Italy, the Caucasus, Türkiye, Lebanon, Syria, Hungary, Ukraine, Malta, Greece, Romania, Iran, Serbia, Slovenia, Jordan (Turgut-Haliloğlu, 2009).

Chorotype: South Europe (Özdikmen & Turgut, 2009).

Family: Cetoniidae

***Cetonia aurata* (Linne, 1761)**

Material examined: Kahramanmaraş: Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 10.VII.2004 (2 sample), Başkonuş, 1321 m, 37°34'12" N; 36°34'58" E, 27.VII.2004 (1 sample), Göksun-Kireçköy, 1334 m, 38°59'48" N; 36°31'10" E, 19.VI.2004 (1 sample).

Turkish records: Gaziantep, Kütahya, Adana, Bartın, Karaman, Muğla, Bolu, Kahramanmaraş, Sinop (Lodos et al., 1999; Şenyüz & Şahin, 2009; Öztürk & Kalkar, 2011).

Distribution: Austria, Belarus, Estonia, Spain, Bosnia and Herzegovina, Great Britain, Denmark, Yugoslavia, Finland, Switzerland, Czech Republic, Croatia, France, Iran, Kazakhstan, Germany, Kyrgyzstan, Belgium, Latvia, Ukraine, Liechtenstein, Albania, Lithuania, Luxembourg, Macedonia, Bulgaria, Norway, Ireland, Uzbekistan, Hungary, Poland, Mongolia, Romania, Italy, Russia, Slovakia, Slovenia, Sweden, Türkiye, Greece (Löbl & Smetana 2006).

Chorotype: Asia–Europe (Carpaneto et al., 2000).

***Oxythyrea cinctella* (Schaum, 1841)**

Material examined: Kahramanmaraş: Türkoğlu-Tigem, 550 m, 37°17'55" N; 36°47'59" E, 22.IV.2004 (2 sample), Göksun-Çardak, 1365 m, 38°03'02" N; 36°38'34" E, 06.VIII.2004 (1 sample), Afşin, 1242 m, 38°14'15" N; 36°55'20" E, 09.IV.2004 (1 sample), 11.VII.2004 (1 sample).

Turkish records: Adıyaman, Erzurum, Aksaray, Balıkesir, Iğdır, Bilecik, Kayseri, Bolu, Antalya, Burdur, Sakarya, Bursa, Kastamonu, İzmir, Çanakkale, Amasya, Çorum, Denizli, Mardin, Diyarbakır, Muğla, Elazığ, Afyonkarahisar, Şanlıurfa, Erzincan, Adana, Eskişehir,

Gaziantep, Malatya, Hatay, Isparta, İstanbul, Kahramanmaraş, Ankara, Karaman, Artvin, Bingöl, Karabük, Kars, Bartın, Kırıkkale, Kırşehir, Kırklareli, Kilis, Aydın, Konya, Bitlis, Kütahya, Tunceli, Manisa, Mersin, Uşak, Muş, Tekirdağ, Nevşehir, Niğde, Osmaniye, Rize, Samsun, Van (Lodos et al., 1978; Lodos et al., 1999; Akdoğan, 2006; Şenyüz & Şahin, 2009; Coşkun, 2012; Polat et al., 2017; Laz & Avgın, 2017).

Distribution: Albania, Cyprus, Bulgaria, Georgia, Iraq, Tajikistan, Israel, Türkiye, Afghanistan, Iran, Kyrgyzstan, Jordan, Lebanon, Azerbaijan, Hungary, Macedonia, Uzbekistan, Pakistan, Kazakhstan, China, Russia, Syria, Turkmenistan, Armenia, Yugoslavia, Greece (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Turan – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

***Protaetia (Netocia) vidua* (Gory & Percheron, 1833)**

Material examined: Kahramanmaraş: Göksun-Kireçköy, 1334 m, 38°59'48" N; 36°31'10" E, 13.IX.2004 (1 sample).

Turkish records: Denizli, İzmir, Çanakkale, Osmaniye, Eskişehir, Isparta, Kahramanmaraş, Balıkesir, Erzurum, Kırklareli, Iğdır, Kütahya, Bingöl, Muş, Burdur, Tunceli (Rozner & Rozner, 2009; Özgen et al., 2014; Polat et al., 2017; Mercan et al., 2024).

Distribution: Azerbaijan, Türkiye, Armenia, Israel, Romania, Lebanon, Syria, Macedonia, Iran, Egypt, Bulgaria, Jordan, Georgia, Greece (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: East Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

***Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761)**

Material examined: Kahramanmaraş: Ekinözü-Akpınar, 1380 m, 38°05'32" N; 37°13'17" E, 11.VII.2004 (1 sample), Ekinözü-Akpınar, 1380 m, 38°05'32" N; 37°13'17" E, 12.IX.2004 (1 sample), Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 21.IV.2004 (1 sample), Türkoğlu-Tigem, 550 m, 37°17'55" N; 36°47'59" E, 31.VI.2004 (1 sample).

Turkish records: Afyonkarahisar, Kırıkkale, Antalya, Osmaniye, Bilecik, Muğla, Burdur, Çanakkale, Kırşehir, Çankırı, Kütahya, Çorum, Kilis, Denizli, Edirne, Gaziantep, Hatay, Tekirdağ, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Sakarya, Karaman, Adana, Karabük, Balıkesir, Kastamonu, Ankara, Kayseri, Bolu, Kırklareli, Aydın, Konya, Manisa, Bursa, Mersin, Niğde, Uşak (Lodos et al., 1978; Lodos et al., 1999; Şenyüz & Şahin, 2009).

Distribution: Austria, Spain, Belarus, Malta, Bosnia and Herzegovina, Slovakia, Estonia, Hungary, France, Poland, Georgia, Belgium, Croatia, Switzerland, Romania, Italy, Albania, Kazakhstan, Ukraine, Latvia, Germany, Lithuania, Russia, Luxembourg, Andorra, Macedonia, Portugal, Slovenia, Bulgaria, Türkiye, Czech Republic, Yugoslavia, Greece (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Europe-Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

***Valgus hemipterus* (Linnaeus, 1758)**

Material examined: Kahramanmaraş: Göksun-Çardak, 1365 m, 38°03'02" N; 36°38'34" E, 13.IX.2004 (1 sample), Türkoğlu-Tigem, 550 m, 37°17'55" N; 36°47'59" E, 01.VI.2004 (1 sample).

Turkish records: İzmir, Edirne, Bilecik, Nevşehir, Erzurum, İstanbul, Kırklareli, Manisa, Burdur, Muğla, Isparta, Ordu, Çanakkale, Sakarya, Kahramanmaraş, Tekirdağ (Lodos et al., 1978; Bahadıroğlu et al., 2007; Rozner & Rozner, 2009; Polat et al., 2017).

Distribution: Finland, Austria, France, Georgia, Portugal, Belarus, Slovakia, Belgium, Lithuania, Algeria, Sicily, Czech Republic, Cyprus, Denmark, Türkiye, Armenia, Russia, Ukraine, Morocco, Crete, Croatia, Slovenia, Germany, England, Albania, Italy, Kyrgyzstan, Romania, Corsica, Latvia, Bosnia and Herzegovina, Luxembourg, Hungary, Macedonia, Estonia, Uzbekistan, China, Poland, Sardinia, Spain, Netherlands, Sweden, Kazakhstan, Switzerland, Tajikistan, Bulgaria, Tunisia, Iran, Yugoslavia (Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Europe-Mediterranean-Turan (Carpaneto et al., 2000).

Family: Chrysomelidae

***Chrysolina herbacea* (Duftschmid, 1825)**

Material examined: Kahramanmaraş: Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 05.IX.2004 (1 sample).

Turkish records: Antalya, Erzurum, Kastamonu, Sinop, Bilecik, Kırşehir, Mersin, Bursa, Denizli, Samsun, Diyarbakır, Muş, Düzce, Edirne, Aksaray, Eskişehir, Nevşehir, Erzincan, İstanbul, Trabzon, İzmir, Yozgat, Isparta, Kahramanmaraş, Kırklareli, Bolu, Kayseri, Tokat, Bartın, Kocaeli, Çanakkale, Konya, Manisa, Niğde, Ordu, Kars, Artvin, Osmaniye, Sivas, Zonguldak (Aslan & Özbek, 1999; Çam & Atay, 2004; Özdikmen, 2011 ; Ekiz et al., 2013; Özdikmen et al., 2021).

Distribution: Kazakhstan, Central Asia, Anatolia, Western Siberia, the Caucasus, Northern Iran, Northern India, along with the European countries located between the 55th parallels (Gruev & Tomov, 1998; Gruev & Tomov, 2007).

Chorotype: Turan – Mediterranean (Arslan, 2008).

***Chrysolina orientalis* (Olivier, 1807)**

Material examined: Kahramanmaraş: Türkoğlu-Tigem, 550 m, 37°17'55" N; 36°47'59" E, 31.VI.2004 (1 sample), Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 21.IV.2004 (1 sample).

Turkish records: Afyonkarahisar, Kastamonu, Bilecik, Sivas, Yozgat, Çankırı, Aydın, Diyarbakır, Samsun, Elazığ, Konya, Eskişehir, Niğde, Erzurum, Hatay, Tokat, Ankara, Isparta, İstanbul, İzmir, Kahramanmaraş, Karabük, Kayseri, Adana, Kütahya, Mersin, Amasya, Nevşehir, Ordu, Bursa, Osmaniye, Siirt, Sinop, Bolu, Van, Zonguldak (Atay & Çam, 2006; Özdikmen & Aslan, 2009; Özdikmen, 2011; Ekiz et al., 2013; Bal et al., 2018; Aslan et al., 2020; Özdikmen & Coral- Şahin, 2021).

Distribution: Israel, Lebanon, Türkiye, Greece (Borowiec, 2006).

Chorotype: Mediterranean (Arslan, 2008).

***Clytra laeviuscula* Ratzeburg, 1837**

Material examined: Kahramanmaraş: Göksun-Çardak, 1365 m, 38°03'02" N; 36°38'34" E, 11.VII.2004 (1 sample), 13.IX.2004 (1 sample), Pazarcık, 792 m, 37°28'53" N; 37°16'50" E, 11.VIII.2004 (1 sample).

Turkish records: Konya, Ankara, Denizli, Erzurum, Kahramanmaraş, Afyonkarahisar, Karabük, Erzincan, Kastamonu, Isparta, Kayseri, İzmir, Çankırı, Sakarya (Aslan & Özbek, 1999; Gök, 2003; Özdikmen et al., 2010; Özdikmen, 2011; Ekiz et al., 2013; Özdikmen & Mercan, 2014).

Distribution: Germany, Slovenia, Portugal, Azerbaijan, Moldova, Western Siberia, Italy, Belgium, Bulgaria, Russia, Tajikistan, Czech Republic, Armenia, Croatia, England, Spain, Ukraine, France, Slovakia, Montenegro, Türkiye, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Hungary, Afghanistan, Macedonia, Austria, Poland, Romania, Central and Northern European parts of Russia, Xinjiang, Albania, Serbia, Greece (Özdikmen & Mercan, 2014).

Chorotype: Central Asia - Europe (Özdikmen & Mercan, 2014).

***Oulema melanopus* Linnaeus, 1758**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan, 1591 m, 37°28'54" N; 37°16'51" E, 31.III.2004 (2 sample).

Turkish records: Kütahya, Adana, Erzurum, Osmaniye, Kahramanmaraş, Afyonkarahisar, Manisa, Kars, Aydın, Eskişehir, Kırıkkale, Antalya, Gaziantep, Ardahan, Ankara, Çanakkale, İzmir, Kırklareli, Çankırı, Çorum, Diyarbakır, Erzincan, Hatay, Iğdır, İçel, Karabük, Karaman, Aksaray, Siirt, Kayseri, Kastamonu, Edirne, Konya, Muğla, Samsun, Tekirdağ (Özdikmen & Turgut, 2008; Maican & Serafim, 2009; Özdikmen, 2011; Özdikmen et al., 2012; Ekiz et al., 2013; Özdikmen & Özbek, 2014; Bal et al., 2018, Coral-Şahin, 2020).

Distribution: Germany, Cyprus, Russia, Azerbaijan, Western Siberia, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Kyrgyzstan, Norway, Bulgaria, Mongolia, China, Denmark, Israel, Slovakia, Eastern Siberia, Luxembourg, Hungary, Estonia, Armenia, Morocco, Afghanistan, Switzerland, Malta, Belarus, Finland, France, Georgia, Netherlands, England, Iraq, Austria, Iran, Sweden, Italy, Albania, Ireland, Moldova, Canary Islands, Liechtenstein, Lithuania, Algeria, Slovenia, Macedonia, Poland, Portugal, Croatia, Romania, Serbia, Tajikistan, Türkiye, Jordan, Ukraine, Greece (Özdikmen & Turgut, 2008; Maican & Serafim, 2009; Özdikmen & Özbek, 2014).

Chorotype: Holarctic (Özdikmen & Özbek, 2014).

Family: Curculionidae

***Coniocleonus nigrosuturatus* (Goeze, 1777)**

Material examined: Kahramanmaraş: Pazarcık, 792 m, 37°28'53" N; 37°16'50" E, 01.VIII.2004 (1 sample), Ekinözü-Akpınar, 1380 m, 38°05'32" N; 37°13'17" E, 12.IX.2004 (1 sample).

Turkish records: Mersin, Gaziantep, Konya, Adana, Aydın, Niğde, Çorum, Hatay, Diyarbakır, Kahramanmaraş, Ankara, Nevşehir, Antalya, İzmir, Sinop (Lodos et al., 2003; Pehlivan et al., 2005; Erbey, 2010; Bolu, 2016).

Distribution: Belgium, Moldova, Ukraine, Bulgaria, Czech Republic, Uzbekistan, France, Italy, Poland, Crimea, Türkiye, Croatia, India, Spain, the Caucasus and Transcaucasia, Cyprus, Morocco, Austria, Hungary, Egypt, Portugal, the southern part of European Russia, Turkmenistan, Greece (Ghahari et al., 2010; Erbey, 2010).

Chorotype: Palearctic (Vigna-Taglianti et al., 1999).

***Larinus rudicollis* Petri, 1907**

Material examined: Kahramanmaraş: Göksun-Gölpınar, 1340 m, 38°58'50" N; 36°30'07" E, 12.IX.2004 (1 sample), 02.VI.2004 (1 sample), Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 27.II.2004 (1 sample).

Turkish records: Adıyaman, Muş, İçel, Antalya, Bingöl, Bitlis, Osmaniye, Van, Erzincan, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Adana, Bayburt, Kilis, Elazığ, Malatya (Lodos et al., 2003; Pehlivan et al., 2005; Gültekin, 2008; Bolu, 2016).

Distribution: Bulgaria, Algeria, Palestine, Iran, Spain, the Caucasus, Kazakhstan, North Africa, Libya, Lebanon, the Middle East, Siberia, Syria, Türkiye, Jordan, Greece (Ghahari et al., 2010; Talamelli, 2014; Ghahari & Legalov, 2015; Szenası et al., 2019).

Chorotype: Palearctic (Vigna-Taglianti et al., 1999).

Family: Elateridae

***Calais parreyssi* (Steven, 1830)**

Material Examined: Kahramanmaraş: Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 11.VII.2004 (1 sample).

Turkish records: Adana, Antalya, Balıkesir, Bursa, Isparta, İçel, İzmir, Karaman, Kahramanmaraş, Sinop (Guglielmi & Platia, 1985; Lodos, 1998; Gülperçin, 2006; Kesdek et al., 2006; Gülperçin & Tezcan, 2009; Çağlar, 2009; Gömlek, 2018; Akçay & Yalçın, 2019).

Distribution: Cyprus, Syria, Türkiye, Ukraine, Greece (Preiss & Platia, 2003).

Chorotype: Europe-Mediterranean (Vigna-Taglianti et al., 1999).

***Cardiophorus impressiventris* Schwarz, 1900**

Material examined: Kahramanmaraş: Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 21.IV.2004 (1 sample).

Turkish records: Kahramanmaraş, Osmaniye, Kayseri, Adana, Antalya, Karaman, Mersin, Niğde, Gaziantep (Platia & Gudenzi, 2002; Kabalak & Sert, 2011; Gülperçin et al., 2018).

Distribution: Türkiye, İran (Cate, 2007; Mertlik & Platia, 2008; Platia & Ghahari, 2016).

Chorotype: East Mediterranean-Southwest Asiatic (Vigna-Taglianti et al., 1999).

***Cardiophorus megathorax* Faldermann, 1835**

Material examined: Kahramanmaraş: Göksun-Çardak, 1365 m, 38°03'02" N; 36°38'34" E, 06.VIII.2004 (2 sample), Türkoğlu-Tigem, 550 m, 37°17'55" N; 36°47'59" E, 22.IV.2004 (1 sample), Türkoğlu-Tigem, 550 m, 37°17'55" N; 36°47'59" E, 27.VI.2004 (1 sample).

Turkish records: Kayseri, Adıyaman, Nevşehir, Artvin, Balıkesir, Konya, Erzurum, Çorum, Denizli, Eskişehir, Hatay, Karaman, Erzincan, Şanlıurfa, Aksaray, Sivas, Muğla, Gaziantep, Bilecik, Antalya, Kahramanmaraş, Uşak, Yozgat (Platia & Gudenzi, 2002; Kesdek et al., 2006; Gülperçin & Tezcan, 2009; Kabalak, 2010; Gülperçin et al., 2018).

Distribution: Georgia, Türkiye, Azerbaijan, Israel, Jordan, Armenia, Syria, İran, Lebanon, Samos Island (Greece)(Cate, 2007; Mertlik & Platia, 2008).

Chorotype: West Europe – Middle East (Sert & Kabalak, 2011).

***Drasterius bimaculatus* (Rossi, 1790)**

Material examined: Kahramanmaraş: Göksun-Kireçköy, 1334 m, 38°59'48" N; 36°31'10" E, 11.VII.2004 (1 sample), Afşin, 1242 m, 38°14'15" N; 36°55'20" E, 18.VI.2004 (1 sample).

Turkish records: Adıyaman, Malatya, Sivas, Trabzon, Amasya, Balıkesir, Mardin, Iğdır, Niğde, Bartın, Kırıkkale, Şanlıurfa, Uşak, Burdur, Diyarbakır, Yozgat, Eskişehir, Ankara, Kilis, Erzurum, Gaziantep, Hatay, Isparta, İzmir, Adana, Samsun, Edirne, İstanbul, Kahramanmaraş, Bursa, Antalya, Karaman, Düzce, Kastamonu, Kırklareli, Aydın, Sakarya, Kırşehir, Manisa, Mersin, Çankırı, Bolu, Muğla, Nevşehir, Yalova, Artvin, Kayseri, Zonguldak (Guglielmi & Platia, 1985; Kesdek et al., 2006; Gülperçin & Tezcan, 2009; Çağlar, 2009; Gülperçin & Tezcan, 2010; Kabalak, 2010; Dikmen & Özuluğ, 2018; Gülperçin & Tezcan, 2022).

Distribution: Germany, Libya, Poland, Albania, Slovenia, Tunisia, Austria, Belgium, Israel, Egypt, Ukraine, Kazakhstan, Malta, Cyprus, Spain, Bosnia and Herzegovina, France, Algeria, Moldova, Armenia, Jordan, Morocco, Türkiye, Georgia, İran, Switzerland, Afghanistan, Romania, Czech Republic, Italy, Syria, Canary Islands (Lanzarote), Kyrgyzstan, Hungary, Azerbaijan, Croatia, Macedonia, Bulgaria, Uzbekistan, Portugal, Iraq, Russia (Central European Region, Southern European Region), Slovakia, Turkmenistan, Yugoslavia (Montenegro, Kosovo, Serbia), Greece (Cate, 2007, transmitting Kabalak, 2010; Mertlik & Platia, 2008).

Chorotype: West Palearctic – Central Asia (Sert & Kabalak, 2011).

***Melanotus fusciceps* Gyllenhal, 1817**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan, 1591 m, 37°28'54" N; 37°16'51" E, 20.VIII.2004 (1 sample), Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 05.IV.2004 (1 sample).

Turkish records: Adıyaman, Kütahya, Artvin, Elazığ, Gaziantep, Mersin, Çanakkale, Osmaniye, Malatya, Çankırı, Diyarbakır, Erzincan, Sivas, Tokat, Erzurum, Isparta, Eskişehir, Antalya, Hatay, İzmir, Kahramanmaraş, Kayseri, Adana, Yalova, Mardin, Muğla, Muş, Niğde, Ankara, Uşak, Şanlıurfa, Denizli, İzmit, Aydın, Kars, Yozgat (Guglielmi & Platia, 1985; Kesdek et al., 2006; Gülperçin, 2006; Gülperçin & Tezcan, 2009; Kabalak, 2010; Gülperçin & Tezcan, 2012; Kabalak & Sert, 2013).

Distribution: Cyprus, Macedonia, Türkiye, Lebanon, Azerbaijan, Georgia, Croatia, Iraq, Ukraine, Israel, Kazakhstan, Moldova, Azores, Romania, Armenia, Russia, Bulgaria, Iran, Syria (Pedroni & Platia, 2010).

Chorotype: Turan – Europe – Mediterranean (Pedroni & Platia, 2010).

Family: Lucanidae

***Dorcus parallelipedus* (Linnaeus, 1785)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan, 1591 m, 37°28'54" N; 37°16'51" E, 31.III.2004 (1 sample), Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 10.VII.2004 (1 sample), Başkonuş, 1321 m, 37°34'12" N; 36°34'58" E, 14.V.2004 (1 sample).

Turkish records: Konya, Mersin, Adana, Hatay, Rize, Manisa, Antalya, Artvin, Mardin, Bingöl, Muğla, Samsun, Bolu, İstanbul, Burdur, Giresun, Hakkari, Isparta, Kahramanmaraş, Trabzon (Sabatinelli, 1977; Lodos, 1995; Tezcan & Pehlivan, 2001; Akıncı, 2004; Jansson & Coşkun, 2008; Rozner & Rozner, 2009; Gürkan, 2011; Bartolozzi et al., 2016; Gömlek, 2018; Polat & Yıldırım, 2019).

Distribution: Albania, Italy, Corsica, Morocco, Macedonia, Liechtenstein, Romania, Azerbaijan, Georgia, Austria, Luxembourg, Belarus, Lithuania, Syria, Belgium, Great Britain, Türkiye, Denmark, Estonia, France, Slovakia, Poland, Croatia, Iran, Sweden, Bulgaria, Portugal, Switzerland, Germany, Czech Republic, Israel, Kazakhstan, Latvia, Hungary, Spain, Russia (Western Siberia), Russia (Central European Territories, Northern European Territories, Southern European Territories), Slovenia, Ukraine (Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Europe – Asia (Vigna-Taglianti et al., 1999).

Family: Scarabaeidae

***Anoxia orientalis* (Krynicky, 1832)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan, 1591 m, 37°28'54" N; 37°16'51" E, 20.VIII.2004 (1 sample), Ekinözü-Akpınar, 1380 m, 38°05'32" N; 37°13'17" E, 09.IV.2004 (1 sample).

Turkish records: Samsun, Hatay, Adıyaman, Erzincan, Antalya, Bursa, Kocaeli, Gaziantep, İzmit, Çorum, Sinop, Kahramanmaraş, Sakarya, Adana, Kayseri, Osmaniye, Kütahya, Mersin, Bayburt, Ankara, Niğde, Kastamonu, Trakya (Lodos, 1995; Ulusoy et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Rezaei, 2015; Polat et al., 2018).

Distribution: Azerbaijan, Russia, Bosnia and Herzegovina, Slovenia, Armenia, Switzerland, France, Türkiye, Georgia, Romania, Croatia, Italy, Macedonia, Albania, Israel, Cyprus, Austria, Lebanon, Bulgaria, Hungary, Syria, Iran, Turkmenistan, Greece, Yugoslavia (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Europe – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

***Copris hispanus cavolinii* (Petagna, 1792)**

Material examined: Kahramanmaraş: Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 29.VI.2004 (2 sample).

Turkish records: Gaziantep, Osmaniye, Adana, Kayseri, Mersin, İzmir, Adıyaman, Kırıkkale, Ankara, Kırşehir, Antalya, Uşak, Bitlis, Niğde, Bursa, Çorum, Diyarbakır, Eskişehir, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Afyonkarahisar, Kastamonu, Muğla, Sivas, Van (Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner., 2009; Coşkun, 2012; Şenyüz et al., 2016).

Distribution: Russia, Italy, Mediterranean Islands, Egypt, Spain, Pakistan, Morocco, France, Tunisia, Libya, Afghanistan, Iran, Cyprus, Portugal, Algeria, Türkiye (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Asia – Europe (Carpaneto et al., 2000).

***Gymnopleurus geoffroyi* (Fuessly, 1775)**

Material examined: Kahramanmaraş: Göksun-Kireçköy, 1334 m, 38°59'48" N; 36°31'10" E, 19.VI.2004 (2 sample), Afşin, 1242 m, 38°14'15" N; 36°55'20" E, 11.V.2004 (1 sample), Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 11.VII.2004 (1 sample).

Turkish records: İzmir, Giresun, Hatay, Eskişehir, Adıyaman, Uşak, Kahramanmaraş, Afyonkarahisar, Ordu, Bursa, Kayseri, Sinop, Amasya, Çanakkale, Tokat, Ankara, Muğla, Siirt, Isparta, Kırşehir, Mersin, Antalya, Kocaeli, Balıkesir, Kastamonu, Bilecik, Hakkari, Bitlis, Kütahya, Bolu, Adana, Çorum, Denizli, Gaziantep, Karabük, Manisa, Edirne, Osmaniye, Tekirdağ, Van, Diyarbakır, Kırklareli, Burdur, Zonguldak (Kırgız, 1982; Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011; Coşkun, 2012; Şahiner, 2013; Şenyüz et al., 2013; Gülmez et al., 2019).

Distribution: Albania, Italy, Poland, Cyprus, Egypt, Ukraine, Austria, Kuwait, Macedonia, Russia, Switzerland, Slovakia, Bosnia and Herzegovina, Armenia, Montenegro, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, France, Israel, Hungary, Germany, Moldova, Romania, Serbia, Türkiye, Algeria, Greece (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Europe – Mediterranean (Vigna-Taglianti et al., 1999).

***Onthophagus illyricus* (Scopoli, 1763)**

Material examined: Kahramanmaraş: Göksun-Çardak, 1365 m, 38°03'02" N; 36°38'34" E, 11.VII.2004 (1 sample), Afşin, 1242 m, 38°14'15" N; 36°55'20" E, 18.VI.2004 (1 sample), Yavşan, 1591 m, 37°28'54" N; 37°16'51" E, 07.VII.2004 (2 sample).

Turkish records: Antalya, Osmaniye, Kütahya, Bartın, Kırşehir, Hakkari, Niğde, Isparta, Kahramanmaraş, Aydın, Konya, Eskişehir, Manisa, Gaziantep, Muğla, Adana, Uşak, Kayseri, Çanakkale, Hatay, Kastamonu, Mersin, Karaman, Zonguldak (Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011; Şenyüz & Şahin, 2013; Küçükçaykırı et al., 2013; Atas, 2019).

Distribution: Germany, Italy, Moldova, Romania, Austria, Slovakia, Ukraine, Portugal, Belarus, Slovenia, Luxembourg, Poland, Montenegro, Switzerland, Bosnia and Herzegovina, Syria, Macedonia, Lebanon, Israel, Serbia, Czech Republic, Armenia, Iraq, Afghanistan, Georgia, Croatia, Iran, France, Sweden, Kazakhstan, Albania, Cyprus, Azores, Hungary, Belgium, Russia, Türkiye, Spain, Greece (Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Turan – Europe (Carpaneto et al., 2000).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) opacicollis* Reitter, 1893**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan, 1591 m, 37°28'54" N; 37°16'51" E, 31.III.2004 (1 sample), Pazarcık, 792 m, 37°28'53" N; 37°16'50" E, 11.VIII.2004 (1 sample), Göksun-Gölpınar, 1340 m, 38°58'50" N; 36°30'07" E, 18.VI.2004 (2 sample).

Turkish records: Antalya, Eskişehir, Hatay, Kütahya, Ordu, Manisa, Balıkesir, Niğde, Bolu, Çanakkale, Gaziantep, Samsun, Kahramanmaraş, Adana, Mersin, Tokat (Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013; Sullivan et al., 2016; Atas, 2019).

Distribution: Algeria, Macedonia, Tunisia, Italy, Bulgaria, Cyprus, Morocco, Israel, Syria, Türkiye, France, Croatia, Spain, Slovakia, Switzerland, Hungary, Albania, Portugal, Bosnia and Herzegovina, Greece (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Mediterrenian (Carpaneto et al., 2000).

***Oryctes nasicornis* (Linnaeus, 1758)**

Material examined: Kahramanmaraş: Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 18.IV.2004 (1 sample).

Turkish records: Ağrı, Kars, Isparta, Konya, Siirt, Mersin, Bilecik, Sakarya, Çorum, Samsun, Erzurum, Kahramanmaraş, Denizli, Adana, İzmir, Manisa, Ordu, Erzincan, Artvin, Hatay, Trabzon (Lodos et al., 1999; Öztürk & Kalkar, 2011; Atay et al., 2012; Şenyüz et al., 2013; Özgen et al., 2014; Göktürk & Mihli, 2015; Polat et al., 2018).

Distribution: Cyprus, Bulgaria, Syria, Croatia, Greece, Egypt, Slovenia, Israel, Macedonia, Romania, Bosnia and Herzegovina, Türkiye, Lebanon, Albania, Yugoslavia (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Mediterranean – Europe (Carpaneto et al., 2000).

***Phyllognathus excavatus* (Forster, 1771)**

Material examined: Kahramanmaraş: Pazarcık, 792 m, 37°28'53" N; 37°16'50" E, 26.VI.2004 (1 sample), Yavşan, 1591 m, 37°28'54" N; 37°16'51" E, 31.III.2004 (2 sample).

Turkish records: Elazığ, Niğde, Ağrı, Osmaniye, Muğla, Erzurum, İzmir, Antalya, Kahramanmaraş, Mersin, Isparta, Adana (Ulusoy et al., 1999; Demirözer & Karaca, 2011; Gömlek, 2018).

Distribution: Italy, Malta, Portugal, Lebanon, United Arab Emirates, Yemen, Macedonia, Jordan, Algeria, Cyprus, Egypt, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, France, Ukraine, Türkiye, Morocco, Turkmenistan, Libya, Croatia, Saudi Arabia, Iran, Kazakhstan, Oman, Iraq, Russia, Israel, Albania, Canary Islands, Kuwait, Tunisia, Spain, Greece (Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Turan – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

***Polyphylla olivieri* (Castelnau, 1840)**

Material Examined: Kahramanmaraş: Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 29.VI.2004 (1 sample).

Turkish records: Bursa, Antalya, Samsun, Kahramanmaraş, Bolu, Isparta, Ankara, Niğde, Bitlis, Kütahya, İstanbul, Van (Sabatinelli, 1977; Rey, 1999; Lodos et al., 1999; Karaca et al., 2006; Akdoğan, 2006; Coşkun, 2012; Rezaei, 2015).

Distribution: Iran, Transcaucasia, Türkiye, Near East, Greece (Bunalski et al., 2014).

Chorotype: Turan – Mediterranean (Vigna-Taglianti et al., 1999).

***Scarabaeus (Scarabaeus) pius* (Illiger, 1803)**

Material examined: Kahramanmaraş: Afşin, 1242 m, 38°14'15" N; 36°55'20" E, 11.VII.2004 (1 sample), Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 11.VII.2004 (1 sample), Pazarcık, 792 m, 37°28'53" N; 37°16'50" E, 26.VI.2004 (3 sample), 01.VIII.2004 (1 sample), Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 29.VI.2004 (2 sample).

Turkish records: İzmir, Muğla, Diyarbakır, Kayseri, Ankara, Manisa, Kırklareli, Mersin, Siirt, Niğde, Antalya, Bilecik, Tokat, Çanakkale, Kahramanmaraş, Bursa, Konya, Denizli, Adıyaman, Kırşehir, Eskişehir, Bolu, Pamukkale, Kütahya, Şanlıurfa, Çorum, Van (Pehlivan, 1988; Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Özgen et al., 2014).

Distribution: Greece, Italy, Albania, Cyprus, Georgia, Tajikistan, Hungary, Croatia, Azerbaijan, Jordan, Kazakhstan, Uzbekistan, Bulgaria, Türkiye, Russia, France, Lebanon,

Spain, Afghanistan, Israel, Austria, Macedonia, Romania, Iran, Syria, Turkmenistan, Yugoslavia (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: East Mediterranean(Carpaneto et al., 2000).

Family: Staphylinidae

***Ocypus olens* (O. Müller, 1764)**

Material examined: Kahramanmaraş: Pazarcık, 792 m, 37°28'53" N; 37°16'50" E, 01.VIII.2004 (2 sample), Ekinözü-Akpınar, 1380 m, 38°05'32" N; 37°13'17" E, 12.IX.2004 (2 sample).

Turkish records: Gaziantep, İzmir, Kahramanmaraş, Manisa, Mersin, Muğla (Anlaş, 2009; Özgen et al., 2017; Gömlek, 2018; Örgel & Tezcan, 2020).

Distribution: Europe, North Africa: Algeria, Canary Islands, Morocco, Tunisia, Nearctic Region (Stan, 2010).

Chorotype: Europe – Mediterranean (Zanetti & Tagliapietra, 2005).

***Philonthus intermedius* (Lacordaire, 1835)**

Material Examined: Kahramanmaraş: Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 21.IV.2004 (1 sample).

Turkish records: Malatya, Kocaeli, Denizli, Mersin, Kayseri, Afyonkarahisar, Konya, Mardin, Ankara, Gümüşhane, Nevşehir, Muş, Antalya, Kırıkkale, Sivas, Balıkesir, Elazığ, Eskişehir, Kahramanmaraş, Kırşehir, Adıyaman, Erzincan, Kütahya, Aksaray, Manisa, Muğla, Bilecik, İzmir, Uşak (Öncüler, 1991; Anlaş, 2009; Anlaş & Rose, 2009; Özgen & Anlaş, 2010; Abacıgil et al., 2013; Anlaş et al., 2014; Özgen et al., 2015; Çiftçi & Hasbenli, 2016; Fırat & Sert, 2016; Tanyeri et al., 2017; Sert et al., 2024).

Distribution: Azerbaijan, Europe, Algeria, Morocco, Georgia, Iran, Iraq, Lebanon, Russia, Tunisia, Türkiye (Herman, 2001).

Chorotype: Turan – Europe – Mediterranean (Zanetti & Tagliapietra, 2005).

Family: Tenebrionidae

***Blaps lethifera* Marsham, 1802**

Material examined: Kahramanmaraş: Merkez-Üngüt, 673 m, 37°36'07" N; 36°50'39" E, 05.IV.2004 (1 sample), Afşin, 1242 m, 38°14'15" N; 36°55'20" E, 11.VII.2004 (1 sample).

Turkish records: Burdur, Iğdır, Konya, Aydın, Bilecik, Manisa, Denizli, İzmir, Kahramanmaraş, Antalya (Ferrer & Soldati, 1999; Tezcan et al., 2004b; Akıncı, 2004, Gömlek, 2018; Doğan, 2020; Göksel et al., 2023).

Distribution: Europe, Western Asia, Eastern North America, Sweden, Kazakhstan, Poland, Türkiye (Cotton & Good, 1937; Ferrer & Picka, 1990; Ferrer & Soldatı, 1999; Tezcan et al., 2004b; Haitlinger, 2012; Chigray et al., 2016).

Chorotype: Palearctic (Akıncı, 2004).

***Blaps tibialis* Reiche, 1857**

Material examined: Kahramanmaraş: Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 05.IX.2004 (1 sample).

Turkish records: Konya, İzmir, Edirne, Ağrı, Niğde, Diyarbakır, Eskişehir, Adana, Kırıkkale, Çanakkale, Ankara, Osmaniye, Manisa, Burdur, Nevşehir, Kahramanmaraş, Aydın, Isparta, Van (Tezcan et al., 2004b; Sürgüt, 2011; Korkmaz, 2016).

Distribution: Ukraine, Bulgaria, Türkiye, Greece, Israel, Southern Europe Region of Russia (Löbl & Smetana, 2008).

Chorotype: Europe – Mediterranean (Vigna-Taglianti et al., 1999).

***Dailognatha quadricollis* (Brulle, 1832)**

Material examined: Kahramanmaraş: Başkonuş, 1312 m, 37°33'54" N; 36°34'57" E, 18.IV.2004 (1 sample).

Turkish records: Adana, Nevşehir, Hatay, Muğla, Gümüşhane, Karaman, Bitlis, Aydın, Kırıkkale, Manisa, Hakkari, İzmir, Çanakkale, Balıkesir, Eskişehir, Gaziantep, Ağrı, Adıyaman, Isparta, Kahramanmaraş, Konya, Mersin, Antalya, Niğde, Tunceli (Ferrer & Soldatı, 1999; Tezcan et al., 2004a; Aslan et al., 2008; Tanyeri et al., 2010; Ateş, 2013; Korkmaz, 2016; Bolu, 2016).

Distribution: Bulgaria, Lebanon, Romania, Türkiye, Greece (Löbl ve Smetana, 2008).

Chorotype: Europe – Mediterranean (Vigna-Taglianti et al., 1999).

***Opatroides punctulatus* Brulle, 1832**

Material examined: Kahramanmaraş: Türkoğlu-Tigem, 550 m, 37°17'55" N; 36°47'59" E, 01.VI.2004 (1 sample), Göksun-Çardak, 1365 m, 38°03'02" N; 36°38'34" E, 06.VIII.2004 (2 sample), Türkoğlu-Tigem, 550 m, 37°17'55" N; 36°47'59" E, 31.VI.2004 (2 sample).

Turkish records: Manisa, Isparta, Kilis, Ankara, İzmir, Mardin, Aydın, Diyarbakır, Gaziantep, Bitlis, Kahramanmaraş, Antalya, Muğla, Denizli, Şanlıurfa (Tezcan et al., 2004b; Tanyeri et al., 2017).

Distribution: Bahrain, Uzbekistan, Türkiye, Italy, Cyprus, Yemen, Libya, Russia, Malta, Eastern Siberia, Egypt, Syria, Algeria, Tunisia, Morocco, Greece (Löbl ve Smetana, 2008).

Chorotype: Palearctic (Vigna-Taglianti et al., 1999).

As seen in Figure 3, the family with the highest number of species is the Scarabaeidae family, while the families with the lowest number of species are Buprestidae, Cerambycidae, and Lucanidae.

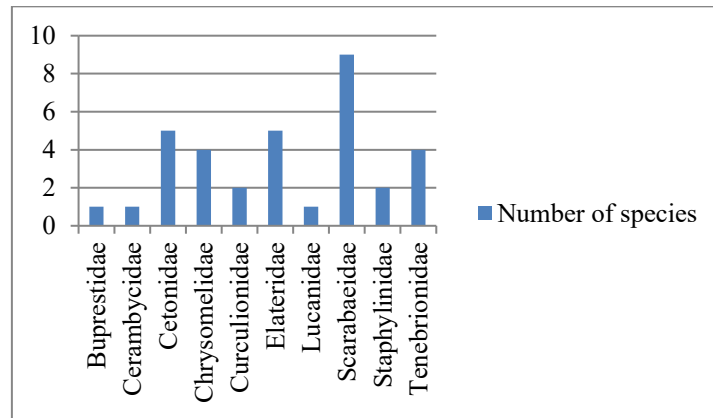


Figure 3. Number of species belonging to the families.

As seen in Figure 4, the majority of the collected Coleoptera specimens were obtained from the city center.

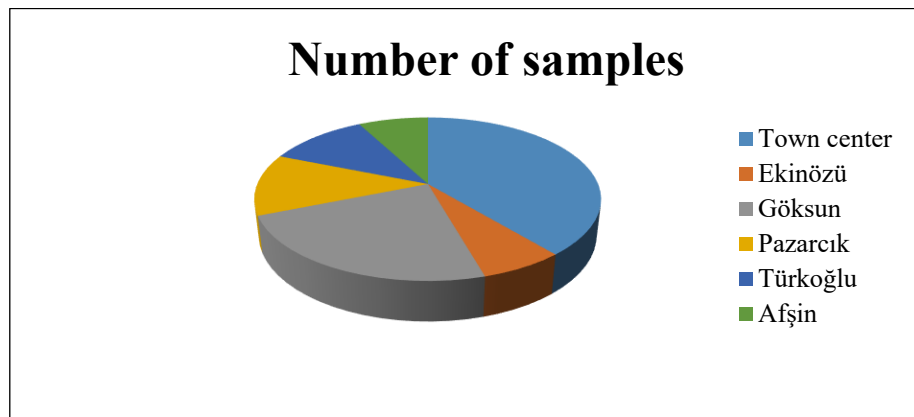


Figure 4. Distribution of collected samples according to districts.

DISCUSSION AND CONCLUSION

In this study, conducted to contribute to the Coleoptera fauna of Kahramanmaraş city center and its districts. In total 33 species and 1 subspecies belonging to 30 genera in 10 families were identified. It was determined that *Scarabaeus (Scarabaeus) plus* (Illiger, 1803) from the Scarabaeidae family was the most frequently collected species.

According to the data in Figure 3, the high number of species observed in the Scarabaeidae family is thought to be due to the sampling method being pitfall trapping. According to the data in Figure 4, the highest number of samples was collected from areas connected to the city center. The main reason for this is thought to be the rich fauna of Başkonuş and Yavşan plateaus, which are linked to the center. In the study conducted by Öztürk & Kalkar (2011), the Coleoptera fauna around the Kahramanmaraş Menzelet Dam Lake was investigated. As a result of the study, 19 families and 32 insect species belonging to the order Coleoptera were identified. In this study, the Scarabaeidae family was also found to have the highest species

diversity and number of specimens. In his study on the Coleoptera fauna at Kahramanmaraş Sütçü İmam University Avşar Campus, Gömlek (2018) identified 71 species and 4 subspecies belonging to 14 families. As a result of the study, the Scarabaeidae family was again found to have the highest diversity in terms of species number and number of collected specimens.

Looking at the chorotype data of the obtained species, it was determined that 20 species have a Mediterranean distribution, 18 species have a European distribution, 9 species have a Turanian distribution, 5 species have an Asian distribution, 5 species have a Palaearctic distribution, and 1 species has a Holarctic distribution.

Identifying the insect fauna of a region contributes to determining biological diversity, managing harmful insect species, detecting endangered species, and supporting many scientific fields. This study aims to contribute to the Coleoptera fauna of Kahramanmaraş province and some of its districts. Future studies can provide a more comprehensive investigation of the insect fauna of Kahramanmaraş. Additionally, these studies can serve as a basis for research on harmful or beneficial insects in agricultural and forestry areas.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

This article was written by a single author

FUNDING STATEMENT

The study received no financial support.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

ETHICS COMMITTEE APPROVAL

This study does not require any ethics committee approval.

ACKNOWLEDGEMENT

I extend my deepest respect and gratitude to my esteemed professor, Prof. Dr. Sakine Serap AVGIN, who collected the Coleoptera specimens examined in this study, contributed to their identification, and sadly passed away in the February 6 Kahramanmaraş earthquake.

REFERENCES

- Abacıgil, T. Ö., Varlı, S. V., & Tezcan, S. (2013). Faunistic studies on Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) in Kazdağları (Balıkesir province) in Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 8 (1): 415-433.
- Abacıgil, T. Ö., Varlı, S. V., Özdikmen, H., & Tezcan, S. (2019). Notes on the bait trap collected Cerambycidae (Coleoptera) fauna in pomegranate orchard of Havran (Balıkesir Province), Western Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 14(1), 232-235.
- Akçay, Ç., & Yalçın, M. (2019). New records for the wood damaging insect fauna in Western Black Sea region. *Duzce University Journal of Science & Technology*, 7(3), 1500-1510. <https://doi.org/10.29130/dubited.536550>
- Akdoğan, B. (2006). *Niğde İli ve çevresinde yayılış gösteren Scarabaeidae (Coleoptera) familyasının sistematigi* (Yayın No. 222780) [Yüksek Lisans tezi, Niğde Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Akıncı, M. (2004). *Ahır Dağı (Kahramanmaraş) Coleoptera takımına bağlı türler ve yükselti basamaklarına göre dağılımı üzerine araştırmalar* (Yayın No. 169914) [Yüksek Lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Anlaş, S. (2009). Distributional checklist of the Staphylinidae (Coleoptera) of Turkey, with new and additional records. *Linzer Biologische Beiträge*, 41(1), 215-342.
- Anlaş, S., & Rose, A. (2009). Some additional notes about Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) fauna of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 4 (2): 346-352.
- Anlaş, S., Keith, D., & Tezcan, S. (2011). Notes on the seasonal dynamics of some *Coprophagous* Scarabaeoidea (Coleoptera) species in Manisa province, western Anatolia. *Turkish Journal of Entomology*, 35 (3), 447-460.
- Anlaş, S., Tezcan, S., & Örgel, S. (2014). Seasonal dynamics and species composition of dung-inhabiting staphylinids (Coleoptera, Staphylinidae) in western Turkey. *Journal of Anatolian Natural Sciences*, 5 (1), 14-19.
- Arslan, K. (2008). *Amanos dağları Chrysomelidae faunası (Coleoptera)* (Yayın No. 233723) [Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Aslan, B., & Özbek, H. (1999). Erzurum, Erzincan ve Artvin illeri Chrysomelinae (Coleoptera, Chrysomelidae) altfamilyası üzerinde faunistik ve sistematik çalışmaları. *Turkish Journal of Zoology*, 23 (3), 751-767.
- Aslan, B., Aslan, E. G., Karaca, İ., & Kaya, M. (2008). Kasnak Meşesi Tabiatı Koruma Alanında (Isparta) farklı habitatlarda çukur tuzak yöntemi ile yakalanan Carabidae ve Tenebrionidae (Coleoptera) türleri ile biyolojik çeşitlilik parametrelerinin karşılaştırması. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi)*, 3(2), 122-132.
- Aslan, E. G., Kaya, Ö. D., & Ünal, E. (2020). Contributions to the knowledge of leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) fauna in Elazığ, Erzincan and Tunceli provinces, Turkey. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(Ek Sayı 1), 273-280.
- Ataş, E. (2019). *Çanakkale-Kalkın Orman İşletme Müdürlüğü Scarabaeidae (Coleoptera) türleri* (Yayın No. 600369) [Yüksek Lisans tezi, Bartın Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Atay, T., & Çam, H. (2006). Tokat ili Chrysomelinae ve Cryptocephalinae (Coleoptera: Chrysomelidae) türleri üzerinde faunistik araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 30 (4), 285-302.
- Atay, E., Jansson, N., & Gürkan, T. (2012). Saproxylous beetles on old hollow oaks (*Quercus* spp.) in a small isolated area in southern Turkey: (Insecta: Coleoptera). *Zoology in the Middle East*, 57(1), 105-114.

- Ateş, C. (2013). *Madra Dağı (Balıkesir) yöresinin Carabidae, Tenebrionidae, Silphidae ve Staphylinidae (Coleoptera) türlerinin çukur tuzak yöntemiyle belirlenmesi* (Yayın No. 352065) [Yüksek Lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Bahadıroğlu, C., Akıncı, M., & Kalkar, Ö. (2007). Kahramanmaraş Ahır Dağı'nda Cetoniidae ve Buprestidae (Coleoptera) familyalarına bağlı türler ve bu türlerin yükselti basamaklarına göre dağılımı. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(1), 6-12.
- Bal, N., Özdikmen, H., & Kıyak, S. (2018). Thirty new leaf beetles for the fauna of Çankırı province in Turkey (Chrysomelidae). *Munis Entomology & Zoology*, 13(2), 507-518.
- Balbakan, M., Tezcan, S., & Özdikmen, H. (2019). Contributions to the Cerambycidae (Coleoptera) fauna collected by bait traps in fig orchards of Tire, İzmir, Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 14(1), 42-50.
- Bartolozzi, L., Norbiato, M., & Cianferoni, F. (2016). A review of geographical distribution of the stag beetles in Mediterranean countries (Coleoptera: Lucanidae). *Fragmenta entomologica*, 48(2), 153-168.
- Bellmann, A. (2007). Beitrag zur Kenntnis der Aphodiinae der Türkei (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Entomologische Zeitschrift, Stuttgart*, 117 (3), 132-136.
- Bolu, H. (2016). Southeastern Anatolia region insect fauna I (Coleoptera II: Curculionoidea, Tenebrionoidea) of Turkey. *Agriculture & Forestry*, 62(3), 73-91.
- Borowiec, L. (2006). Chrysomelidae. the leaf beetles of Europe and the Mediterranean subregion (checklist and iconography). *Last modification*, 32, 12.
- Bunalski, M., Samin, N., Ghahari, H., & Hawkeswood, T. J. (2014). Contributions to the knowledge the scarab beetles of Golestan province, Northern Iran with checklist of Iranian Scarabaeoidea (Coleoptera). *Polish Journal of Entomology*, 83(2), 141-170.
- Carpaneto, G. M., Piattella, E., & Pittino, R. (2000). The Scarab beetles of Turkey: an updated checklist and chorotype analysis (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Biogeographia*, 21, 217-240.
- Cate, P. G. (2007). Family Elateridae, 89-209. In Löbl I. & Smetana A. (eds.): *Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 4. Elateroidea - Derodontoidea - Bostrichoidea - Lymexyloidea - Cleroidea - Cucujoidea* (4. baskı). Apollo Books.
- Chapman, A. D. (2009). *Numbers of living species in Australia and the world* (Rapor No. 2). Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Report for the Australian Biological Resources Study.
- Chigray, I. A., Abdurakhmanov, G. M., Nabozhenko, M., & Shapovalov, A. M. (2016). On *Blaps* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Tenebrionidae) from Western Kazakhstan with description of a new species from Tyuleniy Archipelago (Caspian Sea). *Zootaxa*, 4173(1), 1-17.
- Coral-Şahin, D. (2020). *Kayseri ili Chrysomelidae (Coleoptera) familyası türlerinin belirlenmesi ve taksonomik olarak değerlendirilmesi belirlenmesi* (Yayın No. 659675) [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Coşkun, G. (2012). *Van Gölü havzası Scarabaeidae (Coleoptera) familyası üzerine faunistik ve sistematik araştırmalar* (Yayın No. 318677) [Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Cotton, R. T., & Good, N. E. (1937). *Annotated list of the insects and mites associated with stored grain and cereal products, and of their arthropod parasites and predators*. U.S. Department of Agriculture.
- Çağlar, Ü. (2009). *Bolkar Dağları'nın Buprestid ve Elateridleri (Coleoptera)* (Yayın No. 268876) [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Çam, H., & Atay, T. (2004). Tokat ilinde bazı yabancı otlar üzerinde beslenen yaprak böcekleri (Coleoptera, Chrysomelidae). *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (2), 7-14.

- Çiftçi, D.,& Hasbenli, A. (2016). Faunistic studies on Steninae, Paederinae and Staphylinae (Coleoptera: Staphylinidae) from Sündiken Mountains (Turkey). *Entomofauna*, 37 (6), 101-136.
- Demirözer, O.,& Karaca, İ. (2011). Phytophagous Arthropod species associated with oil bearing Rose, *Rosa damascena* Miller, in Isparta province with distributional remarks. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 6(1), 9-25.
- Dikmen, F.,& Özuluğ, O. (2018). İstanbul Üniversitesi Zooloji Koleksiyonu'ndaki İstanbul'un böcek (Coleoptera ve Orthoptera) türleri. *Türk Biyobilim ve Koleksiyonlar Dergisi*, 2 (1), 27-43.
- Doğan, D. (2020). *Iğdır ilinde Tenebrionidae (Insecta: Coleoptera) türleri üzerinde faunistik ve sistematik çalışmalar* (Yayın No. 634903). [Yüksek Lisans tezi, Atatürk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Ekiz, A. N., Şen, İ., Aslan, E. G.,& Gök, A. (2013). Checklist of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) of Turkey, excluding Bruchinae. *Journal of Natural History*, 47, 33–34, 2213–2287.
- Erbey, M. (2010). Bolkar Dağlarının Curculionidae (Coleoptera) familyası üzerinde taksonomik ve morfolojik çalışmalar (Yayın No. 268149) [Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Evans, A.V. (2023). *The Lives of Beetles: A Natural History of Coleoptera*. UniPress Books Limited.
- Ferrer, J.,& Picka, J. (1990). The *Blaps* species of Sweden, with a review of the *B. lethifera* group (Coleoptera, Tenebrionidae). *Entomologisk Tidskrift*, 111(1-2), 25-32.
- Ferrer, J.,& Soldati, L. (1999). Contribution à l'étude des Tenebrionidae de Turquie (Insecta, Coleoptera). *Entomofauna Zeitschrift Für Entomologie*, 20(4), 53-92.
- Fırat, S.,& O. Sert, (2016). Faunistic and zoogeographical composition and preliminary evaluations of some ecological features of the subfamily Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) of the Central Anatolian Region of Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 40 (2), 164-185.
- Ghahari, H., Arzanov, Y. G. V., Legalov, A. A., Tabari, M.,& Ostovan, H. (2010). Weevils (Coleoptera: Curculionidae) from Iranian rice fields and surrounding grasslands. *Munis Entomology and Zoology*, 5, 163-169.
- Ghahari, H.,& Legalov, A. A. (2015). A faunistic study on the family Curculionidae (Coleoptera) from Semnan province, Iran. *Amurian zoological journal*, VII(1), 25-27.
- Gök, A. (2003). Faunistic studies on the species of the subfamily Clytinae (Coleoptera, Chrysomelidae) of Dedegöl Mountains (Isparta). *Turkish Journal of Zoology*, 27, 187-194.
- Göksel, F.N., Ay, R.,& Yaşar, B. (2023). Burdur ili bağ alanlarındaki böcek faunasının saptanması. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 5 (2), 112-120.
- Göktürk, T. & Mihli, A. (2015). New contributions to Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) fauna of the Artvin province in Turkey. *Annals of Agrarian Science*, 13(1), 71-78.
- Gömlek, E. (2018). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (Avşar) Kampüsünde Coleoptera Faunası Üzerine Bir Çalışma* (Tez No. 493817) [Yüksek Lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Gruev, B.,& Tomov, V. (1998). *Coleoptera, Chrysomelidae* (3. baskı). Pensoft Publishers.
- Gruev, B.,& Tomov, V. (2007). *Distributional atlas and catalogue of the leaf beetles of of Bulgaria (Coleoptera, Chrysomelidae)*. Pensoft Publishers.
- Guglielmi, A.,& Platia, G. (1985). Contributio alla conoscenza delgi Elateridi di Grecia e Turchia. *Fragmenta Entomologica*, 18 (1), 169-224.

- Gullan, P. J., & Cranston, P.S. (2012). Böcekler: Entomolojinin ana hatları. Çev. Ed. Ali Gök. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Gülmez, M., Dinar, K., & Ari, H. (2019). Mersin, Tarsus Scarabaeinae, Dynastinae (Coleoptera, Scarabaeidae) faunası üzerine bir çalışma. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (43), 35-42.
- Gülperçin, N. (2006). *İzmir ilinde bulunan Elateridae (Coleoptera) familyasına bağlı türler üzerinde sistematik araştırmalar* (Yayın No. 196927) [Doktora tezi, Ege Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Gülperçin, N., & Tezcan, S. (2009). Faunistic notes on the species of Elateridae (Coleoptera) in İzmir province of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 4(2), 519-526 .
- Gülperçin, N., & Tezcan, S. (2012). Aspat (Strobilos) Antik Kenti ve çevresindeki (Bodrum, Muğla) tarım teraslarının Elateridae (Insecta: Coleoptera) faunası. *Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26 (3), 14-19.
- Gülperçin, N., Platia, G., & Tezcan, S. (2018). Some additional notes along with a new record on Elateridae (Coleoptera) fauna of Turkey. *Entomofauna*, 39(2), 571-590.
- Gülperçin, N., & Tezcan, S. (2022). Türkiye'nin Elateridae (Insecta: Coleoptera) faunası için yeni yerellik kayıtları. *Munis Entomology & Zoology*, 17, 1747-1752.
- Gültekin, L. (2008). Taxonomic review of the stem-inhabiting trehala-constructing *Larinus* Dejean, 1821 (Coleoptera: Curculionidae): New species, systematics and ecology. *Zootaxa*, 1714(1), 1-18.
- Gürkan, T. (2011). Adana-Kozan-Eskimantaş köy mevkiinde yaşlı meşe ağaçlarındaki Coleoptera faunasının belirlenmesi (Yayın No.) [Yüksek Lisans tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Haitlinger, R. (2012). Canestriniidae (Acari, Astigmata) of Poland, with key to species of the genus *Photia* Oudemans, 1904. *Fragmenta Faunistica*, 55 (2), 185-193.
- Harita Genel Müdürlüğü. (2025). Kahramanmaraş Mülki İdare İl Haritası. Erişim Adresi: <https://www.harita.gov.tr/urun/kahramanmaras-mulk-idare-il-haritasi/389>
- Herman, L. (2001). Catalog of the Staphylinidae (Insecta: Coleoptera). 1758 to the end of the second millennium. V. Staphylinine Group (part 2). Staphylininae: Diochini, Maorothiini, Othiini, Platyprosopini, Staphylinini (Amblyopinina, Anisolinina, Hyptiomina, Philonthina). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 265, 2441-3020.
- Jansson, N., & Coşkun, M. (2008). How similar is the saproxylic beetle fauna on old oaks (*Quercus* spp.) in Turkey and Sweden. *Revue d'écologie*, 91-99.
- Kabalak, M. (2010). *İç Anadolu bölgesi Elateridae (Coleoptera) familyası üzerinde sistematik araştırmalar* (Yayın No. 270314) [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Kabalak, M., & Sert, O. (2011). Faunistic composition, ecological properties and zoogeographical composition of the family Elateridae (Coleoptera) of the Central Anatolian Region of Turkey. *Journal of Insect Science*, 11(1), 1-36.
- Kabalak, M., & Sert, O. (2013). Faunistic composition, ecological properties, and zoogeographical composition of the Elateridae (Coleoptera) family in the Western Black Sea region of Turkey. *Journal of Insect Science*, 13 (1), 1-21.
- Karaca, İ., Karsavuran, Y., Avcı, M., Demirözer, O., Aslan, B., Sökeli, E., & Bulut, H. S. (2006). Isparta ilinde Coleoptera takımına ait türler üzerinde faunistik çalışmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 180-184.

- Kemal, M., & Koçak, A. Ö. (2014). Illustrated and annotated list on the Entomofauna of Gören Mount (Van Province, East Turkey), with ecological remarks. *Centre for Entomological Studies Ankara*, 33, 5-206.
- Kesdek, M., Platia, G., & Yıldırım, E. (2006). Contribution to the knowledge of click beetles (Coleoptera: Elateridae) fauna of Turkey. *Entomofauna*, 27(35), 417-432.
- Kırgız, T. (1982). *Adana İli ve Çevresinin Dışkı Böcekleri (Coleoptera: Scarabaeidae) Faunası Üzerinde Taksonomik Araştırmalar* [Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Korkmaz, D. (2016). Davraz Dağı (Isparta) Tenebrionidae (Coleoptera) faunası (Yayın No. 470795) [Yüksek Lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Küçükaykay, E., Şenyüz, Y., Şirin, Ü., Çalışkan, H., & Destire, C. (2013). New contributions to Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) fauna of the Eskişehir province. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri Ve Biyoteknoloji*, 3(1), 23-29.
- Laz, B., & Avgın, S. S. (2017). Kahramanmaraş Andırın ilçesi Cetoniidae familyası üzerine faunistik araştırmalar. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(1), 25-32.
- Laz, B., & Özdikmen, H. (2022). A new host plant of *Cerambyx (Cerambyx) welensii* (Küster, 1845)(Cerambycidae: Cerambycinae). *Munis Entomology & Zoology*, 17(2), 1506-1512.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., & Atalay, R. (1978). *Ege ve Marmara bölgesinin zararlı böcek faunasının tesbiti üzerinde çalışmalar*. Zirai Mücadele Merkez Atölye ve İkmal Müdürlüğü Ofset Baskı Tesisleri.
- Lodos, N. (1995). *Türkiye Entomolojisi IV*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 493.
- Lodos, N. (1998). *Türkiye Entomolojisi VI*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 529.
- Lodos, N., Önder F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S., & Aksoy, S. (1999). *Faunistic studies on Scarabaeoidea (Coleoptera) of western Black Sea, central Anatolia and Mediterranean regions of Turkey*. Ege Üniversitesi Basım Evi.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S., & Aksoy, S. (2003). *Faunistic Studies on Curculionidae (Coleoptera) of Western Black Sea, Central Anatolia and Mediterranean Regions of Turkey*. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Löbl, I., & Smetana, A. (2006). *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. 3: Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea and Byrrhoidea*. Apollo Books.
- Löbl, I., & Smetana, A. (2007). *Elateroidea, Derodontoidea, Bostrichoidea, Lymexyloidea, Cleroidea and Cucujoidea*. Apollo Books.
- Löbl, I., & Smetana, A. (2008). *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Tenebrionidae. Apollo Books.
- Löbl, I., & Löbl, D. (2016). *Scarabaeoidea–Scirtoidea–Dascilloidea–Buprestoidea–Byrrhoidea: Revised and Updated Edition*. Brill.
- Maican, S., & Serafim, R. (2009). Data about Cerambycidae and Chrysomelidae (Coleoptera: Chrysomeloidea) collected from Mediterranean expeditions. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle, Grigore Antipa*, 52, 415-428.
- McKenna, D. D., & Farrell, B. D. (2009). Beetles (Coleoptera). *The timetree of life*, 278- 289.
- Mercan, E., Avgın, S. S., & Akpınar, M. B. (2024). A study on Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) fauna of Yavşan Plateau Nature Park (Kahramanmaraş-

- Türkiye). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(2), 393-406.
- Mertlik, J., & Platia, G. (2008). Catalogue of the family Cebrionidae, Elateridae, Lissomidae, Melasidae and Throscidae (Coleoptera) from Turkey. *Elateridarium*, 2, 1-40.
- Obenberger, J. (1953). Resultats de L'expedition scientifique zoologique du museum national de praha en Turquie. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 29(423), 5-23.
- Öncüler, C. (1991). *Türkiye bitki zararlısı böceklerin parazit ve predatör kataloğu*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Örgel, S., & Tezcan, S. (2020). Additional records on the Staphylinidae (Insecta, Coleoptera) fauna of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 15(2), 576-579.
- Özbek, H. (2017). Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Entomoloji Müzesindeki bazı teke böcekleri (Coleoptera: Cerambycidae) üzerine taksonomik ve faunistik araştırmalar (Yayın No. 472749) [Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Özdikmen, H., & Çağlar, Ü. (2004). Contribution to the knowledge of longhorned beetles (Coleoptera, Cerambycidae) from Turkey, Subfamilies Prioninae, Lepturinae, Spondylidinae and Cerambycinae. *Journal of the Entomological Research Society*, 6, 39-69.
- Özdikmen, H., & Demir, H. (2006). Notes on longicorn beetles fauna of Turkey (Coleoptera: Cerambycidae), *Munis Entomology & Zoology*, 1, 157-166.
- Özdikmen, H., & Turgut, S. (2008). The subfamily Criocerinae of Turkey (Coleoptera: Chrysomelidae) with two new records and zoogeographical remarks. *Munis Entomology & Zoology*, 3(1), 239-250.
- Özdikmen, H., & Aslan, K. (2009). First records of some leafbeetles for Mediterranean region in Turkey and south Turkey (Coleoptera: Chrysomelidae). *Munis Entomology & Zoology*, 4 (1), 276-279.
- Özdikmen, H., & Turgut, S. (2009). On Turkish *Cerambyx* Linnaeus, 1758 with zoogeographical remarks (Coleoptera: Cerambycidae: Cerambycinae). *Munis Entomology & Zoology*, 4 (2), 301-319
- Özdikmen, H., Güven, M., & Gören, C. (2010). Longhorned beetles fauna of Amanos Mountains, Southern Turkey (Coleoptera: Cerambycidae), *Munis Entomology & Zoology*, 5, 1141-1167.
- Özdikmen, H., Turgut, S., Özbek, H., & Çalamak, S. (2010). A synopsis on Turkish *Clytra* Laicharting, 1781 (Coleoptera: Chrysomelidae). *Munis Entomology & Zoology*, 5(1), 73-84.
- Özdikmen, H. (2011). A comprehensive contribution for leaf beetles of Turkey with a zoogeographical evaluation for all Turkish fauna (Coleoptera: Chrysomelidae). *Munis Entomology & Zoology*, 6 (2), 540-638.
- Özdikmen, H., Özbek, H., Kaya, G., & Topcu, N. N. (2012). A contribution for knowledge of Turkish leaf beetles (Chrysomeloidea: Chrysomelidae). *Munis Entomology and Zoology*, 7(2), 1065-1072.
- Özdikmen, H., & Mercan, N. (2014). Chorotype identification for Turkish Chrysomeloidea (Coleoptera) Part II–Chrysomelidae: Clytrinae. *Munis Entomology & Zoology*, 9(1), 89-102.
- Özdikmen, H., & Özbek, H. (2014). Chorotype identification for Turkish Chrysomeloidea (Coleoptera) Part IV–Chrysomelidae: Donaciinae and Criocerinae. *Munis Entomology and Zoology*, 9(1), 161-169.

- Özdikmen, H., & Tezcan, S. (2020). An important contribution to the knowledge of Prioninae, Lepturinae, Aseminae, Cerambycinae and Stenopterinae fauna of Turkey (Coleoptera: Cerambycidae). *Munis Entomology & Zoology*, 15(2).
- Özdikmen, H., Bolu, H., & Bal, N. (2021). A contribution to the knowledge of Cerambycidae and Chrysomelidae in Turkey (Coleoptera: Cerambycoidea and Chrysomeloidea). *Munis Entomology & Zoology*, 16(1).
- Özdikmen, H., & Coral Şahin, D. (2021). Leaf beetles of Kayseri province with new and interesting data for Turkey: Part I-Subfamilies Donaciinae to Galerucinae (Coleoptera: Chrysomelidae). *Munis Entomology & Zoology*, 16, 1557-1620.
- Özdikmen, H., & Koçak, Ö. (2022). Longicorn beetles of Karaman province (Turkey)(Coleoptera: Cerambycidae) with new and interesting taxa. *Munis Entomology & Zoology*, 17(1).
- Özgen, İ., & Anlaş, S. (2010). A cow dung investigation on Staphylinidae (Coleoptera), with a new record from Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 5 (2), 642-645.
- Özgen, İ., Şenyüz, Y., & Temizer, A. (2014). Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgesi Scarabaeoidea (Coleoptera) faunasına katkılar. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1), 20-29.
- Özgen, İ., Anlaş, S., Khachikov, E. A., & Temizer, A. (2015). Contribution to the knowledge of Staphylininae (Staphylinidae, Coleoptera) in Elazığ province of Turkey. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(1), 224-226.
- Özgen, İ., Yaman, S., & Örgel, S. (2017). Some additional notes on the genus *Ocypus* Stephens in Turkey (Coleoptera: Staphylinidae: Staphylininae). *Munis Entomology & Zoology*, 12 (1), 332-335.
- Öztürk, Ö. Ö., & Kalkar, Ö. (2011). Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölü çevresindeki Coleoptera faunası üzerine ön bir araştırma. *Kahramanmaraş Sütcü İmam University Journal Of Natural Sciences*, 14(2), 22-27.
- Pedroni, G., & Platia, G. (2010). Il popolamento a Coleotteri Elateridi dell'Albania (Coleoptera, Elateridae). *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Botanica Zoologia*, 34, 65-86.
- Pehlivan, E. (1988). Türkiye Scarabaeidae (Coleoptera) familyası üzerinde taksonomik çalışmalar I. *Scarabaeus* L., *Gymnopleurus* Ill., *Sisyphus* Latr. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 12(4), 221-230.
- Pehlivan, E. (1989). Türkiye Scarabaeidae (Coleoptera) familyası üzerinde taksonomik çalışmalar. II. *Onthophagus* Latr. *Turkish Journal of Entomology*, 13 (1), 25-42.
- Pehlivan, E., Karsavuran, Y., & Tezcan, S. (2005). Contributions to the knowledge of the Lixinae (Coleoptera: Curculionidae) from Turkey Türkiye Lixinae (Coleoptera: Curculionidae) faunasına katkılar. *Turkish Journal of Entomology*, 29(4), 259-272.
- Platia, G., & Gudenzi, I. (2002). Revisione dei Cardiophorus della Turchia. II. Le specie unicolori (Coleoptera Elateridae). *Bollettino della Società Entomologica Italiana*, 134(1), 27-55.
- Platia, G., & Ghahari, H. (2016). An annotated checklist of click-beetles (Coleoptera, Elateridae) from Iran. *Zootaxa*, 4137(2), 239-275.
- Polat, A., Yıldırım, E., & Uliana, M. (2017). A contribution to the knowledge of the Glaphyridae and Cetoniinae (Scarabaeidae)(Coleoptera: Scarabaeoidea) fauna of Turkey. *Linzer Biologische Beiträge*, 49(2), 1505-1522.
- Polat, A., Yıldırım, E., & Uliana, M. (2018). A contribution to the knowledge of the Dynastinae, Rutelinae and Melolonthinae fauna of Turkey (Coleoptera: Scarabaeidae). *Entomofauna*, 39(2), 597-614.

- Polat, A., & Yıldırım, E. (2019). Contribution to the Knowledge of the Lucanidae (Coleoptera) of Turkey with a Checklist. *Entomological News*, 128(5), 473-485.
- Rejzek, M., & Hoskovec, M. (1999). Cerambycidae of Nemrut Dağı National Park. *Biocosme Mesogeen Nice*, 15, 257-272.
- Rey, A. (1999). Note su alcuni Scarabeoidei floricoli di Grecia e Turchia con descrizione di una nuova specie di Melolontha (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Fragmenta entomologica*, Roma, 31(1), 89-116.
- Rezaei, S. (2015). *Ankara İli Melolonthinae ve Rutelinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Altfamilyaları Üzerinde Sistematik Çalışmalar* (Tez No. 392753). [Yüksek Lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Rozner, I., & Rozner, G. (2009). Additional data to the lamellicornia fauna of Turkey (Coleoptera: Lamellicornia). *Natura Somogyiensis*, 15, 69-100.
- Sabatinelli, G. (1977). Note su alcini Lucanidae E Scarabaeoidea floricoli di Turchia, con descrizione di due nuove specie (Coleoptera). *Estratto Dai Fragmenta Entomologica*, 13(2).
- Sama, G., Rapuzzi, P., & Özdikmen, H. (2012). Preliminary report of the entomological surveys (2010, 2011) of G. Sama and P. Rapuzzi to Turkey (Coleoptera: Cerambycidae). *Munis Entomology & Zoology*, 7 (1), 22-45
- Sert, O. & Kabalak M. (2011). Faunistic, ecological and zoogeographical evaluations on the click-beetles (Coleoptera: Elateridae) of Middle part of the Blacksea Region of Turkey. *Annales de la Société entomologique de France* (N.S.), 47, 3-4, 501-509.
- Sert, O., Özdemir Türkmen, S., & Şabanoğlu Şimşek, B. (2024). Faunistic contributions and zoogeographical and ecological evaluations on species belonging to the genus Philonthus Stephens, 1829 (Coleoptera: Staphylinidae: Staphylininae: Staphylinini: Philonthiina) from the Aegean Region (Türkiye). *Turkish Journal of Entomology*, 48(2), 167-181.
- Stan, M. (2010). On the species of *Ocypus* Leach of the carpathian basin with special reference to the species of Romania (Coleoptera: Staphylinidae: Staphylininae: Staphylinini). *Acta entomologica serbica*, 15(2), 171-193.
- Sullivan, G. T., Sullivan, S., Lumaret, J. P., Baxter, G., Zaluckı, M., & Zeybekoğlu, Ü. (2016). Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) utilizing water buffalo dung on the Black Sea coast of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40(1), 80-86.
- Sürgüt, H. (2011). *Karabiga (Çanakkale) Yöresinin Carabidae, Tenebrionidae, Elateridae, Silphidae Ve Staphylinidae (Coleoptera) Türlerinin Çukur Tuzak Yöntemiyle Belirlenmesi* (Yayın No. 282922). [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Szénási, V., Nemer, N., & Németh, T. (2019). Notes on snout beetles of Lebanon (Coleoptera: Curculionoidea, without Scolytinae and Platypodinae). *Folia entomologica hungarica*, 80, 39-75.
- Şahiner, Ö. (2013). *Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi Aphodiinae ve Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Altfamilyaları Üzerine Sistematik Çalışmalar* (Tez no 334751). [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Şenyüz, Y., & Şahin, Y. (2009). Faunistic studies on Cetoniinae, Dynastinae, Melolonthinae, Rutelinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Geotrupinae (Geotrupidae) of Kütahya province, Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 4 (2), 536-541.
- Şenyüz, Y., & Şahin, Y. (2013). Faunistical, ecological and zoogeographical evaluations on the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of Kütahya province (Turkey). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 37 (4), 433-448.

- Şenyüz, Y., Dindar, K., & Altunsoy, F. (2013). Contributions to the knowledge of Scarabaeidae (Coleoptera) fauna of the Middle and East Black Sea Region of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 8(2), 772-781.
- Şenyüz, Y., Dindar, K., Çalışkan, H., & Şirin, D. U. (2016). Chorological categories and faunistic records of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea: Scarabaeidae) from the Sundiken Mountains, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 48(1).
- Talamelli, F. (2014). New faunistic data on selected Palearctic species of the tribe Lixini Schoenherr, 1823. *Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna*, 39, 161-174.
- Tanyeri, R., Üzümlü, A., Tezcan, S., Keskin, B., & Gülperçin, N. (2010). Notes on pitfall trap collected Tenebrionidae (Coleoptera) species in organic vineyard and orchards of Kemalpaşa (İzmir) province of Western Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 5, 917-919.
- Tanyeri, R., Çevik, İ. E., & Tezcan, S. (2017). An analysis on Carabidae, Tenebrionidae and Staphylinidae (Coleoptera) fauna in Aspat (Strobilos) ancient city and its territorium, Bodrum, Muğla, Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 12 (2), 570-577.
- Tezcan, S., & Pehlivan, E. (2001). Evaluation of the Lucanoidea and Scarabaeoidea (Coleoptera) fauna of ecological cherry orchards in İzmir and Manisa provinces of Turkey. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2/3), 31-38.
- Tezcan, S., Karsavuran, Y., Pehlivan, E., Keskin, B., & Ferrer, J. (2004a). Contributions to the knowledge of the Tenebrionidae (Coleoptera) from Turkey Part I. Lagriinae, Pimeliinae, Bolitophaginae, Diaperinae. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 28(2), 99-114.
- Tezcan, S., Karsavuran, Y., Pehlivan, E., Keskin, B., & Ferrer, J. (2004b). Contributions to the knowledge of the Tenebrionidae (Coleoptera) from Turkey Part II. Opatrinae, Tenebrioninae, Adeliinae. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 28 (3), 163-180.
- Tozlu, G., Rejzek, M., & Özbek, H. (2002). A contribution to the knowledge of Cerambycidae (Coleoptera) fauna of Turkey. Part I: Subfamilies Prioninae to Cerambycinae. *Bioscience Mésogéen, Nice*, 19, 55-94.
- Turgut Haliloğlu, S. (2009). *Gevne Vadisi Ve Geyik Dağları teke böcekleri (Coleoptera: Cerambycidae) üzerine sistematik, faunistik ve zoocoğrafik araştırmalar* (Yayın No. 268199). [Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Turgut, S., & Özdikmen, H. (2010). New data for Turkish longhorned beetles fauna from Southern Turkey (Coleoptera: Cerambycidae). *Munis Entomology & Zoology*, 5, 859-889.
- Ulusoy, M. R., Vatansever, G., & Uygun, N. (1999). Ulukışla (Niğde) ve Pozantı (Adana) yöresi kiraz ağaçlarında zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerindeki gözlemler. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 23 (2), 111-120.
- Varlı, S., Tüven, A., Sürgüt, H., & Özdikmen, H. (2019). Preliminary work on longhorned beetles fauna (Coleoptera: Cerambycidae) of Balıkesir province in Turkey with new faunistic records. *Munis Entomology & Zoology*, 14(1).
- Vigna-Taglianti, A., Audisio, P. A., Biondi, M., Bologna, M. A., Carpaneto, G. M. Biase, A. D., Fattorini, S., Piattella, E., Sindaco, R., Venchi, A., & Zapparoli, M. (1999). A proposal for a chorotype classification of the near east fauna, in the framework of the western palearctic region. *Biogeographia, Lavori della Società Italiana di Biogeografia, Siena, Italy*, 20, 31-59.
- Zanetti, A., & Tagliapietra, A. (2005). Studi sulle taxocenosi a Staphylininae in boschi di latifoglie italiani (Coleoptera, Staphylinidae). *Studi trentini di Scienze naturali, Acta biologica*, 81, 207-231.



CELLULOSE NANOFIBERS (CNF) AND CELLULOSE NANOCRYSTALS (CNC) AS HIGH-PERFORMANCE FILLERS IMPROVING THE MECHANICAL, OPTICAL, AND SURFACE PROPERTIES OF RECYCLED NEWSPAPER

Mustafa ÇİÇEKLER^{1,*}, Ahmet TUTUŞ¹

¹Department of Forest Industry Engineering, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş

*Corresponding author: mcicekler@ksu.edu.tr

Mustafa ÇİÇEKLER: <https://orcid.org/0000-0001-5793-2827>

Ahmet TUTUŞ: <https://orcid.org/0000-0003-2922-4916>

Please cite this article as: Çiçekler, M. & Tutuş, A. (2025) CNF and CNC as high-performance fillers improving the mechanical, optical, and surface properties of recycled newspaper. *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 122-140.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 18 Kasım 2024 / Received 18 November 2024

Düzeltilmelerin gelişi 25 Şubat 2025 / Received in revised form 25 February 2025

Kabul 26 Mart 2025 / Accepted 26 March 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ABSTRACT: The increasing focus on sustainability and waste reduction has led to significant interest in recycling paper products. This study investigates the use of two types of nanocellulose (CNF and CNC) as filler materials in the production of recycled newspaper. The aim is to evaluate the effects of these nanocelluloses on the mechanical, optical, and surface properties of the recycled newspaper (ONP). Mechanical properties such as tensile strength, burst strength, and tear resistance were measured to determine the material's durability. Optical properties, including brightness, whiteness, and yellowness, were assessed to understand the aesthetic quality of the recycled paper. Surface roughness values (Ra, Rz, Rq) were also analyzed to evaluate the surface quality, which is essential for printability. The results show that CNF significantly improved the tensile and tear strengths, as well as reduced the yellowness, making the paper more visually appealing. CNC, on the other hand, demonstrated a notable enhancement in burst strength but had a less pronounced effect on other properties. This study demonstrates that nanocellulose, particularly CNF, is a promising additive for improving specific mechanical and optical characteristics of recycled newspaper, making it more suitable for various applications.

Keywords: Nanocellulose, newspaper, mechanical, optical, surface

SELÜLOZ NANOLİFLERİNİN (CNF) VE SELÜLOZ NANOKRİSTALLERİNİN (CNC) GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ GAZETE KAĞIDININ MEKANİK, OPTİK VE YÜZEY ÖZELLİKLERİNİ İYİLEŞTİRMEDE YÜKSEK PERFORMANSLI DOLGU MALZEMELERİ OLARAK KULLANIMI

ÖZET: Sürdürülebilirlik ve atık azaltma üzerine artan odak, kağıt ürünlerinin geri dönüştürülmesine olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Bu çalışma, geri dönüştürülmüş gazete kağıdı üretiminde iki tür nanoselülozun (CNF ve CNC) dolgu malzemesi olarak kullanımını incelemektedir. Amaç, bu nanoselülozların geri dönüştürülmüş gazete kağıdının (ONP) mekanik, optik ve yüzey özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Malzemenin dayanıklılığını belirlemek için çekme mukavemeti, patlama mukavemeti ve yırtılma direnci gibi mekanik özellikler ölçülmüştür. Geri dönüştürülmüş kağıdın estetik kalitesini anlamak için parlaklık, beyazlık ve sarılık gibi optik özellikler değerlendirilmiştir. Baskı kalitesi açısından kritik olan yüzey kalitesini belirlemek amacıyla yüzey pürüzlülüğü değerleri (R_a , R_z , R_q) analiz edilmiştir. Sonuçlar, CNF'nin çekme ve yırtılma mukavemetini önemli ölçüde artırdığını ve sarılığı azaltarak kağıdı görsel olarak daha çekici hale getirdiğini göstermiştir. Diğer yandan CNC, patlama mukavemetinde belirgin bir iyileşme sağlarken diğer özellikler üzerinde daha az etkili olmuştur. Bu çalışma, özellikle CNF'nin, geri dönüştürülmüş gazete kağıdının belirli mekanik ve optik özelliklerini iyileştirmede umut verici bir katkı maddesi olduğunu ortaya koymaktadır ve bu tür kağıtların çeşitli uygulamalar için daha uygun hale getirilmesini sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Nanoselüloz, gazete kağıdı, mekanik, optik, yüzey

INTRODUCTION

In recent years, sustainability and circular economy practices have become central to the global agenda, driven by growing environmental concerns and the urgent need to reduce waste and resource consumption (Abushammala et al., 2023; Sopelana et al., 2021). The paper and pulp industry, a significant contributor to deforestation, water consumption, and industrial emissions, has increasingly adopted recycling initiatives to mitigate its environmental impact. Recycling paper products, particularly newspapers, has emerged as one of the most effective strategies for reducing raw material use and waste (Abushammala et al., 2023; Dick & Malvessi, 2022; Ozola et al., 2019; Van Ewijk et al., 2020). However, despite these environmental benefits, recycled paper tends to exhibit inferior mechanical, optical, and surface properties compared to its virgin fiber counterparts. This has led researchers to explore ways to enhance the performance of recycled paper, thereby making it suitable for a wider range of applications (Brancato et al., 2007; Małachowska et al., 2023; Okayama, 2002; Wanrosli et al., 2005). Among the many potential solutions, the use of nanocellulose as a filler and reinforcing agent has gained considerable attention for its promising ability to improve the quality of recycled fibers.

Nanocellulose, derived from the breakdown of cellulose into nanometer-sized fibers, possesses unique properties that make it an attractive material for enhancing paper. Its high surface area, excellent mechanical strength, and renewable nature offer significant potential for improving the physical and structural integrity of recycled paper. Numerous studies have explored the

impact of nanocellulose on paper properties, particularly in recycled paper applications (Indarti et al., 2023; Li et al., 2021; Sanchez-Salvador et al., 2020; Yi et al., 2023). However, most of these studies have primarily focused on the general reinforcement effects of nanocellulose, without providing a detailed comparative analysis of cellulose nanofibrils (CNF) and cellulose nanocrystals (CNC) in recycled newsprint applications. Additionally, while prior research has demonstrated improvements in mechanical properties, there remains limited understanding of how these nanocelluloses affect the optical and surface characteristics of recycled newspaper, which is crucial for printability and end-use performance.

Nanocellulose can be incorporated into paper formulations through various modification techniques, including bulk addition (direct incorporation into the fiber suspension), surface application via size press, and film coating methods (Li et al., 2021; Mazega et al., 2022; Pego et al., 2020; Sharma et al., 2020). Each approach offers unique advantages depending on the intended end-use of the paper. Size press and film coating methods are particularly useful for enhancing surface properties such as printability, water resistance, and barrier performance (Brancato et al., 2007; Tozluoğlu & Fidan, 2023; Van Nguyen & Lee, 2021). However, these techniques generally result in surface modifications rather than bulk reinforcement and may require additional processing steps thereby increasing production complexity and cost. In contrast, bulk addition, which involves the direct incorporation of nanocellulose into the fiber suspension before sheet formation, enables nanoscale fibrils to interact directly with the recycled fibers, reinforcing the fiber network from within. This method has been shown to be particularly effective in improving mechanical strength by enhancing fiber-fiber bonding, as well as influencing optical and surface properties more uniformly throughout the paper matrix (Balea et al., 2020; Sanchez-Salvador et al., 2020). Given that recycled newspaper typically exhibits weakened fiber bonding due to prior mechanical and chemical treatments, the bulk incorporation of nanocellulose was chosen as the most suitable approach for achieving comprehensive reinforcement across multiple paper properties. Furthermore, this method aligns with industrially viable papermaking processes, as it does not require additional post-processing steps and can be seamlessly integrated into conventional recycling operations.

Nanocellulose, in the form of cellulose nanofibrils (CNF) or cellulose nanocrystals (CNC), has been extensively studied for its capacity to increase the tensile strength, burst strength, and tear resistance of paper materials (Bárta et al., 2023; Campano et al., 2018; Indarti et al., 2023; Pego et al., 2020; Perdoch et al., 2022; Yi et al., 2023). This is achieved primarily through its ability to reinforce the fiber matrix, promote hydrogen bonding between fibers, and reduce the porosity of the paper structure. Balea et al., (2020) and Campano et al., (2018) demonstrated that the incorporation of nanocellulose significantly improves the mechanical properties of recycled paper, making it more durable and resistant to mechanical stresses. These studies have laid the groundwork for understanding the role of nanocellulose in reinforcing recycled fibers, particularly in applications involving low-strength papers, such as newsprint and packaging.

However, the advantages of nanocellulose are not limited to mechanical reinforcement. The unique fibrillar network formed by nanocellulose within the paper matrix also has implications for optical properties, which are critical for applications such as printing and packaging where, visual quality is paramount (Lourenço et al., 2020; Pego et al., 2020; Perdoch et al., 2022). Brightness, whiteness, and yellowness are key optical attributes that directly affect the aesthetic and functional quality of recycled paper products. The inherent presence of contaminants, such as ink residues, fillers, and lignin in recycled fibers poses significant challenges for achieving high levels of brightness and whiteness in recycled paper (Jamnicki Hanzer et al., 2021; Radić

Seleš et al., 2020; Zeb et al., 2021). Moreover, aging and the degradation of fiber quality during the recycling process further exacerbate these optical deficiencies. Nanocellulose, by virtue of its nanoscale dimensions and its ability to modify the paper's internal structure, has shown potential to address some of these optical limitations. Li et al., (2021) found that the addition of nanocellulose could improve the light-scattering properties of the paper, thereby enhancing its brightness. Nonetheless, the degree to which different types of nanocellulose influence optical properties in recycled paper remains insufficiently underexplored.

Additionally, surface quality is another crucial aspect of paper products, particularly in contexts where printability and coating adhesion are important. Surface roughness plays a pivotal role in determining the paper's ability to accept and hold ink during the printing process. A smoother surface typically results in sharper print quality and more efficient ink transfer (Ataefard, 2014; Aydemir et al., 2021; Havenko et al., 2020). In recycled paper, the surface quality can be compromised due to irregularities introduced during the fiber recovery process, such as fiber entanglement, filler deposition, and fiber breakage (Balea et al., 2018; Wistara et al., 1999). Nanocellulose has been suggested as a potential solution for improving surface properties by filling in surface voids and creating a more uniform and compact fiber network. Imani et al., (2019) and Lourenço et al., (2020b) reported improvements in surface smoothness when nanocellulose was used as a coating material, highlighting its potential to enhance printability and coating performance. However, the interaction between different types of nanocellulose and recycled newspaper fibers, in terms of surface properties, remains a subject that warrants further investigation.

The present study seeks to fill these gaps by systematically exploring the effects of two distinct types of nanocellulose, cellulose nanofibrils (CNF) and cellulose nanocrystals (CNC), as filler materials in the production of recycled newspaper. While both types of nanocellulose have been extensively studied for their ability to improve the mechanical properties of various paper products, previous research has primarily focused on their general reinforcing effects in different paper grades, such as kraft paper and packaging board (Balea et al., 2020; Campano et al., 2018; Indarti et al., 2023). However, comparative studies specifically targeting recycled newspaper remain scarce, particularly with regard to the simultaneous evaluation of both mechanical and optical performance as well as surface roughness, which is a critical parameter for printability.

MATERIALS AND METHODS

Materials

The base material for this study was old newspaper (ONP), obtained from post-consumer sources. Cellulose nanofibrils (CNF) have a high aspect ratio and excellent mechanical reinforcement properties, while cellulose nanocrystals (CNC) are known for their rigidity and crystalline structure. In this study, both CNF and CNC were obtained from commercial suppliers specializing in nanocellulose production. The raw material used for the nanocellulose was bleached kraft pulp derived from softwood fibers, ensuring high purity and minimal residual lignin content.

The CNF was produced through high-pressure homogenization, in which the pulp fibers were subjected to multiple passes through a mechanical shear system, leading to fibrillation and

nanoscale fiber formation. This process results in CNF with long, entangled fibrils, a high surface area, and superior hydrogen bonding capacity, making it ideal for reinforcing paper matrices.

On the other hand, CNC was obtained via sulfuric acid hydrolysis, a process that selectively degrades amorphous cellulose regions while preserving the highly crystalline segments. This method yields rigid, rod-shaped nanocrystals with high crystallinity and enhanced surface charge due to sulfate ester groups, contributing to better dispersion in aqueous suspensions. Both nanocellulose types were delivered as aqueous suspensions with a solid content of 5 wt%.

Additional materials included deionized water, which was used for diluting the nanocellulose suspensions and preparing the pulp slurries. The recycled pulp was prepared by mechanically defibrating the newspaper in a standard laboratory disintegrator (ISO 5263). No chemical treatments were applied to remove ink or other contaminants, as the focus was on the intrinsic effects of nanocellulose on the mechanical, optical, and surface properties of the recycled fibers.

Preparation of Recycled Pulp and Nanocellulose Blends

Recycled newspaper was disintegrated in deionized water at a consistency of 5% (w/w) for 20 minutes at 3000 rpm. The resulting pulp slurry was filtered and washed to remove residual contaminants. The pulp was then divided into four portions, each representing a different CNF and CNC addition level: 0%, 10%, 20%, and 30% by weight of dry recycled fiber. Although these addition levels may seem high compared to conventional papermaking practices, they were selected to systematically evaluate the upper limits of nanocellulose reinforcement in recycled newspaper applications. Previous studies have typically explored nanocellulose dosages in the range of 1–10% (Balea et al., 2020; Indarti et al., 2023); however, our approach aims to provide a comprehensive understanding of both the benefits and the practical limitations of higher dosages. From an industrial and commercial perspective, the feasibility of incorporating nanocellulose at such levels depends on factors such as cost, processing efficiency, and compatibility with existing paper recycling infrastructure. While 30% may not be economically viable for large-scale production, the performance trends observed at different dosage levels can guide optimization efforts towards identifying a commercially practical balance between mechanical improvement and cost-effectiveness. Based on our findings, the most effective concentration that provides substantial improvements while maintaining feasibility is around 10–20%, aligning with the practical application limits reported in prior industrial studies.

Each blend of pulp and nanocellulose fibers was stirred for 10 minutes to ensure uniform dispersion of the nanocellulose within the fiber matrix. Achieving a homogeneous distribution of nanocellulose within recycled fiber suspensions is critical for ensuring consistent improvements in paper properties. Given its high surface area and tendency of nanocellulose to form aggregates, careful mixing and dispersion techniques were employed to promote even incorporation. After mixing, the slurry was diluted to a consistency of 1% and formed into standard handsheets using a Rapid Kothen RK-21 paper machine (ISO 5269-2). The handsheets, each with a basis weight of approximately 60 g/m², were dried and conditioned at 23°C and 50% relative humidity for 24 hours before testing.

Determination of Paper Properties

Mechanical testing was performed to assess the impact of nanocellulose addition on the strength properties of the recycled paper. The tensile strength of the samples was evaluated according to ISO 1924-2 using an Instron Universal Testing Machine (Model 3345) equipped with a 5 kN load cell. The tests were conducted at a crosshead speed of 10 mm/min. Burst strength was measured in accordance with ISO 2758 standards, using a Mullen-type burst tester to determine the burst resistance of the handsheets. Tear resistance, as specified in ISO 1974, was assessed using an Elmendorf-type tear tester. For each mechanical property, five replicates were tested, and the mean values were recorded to ensure accuracy and reliability of the results.

The optical properties of the recycled paper, including brightness, whiteness, and yellowness, were measured to evaluate the effect of nanocellulose on the aesthetic qualities of the paper. All measurements of optical properties were conducted using a Datacolor Elrepho device. ISO Brightness was assessed according to ISO 2470-1, with results reported as the percentage of reflectance at 457 nm. Whiteness was determined based on the CIE whiteness index, following ISO 11475 standards. The yellowness index was evaluated in accordance with ASTM E313, where higher values indicate a greater degree of yellowing in the paper. Each optical property was tested five times to ensure the accuracy of the measurements, with the mean values used for further analysis.

Surface roughness was evaluated using a SurfTest SJ-201 roughness tester (Mitutoyo). The Ra, Rz and Rq values were measured over a length of 2 cm with a cut-off length of 0.8 mm. This test was performed to assess the impact of nanocellulose on surface quality, which is critical for printing applications. The rougher surfaces exhibit higher Ra values, indicating lower printability. Five replicates were tested per sample, and the mean Ra values were recorded for analysis.

Statistical Analysis

Pearson correlation analysis was conducted using SPSS to determine the relationships between nanocellulose concentration levels (CNF and CNC) and the mechanical, optical, and surface properties of the recycled paper. Pearson's correlation coefficients (r) were used to evaluate the strength and direction of the linear relationships between the variables, with significance levels set at $p < 0.05$. The analysis focused on identifying whether increasing concentrations of CNF and CNC resulted in significant improvements or detriments in the properties of the recycled newspaper.

Statistical significance was set at $p < 0.05$. Additionally, the signal-to-noise ratios (S/N ratios) were calculated for key performance indicators to evaluate the robustness of the results using the Taguchi method, based on the assumption that "larger is better" for mechanical strength properties and "smaller is better" for surface roughness and yellowness.

RESULTS AND DISCUSSION

Mechanical Properties

The mechanical properties, including tensile strength, burst strength, and tear resistance, were evaluated, and the results are presented in Table 1.

Table 1. Effect of CNF and CNC on the mechanical properties of recycled newspaper

Nanocellulose Cons. (%)	Tensile Strength (N)		Burst Strength (kPa)		Tear Resistance (gf)	
	CNF	CNC	CNF	CNC	CNF	CNC
0	51.4 (2.80)		2.44 (0.34)		10.0 (0.00)	
10	59.7 (2.48)	54.8 (2.98)	2.74 (0.55)	2.12 (0.31)	9.50 (0.58)	9.50 (0.56)
20	70.4 (2.54)	61.6 (2.19)	2.38 (0.27)	2.79 (0.25)	11.0 (0.62)	10.0 (0.58)
30	61.1 (2.39)	59.8 (2.32)	2.23 (0.29)	3.09 (0.15)	10.0 (0.59)	9.50 (0.47)

*Values in parentheses represent standard deviations

The mechanical properties of recycled newspaper, as influenced by the addition of CNF and CNC nanocellulose, demonstrate notable differences based on the nanocellulose type and concentration. The tensile strength results, as shown in the table, indicate that CNF nanocellulose provides a more pronounced improvement in mechanical strength, particularly at the 20% concentration level, where tensile strength peaks at 70.36 N. This improvement can be attributed to the ability of cellulose nanofibrils (CNFs) to form a more cohesive network within the paper matrix, enhancing fiber-fiber bonding. Previous studies, such as those by Hsieh et al., (2003), have reported similar findings, noting that CNFs are particularly effective at reinforcing recycled paper due to their high aspect ratio and surface area, which enable for greater interaction with the fibers.

In contrast, cellulose nanocrystals (CNCs) show less significant improvement in tensile strength across all concentrations, with a maximum value of 61.59 N at the 20% concentration level. While CNCs provide increased rigidity due to their high crystallinity, their shorter aspect ratio and lower entanglement capacity limit their ability to reinforce the fiber network as effectively as CNFs. However, beyond crystallinity, the rheological properties of the nanocellulose suspensions also play a crucial role in determining their reinforcement efficiency (Liu et al., 2017; Moberg et al., 2017; J. Xu et al., 2024). CNF suspensions exhibit shear-thinning and gel-like behavior, facilitating better interaction with fibers and leading to stronger inter-fiber hydrogen bonding (Ghosh et al., 2017; Jowkarderis & Van De Ven, 2014). In contrast, CNC dispersions behave more like colloidal suspensions, in which their lower viscosity and reduced interaction with fibers result in weaker stress transfer within the paper matrix (Oguzlu et al., 2017; Y. Xu et al., 2020). The reduced improvement in tensile strength observed with CNCs may therefore be attributed to a combination of lower fiber entanglement, weaker hydrogen bonding, and differences in suspension rheology, all of which influence how nanocellulose integrates into the recycled fiber network. This is consistent with findings from Bai et al., (2019) and Xu et al., (2013), who observed that CNCs, though rigid, do not provide the same level of inter-fiber bonding as CNFs due to their lower surface area and lack of fibrillar structure.

Furthermore, the burst strength values indicate that CNC performs better than CNF at higher concentrations, particularly at 30%, where a burst strength of 3.09 kPa was recorded. This finding aligns with research by Zeng et al., (2021), who suggested that the crystalline nature of CNCs contributes to the paper's resistance to out-of-plane forces, making them more suitable for enhancing burst strength. The tear resistance results, however, are more consistent across both nanocellulose types, with CNF slightly outperforming CNC at 20%, a reflection of the

greater flexibility and toughness imparted by CNFs, as noted in Hu et al., (2021), Jele et al., (2022) and Lu et al., (2017).

Table 1 shows that while tensile and burst strength improve, tear resistance does not follow the same trend. This discrepancy arises because tear resistance depends not only on fiber bonding but also on fiber flexibility and energy dissipation (Kärenlampi, 1996; Kärenlampi et al., 1996). CNF forms a dense network that increases stiffness, limiting fiber mobility and reducing energy absorption during tearing, while CNC's high crystallinity further restricts flexibility. Similar trends have been reported in the literature, where excessive nanocellulose addition has been shown to lead to brittle paper structures. To optimize tear resistance while maintaining strength, future studies could explore adjusted CNF concentrations, hybrid formulations, or modified processing techniques that balance bonding and flexibility.

Table 2 presents the results of the signal-to-noise ratio (S/N ratio) analysis for tensile strength, burst strength, and tear resistance, conducted to determine the optimal levels of CNF and CNC nanocellulose for enhancing mechanical properties. This analysis was performed as part of the Taguchi method, which is designed to help identify the most effective factors and their levels for improving paper strength while minimizing variability.

Table 2. Signal-to-Noise ratios for mechanical properties of recycled paper with CNF and CNC nanocellulose at different levels

Level	Tensile Strength (N)		Burst Strength (kPa)		Tear Resistance (gf)	
	CNF (%)	CNC (%)	CNF (%)	CNC (%)	CNF (%)	CNC (%)
1	35.00	35.52	8.109	7.545	19.76	20.09
2	35.51	34.75	8.392	6.268	19.52	19.52
3	36.91	35.57	7.406	8.839	20.83	20.00
4	35.49	35.50	6.821	9.768	20.00	19.52
Delta	1.91	0.82	1.571	3.501	1.31	0.57
Rank	1	2	2	1	1	2

The Taguchi analysis of tensile strength, burst strength, and tear resistance demonstrates that CNF nanocellulose consistently outperforms CNC in enhancing mechanical properties. For tensile strength, CNF shows the highest improvement at level 3 (36.91 N), while CNC's impact is more limited across all levels, peaking at 35.57 N at level 3. In burst strength, CNC exhibits a stronger effect at level 4 (9.768 kPa), whereas CNF peaks at level 2 (8.392 kPa), indicating that higher concentrations of CNC are more effective for burst strength. For tear resistance, both CNF and CNC perform similarly at level 3, but CNF slightly outperforms CNC with a maximum tear resistance of 20.83 gf at the same level. The ranking based on delta values confirms that CNF has a greater overall influence on tensile and tear resistance, while CNC has a stronger effect on burst strength.

Figure 1 presents the main effects plots for the Signal-to-Noise ratios (S/N ratio) derived from the Taguchi analysis, conducted to assess the influence of CNF and CNC nanocelluloses on tensile strength, burst strength, and tear resistance across different concentration levels. This analysis was performed to determine the optimal levels of nanocellulose for maximizing paper strength properties while minimizing variability.

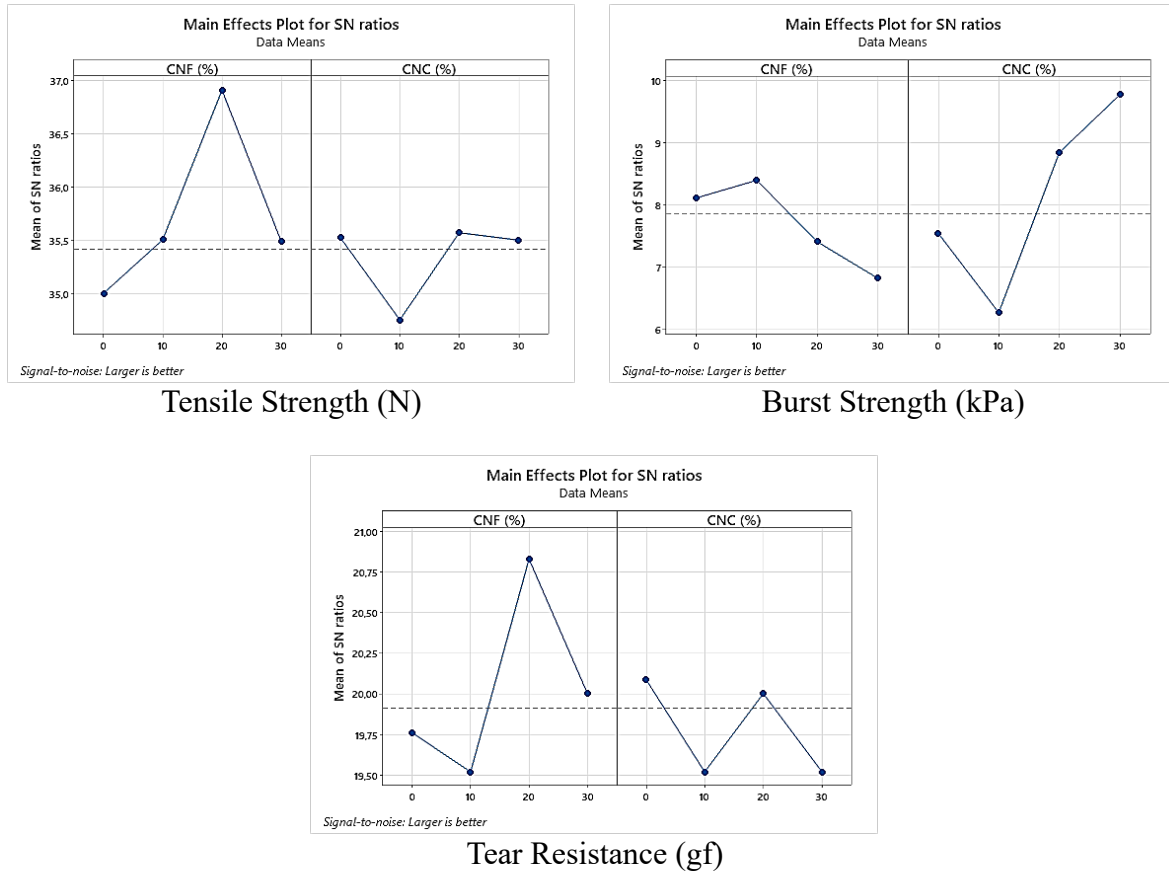


Figure 1. Mechanical properties: Main effects plots for Signal-to-Noise ratios of CNF and CNC nanocellulose at different concentration levels

The Taguchi analysis on tensile, burst, and tear strengths revealed distinct contributions from CNF and CNC nanocelluloses to paper strength. CNF showed a more significant effect, particularly at the 20% concentration level, where it achieved the highest improvements in tensile strength, as indicated by optimal signal-to-noise (S/N) ratios. CNC had a more limited impact, with moderate improvements at 20%, suggesting its effectiveness at lower levels. For burst strength, CNF again performed best at 20%, while CNC showed a stronger effect at 30%. The optimal combination for burst strength was found to be 20% CNF and 30% CNC. In tear resistance, CNF at 20% provided the highest improvement, while CNC's contribution was less significant. CNF outperformed CNC across all three strength parameters, particularly at 20%. While CNC's effect was more modest, concentrations between 20% and 30% still showed improvements in tensile and burst strength. The ideal combination to optimize strength properties is 20% CNF with 20-30% CNC.

The correlation analysis reveals that CNF has a moderate positive effect on both tensile strength ($r = 0.427$) and tear resistance ($r = 0.413$), indicating its role in enhancing fiber bonding and overall toughness. In contrast, CNC shows little impact on tensile strength ($r = -0.028$) and a negative correlation tear resistance ($r = -0.336$), but has a stronger positive correlation with burst strength ($r = 0.511$), suggesting its ability to improve the paper's out-of-plane resistance

Optical Properties

The optical properties, including whiteness, brightness, and yellowness, were evaluated, and the results are summarized in Table 3. The optical performance of recycled newspaper, as

influenced by CNF and CNC nanocelluloses, shows that both types of nanocellulose types affect these properties to varying degrees, exhibiting several notable trends.

Table 3. Effect of CNF and CNC nanocellulose on the optical properties of recycled newspaper at different concentrations

Nanocellulose Cons. (%)	Whiteness (ISO%)		Brightness (ISO%)		Yellowness (E313)	
	CNF	CNC	CNF	CNC	CNF	CNC
0	39.54 (0.35)		35.46 (0.40)		14.03 (0.31)	
10	38.26 (0.23)	37.76 (0.03)	34.25 (0.03)	33.87 (0.12)	13.66 (0.23)	14.00 (0.35)
20	36.89 (0.69)	36.86 (0.12)	33.25 (0.77)	33.10 (0.19)	13.43 (0.53)	13.62 (0.37)
30	36.56 (0.76)	36.29 (0.42)	32.94 (0.74)	32.58 (0.38)	13.50 (0.36)	13.68 (0.05)

*Values in parentheses represent standard deviations

For whiteness, the results in Table 3 show that the addition of both CNF and CNC nanocelluloses led to a reduction in the ISO whiteness values compared to the control sample. As the concentration of nanocellulose increased, the whiteness values decreased progressively. This effect can be attributed to the fact that nanocellulose, particularly at higher concentrations, tends to fill the paper's voids and reduce light scattering, which contributes to high whiteness in paper. However, the degree of whiteness reduction differs between CNF and CNC, indicating that their influence on optical properties is governed by distinct underlying mechanisms.

CNF exhibited a more pronounced decrease in whiteness compared to CNC, which can be explained by its gel-like nature and high aspect ratio, leading to the formation of a denser and more compact fiber network that further limits light scattering. The entangled structure of CNF also increases fiber bonding, which may contribute to a more uniform but less reflective paper surface. In contrast, CNC, due to its rigid, crystalline nature and lower tendency to form an extensive fiber network, results in a relatively smaller reduction in whiteness. CNC particles, being discrete and rod-like, do not contribute to network densification to the same extent as CNF, allowing for slightly better light diffusion. Previous studies (He et al., 2016; Tajik et al., 2018; Toivonen et al., 2018) have also reported that while CNFs improve mechanical properties, their compact structure leads to reduced whiteness, whereas CNC's impact on whiteness is less severe but still noticeable at higher dosages. These findings highlight the importance of optimizing nanocellulose concentration to balance mechanical improvements with acceptable optical performance, particularly for applications where brightness and whiteness are critical.

In terms of brightness, both CNF and CNC resulted in decreased brightness values as concentrations increased, with CNC showing a slightly better performance at the 30% concentration level. Brightness is closely linked to the reflectance of light, and the findings align with those of Sun et al., (2018), Toivonen et al., (2018) and Xu et al., (2013), who observed that cellulose nanocrystals (CNCs) generally exhibit higher transparency than CNFs, potentially allowing for a slight improvement in brightness retention. However, the reduction in brightness at higher nanocellulose levels suggests that while CNC may slightly outperform CNF in this aspect, both types of nanocellulose can reduce brightness due to their impact on the paper's surface uniformity and light reflection.

When examining yellowness, both nanocelluloses demonstrated a reduction in yellowness index, especially at the 20% CNF concentration, which exhibited the lowest yellowness value. This can be seen as a positive outcome, as lower yellowness is desirable for maintaining the paper's aesthetic quality. This finding aligns with studies by Campano et al., (2018), Li et al., (2021) and Sanchez-Salvador et al., (2020), which reported that nanocellulose could help minimize the degradation effects (such as yellowing) typically associated with recycled paper by improving the uniformity of the fiber matrix. The slightly higher yellowness observed with CNC at the 30% concentration level might be due to the greater crystalline structure of CNCs, which can result in less effective light diffusion and a more yellow appearance under certain conditions.

The analysis reveals that both CNF and CNC nanocelluloses significantly influence the optical properties of recycled paper, with CNF at a 20% concentration demonstrating the most balanced effect by effectively reducing yellowness while maintaining adequate levels of whiteness and brightness. These observations are consistent with established literature, which suggests that cellulose nanofibrils (CNFs) excel in applications where enhanced fiber bonding and minimized optical degradation are essential. In comparison, cellulose nanocrystals (CNCs) show a modest advantage in preserving brightness but exhibit less efficacy in controlling yellowness. This may be attributed to their highly crystalline structure, which improves transparency but results in reduced optical uniformity.

Table 4 presents the results of the signal-to-noise ratio (S/N ratio) analysis for the optical properties, including whiteness, brightness, and yellowness, of recycled paper containing varying concentrations of CNF and CNC nanocellulose.

Table 4. Signal-to-Noise ratios for optical properties of recycled paper with CNF and CNC nanocellulose at different levels

Level	Whiteness (ISO%)		Brightness (ISO%)		Yellowness (E313)	
	CNF (%)	CNC (%)	CNF (%)	CNC (%)	CNF (%)	CNC (%)
1	31.50	31.54	30.56	30.61	-22.82	-22.71
2	31.65	31.54	30.69	30.59	-22.71	-22.92
3	31.33	31.33	30.43	30.40	-22.57	-22.69
4	31.25	31.19	30.34	30.26	-22.61	-22.72
Delta	0.41	0.35	0.35	0.36	0.25	0.24
Rank	1	2	2	1	1	2

The analysis of the optical properties reveals that CNF nanocellulose outperforms CNC in enhancing both whiteness and reducing yellowness, with the highest S/N ratio for whiteness observed at level 2 (31.65) and the lowest yellowness at level 3 (-22.57). This suggests that CNF's fine fibrillar structure improves light scattering and minimizes yellowing, consistent with findings by Aydemir et al., (2021), Havenko et al., (2020), Lourenço et al., (2020a), Radić Seleš et al., (2020) and Toivonen et al., (2018). While CNC demonstrates comparable but slightly lower effectiveness in whiteness, its crystalline structure limits light scattering, and it shows a stronger effect on maintaining brightness, with the highest S/N ratio for brightness observed at level 2 (30.69). Overall, CNF has a greater impact on improving whiteness and reducing yellowing, while CNC performs moderately in maintaining brightness, aligning with previous studies on CNFs and CNCs.

Figure 2 presents the main effects plots for the Signal-to-Noise ratios (S/N ratio) derived from the Taguchi analysis, conducted to evaluate the influence of CNF and CNC nanocelluloses on whiteness, brightness, and yellowness across different concentration levels.

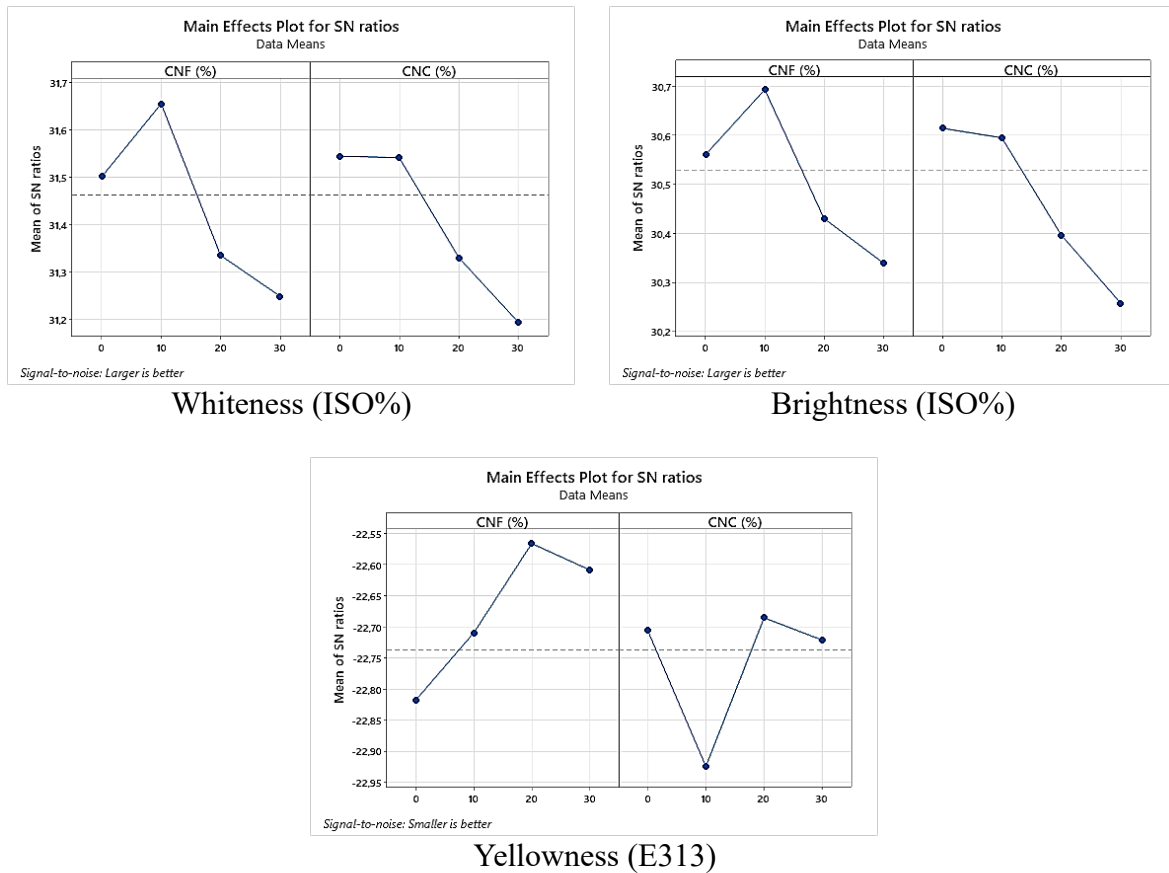


Figure 2. Optical properties: Main effects plots for Signal-to-Noise ratios of CNF and CNC nanocellulose at different concentration levels

The Taguchi analysis on the optical properties, including whiteness, brightness, and yellowness, demonstrated varying effects of CNF and CNC nanocelluloses at different concentrations. CNF exhibited a more significant influence on whiteness, particularly at 20% concentration level, where the highest S/N ratios were observed, indicating that CNF improves whiteness more effectively at this level. In contrast, CNC showed slightly lower but comparable improvements in whiteness, with the best performance at 10% concentration. For brightness, CNF and CNC demonstrated relatively similar trends, although CNC achieved the highest S/N ratios at 20%, suggesting its effectiveness in maintaining brightness. In terms of yellowness, CNF showed a stronger effect in reducing yellowness, especially at 20%, where the lowest values were recorded, whereas CNC had a more modest impact. Overall, CNF at 20% concentration provided the best balance across all optical properties, while CNC showed moderate effectiveness in maintaining brightness, particularly at lower concentrations.

The correlation analysis shows that CNF has a moderate negative impact on whiteness ($r = -0.321$) and brightness ($r = -0.274$), while also significantly reducing yellowness ($r = -0.416$), indicating its role in improving the visual quality by decreasing yellowness as its concentration increases. In contrast, CNC shows a stronger negative correlation with whiteness ($r = -0.471$) and brightness ($r = -0.487$), but exerts little effect on yellowness ($r = 0.023$). This suggests that

while CNC tends to reduce optical clarity, CNF is more effective in controlling yellowness, thus presenting a trade-off between different optical properties based on the nanocellulose type.

Surface Properties

Surface roughness, a critical parameter for printability, was analyzed to evaluate the effects of nanocellulose addition. Table 5 presents the surface roughness values (Ra, Rq, Rz) for recycled paper samples treated with varying concentrations (0%, 10%, 20%, and 30%) of CNF and CNC nanocelluloses.

Table 5. Surface properties (Ra, Rq, Rz) of recycled paper with different nanocellulose types and concentrations

Nanocellulose Cons. (%)	Ra		Rq		Rz	
	CNF	CNC	CNF	CNC	CNF	CNC
0	1.855 (0.04)		2.402 (0.14)		11.952 (0.58)	
10	1.864 (0.17)	2.177 (0.34)	2.425 (0.20)	2.701 (0.44)	12.715 (0.78)	13.584 (2.67)
20	2.028 (0.10)	2.113 (0.19)	2.591 (0.07)	2.642 (0.27)	12.686 (0.60)	12.517 (1.34)
30	1.691 (0.20)	1.780 (0.03)	2.196 (0.22)	2.379 (0.14)	12.198 (1.47)	13.221 (1.34)

*Values in parentheses represent standard deviations

The surface roughness parameters (Ra, Rq, and Rz) highlight the influence of CNF and CNC nanocellulose types and concentrations on recycled paper surfaces. In this study, CNF exhibited a reduction in surface roughness, particularly at the 30% concentration, where Ra and Rz values were lower than those for CNC. This suggests that CNF, at higher concentrations, promotes smoother surfaces by enhancing fiber bonding and distribution without significant agglomeration. These findings are in line with previous studies, such as that of Hu et al., (2021), which demonstrated that the long fibrillar structure of CNF helps bridge gaps between fibers, thereby reducing surface roughness (Ataeefard, 2014; Bai et al., 2019; Havenko et al., 2020; Lourenço et al., 2020b). CNC, while effective in other applications, showed higher roughness values in this context, indicating that it may not be as suitable for applications where surface smoothness is critical. This observation is consistent with the works of Aydemir et al., (2021), Li et al., (2021), Perdoch et al., (2022), Radić Seleš et al., (2020) and Sanchez-Salvador et al., (2020), who noted that CNC's rigid and crystalline nature can lead to a less uniform surface, especially at higher concentrations.

The Rz values further support this trend, with CNF displaying more stable and lower extreme surface variations compared to CNC. At higher concentrations (30%), CNC resulted in greater peaks and valleys on the surface, as evidenced by its higher Rz value. These results align with the study by Lourenço et al., (2019), which found that CNC can create a rougher surface due to its inability to conform to the fibrous structure as readily as CNF. In contrast, CNF's flexibility and ability to entangle with paper fibers allow for a more uniform and smooth surface finish, a characteristic emphasized by Guan et al., (2019) in their analysis of nanocellulose applications in paper coatings.

In line with these observations, CNF appears to be the more appropriate choice when minimizing surface roughness is the primary objective, particularly for applications like

packaging or printing, where smooth surfaces are essential. CNC, while valuable in reinforcing mechanical properties, may not perform as well in reducing roughness, especially at higher concentrations. These results emphasize the need to carefully select nanocellulose both the types and concentrations based on the specific performance requirements of the end product. The Pearson correlation analysis reveals a weak negative correlation between CNF concentration and Ra (-0.325), suggesting that increasing CNF concentration slightly reduces surface roughness, which supports findings by Perdoch et al., (2022), who observed similar reductions in roughness with increased CNF content.

The Taguchi analysis confirmed that 30% CNF yielded the lowest S/N ratios for surface roughness, indicating optimal printability at this concentration. The Ra values were reduced by 20% at 30% CNF compared to the control, showing that CNF effectively fills micro-voids and improves surface uniformity, an essential factor for applications requiring high-quality printing. This observation aligns with the work of Ozcan et al., (2021), who found that CNF's ability to reduce surface roughness makes it an ideal additive for improving printability in coated papers. CNC, on the other hand, exhibited a weaker negative correlation with Ra values ($r = -0.325$, $p > 0.05$), and the Taguchi analysis indicated that its effect on surface roughness was minimal across all concentration levels. The S/N ratios did not show significant improvement with increasing CNC concentrations, reinforcing the conclusion that CNF is the superior additive for improving surface smoothness and printability.

CONCLUSIONS

This study systematically evaluated the effects of cellulose nanofibrils (CNF) and cellulose nanocrystals (CNC) on the mechanical, optical, and surface properties of recycled newspaper, identifying the most effective concentrations for enhancing specific performance metrics. The findings highlight that CNF at a 20% concentration provides the most balanced improvement by significantly enhancing tensile strength, tear resistance, brightness, and reducing yellowness, making it a promising additive for applications requiring both durability and visual quality. Additionally, CNF substantially improved surface smoothness, which is particularly beneficial for printing and high-quality packaging applications. In contrast, CNC was most effective in improving burst strength at a 10% concentration but exhibited adverse effects on whiteness and brightness, limiting its suitability for applications where optical and surface quality are critical. While both nanocellulose types improved mechanical properties, CNF demonstrated a greater overall impact, positioning it as the more versatile and industrially relevant option for enhancing recycled newspaper quality.

From an industrial perspective, the economic feasibility of incorporating nanocellulose at high concentrations is a critical factor, as large-scale implementation requires a balance between performance gains and cost-effectiveness. While the study examined concentrations up to 30%, a more practical range for industrial implementation would be 5–15%, particularly for CNF, which provided notable improvements even at lower dosages. Furthermore, nanocellulose retention within the fiber network plays a crucial role in maximizing its reinforcing potential, and future studies should explore strategies such as optimized pulp chemistry, modifications to retention aids, or hybrid reinforcement approaches to enhance efficiency. Overall, CNF emerged as the superior nanocellulose type for improving mechanical, optical, and surface properties, while CNC, despite its benefits for burst strength, is better suited for applications where mechanical resilience is the primary concern. These findings provide valuable insights

into the scalable and cost-effective use of nanocellulose in recycled paper production, contributing to the advancement of sustainable and high-performance paper materials.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Mustafa Çiçekler: Conceptualization, Methodology, Data curation, Formal analysis, Writing - original draft. **Ahmet Tutuş:** Conceptualization, Methodology, Data curation, Formal analysis, Writing - original draft.

FUNDING STATEMENT

The study received no financial support.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

ETHICS COMMITTEE APPROVAL

This study does not require any ethics committee approval.

REFERENCES

- Abushammala, H., Masood, M. A., Ghulam, S. T., & Mao, J. (2023). On the conversion of paper waste and rejects into high-value materials and energy. *Sustainability*, 15(8), 6915. <https://doi.org/10.3390/su15086915>
- Ataeefard, M. (2014). Influence of paper surface characteristics on digital printing quality. *Surface Engineering*, 30(7), 529–534. <https://doi.org/10.1179/1743294414Y.00000000264>
- Aydemir, C., Kašikovic, N., Horvath, C., & Durdevic, S. (2021). Effect of paper surface properties on ink color change, print gloss and light fastness resistance. *Cellulose Chemistry and Technology*, 55(1–2), 133–139. <https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2021.55.14>
- Bai, L., Liu, Y., Ding, A., Ren, N., Li, G., & Liang, H. (2019). Surface coating of UF membranes to improve antifouling properties: A comparison study between cellulose nanocrystals (CNCs) and cellulose nanofibrils (CNFs). *Chemosphere*, 217, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.219>
- Balea, A., Fuente, E., Monte, M. C., Merayo, N., Campano, C., Negro, C., & Blanco, A. (2020). Industrial application of nanocelluloses in papermaking: A review of challenges, technical solutions, and market perspectives. *Molecules*, 25(3), 526. <https://doi.org/10.3390/molecules25030526>
- Balea, A., Merayo, N., Fuente, E., Negro, C., Delgado-Aguilar, M., Mutje, P., & Blanco, A. (2018). Cellulose nanofibers from residues to improve linting and mechanical properties of recycled paper. *Cellulose*, 25(2), 1339–1351. <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1618-x>

- Bárta, J., Hájková, K., Sikora, A., Jurczyková, T., Popelková, D., & Kalous, P. (2023). Effect of a nanocellulose addition on the mechanical properties of paper. *Polymers*, 16(1), 73. <https://doi.org/10.3390/polym16010073>
- Brancato, A., Walsh, F. L., Sabo, R., & Banerjee, S. (2007). Effect of recycling on the properties of paper surfaces. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 46(26), 9103–9106. <https://doi.org/10.1021/ie070826a>
- Campano, C., Merayo, N., Balea, A., Tarrés, Q., Delgado-Aguilar, M., Mutjé, P., Negro, C., & Blanco, Á. (2018). Mechanical and chemical dispersion of nanocelluloses to improve their reinforcing effect on recycled paper. *Cellulose*, 25(1), 269–280. <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1552-y>
- Dick, J. G., & Malvessi, E. (2022). Strategies for reuse and recycling of water and effluents in pulp and paper industries. *Research, Society and Development*, 11(13), e568111335950. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35950>
- Ghosh, A., Chauhan, I., Majumdar, A., & Butola, B. S. (2017). Influence of cellulose nanofibers on the rheological behavior of silica-based shear-thickening fluid. *Cellulose*, 24(10), 4163–4171. <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1440-5>
- Guan, M., An, X., & Liu, H. (2019). Cellulose nanofiber (CNF) as a versatile filler for the preparation of bamboo pulp based tissue paper handsheets. *Cellulose*, 26(4), 2613–2624. <https://doi.org/10.1007/s10570-018-2212-6>
- Havenko, S., Ohirko, M., Ryvak, P., & Kotmalova, O. (2020). Determining the factors that affect the quality of test prints at flexographic printing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(5 (104)), 53–63. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200360>
- He, M., Cho, B.-U., & Won, J. M. (2016). Effect of precipitated calcium carbonate—Cellulose nanofibrils composite filler on paper properties. *Carbohydrate Polymers*, 136, 820–825. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.069>
- Hsieh, C. T., Chen, J. M., Kuo, R. R., & Huang, Y. H. (2003). Formation and field-emission properties of carbon nanofibers by a simplified thermal growth. *Reviews on Advanced Materials Science*, 5, 459–463.
- Hu, F., Zeng, J., Cheng, Z., Wang, X., Wang, B., Zeng, Z., & Chen, K. (2021). Cellulose nanofibrils (CNFs) produced by different mechanical methods to improve mechanical properties of recycled paper. *Carbohydrate Polymers*, 254, 117474. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117474>
- Imani, M., Ghasemian, A., Dehghani-Firouzabadi, M. R., Afra, E., Gane, P. A. C., & Rojas, O. J. (2019). Nano-lignocellulose from recycled fibres in coatings from aqueous and ethanolic media: Effect of residual lignin on wetting and offset printing quality. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 34(2), 200–210. <https://doi.org/10.1515/npprj-2018-0053>
- Indarti, E., Abdul Rahman, K. H., Ibrahim, M., & Wan Daud, W. R. (2023). Enhancing strength properties of recycled paper with TEMPO-oxidized nanocellulose. *BioResources*, 18(1), 1508–1524. <https://doi.org/10.15376/biores.18.1.1508-1524>
- Jamnicky Hanzer, S., Lozo, B., & Barušić, L. (2021). Producing direct food packaging using deinked office paper grades—Deinkability and food contact suitability evaluation. *Sustainability*, 13(22), 12550. <https://doi.org/10.3390/su132212550>
- Jele, T. B., Lekha, P., & Sithole, B. (2022). Role of cellulose nanofibrils in improving the strength properties of paper: A review. *Cellulose*, 29(1), 55–81. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04294-8>

- Jowkarderis, L., & Van De Ven, T. G. M. (2014). Intrinsic viscosity of aqueous suspensions of cellulose nanofibrils. *Cellulose*, 21(4), 2511–2517. <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0292-5>
- Kärenlampi, P. (1996). The effect of pulp fiber properties on the tearing work of paper. *Tappi Journal*, 79, 211–216.
- Kärenlampi, P., Suur-Hamar, H., Alava, M., & Niskanen, K. (1996). The effect of pulp fiber properties on the in-plane tearing work of paper. *Tappi Journal*, 79, 203–209.
- Li, A., Xu, D., Luo, L., Zhou, Y., Yan, W., Leng, X., Dai, D., Zhou, Y., Ahmad, H., Rao, J., & Fan, M. (2021). Overview of nanocellulose as additives in paper processing and paper products. *Nanotechnology Reviews*, 10(1), 264–281. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2021-0023>
- Li, A., Xu, D., Luo, L., Zhou, Y., Yan, W., Leng, X., Dai, D., Zhou, Y., Ahmad, H., Rao, J., & Fan, M. (2021). Overview of nanocellulose as additives in paper processing and paper products. *Nanotechnology Reviews*, 10(1), 264–281. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2021-0023>
- Liu, C., Du, H., Dong, L., Wang, X., Zhang, Y., Yu, G., Li, B., Mu, X., Peng, H., & Liu, H. (2017). Properties of nanocelluloses and their application as rheology modifier in paper coating. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 56(29), 8264–8273. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b01804>
- Lourenço, A. F., Gamelas, J. A. F., Sarmento, P., & Ferreira, P. J. T. (2020a). A comprehensive study on nanocelluloses in papermaking: The influence of common additives on filler retention and paper strength. *Cellulose*, 27(9), 5297–5309. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03105-w>
- Lourenço, A. F., Gamelas, J. A. F., Sarmento, P., & Ferreira, P. J. T. (2020b). Cellulose micro and nanofibrils as coating agent for improved printability in office papers. *Cellulose*, 27(10), 6001–6010. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03184-9>
- Lourenço, A. F., Godinho, D., Gamelas, J. A. F., Sarmento, P., & Ferreira, P. J. T. (2019). Carboxymethylated cellulose nanofibrils in papermaking: Influence on filler retention and paper properties. *Cellulose*, 26(5), 3489–3502. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02303-5>
- Lu, Z., Hu, W., Xie, F., & Hao, Y. (2017). Highly improved mechanical strength of aramid paper composite via a bridge of cellulose nanofiber. *Cellulose*, 24(7), 2827–2835. <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1315-9>
- Małachowska, E., Dubowik, M., & Przybysz, P. (2023). Morphological differences between virgin and secondary fibers. *Sustainability*, 15(10), 8334. <https://doi.org/10.3390/su15108334>
- Mazega, A., Tarrés, Q., Aguado, R., Pèlach, M. À., Mutjé, P., Ferreira, P. J. T., & Delgado-Aguilar, M. (2022). Improving the barrier properties of paper to moisture, air, and grease with nanocellulose-based coating suspensions. *Nanomaterials*, 12(20), 3675. <https://doi.org/10.3390/nano12203675>
- Moberg, T., Sahlin, K., Yao, K., Geng, S., Westman, G., Zhou, Q., Oksman, K., & Rigdahl, M. (2017). Rheological properties of nanocellulose suspensions: Effects of fibril/particle dimensions and surface characteristics. *Cellulose*, 24(6), 2499–2510. <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1283-0>
- Oguzlu, H., Danumah, C., & Boluk, Y. (2017). Colloidal behavior of aqueous cellulose nanocrystal suspensions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 29, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2017.02.002>
- Okayama, T. (2002). The effects of recycling on pulp and paper properties. *Japan Tappi Journal*, 56(7), 986–992. <https://doi.org/10.2524/jtappij.56.986>

- Ozcan, A., Tozluoglu, A., Arman Kandirmaz, E., Tutus, A., & Fidan, H. (2021). Printability of variative nanocellulose derived papers. *Cellulose*, 28(8), 5019–5031. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-03861-3>
- Ozola, Z. U., Vesere, R., Kalnins, S. N., & Blumberga, D. (2019). Paper waste recycling. Circular economy aspects. *Environmental and Climate Technologies*, 23(3), 260–273. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2019-0094>
- Pego, M. F. F., Bianchi, M. L., & Yasumura, P. K. (2020). Nanocellulose reinforcement in paper produced from fiber blending. *Wood Science and Technology*, 54(6), 1587–1603. <https://doi.org/10.1007/s00226-020-01226-w>
- Pego, M. F. F., Bianchi, M. L., & Yasumura, P. K. (2020). Nanocellulose reinforcement in paper produced from fiber blending. *Wood Science and Technology*, 54(6), 1587–1603. <https://doi.org/10.1007/s00226-020-01226-w>
- Perdoch, W., Cao, Z., Florczak, P., Markiewicz, R., Jarek, M., Olejnik, K., & Mazela, B. (2022). Influence of nanocellulose structure on paper reinforcement. *Molecules*, 27(15), 4696. <https://doi.org/10.3390/molecules27154696>
- Radić Seleš, V., Bates, I., Plazonić, I., & Majnarić, I. (2020). Analysis of optical properties of laboratory papers made from straw pulp and coated with titanium dioxide white ink. *Cellulose Chemistry and Technology*, 54(5–6), 473–483. <https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2020.54.48>
- Sanchez-Salvador, J. L., Balea, A., Monte, M. C., Negro, C., Miller, M., Olson, J., & Blanco, A. (2020). Comparison of mechanical and chemical nanocellulose as additives to reinforce recycled cardboard. *Scientific Reports*, 10(1), 3778. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60507-3>
- Sharma, M., Aguado, R., Murtinho, D., Valente, A. J. M., Mendes De Sousa, A. P., & Ferreira, P. J. T. (2020). A review on cationic starch and nanocellulose as paper coating components. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 578–598. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.131>
- Sopelana, A., Auriault, C., Bansal, A., Fifer, K., Paiva, H., Maurice, C., Westin, G., Rios, J., Oleaga, A., & Cañas, A. (2021). Innovative circular economy models for the European pulp and paper industry: A reference framework for a resource recovery scenario. *Sustainability*, 13(18), 10285. <https://doi.org/10.3390/su131810285>
- Sun, X., Wu, Q., Zhang, X., Ren, S., Lei, T., Li, W., Xu, G., & Zhang, Q. (2018). Nanocellulose films with combined cellulose nanofibers and nanocrystals: Tailored thermal, optical and mechanical properties. *Cellulose*, 25(2), 1103–1115. <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1627-9>
- Tajik, M., Torshizi, H. J., Resalati, H., & Hamzeh, Y. (2018). Effects of cationic starch in the presence of cellulose nanofibrils on structural, optical and strength properties of paper from soda bagasse pulp. *Carbohydrate Polymers*, 194, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.026>
- Toivonen, M. S., Onelli, O. D., Jacucci, G., Lovikka, V., Rojas, O. J., Ikkala, O., & Vignolini, S. (2018). Anomalous-diffusion-assisted brightness in white cellulose nanofibril membranes. *Advanced Materials*, 30(16), 1704050. <https://doi.org/10.1002/adma.201704050>
- Tozluoğlu, A., & Fidan, H. (2023). Effect of size press coating of cationic starch/nanofibrillated cellulose on physical and mechanical properties of recycled papersheets. *BioResources*, 18(3), 5993–6012. <https://doi.org/10.15376/biores.18.3.5993-6012>
- Van Ewijk, S., Stegemann, J. A., & Ekins, P. (2020). Limited climate benefits of global recycling of pulp and paper. *Nature Sustainability*, 4(2), 180–187. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00624-z>

- Van Nguyen, S., & Lee, B.-K. (2021). Microfibrillated cellulose film with enhanced mechanical and water-resistant properties by glycerol and hot-pressing treatment. *Cellulose*, 28(9), 5693–5705. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-03894-8>
- Wanrosli, W. D., Zainuddin, Z., & Roslan, S. (2005). Upgrading of recycled paper with oil palm fiber soda pulp. *Industrial Crops and Products*, 21(3), 325–329. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.04.026>
- Wistara, N., Zhang, X., & Young, R. A. (1999). Properties and treatments of pulps from recycled paper. Part II. Surface properties and crystallinity of fibers and fines. *Cellulose*, 6(4), 325–348. <https://doi.org/10.1023/A:1009255808215>
- Xu, J., Wang, P., Zhou, Z., Yuan, B., & Zhang, H. (2024). Nonlinear oscillatory rheology of aqueous suspensions of cellulose nanocrystals and nanofibrils. *Journal of Rheology*, 68(4), 491–508. <https://doi.org/10.1122/8.0000808>
- Xu, X., Liu, F., Jiang, L., Zhu, J. Y., Haagenborn, D., & Wiesenborn, D. P. (2013). Cellulose nanocrystals vs. Cellulose nanofibrils: A comparative study on their microstructures and effects as polymer reinforcing agents. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 5(8), 2999–3009. <https://doi.org/10.1021/am302624t>
- Xu, Y., Atrous, A., & Stokes, J. R. (2020). A review of nanocrystalline cellulose suspensions: Rheology, liquid crystal ordering and colloidal phase behaviour. *Advances in Colloid and Interface Science*, 275, 102076. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102076>
- Yi, K., Fu, S., Yi, Z., Yang, X., & Lan, X. (2023). Nanocellulose and polysiloxane coatings for strength enhancement and oil-proof and hydrophobicity improvement of recycled pulp sheets. *BioResources*, 18(2), 2826–2841. <https://doi.org/10.15376/biores.18.2.2826-2841>
- Zeb, H., Hussain, M. A., Ahmed, I., Akram, M. S., Haider, B., Haider, R., Babar, Z. B., Saleem, R. M., Ahsan, A., Aziz, I., & Arif, M. (2021). Study of bleaching of old newsprint recycled paper: Reproduction of newspaper material. *Materials Research Express*, 8(8), 085305. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ac1ca9>
- Zeng, J., Zeng, Z., Cheng, Z., Wang, Y., Wang, X., Wang, B., & Gao, W. (2021). Cellulose nanofibrils manufactured by various methods with application as paper strength additives. *Scientific Reports*, 11(1), 11918. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91420-y>



İĞDIR ÜNİVERSİTESİ ŞEHİT BÜLENT YURTSEVEN YERLEŞKE'SİNİN KURAKÇIL PEYZAJ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Rıdvan TİK^{1,*}, Tuncay KAYA¹

¹Bahçe Bitkileri Bölümü, Iğdır Üniversitesi, Iğdır

*Sorumlu yazar: ridvan.tik@igdir.edu.tr

Rıdvan TİK: <https://orcid.org/0009-0008-1102-1743>

Tuncay KAYA: <https://orcid.org/0000-0002-9126-4567>

Please cite this article as: Tik, R. & Kaya, T. (2025) Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşkesi' nin kurakçıl peyzaj açısından değerlendirilmesi, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 141-156

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 14 Ocak 2025 / Received 14 January 2025

Düzeltilmelerin gelişi 25 Şubat 2025 / Received in revised form 25 February 2025

Kabul 9 Mart 2025 / Accepted 9 March 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ÖZET: Peyzaj çalışmalarında kullanılan, su isteği yüksek bitki seçimleri ve yoğun olarak oluşturulan çim alanlar; küresel ısınma ve kuraklığın çok fazla etkisinin yaşandığı bu dönemde, sınırlı su kaynaklarının üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Bundan dolayı aşırı sulama isteyen klasik peyzaj yaklaşımı gibi yaklaşımların aksine daha az su kullanımı gerektiren kurakçıl peyzaj (Xeriscape) benzeri peyzaj yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinde bulunan bitkilerin kurakçıl peyzaj açısından incelenmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda çalışma sahasında kullanıldığı belirlenen 82 bitki taksonunun bilimsel adları ve Türkçe isimleri açıklanarak, bu taksonlar; yaprak tipi, yaşam formu, yaprak durumu ve su isteği açısından ele alınmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışma sahasında belirlenen 82 bitkiden; % 56 (48 takson) oranıyla ağaç ve ağaççıklar en büyük grubu oluşturmuş, % 39 (32 takson) oranıyla çalılar ve % 5 (4 takson) oranı ile sarılıcılar bunu takip etmiştir. Belirlenen bitki sayısının 26'sının doğal, 56'sının ise egzotik olduğu ve bu bitkilerden % 62'sinin (51 takson) yaprak döken, % 38'inin (31 takson) ise herdem yeşil olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca su isteği az olan 10 takson, su isteği az-orta olan 31 takson ve su isteği orta olan 28 bitki taksonu belirlenmiştir. Yerleşkedeki çim alanlarının ve çim karışımının kurakçıl peyzaj açısından uygun olmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak doğal taksonların sayısı ve su isteği az olan bitkilerin tercih edilmesi ve yoğun çim alanları yerine uygun yer örtücü taksonların kullanılması kurakçıl peyzaj açısından uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu çalışmanın; sürdürülebilir yeşil kent dokusunun oluşturulmasına katkıda bulunmak amacıyla kurakçıl peyzajın temel ilkelerini benimseyen kurağa dayanıklı, bölge ekolojisine uygun alternatif bitki taksonları ve sulama ile ilgili öneriler sunularak, yapılması planlanan diğer kurakçıl peyzaj çalışmalarına yön vermesi öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Iğdır üniversitesi, kurakçıl peyzaj, doğal bitkiler.

EVALUATION IN TERMS OF XERISCAPE IN İĞDIR UNIVERSITY SEHİT BÜLENT YURTSEVEN CAMPUS

ABSTRACT: In this period of global warming and drought, the selection of plants with high water demand and intensively created grass areas used in landscaping works increase the pressure on limited water resources. Therefore, in contrast to approaches such as classical landscaping approaches that require excessive irrigation, there is a need for landscape approaches such as arid landscaping (Xeriscape) that require less water use. In this study, it was aimed to examine the plants in İğdir University Şehit Bülent Yurtseven Campus in terms of arid landscape. In this context, the scientific names and Turkish names of 82 plant taxa used in the study area were explained and these taxa were examined in terms of leaf type, life form, leaf condition and water demand. As a result of the evaluations made, of the 82 plants identified in the study area; trees and shrubs constituted the largest group with 56% (48 taxa), followed by shrubs with 39% (32 taxa) and vines with 5% (4 taxa). It was determined that 26 (26 taxa) were native and 56 (56 taxa) were exotic and 62% (51 taxa) of these plants were deciduous and 38% (31 taxa) were evergreen. In addition, 10 taxa with low water demand, 31 taxa with low-medium water demand and 28 plant taxa with medium water demand were identified. It was determined that the grass areas and grass mixture in the campus are not suitable for arid landscaping. As a result, it was concluded that the number of natural taxa and the preference of plants with low water demand and the use of suitable ground cover taxa instead of dense grass areas would be appropriate in terms of arid landscape. In addition, it is envisaged that this study will give direction to other arid landscaping studies planned to be carried out by presenting suggestions on alternative plant taxa and irrigation, which adopt the basic principles of arid landscaping in order to contribute to the creation of a sustainable green urban fabric.

Keywords: İğdir university, xeriscape, natural plants.

GİRİŞ

Doğal kaynakların aşırı tüketimi, savurgan şekilde kullanımı ve aşırı baskılardan dolayı doğa, kendini yenileyemeyecek duruma gelmiştir. Kaynakların hor kullanımı ve çevre kirliliği gibi küresel sorunlar, doğanın kendini tamir etmesi ile yeniden doğması sürecinin zaman alacağını ve bu sürecin her bölgeye özgü farklılıklar göstereceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, günümüzün çevresel sorunlarının gelecekteki nesiller üzerinde de uzun süreli etkiler bırakacağı açıktır. Bu nedenle, derhal çözüm yolları geliştirilmesi ve bu çözümlerin hızlı bir şekilde uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır (Atıl et al., 2005).

Küresel ısınma ve çevresel sorunlar nedeniyle doğal kaynaklarımızdan olan kullanılabilir su giderek azalmaktadır. Mevcut kaynaklara erişim, dünyanın her yerindeki insanları etkileyen bir sorundur. Su kıtlığı, su kaynaklarının gelişigüzel kullanımının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Tüm canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için birincil ihtiyaç olan suyun değeri her geçen gün artmaktadır. Bunun sonucu olarak artık hayatımızda yeşil altyapı, su tasarrufu, geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi yeni ve çağdaş uygulamalar yer almaktadır (Altay & Uslu, 2022).

Son dönemde yaşanan kuraklığın yeşil alanlar üzerinde büyük bir etkisi olmuştur. Örneğin geleneksel peyzaj yaklaşımlarında bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarı kuraklık nedeniyle karşılanamaz hale geldiğinden bitki taksonları ve ürettikleri yeşil görüntü büyük ölçüde

kaybolmuştur. Sadece birkaç bitki türünün kuraklık sırasında bitkisel özelliklerini koruduğu tespit edilmiştir. Bu durum büyük çim alanların ve çok su isteyen bitkilerin kullanıldığı peyzaj çalışmalarıyla çelişmektedir. Bu nedenle “Xeriscape” gibi çok önemli bir yöntem peyzaj mimarlığı araştırmalarında giderek daha popüler hale gelmiştir. (Yazgan & Özyavuz 2008). Şehirlerdeki ana özelliklerden biri olan peyzaj, azaltılması gereken büyük miktarda su talep eden ve aynı zamanda şehirlerin güzelliğini kaybetmeden su tasarrufu sağlayan en önemli kullanım olarak kabul edilir. Sürdürülebilirliğini garanti altına almak için peyzaj tasarımında su tasarrufu sağlamak üzere oluşturulabilecek birçok kavram vardır. Bu kavramlardan en bilineni, özellikle kurak bölgelerde su tasarrufu sağlamak için ana ilkeleri uygulanarak gerçekleştirilebilecek olan kurakçıl peyzaj olan ‘xeriscape’dir (Al Halim, 2020).

Kurakçıl peyzaj, suyun etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayan yerel bitki taksonlarının tercih edilmesi, toprağın su tutma kapasitesinin artırılması, yerel iklim koşullarına uygun peyzaj unsurlarının seçilmesi gibi çeşitli stratejilerle şekillenir. Bu tür peyzaj tasarımları, sürdürülebilirlik ve çevre dostu uygulamaları benimsemesiyle günümüzün peyzaj mimarlığı için önemli bir alan haline gelmiştir. Ayrıca, kurakçıl peyzaj, şehirlerin su kaynaklarını koruma çabalarına katkıda bulunarak, suyun daha verimli kullanılması ve çevreye olan etkilerin azaltılması açısından büyük bir potansiyele sahiptir.

Peyzaj mimarlığında var olan su kaynaklarının verimli ve geri dönüşümlü olarak kullanımını benimseyen, su tasarruflu bir peyzaj yaklaşımı olan Xeriscape kavramı üzerine çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Kuraklığa dayanıklı peyzaj düzenlemesinde 7 ilke benimsenmiş olup, bu ilkelerden, uygun bitki türlerinin seçimi ve kuraklığa dayanıklı çim alanların oluşturulması en önemli ilkelerdir. Yeşil alanların sürdürülebilirliğini sağlamak için bitki seçimi yapılırken iklim koşulları başta olmak üzere bölgenin doğal yapı özelliklerinin bitkiler üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulmalıdır (Çetin & Mansuroğlu, 2018).

Xeriscape tarzı peyzajın, suyun daha etkin ve verimli kullanılmasını, zaman ve ekonomik olarak tasarruf sağlayan 7 prensibi bulunur. Bunlar; a) Uygun planlama ve projelendirme, b) Toprak hazırlığı (Toprağın su tutucularla desteklenmesi), c) Uygun bitki seçimi (Doğal ve kuraklığa uygun bitkilerin tercih edilmesi), d) Çim sahalarının oluşturulması, e) Etkin sulama, f) Malç uygulaması, g) Uygun bakımdır (Çorbacı et al., 2011).

Bu ilkeler bağlamında bitkilerin su ihtiyacını en aza indirmek ya da çeşitli yöntemlerle su tasarrufu sağlamak, suyun daha az kullanılmasını sağlar. Daha az su kullanımı ileride oluşabilecek kuraklık sorununu ortadan kaldırır ve su ihtiyacını azaltır. Çalışmalarda yer alacak bitkilerin kuraklığa dayanıklı olması kurakçıl peyzaj için çok önemlidir (Aksoy et al., 2022). Kurakçıl peyzaj çalışmalarında etkin ve verimli sulama sağlamak için bölgelemeye uygun sulama sistemlerinin kullanımı büyük önem taşır. Basınçlı tam veya yarı otomatik sulama, damla sulama ve yağmurlama sistemleri, bu tür projelerde tercih edilmelidir. Zorunlu durumlarda ise kontrollü manuel sulama yapılabilir, ancak vahşi sulamadan kaçınılmalıdır. Yapay zekâ teknolojilerinin gelişimiyle, bitkilerin su talepleri belirlenerek uygun zaman ve miktarda su verilmesi sağlanabilmektedir. Sulama, bölge ve iklim koşullarına göre değişiklik göstermekle birlikte, yaz aylarında 1-2 gün arayla, kış aylarında ise 7-10 günde bir yapılmalı, suyun kök sistemlerine daha hızlı ulaşması ve buharlaşma kayıplarının önlenmesi amacıyla sabah erken saatlerde, akşam ya da gece saatlerinde gerçekleştirilmelidir. Bu yöntemler, kurakçıl peyzaj çalışmalarının verimliliğini artırmada kritik bir rol oynamaktadır (Çorbacı & Özyavuz, 2024). Bundan dolayı peyzaj mimarlığı çalışmalarında çok su isteyen bitkiler yerine az su isteyen bölgeye uygun doğal taksonların seçilmesi, bitki taksonlarının su

gereksinimlerinin dikkate alınması, her bitki için uygun sulamanın sağlanması ve geniş çim alanlarının tercih edilmesi yerine daha az su isteyen yer örtücülerin seçilmesi gibi birçok yaklaşım ortaya atılmıştır (Oğuztürk & Bayramoğlu, 2020; Çilek, 2022; Kavuran & Yılmaz, 2022).

Bu çalışmanın amacı, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinde peyzaj projesi kapsamında dikilen bitkilerin kurakçıl peyzajın 7 ilkesinin içinde yer alan bitki seçimi ve etkin sulama açısından değerlendirilmesidir. Kurakçıl peyzaj açısından yerleşke alanı toprak, hidroloji ve iklim açısından incelenmiş, kurakçıl peyzaj ile ilgili veriler elde edilmiş, detaylı bir kaynak taraması yapılmış, farklı faktörlere göre bitki listesi hazırlanmış, yorumlanmış ve bazı önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca bu çalışmanın benzer ekolojik özelliklere sahip alanlarda gerçekleştirilmesi planlanan diğer kurakçıl peyzaj tasarımlarında su yönetilebilirliğinin sağlanması ile estetik ve fonksiyonel peyzaj uygulamalarına yol gösterici olması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın ana materyalini 2017-2025 yılları arasında Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinde açık yeşil alanlarına Peyzaj Projesi kapsamında dikimi ve bakımı yapılan ve 8 yıl içerisinde aşamalı olarak adaptasyonu sağlanmış peyzaj tasarımında kullanılan bitkiler oluşturmaktadır. Çalışmalar için düzenli olarak her mevsimde yerleşke alanında gözlemler yapılarak spor alanları, refüjler, giriş düzenlemeleri, rekreasyon alanları, oturma-dinlenme alanlarındaki peyzaj tasarımında kullanılan bitkiler yerinde incelenmiş ve düzenli bakımları yapılmıştır.

Çalışma Alanı

Iğdır'da bulunan ilk yükseköğretim kurumu, Kars Kafkas Üniversitesi'ne bağlı Iğdır Meslek Yüksekokulu olup 1995 yılında kurulmuştur. 2006 yılında Kafkas Üniversitesine bağlı olarak Iğdır Ziraat Fakültesi kurulmuş ve ardından 2008 yılında Iğdır Üniversitesi adı altında bağımsız bir üniversite kurularak diğer birimler buraya bağlanmıştır. 2014 yılında ise Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'si hizmet vermeye başlamıştır. Yerleşke içerisinde çok sayıda bina tesis edilmiş ve bu alanların peyzaj projesi tamamlanıp hizmete sunulmuştur. Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinin 2016 yılında başlanan peyzaj projesi 2020 yılında tamamlanmıştır (Şekil 1).

Yapılan toprak analizi ve gözlemler neticesinde yerleşke bölgesinin taşlı-çakıllı bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı peyzaj alanından yaklaşık 5 km uzaklıkta Karakuyu olarak bilinen köyün kenarından geçen Devlet Su İşlerine bağlı kanalların temizliği yapıldığı sırada kenara bırakılan birikinti toprak taşınarak, alanın peyzaj çalışmasında iyileştirici olarak kullanılmıştır.

Iğdır'da 1941 - 2023 arasında ortalama en yüksek sıcaklık; Haziran ayında 29.6°C, Temmuz ayında 33.4°C, Ağustos ayında 33.2°C ve Eylül ayında 29.0°C' dir. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması ise Haziran ayında 31.5 mm, Temmuz ayında 13.9 mm, Ağustos ayında 9.5 mm ve Eylül ayında 11.2 mm'dir (MGM, 2024). Iğdır'da yapılan çalışmalarda yağış miktarının düşük olduğu ve Türkiye'nin en az yağış alan ili olarak belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde farklı metotlara göre kurak ve yarı kurak özellikler göstermektedir. Bundan dolayı peyzaj çalışmalarında ve tarım faaliyetlerde sulamayı önemli hale getirmektedir (Karaoğlu, 2011).



Şekil 1. Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinden Genel Görünüm

Yöntem

Araştırmada, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinde bulunan peyzaj projesi kapsamında dikilen bitkiler kurakçıl peyzaj açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla 2017-2025 yılları arasında gözlem ve bakımı yapılan ayrıca çalışma materyali olarak kabul edilen peyzaj tasarımında kullanılan bitkiler için 3 aşamalı bir yöntem tercih edilmiştir.

İlk olarak alanın doğal yapısal özellikleri (toprak, hidroloji ve iklim) ele alınmıştır. Bu kapsamda toprak analizi yapılarak, bölgenin toprak yapısı hakkında ön bilgi elde edilmiştir. İkinci aşama olarak; Davis (1965-1988), Akkemik (2014a) ve Akkemik (2014b) tarafından yapılan çalışmalar ışığında, sertifika bilgileri dikkate alınarak yerinde karşılaştırma ve tespiti yapılan taksonlara ait fotoğraflar çekilmiş, bitkilerin doğruluğu kayıt altına alınmıştır. Üçüncü aşamada ise yaşam formları, yaprak durumları, yaprak tipleri, bitki taksonları ve su istekleri; Baykan & Birişçi (2013), Yazıcı et al., (2014), Bayramoğlu (2016), Cengiz et al., (2017), Kısakürek et al., (2020), Corbaci & Bayramoglu (2021), Çorbacı & Ekren (2022), Çorbacı & Özyavuz (2024) ve Gür & Kahraman (2024) tarafından yapılan çalışmalar ışığında tespit edilmiş ve tablolar hazırlanmıştır. Bitkiler ağaç, ağaççık, çalı, sarmaşık ve çimler olmak üzere 4 başlık altına alınarak su istekleri analiz edilmiştir. Son olarak, kurakçıl peyzaj uygulamalarının uygunluğunu belirlemek için bitkilerin su ihtiyaçları göz önünde bulundurulmuştur. Su istekleri az, az/orta ve orta seviyede olan bitkiler, kurakçıl peyzaj için uygun olarak kabul edilirken, su ihtiyacı orta/çok veya çok seviyede olan bitkiler bu uygulama için uygun görülmemiştir. Ardından, yerleşkede kullanılan sulama sistemleri gözlem yoluyla ve yerinde tespitler yapılarak kurakçıl peyzajla uyumluluğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda, araştırma sahasının kurakçıl peyzaj prensiplerine uygunluğu, hem bitki taksonları hem de sulama sistemleri açısından incelenmiş ve buna göre öneriler geliştirilmiştir.

BULGULAR

Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinin peyzaj projesi kapsamında yapılan otomatik sulama projesinde yer alan 1000 m³ kapasitesinde 3 adet peyzaj deposu yapılmış ve bitkilerin su ihtiyaçları bu depolardan karşılanmıştır. Sondajlarla yerleşkenin ana deposuna alınan ham yer altı suyu oradan ana hatlar yardımıyla bu peyzaj depolarına dağılmaktadır.

Yerleşke bölgesi otomatik sulama projesi kapsamında; 3 sulama bölgesine ayrılmış, her deponun manevra odasına “ACC-99D Decoder” otomatik sulama sistemleri kurulmuş, 03:00 ve 18:00 saatlerinde olmak üzere günde iki kez çalışacak şekilde ayarlanarak sulama yapılmıştır. Çalı ve sarılıcılar ile çim alanlarının dışında dikilen ağaçlar damlama sistemleriyle sulanırken, çim alanları ve çim alanlarında dikilen ağaçlar alanın kullanım durumuna göre rotor ve sprink sistemleriyle sulanmaktadır. Sistemin istenilen saate sulamaya imkân vermesinden dolayı serin saatlerde sulamanın yapılabilmesi kurakçıl peyzaj açısından avantajlı bir durumdur.

Karakuyu civarından getirilen alüviyal topraktan alınan örnekte yapılan analizin sonucu dikkate alınarak Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sine taşınmış ve hem çim alanları oluşturalacak parterlere serilmiş hem de ağaç, çalı ve sarmaşıkların dikiminde dikim toprağı olarak kullanılmıştır. Ayrıca yerleşke alanından alınan toprak örnekleri de analiz edilmiş ve her iki toprağın sonuçları dikkate alınarak (Tablo 1) gübreleme işlemleri yapılmıştır.

Tablo 1. Taşınan Toprak ve Serilen Alanda Yapılan Toprak Analizleri

Arazi ve Ürün Bilgileri	Analiz Tipi	Sonuç	Durumu	Arazi ve Ürün Bilgileri	Analiz Tipi	Sonuç	Durumu
KARAKUYU (Taşınan Toprak)	Potasyum (K ₂ O) kg/da	211,7963	Yüksek	Yerleşke (Peyzaj Alanı)	Potasyum (K ₂ O) kg/da	103,3373	Yüksek
	Fosfor (P ₂ O ₅) kg/da	6,3147	Orta		Fosfor (P ₂ O ₅) kg/da	0,4065	Çok Az
	Kireç (%)	16,5771	Fazla Kireçli		Kireç (%)	8,3333	Orta Kireçli
	Organik Madde (%)	1,7647	Az		Organik Madde (%)	0,8786	Çok Az
	ToplamTuz (%)	0,0617	Tuzsuz		ToplamTuz (%)	0,0103	Tuzsuz
	pH	8,59	Kuvvetli Alkali		pH	8,8	Kuvvetli Alkali
	Saturasyon (%)	79,02	Killi		Saturasyon (%)	60,885	Killi Tınlı

Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinde yapılan çalışma neticesinde belirlenen ağaç, ağaççık, çalı ve sarılıcıların; bilimsel adları, Türkçe isimleri, yaşam formları, yaprak durumları, yaprak tipleri, bitki türleri ve suya gereksinimleri Tablo 2'de yer almıştır.

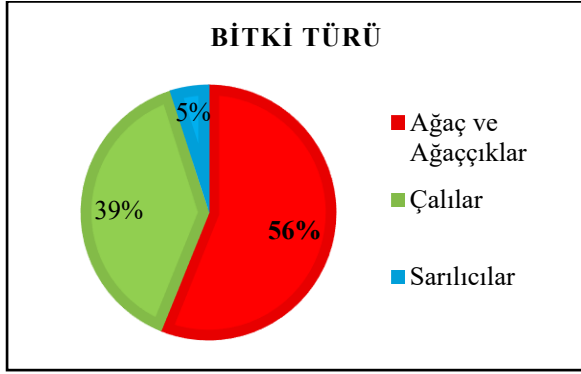
Tablo 2. Araştırma Alanında Tespit Edilen Bitki Taksonlarının Özellikleri (Baykan & Birişçi 2013; Yazıcı et al., 2014; Bayramoğlu, 2016; Cengiz et al., 2017; Kısakürek et al., 2020; Corbaci & Bayramoglu, 2021; Çorbacı & Ekren 2022; Çorbacı & Özyavuz 2024; Gür & Kahraman, 2024)

No	Bitkinin Bilimsel Adı	Türkçesi	Bitki Türü	Yaprak Durumu	Yaprak Tipi	Yaşam Formu	Su İsteği
AĞAÇ VE AĞAÇCIKLAR							
1	<i>Acer negundo</i> L.	Dişbudak yapraklı akçaağaç	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
2	<i>Acer negundo</i> L. 'Flamingo'	Alaca yapraklı akçaağaç	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
3	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Dağ akçaağacı	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta
4	<i>Acer saccharinum</i> L.	Gümüşü akçaağaç	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta-Çok
5	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Beyaz çiçekli atkeşanesi	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
6	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Kokar ağaç	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az
7	<i>Betula pendula</i> Roth.	Sığilli huş	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta-Çok
8	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	Katalpa	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
9	<i>Cedrus deodora</i> (Roxb.) Loud.	Himalaya sediri	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelili	Egzotik	Orta
10	<i>Cercis siliquastrum</i> L.	Erguvan	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta
11	<i>Cupressus arizonica</i> Greene 'Glaucua'	Mavi servi	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelili	Egzotik	Az
12	<i>xCuprocyparis leylandii</i> (A.B. Jacks. & Dallim.) Farjon	Leylandi melez servisi	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelili	Egzotik	Orta

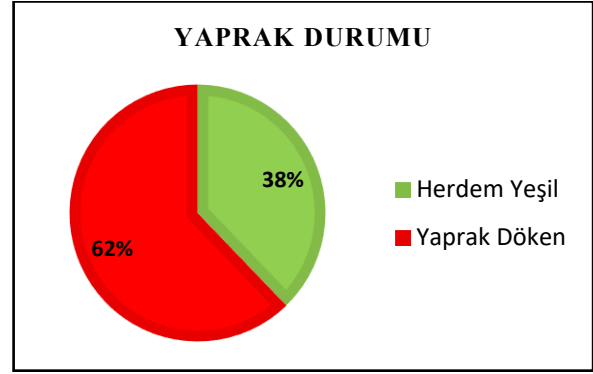
13	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Akdeniz servisi	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelî	Doğal	Az
14	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	İğde	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Az-Orta
15	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	Dar yapraklı dişbudak	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta
16	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Adi dişbudak	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta
17	<i>Fraxinus ornus</i> L. subsp. <i>ornus</i>	Çiçekli dişbudak	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta
18	<i>Ginkgo biloba</i> L.	Mabet ağacı	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az
19	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	Amerikan gladiyusu	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
20	<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.	Güvey kandi	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
21	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Oya ağacı	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
22	<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Japon kurtbağrı	Ağaççık	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
23	<i>Melia azedarach</i> L.	Tespih ağacı	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
24	<i>Malus floribunda</i> siebold ex. Van Houtte	Süs elması	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta-Çok
25	<i>Picea abies</i> L. Karst.	Avrupa ladini	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelî	Egzotik	Orta
26	<i>Picea orientalis</i> L.	Doğu ladini	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelî	Doğal	Orta-Çok
27	<i>Picea pungens</i> Engelm.	Mavi ladin	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelî	Egzotik	Orta
28	<i>Pinus brutia</i> Ten.	Kızılçam	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelî	Doğal	Az
29	<i>Pinus mugo</i> 'Mops'	Bodur dağ çamı	Ağaççık	Herdem Yeşil	İbrelî	Egzotik	Orta
30	<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold	Karaçam	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelî	Doğal	Az
31	<i>Pinus nigra</i> 'Pyramidalis'	Piramit karaçam	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelî	Doğal	Az
32	<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	Doğu mazısı	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelî	Doğal	Az
33	<i>Platanus orientalis</i> L.	Doğu çınarı	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta-Çok
34	<i>Populus nigra</i> L.	Karakavak	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta-Çok
35	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	Kiraz eriği	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
36	<i>Prunus cerasifera</i> cv. 'Pissardi Nigra'	Süs eriği	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
37	<i>Prunus serrulata</i> Lindl. 'Kanzan'	Süs kirazı	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
38	<i>Robinia hispida</i> L.	Pembe çiçekli akasya	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
39	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Yalancı akasya	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
40	<i>Robinia pseudoacacia</i> L. 'Umbraculifera'	Top akasya	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
41	<i>Salix babylonica</i> L.	Salkım söğüt	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Çok
42	<i>Salix caprea</i> 'Pendula'	Sarkık keçi söğütü	Ağaççık	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Çok
43	<i>Salix nigra</i> Marshall	Kara söğüt	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Çok
44	<i>Thuja occidentalis</i> L. 'Smaragd'	Smargat mazısı	Ağaç	Herdem Yeşil	İbrelî	Egzotik	Çok
45	<i>Tilia tomentosa</i> Moench.	Gümüşü ıhlamur	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Az-Orta
46	<i>Ulmus minor</i> Mill. 'Umbraculifera'	Top karaağaç	Ağaç	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta
ÇALILAR							
47	<i>Abelia x grandiflora</i> (Andre) Rehd.	Güzellik çalısı	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
48	<i>Berberis thunbergii</i> DC. 'Atropurpurea'	Kadın tuzluğu	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
49	<i>Buddleja davidii</i> Franch	Kelebek çalısı	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
50	<i>Buxus sempervirens</i> L.	Yaygın şimşir	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Doğal	Çok
51	<i>Chaenomeles speciosa</i> (Sweet) Nakai	Japonya ayvası	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
52	<i>Cornus alba</i> L. 'Sibirica'	Süs kızılçığı	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta-Çok
53	<i>Cornus stolonifera</i> Michx. 'Flaviramea'	Sarı gövdeli kızılçık	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta-Çok
54	<i>Cotoneaster coriaceus</i> Franch	Geç dağ muşmulası	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
55	<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne	Yaylıcı dağ muşmulası	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
56	<i>Cotoneaster lacteus</i> W.W.Sm.	Büyük dağ Muşmulası	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
57	<i>Euonymus japonica</i> Thunb. 'Aurea'	Altuni taflan	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
58	<i>Forsythia intermedia</i> Zabel.	Altın Çanak	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
59	<i>Gaura lindheimeri</i> Engelm. & A.Gray	Gavura çiçeği	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
60	<i>Hibiscus syriacus</i> L.	Mor çiçekli hatmi	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
61	<i>Juniperus horizontalis</i> Moench	Sürünücü ardıç	Çalı	Herdem Yeşil	İbrelî	Egzotik	Az-Orta
62	<i>Juniperus sabina</i> L.	Sabin ardıcı	Çalı	Herdem Yeşil	İbrelî	Doğal	Az-Orta
63	<i>Juniperus x media</i> Van Melle 'Mint Julep'	Yeşil ardıç	Çalı	Herdem Yeşil	İbrelî	Egzotik	Az-Orta
64	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	Lavanta	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Doğal	Az-Orta
65	<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk.	Oval yapraklı kurtbağrı	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
66	<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk. var. <i>Aureum</i>	Alacalı kurtbağrı	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
67	<i>Lonicera nitida</i> cv. Maigrun	Bodur hanımeli	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
68	<i>Photinia x fraseri</i> Dress 'Little Red Robin'	Alev çalısı	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
69	<i>Pyracantha angustifolia</i> (Franch.) CK Schneid	Dar yapraklı ateş diken	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
70	<i>Pyracantha coccinea</i> M. Roem.	Kızıl ateş diken	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Doğal	Az-Orta
71	<i>Rosa meilland</i> L.	Meyland Gülü	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta
72	<i>Spiraea x vanhouttei</i> (Briot) Zabel.	Beyaz çiçekli ispirya	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
73	<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S. F. Blake	İnci çalısı	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta

74	<i>Syringa vulgaris</i> L.	Leylak	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
75	<i>Thuja orientalis</i> L. 'Compacta Nana'	Top mazi	Çalı	Herdem Yeşil	İbrelili	Egzotik	Az
76	<i>Viburnum opulus</i> L.	Kartopu	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Doğal	Orta
77	<i>Viburnum tinus</i> L.	Defne yapraklı kartopu	Çalı	Herdem Yeşil	Geniş Yapraklı	Doğal	Az-Orta
78	<i>Weigela floribunda</i> (Sieb. & Zucc.) K. Koch.	Vangelya	Çalı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta
SARILICILAR							
79	<i>Campsis radicans</i> L.	Acem borusu	Sarılcı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
80	<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	Japon hanımeli	Sarılcı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az-Orta
81	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	Amerikan sarmaşığı	Sarılcı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Az
82	<i>Wisteria sinensis</i> DC.	Mor salkım	Sarılcı	Yaprak Döken	Geniş Yapraklı	Egzotik	Orta

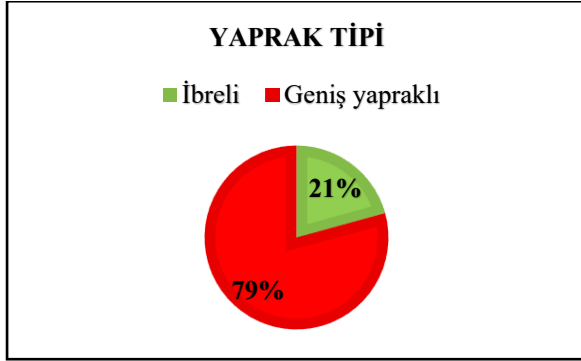
Çalışma kapsamında, yerleşke alanında toplam 82 bitki taksonu belirlenmiştir. Bu taksonların 46'sı ağaç-ağaççık, 32'si çalı ve 4'ü sarılcıdır (Şekil 2). Tespit edilen bitkilerin yaprak durumlarına bakıldığında 31'inin herdem yeşil 51'inin ise yaprak döken olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Yaprak tiplerine bakıldığında 17'sinin ibrelili ve 65'inin de geniş yapraklı olduğu görülmüştür (Şekil 4). Çalışma alanındaki bitkilerin yaşam formlarına bakıldığında ise 56 bitkinin egzotik ve 26 bitkinin de doğal bitkilerden olduğu belirlenmiştir (Şekil 5).



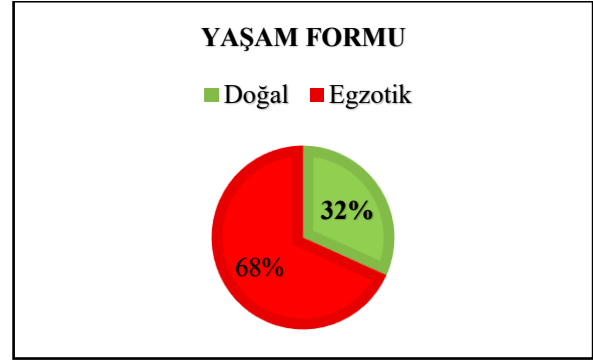
Şekil 2. Bitki Türleri



Şekil 3. Bitkilerin Yaprak Durumları

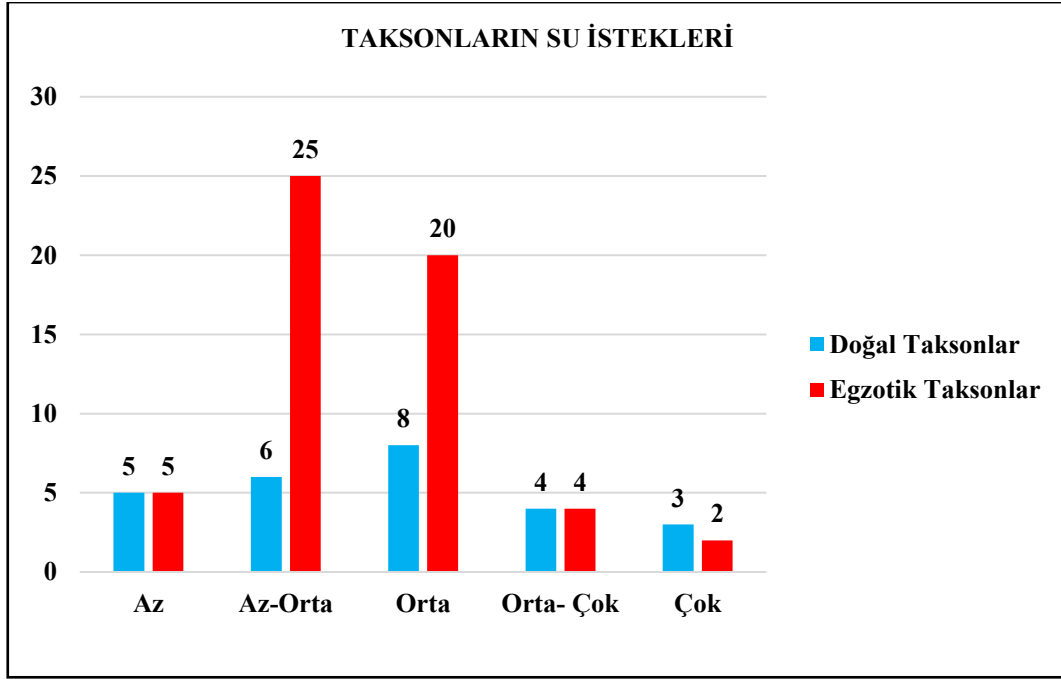


Şekil 4. Bitkilerin Yaprak Tipi



Şekil 5. Bitkilerin Yaşam Formları

Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşkesinde yapılan çalışma sonucunda belirlenen 82 bitki taksonunun su ihtiyaçları incelendiğinde (Şekil 6) 10 bitkinin az, 31 bitkinin az-orta, 28 bitkinin orta, 8 bitkinin orta-çok ve 5 bitkinin çok su ihtiyacına sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Yerleşkede Tespit Edilen Bitkilerin Su İstekleri

Doğal ve egzotik taksonların su isteklerine bakıldığında ise 26 doğal bitkiden; 5 bitkinin az, 6 bitkinin az-orta, 8 bitkinin orta, 4 bitkinin orta-çok ve 3 bitkinin su isteğinin çok olduğu belirlenmiştir. Egzotik bitkilerin su isteklerine bakıldığında ise 56 bitkiden; 5 bitkinin az, 25 bitkinin az-orta, 20 bitkinin orta, 4 bitkinin orta-çok ve 2 bitkinin çok su isteğine sahip olduğu çalışma sonucunda görülmektedir.

Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinde yapılan çalışma neticesinde çim taksonları tespit edilmiş ve 4'lü karışım tercih edildiği belirlenmiştir (Şekil 7). Belirlenen çim taksonlarının karışım oranları, bilimsel adları, Türkçe adları ve su istekleri Tablo 3'de verilmiştir. Serin iklim çim taksonlarının kullanıldığı ve çim alan miktarının çok fazla olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Araştırma Alanında Tespit Edilen Yer Örtücülerin Özellikleri (Karaca & Kuşvuran, 2012; Yazıcı et al., 2014; Kısakürek et al., 2020; Aksoy et al., 2022)

Yerleşkedeki Çim Alan Miktarı	No	Bitkinin Bilimsel Adı	Türkçe Adı	Bitki Türü	Su İsteği
167.000 m ²	1	<i>Lolium perenne</i> L. %25	İngiliz çimi	Çim	Yüksek
	2	<i>Festuca rubra rubra</i> L. %20	Kırmızı yumak	Çim	Az
	3	<i>Poa pratensis</i> L. %5	Çayır salkım otu	Çim	Yüksek
	4	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. %50	Kamışsı yumak	Çim	Az
5.745 m ²	5	<i>Festuca ovina</i> L. 'Glaucua'	Mavi yumak	Çim	Az



Şekil 7. Çim Alanlardan Bir Görünüm

TARTIŞMA

Yerleşke alanında kurakçıl peyzaj yaklaşımına uygun ağaç-ağaççık, çalı ve sarılıcı taksonların oranı % 84 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca egzotik taksonların yoğun olarak kullanılması kurakçıl peyzaj açısından istenmeyen bir durum olmakla birlikte, kullanılan egzotik türler arasında su isteği az olan bitkilerin tercih edilmesi olumlu bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir. Ancak doğal türlerin sayısının artırılması da ayrıca gereklidir. Çünkü sadece su açısından değil; gübre takviyesi, budama ve yabancı ot temizliği gibi genel bakım durumlarında da doğal türlerin sağladıkları avantajlar daha fazladır. Gür & Kahraman (2024) yaptıkları çalışmada Şanlıurfa kent yapısında değerli bir yere sahip olan bazı tarihi ve kültürel alanları kurakçıl peyzaj açısından değerlendirmişlerdir. Yapılan incelemelerde kurakçıl peyzaj yaklaşımına uygun tür oranının % 35 olduğunu tespit etmişlerdir. Alanlarda kullanılan *Atriplex halimus* L. ve *Berberis thunbergii* DC. bitki taksonlarının kurakçıl peyzaj için uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Kurakçıl peyzaj yaklaşımlarına uygun olmayan bitki türlerinin Şanlıurfa ili florasında var olan doğal bitki türleri ile kullanılması, alandaki kurakçıl peyzaja uygun tür sayısını artırılabilir. Elde edilen kombinasyonların su tüketiminin azaltılmasını ve sürdürülebilir peyzaj tasarımlarının gerçekleştirilmesini sağlayabileceğini öne sürmüşlerdir.

Çorbacı et al., (2011a) yaptıkları bir çalışmada; kurakçıl peyzaj çalışmalarının yapılacağı alanda toprak analizi yaparak alanın hangi tür bitkiler için uygun olduğunun tespit edilmesi, toprak analizi sonucunda toprağın iyileştirilmesi gerekiyorsa organik madde takviyesi yapılması, sulama ve drenaj sistemi kurulmadan ve dikim yapılmadan önce toprağın iyileştirilmesi gerektiği önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmamızda yapılan toprak analizleri ve saha gözlemlerine göre; yerleşke sahasının verimsiz, taşlık ve kurak bir alandan oluştuğu, toprağın su tutucu materyaller ve yeteri kadar mineral gübre içermediği, bu yönleri ile desteğe muhtaç olduğu değerlendirilmiştir. Sulama sistemlerinin yeterli kapasitede kurulduğu ancak mineral ve organik gübre takviyesinin yapılmasının da son derece önemli olduğu görülmüştür.

Çalışmanın yürütüldüğü yerleşke alanında, peyzaj sahasının su ihtiyacı yapılan otomatik sulama projesi kapsamında, üç farklı depoda kurulan otomatik sulama sistemleriyle

karşılanmaktadır. Bu sistem, bir otomatik sulama firması tarafından kurulmuş olup, sekiz yıldır kesintisiz olarak işletilmektedir. Yerleşkedeki sulama sistemi, üniversitenin Yeşil Alan Koordinatörlüğü tarafından düzenli olarak bakım ve yönetimi yapılmaktadır. Sistem, etkin ve verimli sulama kriterlerini karşılayacak şekilde tasarlanmış, kurulmuş ve yönetilmiştir. Tasarım, kurulum, yönetim ve bakım aşamaları, sulama etkinliğini maksimize etmek ve su kullanımını optimize etmek amacıyla titizlikle planlanmış ve uygulanmıştır. Bu kapsamlı yaklaşım, sulama sisteminin sürdürülebilirliğini sağlamakta ve üniversitenin peyzaj alanlarının sağlıklı bir şekilde korunmasına katkı sunmaktadır. Çalışma alanımızda kullanılan sulama tekniği ve ekipmanlar, literatürde önerilen yaklaşımlarla uyumlu olup (Çorbacı & Özyavuz 2024), suyun verimli kullanımını ve peyzajın sürdürülebilirliğini desteklemektedir.

Bayramoğlu et al., (2012) damla sulama sistemlerinin peyzaj alanlarında özellikle son yıllarda suyu daha faydalı kullanmak amacıyla tercih edildiğini belirtmişlerdir. Yerleşke de çalı ve sarılıcılar ile çim alanlarının dışında kalan sıralı ağaçlarda damlama sistemleri kullanılmıştır. Kurakçıl peyzajda minimum seviyede tutularak oluşturulan çim alanlarda etkin sulama çok önemlidir. Sulama sisteminin olmasıyla hem işçi maliyetinden tasarruf edilir hem de sudan tasarruf edilmektedir (Aybey, 2024). Kurakçıl peyzaj uygulamalarında bakımın temel amacı, sağlıklı bitki ortamları oluşturarak bu ortamların sürekliliğini sağlamaktır. Bu doğrultuda, sulama, budama, hastalık ve zararlılarla mücadele, gübreleme gibi bakım faaliyetleri düzenli olarak gerçekleştirilir ve bu işlemler, tasarımın kalitesini artırır. Doğru sulama sistemlerinin kurulması, su tasarrufu sağlarken, susuzluğa dayanıklı ve yerel bitki türlerinin kullanılmasıyla bakım ve iş gücü maliyetleri minimize edilecektir (Kaylı & Gölbey 2020). Bu yaklaşım, peyzajın sürdürülebilirliğini artırırken, çevresel ve ekonomik açıdan da verimli sonuçlar elde edilmesini sağlar. Çalışmada bitkilerin düzenli bakımı Iğdır Üniversitesi personeli tarafından gerçekleştirilmekte olup, gübre takviyesi, budama ve yabancı ot temizliği ile bitkilerin sağlıklı gelişimi için uygun koşullar sağlanmaktadır. Fakat kurakçıl peyzaj tasarımı ile çok az bakım gerektiren alanlar oluşturulması hedeflenir. Bu yaklaşım sayesinde zaman, enerji ve su gibi kaynaklardan tasarruf sağlanmış olur. Ancak çalışma alanımızda yüksek oranda insan işgücü kullanımı dikkat çekmektedir. Kurakçıl peyzaj uygulamalarında su tasarrufu yanında insan işgücü kullanımının da azaltılması önerilmektedir.

Yerleşke alanının 167.000 m² çim alanına sahip olması hem su tüketim miktarının gözler önüne sererken kurakçıl peyzaj açısından olumsuz bir durum ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca az su isteği olan *Festuca ovina* L. 'Glauc' 5.745 m² alana sahiptir. Alanda yoğun çim örtüsü kullanımı kurakçıl peyzaj için uygun olmayan bir durumdur. Kurakçıl peyzaj ilkelerine göre çim örtüsü peyzaj alanlarında geniş yüzeyler kaplamakta ve uygun kullanılmadığında büyük miktarlarda su tüketmektedir (Tülek, 2008). Çalışmada karışım oranı % 25 olarak tespit edilen İngiliz çimi, çimlerin yapımında en yaygın kullanılan türlerden biridir. Genellikle ömrü kısa olan çok yıllık bir bitkidir. Yapılan karışım arasından 3-4 yıl sonra gittikçe azalır. Çeşitlerin bazıları yazların nemli ve serin, kışların ise ılıman geçtiği alanlarda ömürleri uzundur. İngiliz çimi aşırı soğuktan, sıcaktan ve kuraklıktan çok zarar görür. Soğuğa dayanıklı çeşitleri bulunsa da hemen hemen tüm çeşitler aşırı sıcaktan ve kuraklıktan olumsuz etkilenmektedir. Gölge direnci oldukça zayıftır. Çalışmada karışım oranı % 5 olarak tespit edilen çayır salkım otu tüm dünyada en yaygın kullanılan uzun ömürlü çim bitkisidir. Rekabet gücü yüksek olan bu tür uygun şartlarda kök saplarıyla birlikte hızla yayılır. Serin ve nemli bölgelerde çok iyi yetişirken sıcak ve kurak dönemlerde büyümesi yavaşlar. Çok suya ihtiyacı olur ama sıcak dönemlerde sulamaya rağmen büyümesi yavaşlar. İlkbahar ve sonbaharda çok iyi bir yeşil alan oluştururken kış aylarında ise dayanıklıdır. (Açıkgöz, 1994). Bu bağlamda yerleşkedeki çim alanlarının %30'luk kısmını oluşturan İngiliz çimi ve çayır salkım otu kuraklığa dayanamadığından ve çok

su isteğinden dolayı yerleşkede özellikle yaz aylarında çim alanlarında sararmalar görülmektedir.

Çim türlerinden kamışsı yumak, diğer türlere kıyasla boyları daha uzun, daha büyük tekstürlü ve sert yapraklıdır. Bitki yumak şeklinde büyür ve çok yoğun çim örtüsü meydana getirir. Son yıllarda çim bitkisi olarak önemi artmıştır. Çok yıllık bir bitki olan kamışsı yumak, serin ve nemli alanlarda iyi yetişir. Derin kökleri sayesinde sığa ve kuraklığa diğer çim türlerine göre daha iyi dayanır. Diğer türlere göre Kurak dönemlerde daha uzun süre yeşil aksamını korur. Soğuklara karşı direnci düşüktür. Aşırı soğuklardan zarar görür (Açıkgöz, 1994). Çalışmada karışım oranı %50 olarak belirlenen kamışsı yumak çimi, kurak koşullarda daha uzun sürelerle yeşil kalabildiği gözlemlendiğinden, yerleşke alanındaki kullanımının uygun olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada karışım oranı % 20 olarak tespit edilen rizomlu kırmızı yumağın en olumsuz özelliği olarak sıcak stresine dayanıksız oluşu bildirilmiştir. Fakat gölgeli koşullara ve kuraklığa yüksek dayanımı ve ekonomik su kullanımından dolayı kurakçıl peyzaj düzenlemelerinde serin mevsim koşullarında yer verilmesi önerilmiştir (Karaca & Kuşvuran 2012). Çalışmada kullanım oranının düşük olması bir avantaj olarak değerlendirilmiştir. Ancak Iğdır iklim koşullarının özellikle yaz döneminde aşırı sıcak olduğu gerçeği dikkate alındığında bu oranın biraz daha düşürülmesinin çok daha iyi sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

Xeriscape düzenlemelerinde malç yaprak tabakası, saman veya organik maddeler gibi malzemeler kullanılmaktadır. Bu malç, toprak yüzeyini nemli tutarak, içeriğindeki organik maddeler sayesinde suyun bitkiye daha kolay nüfuz etmesini sağlar. Ayrıca, toprak üzerinde bitki için faydalı organizmaların ve yaşam ortamlarının korunmasına olanak tanır. Kullanılan malzemelerin belirli bir kalınlıkta ve yıl boyunca yerinde kalacak şekilde uygulanması önemlidir. Bu yöntem, suyun verimli kullanılmasına ve ekosistemin sürdürülebilirliğine katkı sağlar (Bayramoğlu, 2016). Kurakçıl peyzaj uygulamalarında kullanılan bitkiler için belirli bir kalınlıkta malç tabakası uygulanması gerekmektedir ve bu tabaka yıl boyunca yerinde kalmalıdır. Malç kullanımı, toprak yüzeyinin nemini koruyarak suyun buharlaşmasını engeller ve toprak içeriğini organik maddeyle zenginleştirir. Bu süreç, suyun bitkiye daha etkili bir şekilde nüfuz etmesini sağlar (Kaylı & Gölbeş 2020). Çalışma alanında rektörlük önündeki peyzaj alanında kullanılan küçük boyutlu ve renkli çakıl taşları, estetik ve fonksiyonel açıdan önemli bir rol oynamaktadır. Bu taşlar, malçlama işlevini yerine getirerek toprak yüzeyini korur, su buharlaşmasını azaltır ve toprak nemini muhafaza eder. Ayrıca, görsel açıdan alanın düzenini ve estetiğini iyileştirir. Çakıl taşlarının seçimi, hem peyzaj tasarımında görsel çeşitlilik yaratırken hem de ekolojik işlevsellik sağlayarak sürdürülebilir bir alan kullanımı sunmaktadır. Ayrıca yerleşkede biçilen çimler ağaç çanaklarına serilerek ağacın su kaybı minimize edilmekte ve yabancı ot çıkışı engellediği gözlemlenmiştir.

SONUÇ

Kurakçıl peyzaj, su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde sürdürülebilir ve estetik çözümler sunan bir tasarım yaklaşımını ifade eder. Aynı zamanda su tasarrufu sağlayan bitkiler, toprak düzenlemeleri, yerel flora ve fauna ile uyumlu tasarımlar gibi unsurlar üzerine odaklanarak çevreye duyarlı, estetik açıdan zengin ve işlevsel alanlar yaratır. Bu peyzaj tasarımı; kurak iklim koşullarına uyum sağlayarak, su kullanımını minimuma indirir ve ekosistem sağlığını korur. Bu açıdan bakıldığında Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinde

yapılan bu çalışma sonucunda belirlenen 82 taksondan 69'unun (% 84) su isteğinin az, az/orta veya orta olması, kurakçıl peyzaj bakımından önemli görülmektedir. Bu sonuca göre yerleşke alanı, kurakçıl peyzaj düzenleme yaklaşımına göre büyük oranda uygun bulunmuştur.

Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinde belirlenen 82 taksonun 26'sının doğal, 56'sının ise egzotik olduğu belirlenmiştir. Doğal bitkilerin kullanımı (% 32) sınırlı olmakla birlikte kullanılan egzotik bitki türlerinin su istekleri bakımından genellikle düşük düzeyde olanlar arasından seçildiği tespit edilmiştir. Bu durum olumlu bir yaklaşım olarak değerlendirilmiş olsa da bölgeye özgü doğal bitki taksonlarının kullanımının kurakçıl peyzaj uygulamalarının temelini oluşturduğu hususu gözden kaçırılmamalıdır. Yerli bitki taksonlarının genellikle az sulama gerektirdiği, yerel toprak ve iklim koşullarına iyi adaptasyon sağladığı, hastalık ve zararlılara karşı daha dayanıklı olduğu bilinmektedir. Ayrıca su ihtiyacı yüksek olan egzotik türler yerine estetik ve işlevsellik açısından bu bitkilerin yerini alabilecek doğal türlerin kullanılması ya da bu bitkilere kıyasla su ihtiyacı daha az olan taksonların kullanılması peyzaj çalışmalarında suyun daha verimli kullanılmasına olanak tanıyacaktır.

Acer saccharinum L., *Betula pendula* Roth., *Malus floribunda* siebold ex. Van Houtte, *Picea orientalis* L., *Platanus orientalis* L., *Populus nigra* L., *Cornus alba* 'Sibirica' ve *Cornus stolonifera* 'Flaviramea' su isteği orta/çok olan taksonlardır. *Salix babylonica* L., *Salix Caprea* 'Pendula', *Salix nigra* Marshall, *Thuja occidentalis* 'Smaragd' ve *Buxus sempervirens* L. su isteği çok olan taksonlar olarak tespit edilmiştir. Bu taksonlar yerine estetik ve fonksiyonel açıdan yer tutabilecek doğal taksonların kullanılması ya da bu bitkilere nazaran daha az su isteyen taksonların kullanılması peyzaj çalışmalarında suyun daha etkin kullanılmasına yardımcı olacaktır. Su isteği çok olan bu taksonlardan; *Thuja occidentalis* 'Smaragd' yerine *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Salix babylonica* L. ve *Salix nigra* Marshall, yerine *Koelreuteria paniculata* Laxm., *Salix caprea* 'Pendula' yerine *Morus alba* 'Pendula' ve *Buxus sempervirens* L. yerine *Euonymus japonica* Thunb. 'Aurea' tercih edilebilir.

Çim sahaları açısından yapılan incelemelerde ise; çalışma alanında yoğun olarak çim alanları oluşturulmuş bu durum kurakçıl peyzaj açısından uygun bulunmamıştır. Çim sahalarından ziyade, yer örtücü türlere daha fazla alan verilmesi önerilmiştir. Fakat oluşturulan çim sahalarında da serin iklim çim bitkileri tercih edilmiştir. Su gereksinimi yüksek olan çim bitkileri yerine, su gereksinimi düşük olan çim bitkileri kullanılmalıdır.

Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Yerleşke'sinde yeşil alan miktarı her geçen gün artmaktadır. Bundan dolayı yeni yapılacak peyzaj çalışmalarının kurakçıl peyzaj açısından uygun olması adına bazı öneriler sunulmuştur;

1. Yerleşke alanının iklim ve topoğrafik yapısına uygun planlamalar yapılmalıdır.
2. Yerleşke içerisinde sonraki peyzaj çalışmalarında kurakçıl peyzaj tasarım ilkeleri temel alınmalıdır.
3. Kurakçıl peyzaja uygun tasarımlar için bitkilerin su gereksinimleri dikkate alınmalı ve doğal bitki taksonları daha fazla tercih edilmelidir.
4. Toprak koşulları su tutucu takviyelerle iyileştirilmelidir.
5. Oluşturulan çim alanlarının bakımı kolay olmalı ve su isteği az olan çim taksonlarına yer verilmeli ya da su isteği az olan yer örtücüleri kullanılmalıdır.
6. Iğdır Türkiye'nin en az yağış alan ili olması sebebiyle çim türleri belirlenirken kurağa dayanıklı taksonların tercih edilmesi önerilmektedir (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. var.

dactylon (L.) Pers., *Festuca arundinacea* Schreber subsp. *arundinacea* Schreber, *Festuca arundinacea* (Schreb), *Festuca rubra* var. *rubra*).

7. Peyzaj çalışmalarında çim olarak tasarlanacak alanlar rekreasyonel aktiviteler için kullanılmayacaksa yer örtücülerin kullanılması daha doğru olacaktır.
8. Sulama rejimi, peyzaj alanının iklim özelliklerine ve mevcut bitkilerin su ihtiyacına göre düzenlenmelidir.
9. Su tasarrufu adına malç materyali kullanımı öne çıkarılabilir ve bu sayede buharlaşmanın önüne geçilerek su isteği azaltılabilir.

Sonuç olarak, kurakçıl peyzaj yaklaşımı, yalnızca kurak iklim bölgeleri için değil, tüm dünyada su kaynaklarının giderek daha değerli hale geldiği koşullar bağlamında, sürdürülebilir şehircilik uygulamalarının bir parçası olarak kabul edilmelidir. Gelecekte, kurakçıl peyzaj tekniklerinin daha geniş bir şekilde benimsenmesi hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağlayarak, sürdürülebilir bir yaşam alanı yaratılmasına katkıda bulunacaktır. Bu anlamda, peyzaj mimarlarının ve tasarımcılarının, su tasarrufu sağlayan stratejileri entegre etme ve kurakçıl peyzaj anlayışını yaygınlaştırma konusundaki sorumluluğu her geçen gün daha da artmaktadır. Ayrıca yoğun yeşil alanların olduğu üniversite yerleşkelerinin bu konuda öncü rol alması önemli görülmektedir.

FINANSAL DESTEK BEYANI

Çalışma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E. (1994). *Çim alanlar yapım ve bakım tekniği*. Çevre Ltd. Şti. Yayınları: 4, 1. Baskı, Ön-Mat A.Ş., Bursa, 203s.
- Akkemik, Ü. (2014a). *Türkiye'nin Doğal – Egzotik Ağaçları ve Çalıları I*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 736 sy.
- Akkemik, Ü. (2014b). *Türkiye'nin Doğal – Egzotik Ağaçları ve Çalıları II*. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 680 sy.
- Aksoy, O. K., Akdoğan, S., & Sünbül, V. (2022). Çankiri kenti örneğinde kent parklarının kurakçıl peyzaj açısından irdelenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1), 327-338.
- AlHalim, W. A. (2020). Xeriscape as an approach to save water in landscape projects. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 48(2), 287-301.

- Altay, B., & Uslu, A. O. (2022). A pioneering approach in urban landscape design against global climate/environmental problems in the cities of the future; Xeriscape. *Proceeding Book*, 172.
- Atıl, A., Gülgün, B., & Yörük, İ. (2005). Sürdürülebilir kentler ve peyzaj mimarlığı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2), 215-226.
- Aybey, R. (2024). *Bursa ili Nilüfer ilçesi'nde yer alan bazı parkların kurakçıl peyzaj tasarımı ilkeleri bakımından değerlendirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Bursa. 210s.
- Baykan, N. M., & Birişçi, T. (2013). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi bahçesi örneğinde sürdürülebilir peyzaj tasarımı yaklaşımıyla Xeriscape, V. *Süs Bitkileri Kongresi*, 6(09), 523-529.
- Bayramoğlu, E., Demirel, Ö., & Işık, B. Ö. (2012). Peyzaj Alanlarında Randımanlı Su kullanımında Damla Sulamanın Önemi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 2(5).
- Bayramoğlu, E. (2016). Sürdürülebilir peyzaj düzenleme yaklaşımı: KTÜ Kanuni Kampüsü'nün xeriscape açısından değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2), 119-127.
- Cengiz, B., Dağlı, P. K., & Yiğittekin, S. (2017). Peyzaj ekonomisi açısından peyzaj ve süs bitkileri fidanlık işletmelerine yönelik sektörel bir analiz. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2), 50-62.
- Çetin, N., & Mansuroğlu, S. (2018). Akdeniz koşullarında kurakçıl peyzaj düzenlemelerinde kullanılabilecek bitki türlerinin belirlenmesi: Antalya/Konyaaltı örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(1), 11-18.
- Çilek, M. Ü. (2022). Kurakçıl peyzaj tasarımının yedi basamağı: Arizona Eyalet Üniversitesi Kampüsü. *ArtGRID-Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 4(2), 222-239.
- Corbaci, O. L., & Bayramoglu, E. (2021). Drought tolerant landscape design approach example of RTE Campus. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(11), 11948-11955.
- Çorbacı, Ö. L., & Ekren, E. (2022). Kentsel Açık Yeşil Alanların Kurakçıl Peyzaj Açısından Değerlendirilmesi Ankara Altınpark Örneği. *Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi*, 4(1), 1-11.
- Çorbacı, Ö. L., Özyavuz, M., & Yazgan, M. E. (2011). Peyzaj mimarlığında suyun akıllı kullanımı: Xeriscape. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 25-31.
- Çorbacı, Ö. L., Ertekin, M., & Özyavuz, M. (2011). Kurak ve Yarı kurak Alanlarda Peyzaj Mimarlığı Uygulamaları, Kurak ve Yarı Kurak Alan Yönetimi Çalıştayı, 5-8 Aralık 2011, Ürgüp, Nevşehir, Türkiye, 2011.
- Çorbacı, Ö. L., & Özyavuz, M. (2024). Kentsel açık yeşil alanlarda kurakçıl peyzaj (xeriscape) çalışmaları, İnce, K. *Kentsel Yeşil Alanların Sürdürülebilir Yönetimi*, 109-171.
- Davis, P.H. (1965–1988). *Flora of Turkey and East Aegean Islands (I–XI volumes)*. Edinburgh Üniversitesi Press, Edinburgh.
- Gür, N., & Kahraman, Ö. (2024). Şanlıurfa kent dokusunda önemli yere sahip bazı tarihi ve kültürel alanların kurakçıl peyzaj açısından değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(1), 447-457.
- Karaoğlu, M. (2011). Zirai meteorolojik açıdan Iğdır iklim etüdü. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(1), 97-104.
- Karaca, E., & Kuşvuran, A. (2012). Çankırı kenti peyzaj düzenlemelerinde kullanılan bazı bitkilerin kurakçıl peyzaj açısından değerlendirilmesi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 19-24.
- Kavuran, D., & Yılmaz, R. (2022). Kurakçıl peyzaj çalışmalarında uygun bitki türü seçimi: Süleymanpaşa, Tekirdağ örneği. *Peyzaj*, 4(2), 69-91.

- Kaylı, A., & Gölbe, A. G. (2020). Yeşil altyapı ve yeşil bina bileşeni olarak kurakçıl peyzaj uygulamaları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(2), 303-311.
- Kısakürek, Ş., Oğuz, H., & Yılmaz, M. B. (2020). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ) Avşar Yerleşkesi'nin kurakçıl peyzaj açısından değerlendirilmesi. *ArtGRID-Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 2(2), 110-121.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler/istatistik.aspx?k=A&m=Igdir>/Erişim Tarihi 25.12. 24.
- Oğuztürk, G. E., & Bayramoğlu, E. (2020). Kurakçıl peyzaj açısından Rize sahil parkının incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 10(21), 13-24.
- Tülek, B. (2008). Xeriscape” kurakçıl peyzaj. *Yüksek Lisans Semineri, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Yazıcı, N., Dönmez, Ş., & Şahin, C. K. (2014). Isparta kenti peyzaj düzenlemelerinde kullanılan bazı bitkilerin kurakçıl peyzaj tasarımı açısından değerlendirilmesi. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 14(2), 199-208
- Yazgan, M. E.; Özyavuz, M., (2008). *Xeriscape (Kuru Peyzaj) Peyzaj mimarlığında yeni bir sistem*. Basılmamış ders notları, Ankara.



IMPACT OF POPULATION GROWTH AND INDUSTRIAL PRODUCTION ON THE ECOLOGICAL CRISIS: A PANEL DATA ANALYSIS OF BRICS-T COUNTRIES

Tuğba KONUK¹, Zülküf AYDEMİR^{2*}, Emre BABUR³

¹İktisat Bölümü, İİBF, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

²İşletme Bölümü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep Üniversitesi

³Orman fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

*Corresponding author: zaydemir@ksu.edu.tr

Tuğba KONUK: <https://orcid.org/0000-0002-7381-4131>

Zülküf AYDEMİR: <https://orcid.org/0000-0003-0393-4557>

Emre BABUR: <https://orcid.org/0000-0002-1776-3018>

Please cite this article as: Konuk, T., Aydemir, Z. & Babur, E. (2025). Impact of population growth and industrial production on the ecological crisis: A panel data analysis of BRICS-T countries. *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 157-167.

ESER BİLGİSİ /ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 14 Mart 2025 / Received 14 March 2025

Düzeltilmelerin gelişi 11 Nisan 2025 / Received in revised form 11 April 2025

Kabul 16 Nisan 2025 / Accepted 16 April 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ABSTRACT: This study, the impact of population growth and industrial production on the ecological crisis is examined by utilizing data from BRICS-T countries (Brazil, Russia, India, China, South Africa, and Türkiye) covering the period between 2000-2020. The dataset includes carbon dioxide (CO₂) emissions, population, and greenhouse gas emissions originating from industrial production. The data employed in the analysis were obtained from the World Bank database were utilized, and econometric modeling was conducted by logarithmically transforming both dependent and independent variables. The findings indicate that a 1% increase in population growth leads to a 0.4454% rise in CO₂ emissions, while a 1% increase in greenhouse gas emissions from industrial production results in a 0.2468% increase in CO₂ emissions. These results highlight the significant role of population expansion and industrial activities in environmental sustainability. The study contributes to the academic literature and provides insights for future research. Additionally, the findings are expected to inform policymakers in designing effective environmental policies and sustainable development strategies for BRICS-T countries.

Keywords: Greenhouse Gas Emissions, Sustainability, Kuznets Curve, Economic Growth, Ecologic balance

NÜFUS ARTIŞI VE ENDÜSTRİYEL ÜRETİMİN EKOLOJİK KRİZE ETKİLERİ: BRICS-T ÜLKELERİ ÜZERİNE PANEL VERİ ANALİZİ

ÖZET: Bu çalışmada, BRICS-T ülkeleri (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye) için 2000-2020 yılları arasındaki sera gazı emisyonu, nüfus ve endüstriyel üretimden kaynaklı sera gazı emisyonu verileri incelenerek, nüfus artışı ve endüstriyel üretimin ekolojik kriz üzerindeki etkisi analiz edilmektedir. Araştırma kapsamında, Dünya Bankası veri tabanından elde edilen veriler kullanılmıştır. Analiz sürecinde, veri setindeki bağımlı ve bağımsız değişkenlerin logaritması alınarak ekonometrik modelleme gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bulguları, nüfus oranlarında meydana gelen %1’lik bir artışın CO₂ emisyonlarını %0.4454 oranında artırdığını, endüstriyel üretime bağlı sera gazı salınımindaki %1’lik bir artışın ise CO₂ emisyonlarını %0.2468 oranında yükselttiğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, nüfus artışı ve endüstriyel üretimin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinin göz ardı edilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Çalışmanın, akademik literatüre katkı sunması ve sonraki araştırmalara rehberlik etmesi hedeflenmektedir. Ayrıca elde edilen bulguların, BRICS-T ülkelerinin çevre politikalarının oluşturulması ve sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin belirlenmesi süreçlerinde politika yapıcılara referans niteliği taşıması beklenilmektedir.

Anahtar kelimeler: Sera Gazı Emisyonu, Sürdürülebilirlik, Kuznets Eğrisi, Ekonomik Büyüme, Ekolojik denge

INTRODUCTION

Industrialization has evolved in various forms throughout civilization, gaining significant momentum with the Industrial Revolution and accelerating further with modern technological advancements. Key factors in the development of industrialization include capital availability, energy resources, raw material supply, technological capabilities, transportation infrastructure, marketing strategies, and the efficient utilization of human resources. The availability and management of these factors directly influence the sustainability and expansion of industrial activities. Since the Industrial Revolution, rapid population growth and increasing industrial production have exerted substantial pressure on ecosystems, posing serious threats to environmental sustainability on a global scale. As population growth intensifies, human-induced environmental impacts—such as increased fossil fuel consumption, excessive exploitation of natural resources, and the uncontrolled accumulation of industrial waste—continue to escalate. These activities lead to climate change, disrupt ecological balance, and exacerbate ecological crises, including biodiversity mitigation and ecosystem degradation (Meadows et al., 1972; Steffen et al., 2015; Nations, 2022; Dindaroğlu et al., 2023).

The origins of the ecological approach can be traced back to Ancient Greece; however, its conceptual emergence in the scientific literature began in the mid-19th century. The term 'modern ecology' was first systematically introduced by the German biologist Ernst Haeckel in 1866 (Haeckel, 1866). In general, ecology is defined as a scientific discipline that examines the interactions between living organisms and their surrounding environment (Odum & Barrett, 1971). Beyond these biological interactions, ecology also emphasizes the stability and balance of natural ecosystems. In this context, ecological equilibrium refers to

the conditions that enable the coexistence of both biotic and abiotic components in a sustainable manner (Townsend et al., 2009). The deterioration of ecosystems leads to ecological degradation, and as these problems intensify, they can culminate in ecological crises (Özkan, 2017).

The balance of ecosystems can be disrupted by external interventions, leading to the emergence of environmental challenges. Human activities—particularly industrialization, urbanization, and the overexploitation of natural resources—have significantly intensified ecological problems (Meadows et al., 1972). The escalating frequency and severity of ecological crises have heightened public awareness of environmental issues and fostered a search for sustainable solutions. Mitigating ecological crises, preserving natural ecosystems, and ensuring sustainability are crucial for the future of humanity (Dindaroğlu, 2021). In this context, ecological approaches serve as the foundation of environmental sustainability. In recent years, climate change and ecological crises have emerged as some of the most pressing global challenges. Since the Industrial Revolution, accelerated fossil fuel consumption, unchecked population growth, and increased industrial production have raised atmospheric carbon dioxide (CO₂) concentrations to 420 ppm, contributing to record-breaking global temperatures (Ercan & Özdemir, 2023).

Population growth is one of the main factors affecting the economic and social structure. The size and dynamics of the population create direct and indirect effects on industrial production, and in this context, contribute to the shaping of the economic functioning in the region (Coskun, 2023). According to the population theory published by Thomas Robert Malthus in 1798, while the population increases in a geometric series as 1, 2, 4, 8, 16, 32..., foodstuffs increase in an arithmetic series as 1, 2, 3, 4, 5, 6... (Malthus, 1798; 2023). The continuous increase in the world population and the continuation of countries' economic growth processes lead to the deepening and compounding of ecological problems. In other words, it has caused the consumption of more resources in nature. In this context, one of the most important studies in the literature examining the relationship between environmental degradation and economic growth is the study published by Simon Kuznets in 1955, which addresses the injustice in income distribution. Also, Kuznets stated that environmental pollution will increase in the initial stages of economic growth, but when per capita income exceeds a certain threshold, individuals and states will become more sensitive to the environment and tend to take precautions (Kuznets, 1955). Based on this hypothesis, in the 1990s, Grossman and Krueger reconsidered Kuznets' approach based on the relationship between income distribution and economic growth within the framework of environmental factors, as environmental problems became increasingly important. Thus, they analyzed the effects of economic growth on the environment and explained this relationship with the concept of the Environmental Kuznets Curve (EKC). This model suggests that environmental pollution initially increases during the economic development process, but after a certain income level, pollution tends to decrease as environmental sensitivity increases (Grossman & Krueger, 1991).

The Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis indicates an inverted U-shaped relationship between per capita income and certain environmental pollution indicators (Figure 1). According to this hypothesis, environmental pollution tends to increase during the early stages of economic development due to industrialization, urbanization, and rising energy consumption. However, as economic growth progresses, it is anticipated that pollution levels will decline due to increased environmental awareness, improved regulatory frameworks, and

the adoption of cleaner technologies. The EKC hypothesis is rooted in the original Kuznets Curve concept, which describes a similar relationship between income inequality and economic development (Kuznets, 1955). Today, the EKC hypothesis serves as a key theoretical foundation for understanding the interplay between economic growth and environmental sustainability. The EKC hypothesis describes the relationship between economic development and environmental degradation. In the early stages of economic growth and industrialization, environmental concerns are often overlooked, leading to increased pollution. However, as income levels rise, public awareness of environmental issues tends to grow, prompting governments to implement policies aimed at pollution reduction and sustainable environmental management (Panayotou, 1995; Grossman & Krueger, 1995).

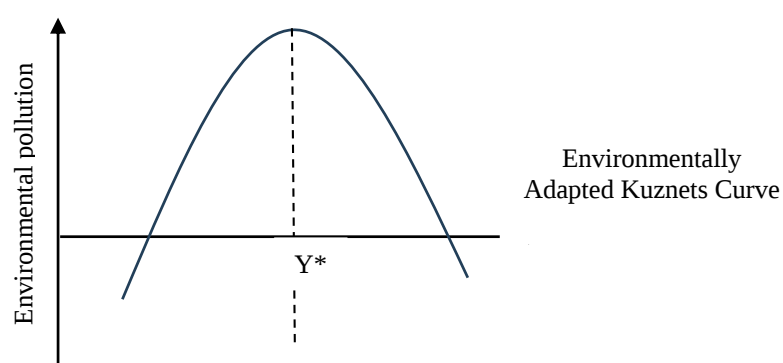


Figure 1. Environmental Kuznets Curve (EKC) Source: (Panayotou, 1993), Reshaped by the Authors.

The aim of this study is to investigate the effects of population growth and industrial production growth on the ecological crisis using panel data analysis using greenhouse gas emission data from the World Bank for the BRICS-T (Brazil, Russia, India, China, South Africa and Turkey) countries between 2000-2020 on greenhouse gas emissions from CO₂, total population and industrial production. Such research plays a crucial role in enabling countries to develop sustainable energy strategies and ecosystem-based environmental policies. The findings of this study will provide insights into the environmental impacts of renewable energy sources within the framework of sustainable development goals, emphasizing the necessity of implementing holistic policies that integrate environmental considerations.

MATERIAL AND METHODS

Within the scope of the study, the effects of population growth and industrial production on CO₂ emissions in BRICS-T countries (Brazil, Russia, India, China, South Africa and Turkey) were examined using panel data analysis using data between 2000-2020. Panel data analysis is a powerful method that combines both temporal and cross-sectional dimensions and has the advantage of taking into account the heterogeneity between countries (Baltagi, 2008). The analysis was carried out by taking logarithmic transformations of the dependent and independent variables in the study. The data were obtained from the World Bank, and the variables and their sources are presented in Table 1.

Table 1. Defining Variables

Variables	Explanation	Data Year Range and Source
LCO	Logarithmic Total Greenhouse Gas (CO ₂) Emission	2000-2020, World Bank
LNU	Logarithmic Total Population	2000-2020, World Bank
LEND	Logarithmic Greenhouse Gas (CO ₂) Emission from Industrial Production	2000-2020, World Bank

The equation with logarithmic transformations is shown in equation 1 below:

$$LCO_{it} = \beta_0 + \beta_1 LNU_{it} + \beta_2 + LEND_{it} + v_{it} \quad (1)$$

BRICS-T countries were considered in the model used in the study.

$i=(1...6)$ and $(t= 2000...2020)$

Here, i represent countries and t represents years. Panel data regression analysis was used in estimating the model and various tests were used in model selection.

RESULTS AND DISCUSSION

Before starting the research analyses, the F test and Breusch-Pagan LM test were first applied to determine whether there was a unit and/or time effect in the panel data model (Breusch & Pagan, 1980; Wooldridge, 2010).

According to the F test results, the presence of unit and/or time effects was accepted in the model with a probability value less than 0.05 (Table 2). Similarly, the Breusch-Pagan LM test result showed that the classical model was not suitable. The Hausman test was applied to determine whether fixed or random effects were suitable in the model. According to the Hausman test ($p=0.79>0.05$), since there was no correlation between the explanatory variables and the error term, it was concluded that the random effects model was suitable (Hausman, 1978).

Table 2. Panel Data Regression Analysis Estimator Tests

	Statistical Values	Probability Values
F Test	70.91*	0.000
LM Test	573.22*	0.000
Hausman Test	0.46*	0.7958

“*” indicates 0.05 significance level.

After estimating the model, diagnostic tests were conducted to assess potential econometric issues. The results of the Levene's, Brown-Forsythe, and Levene (1960) tests indicated the presence of heteroscedasticity (Brown & Forsythe, 1974). Additionally, the Baltagi-Wu test was employed to detect autocorrelation, revealing the presence of autocorrelation in the model (Baltagi & Wu, 1999). Furthermore, the Friedman test was conducted to examine inter-unit correlation, confirming the existence of cross-sectional dependence Table 3.

Table 3. Heteroskedasticity, Autocorrelation and Inter-Unit Correlation Test Results

Heteroskedasticity Test		
	X^2	Prob. value
W0	32.2866*	0.000
W50	8.5576*	0.000
W10	25.1441*	0.000
Autocorrelation Test		
Modified Bhargavavd.Durbin Watson		0.9126
Baltagi –Wu LBI		0.1311
Inter-Unit Correlation Test Results		
	χ^2	Prob. value
Friedman Test	18.511*	0.0024

Since problems such as heteroskedasticity, autocorrelation and inter-unit correlation may cause deviations in the model estimates, robust estimates were obtained by using the Driscoll-Kraay robust estimator (Driscoll-Kraay, 1998). The Driscoll-Kraay estimator results are presented in Table 4.

Table 4. Driscoll- Kraay Robust Estimator Results

	Coefficient	DriscollKraaySt	t	P> t
LNU	0.4454	0.1812	2.46	0.023
LEND	0.2468	0.0251	9.82	0.000
Constant	-0.8559	1.5048	-0.57	0.576
Prob.	0.000			

According to the Driscoll-Kraay estimator, the effects of population and industrial production on CO₂ emissions are statistically significant. A 1% increase in population increases CO₂ emissions by 0.4454%, while a 1% increase in industrial production increases CO₂ emissions by 0.2468%. These findings are consistent with the literature emphasizing the environmental impacts of population and industrial production (Grossman & Krueger, 1995; Shahbaz et al., 2013). The increasing effect of population growth and industrial production on CO₂ emissions in BRICS-T countries is found to be statistically significant. These findings emphasize the importance of environmental sustainability policies and reveal that industrial policies should be shaped by considering environmental impacts.

Numerous studies have investigated the relationship between energy consumption, greenhouse gas emissions, economic growth, population growth, and environmental pollution—particularly carbon emissions (CO₂)—across various country groups and time periods using panel data analysis methods. These studies have focused on the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) countries, China, Pakistan, Indonesia, BRICS-T (Brazil, Russia, India, China, South Africa, and Turkey), the four Turkic Republics (Kazakhstan, Azerbaijan, Kyrgyzstan, Uzbekistan), the E7 (China, India, Brazil, Russia, Indonesia, Turkey, and South Africa), and several other nations (Hamilton & Turton, 2002; Lee & Chang, 2008; Zhang & Cheng, 2009; Sharma, 2011; Ahmet & Long, 2012; Aşıcı, 2013; Ergün & Polat, 2015; Karakaş, 2016; Özşahin et al., 2016; Erden, 2019; Majeed & Mazhar, 2019; Ilham, 2021; Çelik Bayram, 2022; Yesbolovave et al., 2024; Han, 2024; Wang & Xu, 2025).

Findings from these studies highlight significant cross-country variations in environmental degradation drivers, with rapid population growth, increasing energy demand, declining fossil fuel quality, and economic growth being key contributors. However, some scholars have nuanced these relationships. For instance, Lee and Chang (2008) found a strong long-term positive relationship between energy consumption and economic growth, emphasizing that reductions in energy consumption could negatively impact economic growth. This underscores the critical need for sustainable energy policies. In contrast, Zhang and Cheng (2009) reported that energy consumption and carbon emissions in China do not directly affect economic growth, suggesting that the country can enhance its energy and environmental policies without jeopardizing economic expansion in the long run.

Sharma (2011) adopted a differentiated approach by examining the effects of GDP and energy consumption across income levels, revealing that the impact of economic determinants varies by income group. Similarly, Aşıcı (2013) and Karakaş (2016) determined that income growth generally exacerbates environmental pressure, particularly in middle-income countries. While rising income levels were found to reduce deforestation, they simultaneously increased carbon emissions and mineral extraction. Majeed and Mazhar (2019), in their study covering 131 countries from 1971 to 2017, analyzed the environmental implications of financial development. Their findings suggest that while financial development has the potential to improve environmental quality, factors such as energy consumption, foreign direct investment, and economic growth contribute to environmental degradation, supporting the "pollution haven" hypothesis. Furthermore, Ilham (2021) analyzed data from 31 provinces in Indonesia between 2011 and 2019, examining the effects of economic development, population density, and vehicle ownership on environmental degradation. The study confirmed that these three factors significantly increase pollution levels and emphasized the necessity of transitioning to a green economy model.

CONCLUSION

In this study, the effects of population growth and industrial production on the ecological crisis in the BRICS-T countries (Brazil, Russia, India, China, South Africa and Turkey) in the period 2000-2020 were examined using panel data analysis. The findings show that both variables increase CO₂ emissions at a statistically significant level. It was determined that a 1% increase in the population rate increases CO₂ emissions by 0.4454%, and a 1% increase in greenhouse gas emissions due to industrial production increases CO₂ emissions by 0.2468%. These findings show that population dynamics and industrialization processes constitute a critical pressure element on environmental sustainability. Although the findings of the study are consistent with the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis in the literature, it should not be ignored that this hypothesis may yield different results among countries. Considering that most of the BRICS-T countries are in the early stages of industrialization and economic growth, it is understood that scale and structural effects dominate, and technological effects have not yet come into play sufficiently. This situation indicates that the EKC assumption that environmental awareness will increase as income levels increase is not yet fully valid in these countries. The results, which are parallel to similar studies in the literature (Sharma, 2011; Çelik Bayram, 2022), confirm the central role of population and industrial activities in environmental degradation. In this context, it is crucial to implement sustainable development policies in BRICS-T countries without delay. Policymakers should

prioritize strategic actions such as urbanization policies that promote sustainable land use, family education programs to raise awareness of environmental issues, and regulations aimed at preserving green spaces. Additionally, transitioning to clean technologies in industrial production, implementing fiscal policies that incentivize renewable energy usage, and adopting energy efficiency strategies are essential for mitigating environmental degradation. Industrial policies should encourage sustainable production methods, while legal frameworks must be established to regulate and minimize carbon footprints. Furthermore, fostering national and international cooperation, as well as introducing mechanisms such as carbon taxes, will be instrumental in achieving long-term environmental sustainability.

This study acknowledges certain limitations, including the restriction of the dataset to the period 2000–2020 and the omission of other critical environmental indicators such as methane emissions and water pollution. Future research should address these gaps by incorporating a broader range of environmental variables, extending the study period, and exploring different country groups. Additionally, interdisciplinary approaches that integrate technological progress and institutional quality into the analytical framework will provide a more comprehensive understanding of environmental impacts. In conclusion, this study serves as a valuable reference for both policymakers and researchers, emphasizing that maintaining ecological balance and achieving sustainable development require urgent, globally coordinated efforts and multidimensional strategies.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization, T.K., Z.A. and E.B.; Methodology, T.K. and Z.A.; validation, C.B., A.G.B.M. and C.M.; formal analysis, T.K. and Z.A.; investigation, T.K. and Z.A.; data curation T.K. and Z.A.; writing—review and editing, T.K., Z.A. and E.B.; supervision, EB. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

DECLARATION OF FINANCIAL SUPPORT

No financial support was received for the study.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ETHICS COMMITTEE STATEMENT

An ethics committee statement is not required for this study.

REFERENCES

- Ahmed, K., & Long, W. (2012). Environmental Kuznets Curve and Pakistan: An Empirical Analysis. *Procedia Economics and Finance*, 1, 4-13. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(12\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(12)00003-2)
- Aşıcı, A. A. (2013). Economic growth and its impact on environment: A panel data analysis. *Ecological indicators*, 24, 324-333.
- Baltagi, B. H. (2008). Forecasting with panel data. *Journal of Forecasting*, 27(2), 153-173. doi: <https://doi.org/10.1002/for.1047>
- Baltagi, B. H., & Wu, P. X. (1999). Unequally spaced panel data regressions with AR (1) Disturbances. *Econometric Theory*, 15(6), 814-823. <http://www.jstor.org/stable/3533276>
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253. <https://doi.org/10.2307/2297111>
- Brown, M. B., & Forsythe, A. B. (1974). Robust tests for the equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*, 69(346), 364-367. <https://doi.org/10.2307/2285659>
- Coskun, S. (2023). Türkiye’de nüfus artışı ve ekonomik gelişme arasındaki ilişki. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 10(2), 313-329. <https://doi.org/10.17541/optimum.1296107>
- Çelik Bayram, F. (2022). Ekolojik krize nüfus artışı ve endüstriyel üretimin etkileri: OECD ülkeleri üzerine panel veri analizi. *Uluslararası Güncel Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 18-25.
- Dindaroğlu, T. (2021). Ekolojik yıkımın ve salgınların ardındaki gerçek; ekosistemik yabancılaşma mı?. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(1), 266-287. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.866874>
- Dindaroğlu, T., Boran, B., & Babur, E. (2023). Orman dışına çıkarılan alanların toprak özelliklerindeki uzun dönemli değişimlerin araştırılması: Adana, Karaisalı örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 7(2), 284-302. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1297012>
- Driscoll, J. C., & Kraay, A. C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *The Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549-560. <http://www.jstor.org/stable/2646837>
- Özdemir, E., & Ercan, B. (2023). Avrupa yeşil mutabakatının enerji sektörüne ve otomotiv endüstrisine etkileri ve sonuçları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (51), 190-202. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1280352>
- Erden, D. (2019). Sanayileşme ve kentleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Bric-t ülkeleri için panel veri analizi Sosyal Bilimler Enstitüsü].
- Ergün, S., & Atay Polat, M. (2015). OECD ülkelerinde CO2 emisyonu, elektrik tüketimi ve büyüme ilişkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* (45), 115-141. <https://doi.org/10.18070/euiibfd.89737>
- Friedman, M. (1937). The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32 (200), 675-701. <https://doi.org/10.1080/01621459.1937.10503522>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.

- Hamilton, C., & Turton, H. (2002). Determinants of emissionsgrowth in OECD countries. *Energy Policy*, 30(1), 63-71.
- Han, A. (2024). BRICS-T ülkelerinde çevresel sürdürülebilirlik: karbon emisyonları, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkileri. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 136-151. <https://doi.org/10.11616/asbi.1391917>
- Haeckel, E. (1988). *Generelle Morphologie der Organismen: Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformierte Descendenz-Theorie. Band 1: Allgemeine Anatomie. Band 2: Allgemeine Entwicklungsgeschichte.* Berlin, New York: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110848281>
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- Ilham, M.I. (2021). Economic development and environmental degradation in Indonesia: panel data analysis. *Jurnal Ekonomi & Studi Pembangunan*.
- Karakaş, A. (2016). Yaklaşan tehlikenin farkına varmak: iktisadi büyüme, nüfus ve çevre kirliliği ilişkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 19(41. Yıl Özel Sayısı), 57-73.
- Kuznets, S. (1955). Volume Xlv March, 1955 Number One. The American Economic Review, 45(1), 1-28.
- Lee, C. C., & Chang, C. P. (2008). Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data. *Resource and Energy Economics*, 30, 50-65. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2007.03.00>
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. *Contributions to probability and statistics*, 278-292.
- Majeed, M. T., & Mazhar, M. (2019). Financial development and ecological footprint: a global panel data analysis. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 13(2), 487-514.
- Malthus, T. (2023). An essay on the principle of population. In *British Politics and the Environment in the Long Nineteenth Century* (pp. 77-84). Routledge.
- Malthus, T. R. (1986). An essay on the principle of population (1798). *The Works of Thomas Robert Malthus, London, Pickering & Chatto Publishers*, 1, 1-139.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). The limits to. *Growth*, 102, 27.
- Nations, F. A. O. U.(2022). 2021 IPPC annual report–protecting the world’s plant resources from pests. Food & Agriculture Org. <https://books.google.com.tr/books?id=TMhsEAAAQBAJ>
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (1971). Fundamentals of ecology.
- Özkan, K. E. (2017). Sürdürülebilir kalkınma bağlamında çevre sorunlarının önemi: Türkiye ve AB karşılaştırması Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü].
- Özşahin, Ş., Mucuk, M., & Gerçek, M. (2016). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: BRICS-T ülkeleri üzerine panel ARDL analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 111-130.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development.
- Panayotou, T. (1995). Environmental degradation at different stages of economic development. *Beyond Rio: The environmental crisis and sustainable livelihoods in the third world*, 13-36.

- Shahbaz, M., Lean, H. H., & Shabbir, M. S. (2012). Environmental kuznets curve hypothesis in Pakistan: cointegration and granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2947-2953. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.015>
- Sharma, S. S. (2011). Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries. *Applied Energy*, 88(1), 376-382. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.022>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., ve De Wit, C. A. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855
- Townsend, C. R., Begon, M., & Harper, J. L. (2009). *Okologie*. Springer-Verlag.
- Wang, B., & Xu, R. (2025). How industrial output, economic growth, environmental technology, and globalization impact load capacity factor in E7 nations. *Sustainability*, 17(4), 1419. <https://doi.org/10.3390/su17041419>
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt5hhcfr>
- Yesbolova, A. Y., Abdulova, T., Nurgabylov, M., Yessenbekova, S., Turalina, S., Baytaeva, G., & Myrzabekkyzy, K. (2024). Analysis of the effect of renewable energy consumption and industrial production on CO2 emissions in Turkic Republics by panel data analysis method. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(1), 480–487. <https://doi.org/10.32479/ijeep.15261>
- Zhang, X.-P., & Cheng, X.-M. (2009). Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. *Ecological Economics*, 68(10), 2706-2712. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.011>



ÜNİVERSİTE YERLEŞKELERİ İÇİN İNOVATİF VE SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ ÇÖZÜMLER

Ayşe Betül GÖK¹, Bora BİNGÖL^{1,*}

¹Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur

*Sorumlu yazar: bbingol@mehmetakif.edu.tr

Ayşe Betül GÖK: <https://orcid.org/0000-0001-6819-1614>

Bora BİNGÖL: <https://orcid.org/0000-0001-9644-0921>

Please cite this article as: Gök, A. B. & Bingöl B. (2025) Üniversite yerleşkeleri için inovatif ve sürdürülebilir mimari çözümler, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 168-185.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 19 Şubat 2025 / Received 19 February 2025

Düzeltilmelerin gelişi 31 Mart 2025 / Received in revised form 31 March 2025

Kabul 25 Nisan 2025 / Accepted 25 April 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ÖZET: Nakliye konteynerlerinin atıl durumdan yapı işlevine dönüştürülmesi, bu yapılar için geri dönüşümlü, düşük maliyetli ve hızlı inşa özellikleri sunarak, dünya genelinde farklı işlev ve biçimlerde yaygın kullanımına olanak tanımaktadır. Ancak, bu yapıların sürdürülebilirliği için çevresel etkilerin en aza indirilmesi, coğrafi ve iklim koşullarına uyum sağlanması, ayrıca insan ve doğa merkezli yaklaşımların benimsenmesi temel gereklilikler arasındadır. Bu araştırmanın temel amacı, nakliye konteyner yapılarının sağladığı avantajları değerlendirerek çalışma alanı için bir tasarım modeli geliştirmektir. Araştırma sürecinde gerçekleştirilen saha çalışmaları ve mekân analizleri sonucunda elde edilen verilerle, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Yerleşkesi için sürdürülebilir bir mekân tasarımı önerisi oluşturulmuştur. Bu bağlamda, nakliye konteynerlerinin yapı modülü olarak kullanılması ve çarşı işlevini yerine getirmesi hedeflenmiştir. Tasarım sürecinde, nakliye konteynerlerinin Antalya veya İzmir limanlarından temin edilmesi öngörülmektedir. Zemin katlarda, üç adet 40'lık konteynerin yan yana birleştirilmesiyle 84 m²'lik bir alan oluşturulması hedeflenmiş; ayrıca, 28 m²'lik bağımsız birimlerin esnekliği sağlanmıştır. Çatı bahçeleri, ısıl konforu artırırken asbestsiz yalıtım malzemeleri, alçıpan kaplamalar ve uygun zemin döşemeleri iç mekân konforunu desteklemektedir. Akustik konforun sağlanması amacıyla duvarlarda ses yalıtım malzemeleri kullanılması planlanmaktadır. Sürdürülebilirlik açısından, güneş pencereleri, güneş panelleri, çapraz havalandırma, gölgelendirme, doğal malzemeler ve geçirgen yüzeyler önerilmektedir. Bu uygulamaların, yapı sonrası dönemde enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli faydalar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu hedefler doğrultusunda, yapının kaynak yönetimi, yaşam döngüsü ve yaşam kalitesi unsurlarını bütünsel bir yaklaşımla ele alarak, barınma ve sosyal etkileşim gibi çeşitli amaçlara hizmet edecek sürdürülebilir bir mekân tasarımı geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Ekolojik tasarım, sürdürülebilir mimari, bütüncül tasarım yaklaşımı, konteyner yapılar, kampüs çarşısı.

INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR UNIVERSITY CAMPUSES

ABSTRACT: The transformation of shipping containers from idle status to functional structures provides recyclable, low-cost, and rapid construction features for these buildings, facilitating their widespread use in various functions and forms globally. However, minimizing environmental impacts, adapting to geographical and climatic conditions, and embracing human and nature-centered approaches are essential requirements for the sustainability of these structures. The main objective of this research is to develop a design model for the study area by evaluating the advantages of shipping container structures. With the data obtained from the field studies and spatial analyses carried out during the research process, a sustainable spatial design proposal for the Burdur Mehmet Akif Ersoy University Campus has been developed. In this context, it is aimed to use shipping containers as a building module and to function as a marketplace. The design procedure includes the provision of shipping containers from the ports of Antalya and Izmir. On the ground floor, it is aimed to create an area of 84 m² by combining three 40-foot containers side by side; in addition, the flexibility of 28 m² independent units is provided. At the same time, roof gardens increase thermal comfort; asbestos-free insulation materials, plasterboard coverings and appropriate flooring support indoor comfort. It is planned to use sound insulation materials on the walls to provide acoustic comfort. Regarding sustainability, sun windows, solar panels, cross ventilation, shading, natural materials and permeable surfaces are recommended. It is thought that these applications will provide significant benefits in terms of energy efficiency and environmental sustainability in the post-construction period. To achieve these objectives, the aim is to develop a sustainable spatial design that serves multiple purposes, such as shelter and social interaction, by addressing the resource management, life cycle and quality of life elements of the building with a holistic approach.

Keywords: Ecological design, sustainable architecture, holistic design approach, container structures, campus market.

GİRİŞ

Üniversite yerleşkeleri üniversitelerin ana faaliyetleri olan eğitim, öğretim ve araştırma faaliyetlerinin koordineli bir biçimde sürdürülmesi amacıyla kurulan fiziki yapılanmalardır (Erman, 2016). Sanayileşme ve şehirleşmenin artması, iletişim ve ulaşım alanındaki gelişmelerin etkisiyle üniversitelerin kent dışında da konumlanmaya başlaması yerleşke kavramını genişletmiştir (Erkman, 1990; Tetik, 2013). Bugün yerleşkeler; eğitim zamanı içinde kullanılan bir alan olmanın ötesinde, sürekli canlı, yaşayan, küçük bir kent şeklinde biçimlendirilen mekânlar durumundadırlar (Erman, 2016).

Yerleşkelerdeki dinamizmi sağlayan en önemli mekânlardan biri ise yerleşke sosyal alanlarından olan çarşılarıdır. Yerleşke çarşıları, öğrenci, akademik ve idari personelin günlük ihtiyaçlarını yerleşke içinde karşılayabilmelerine olanak tanıyan mekânlardır. Bu çarşılar aynı zamanda yerleşke kullanıcılarının sosyal iletişim ve etkileşimlerinin artmasına ve kuruma olan aidiyet hislerinin güçlenmesine katkı sağlamaktadır (Büyükaşahin Sıramkaya & Çınar, 2012).

Günümüzde yapılı çevrelerin neden olduğu kaynak tüketimi ve çevresel sorunlar mekânların sürdürülebilir bir şekilde planlanması ve tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır. Yapılı çevrelerin

kaynak yönetimi, yaşam döngüsünün ve yaşam kalitesine etkilerinin göz önünde bulundurulması, çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir (Karaaslan, 2011). Tüm yapıları çevrelerde olduğu gibi yerleşkelerin tasarımında da sürdürülebilirlik kritik bir öneme sahiptir. Topluma yön veren üniversitelerin sürdürülebilir çevrelerin oluşturulmasında da rol model olmaları ve bunu kendi bünyelerinde yer alan yapılara yansıtmaları gerekmektedir (Scot, 2009; Uzunkaya, 2024).

Nakliye konteynerlerinin yapı modülü olarak yeniden işlevlendirilmesi, malzemenin yeniden kazanımını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, nakliye konteyner yapılarının sağlam, modüler, düşük maliyetli ve hızlı inşa edilebilir yapılar olmaları, sürdürülebilir mekân tasarımı için iyi bir alternatif sunmaktadır (Bingöl & Gök, 2017; Tavşan & Bektaş, 2021).

Bu çalışmanın ana hedefi, geri dönüştürülmüş malzeme olarak kullanılan nakliye konteynerlerinin sağladığı avantajlardan faydalanarak, yapı ve çevre açısından sürdürülebilir mekân tasarımı inceleyen bir tasarım önerisi sunmaktır. Bu öneri, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi'nde bulunan bir alanın değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Tasarım sürecinde, çalışma alanı için planlanan çarşı üzerinden kaynak yönetimi, yaşam döngüsü ve yaşam kalitesi unsurlarını göz önünde bulundurarak, yapısal ve çevresel tasarıma entegre bir yaklaşım benimsenmiştir.

SÜRDÜRÜLEBİLİR MEKÂN

Sanayi devrimi sonrası fosil yakıt tüketimi ve çevre kirliliğinin artması, doğal kaynakların ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açmıştır. İnsan faaliyetlerinin doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltma amacıyla gerçekleştirilen evrensel çalışmalar sonucunda 1987 yılında "Ortak Geleceğimiz-Brundtland Raporu" ortaya konulmuştur. İlk kez Brundtland Raporu'nda "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağına engel olmamak" tır ifadesi yer almaktadır (United Nations, 1987). İklim değişikliği, pandemi gibi küresel krizlerin ortaya çıkması sonucunda önemini her geçen gün artıran sürdürülebilirlik, günümüzde çevresel boyutun yanı sıra sosyal ve ekonomik boyutları da kapsayan bir kavram haline gelmiştir.

Sürdürülebilir mekân tasarımının amacı, yapıları çevrenin insan sağlığı ve doğal çevre üzerindeki genel etkilerini azaltmaktır. Sürdürülebilir mekânların, çevresel etkilerinin asgariye indirilmesi, kaynakların sorumlu bir şekilde kullanılması, ekolojik, tarihsel ve kültürel değerlerle uyumlu olması ve kullanıcıların sağlık, refah, konfor ve estetik gereksinimlerini ön planda tutarak tasarlanması önem arz etmektedir (Kellert, 2018).

Mekân planlama ve tasarım alanlarında sürdürülebilirlik, lokasyon ve ulaşım, sorumlu malzeme ve kaynak kullanımı, sürdürülebilir arazi kullanımı, su verimliliği, enerji ve atmosfer, iç mekân kalitesi, atık yönetimi, bölgesel öncelikler ve yenilik gibi konuları kapsamaktadır. Yapıları çevrelerin aynı zamanda küresel iklim değişikliğine, bireyin iyi olma haline, su kaynaklarının korunması ve restore edilmesine, biyoçeşitliliğin korunması ve gelişmesine, sürdürülebilirliğin teşvik edilmesine, rejeneratif malzeme kullanımına ve toplum yaşam kalitesinin artırılmasına katkı sunması beklenmektedir (United States Green Building Council, 2024).

Karaaslan (2011) sürdürülebilir mekân tasarımı ilkelerini kaynak yönetimi, yaşam döngüsü tasarımı ve yaşam kalitesi için tasarım olmak üzere üç ana grupta ele almaktadır. Kaynak yönetimi enerji, su, malzeme ve yapı alanlarının etkin kullanımı stratejilerini; yaşam döngüsü tasarımı, yapı öncesi, süreç ve sonrası dönemdeki stratejileri; yaşam kalitesi için tasarım ise doğal koşulların korunması, kentsel tasarım alan planlaması ve insan konforu için tasarım stratejilerini kapsamaktadır.

Nakliye Konteynerleri

Nakliye konteynerlerinin standart konteyner, üstü açık konteyner, üstü ve yanları açık konteyner, tank konteyner, soğutmalı konteyner ve düz konteyner gibi çeşitleri bulunmaktadır (Ceylan, 2005; Arslan, 2011). Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından kabul edilen tip ve ölçülere uygun üretilen konteynerlerin yapı alanında kullanım alanları standart-kuru yük konteynerleridir. Bu konteynerler Intermodal Çelik Yapı Ünitesi (Intermodal Steel Building Unit-ISBU) olarak adlandırılmaktadır (Smith, 2006). Kuru yük konteynerleri çelik profil iskelete sahip, üst-alt ve yan yüzeyleri korozyona karşı dayanıklı Cor-ten çelik kaplama malzemesi ile kaplanmış şekilde üretilmektedir. İç tabanlarında ise kontrplak tabaka yer almaktadır (Peña & Schuzer, 2012; Okeoma, 2023).

Kuru yük konteynerleri genellikle 20' (20 feet) ve 40' (40 feet) boyutlarında olmasına rağmen "High Cube" olarak adlandırılan boyutu da mevcuttur. 20' ve 40' konteynerlerin genişlik ve yüksekliği sabit olmak üzere uzunlukları değişkenlik göstermektedir. High Cube boyut konteynerlerin yükseklik ve uzunluk ölçüleri bu konteynerlerin standart ölçülerinin üzerindedir (Bingöl & Gök, 2017). Konteyner tiplerinin ölçülerine Tablo 1'de yer verilmiştir.

Tablo 1. Standart Nakliye Konteyner Ölçüleri (Lojistik tc., 2016)

Boyut		20'	40'	40' (High Cube)
	Dış Ölçüler			
	Genişlik	2,44 m	2,44 m	2,44 m
	Yükseklik	2,59 m	2,59 m	2,90 m
	Uzunluk	6,06 m	12,19 m	12,19 m
	İç Ölçüler			
	Genişlik	2,35 m	2,35 m	2,35 m
	Yükseklik	2,39 m	2,39 m	2,69 m
	Uzunluk	5,90 m	12 m	12 m

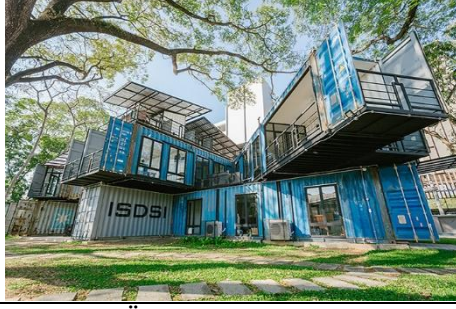
Konteyner Mekânlar

Sürdürülebilir mekân tasarımının temel unsurlarından biri olan sorumlu malzeme ve kaynak kullanımı, doğal kaynakların sınırlı olduğu gerçeğini ve bu kaynakların dikkatsiz kullanılması durumunda tükenebileceğini dikkate almayı zorunlu kılar. Atık malzeme kullanımı, atık miktarını azaltma ve kaynak tüketimini en aza indirme açısından sorumlu malzeme ve kaynak kullanımına yönelik önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Günümüzde yapı elemanı olarak kullanılan atık malzemelerden biri de kullanım ömrünü tamamlamış ya da âtıl durumda kalan nakliye konteynerleridir (Tandoğan, 2018). Uluslararası taşımacılıkta ürünlerin sağlam ve güvenli bir şekilde nakliye edilebilmesi için kullanılan bu kapalı kutular günümüzde sürdürülebilir mekân tasarımı için iyi bir alternatif yapı bileşeni olarak kullanılmaktadır.

Nakliye konteynerlerinin yapısal anlamda ilk kullanımları 1980'lerin sonunda afet barınağı ve depolama gibi alternatif çözümler üzerine olmuştur. Amerika ve Avrupa'da askeri konaklama

ünitesi olarak da kullanılmışlardır. Kalıcı yapılar olarak kullanımları ise ilk kez Kuzey Amerika'nın kırsal yerleşim bölgelerinde gerçekleşmiştir (Sawyers, 2008). 2000'li yıllarda sürdürülebilir yapı alternatif arayışlarının artmasıyla birlikte konteynerin mekânsal tasarımda kullanımı yaygınlaşmıştır. Nakliye konteynerleri, bugün dünyanın dört bir yanında farklı tasarım biçimleriyle barınma, konaklama, eğitim, ticari veya kültürel vb. gibi işlevlere yönelik sabit veya mobil yapılar olarak kullanılmaktadır (Tablo 2) (Radwan, 2015; Bingöl & Gök, 2017; İlerisoy & Koşan, 2020).

Tablo 2. İşlevlerine Göre Nakliye Konteyneri Yapı Örnekleri

Konaklama ve Barınma		
	Cité A Docks, La Havre, Fransa (Vincent Fillon, 2010)	Space Box, Hollanda (Uhde, 2005)
Kültürel		
	Platoon Kunsthalle Sanat Merkezi, Berlin, Almanya (Graftlab, 2007)	Socrates Sculpture Park, Queens, New York, ABD (LOT-EK, 2008)
Ticari		
	Common Ground, Seul, Güney Kore (Prefabcontainerhomes, 2009)	Puma City Mobil Mağazası (Archdaily, 2008)
Eğitim		
	Güney Delhi, Hindistan (Sarkar, 2023)	ISDSI Üniversitesi, Chiang Mai, Tayland (Herron, 2020)

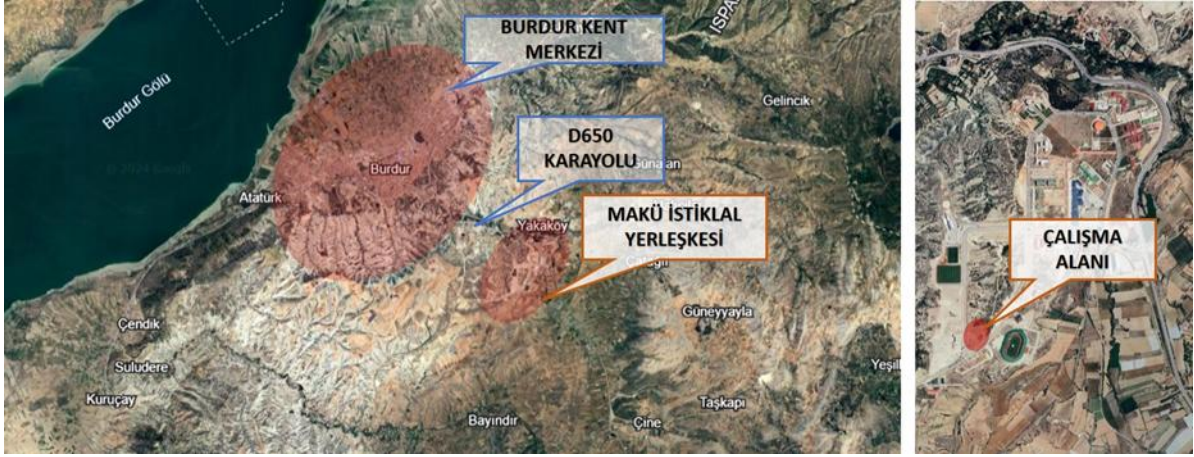
Nakliye konteyner yapılarının avantajlarını şu şekilde özetlemek mümkündür:

- *Sorumlu malzeme ve kaynak kullanımı:* Nakliye konteynerlerinin yapı malzemesi olarak kullanımı, âtıl durumda olan malzemenin yeniden değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca konteynerlerin dört tarafı kapalı yapısı gereği, yapının duvar, tavan, çatı gibi elemanları için gerekli kereste, tuğla, harç gibi malzemelere ihtiyaç duyulmamaktadır. Nakliye konteynerleri hem yapının strüktürünü hem de yapı elemanlarını bir arada taşıyan bütüncül bir yapı ünitesi oluşturmaktadır (Tandoğan, 2018; Tavşan & Bektaş, 2021).
- *Modülerlik ve işlevsellik:* Standart ölçülere sahip olan konteynerler tekil olarak kullanılabildikleri gibi üst üste, yan yana, çapraz, kaydırmalı vb. gibi çeşitli yerleşim ve birleşimlere, farklı kombinasyonlara olanak tanıyan modüler yapı birimleridir. Konteynerlerin modülerliği yapı alanında farklı tasarım biçimlerinin oluşturulmasına ve konut, yurt, alışveriş merkezi, ofis, müze vb. birçok işlevsel ihtiyaca yanıt vermesine olanak tanımaktadır (Bingöl & Gök, 2017; İlerisoy & Koşan, 2020).
- *Sağlamlık:* International Standart of Organization (ISO) standartlarına uygun olarak üretilen nakliye konteynerleri çelik strüktüre sahip kutulardır. Yapı amacıyla kullanıldıklarında ise yüksek mukavemete ve kötü hava koşullarına dirençli çelik yapı üniteleri oluşturmaktadırlar. Konteynerler sağlam yapıları gereği afet bölgelerinde kullanıma uygun modüllerdir (Smith, 2006; Peña & Schuzer, 2012).
- *İnşa süresi ve işçilik:* Konteyner yapılarda bina inşası ve şantiye hazırlık hareketleri eş zamanlı gerçekleştirilebildiğinden, inşa süresi azalmaktadır. Modüllerin hazır olarak getirilebilmesi, yapı sisteminin yalın olması, nakliye ve montaj sürelerinin ve işçiliğin azaltılmasını sağlamaktadır (Peña & Schuzer, 2012; Kamali & Hewage, 2017).
- *Maliyet:* İnşa süresi ve işçiliğin azalması, maliyetin düşmesine olanak tanımaktadır (Jamaludin, 2021). Ancak konteynerlerin liman kentlerinden nakliye edileceği göz önünde bulundurularak maliyetin hesaplanması gerekmektedir (Akar vd., 2017).

MATERYAL VE YÖNTEM

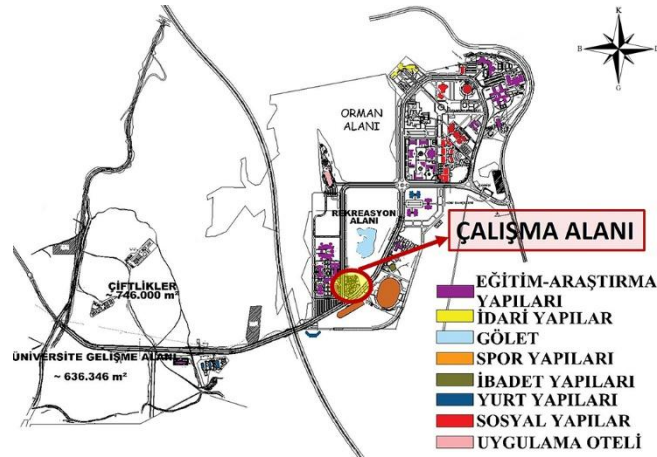
Materyal

Çalışma alanı, Burdur ilinde bulunan Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi'nin ana yerleşkesinde yer almaktadır. İstiklal Yerleşkesi olarak bilinen bu alan, D650 Burdur-Antalya karayolunun 8. kilometresinde konumlanmakta olup, toplamda 6.500.000 m²'lik bir yüzeye sahiptir ve şehir sınırlarının dışında bulunmaktadır. Topoğrafik olarak, yerleşke, yaklaşık 1.300 ile 1.400 metre rakımlarda yer almakta ve rüzgârlı bir arazi yapısına sahiptir (Özipek, 2018). Bölgedeki hâkim rüzgâr yönü güneydoğudur. Köppen-Trewartha İklim Sınıflandırması (1991-2020) verilerine göre; yerleşke, Burdur ilinde bulunması dolayısıyla ılık ve kuru iklim özellikleri göstermektedir (Şekil 1) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024).



Şekil 1. Çalışma Alanının Konumu (Google Earth, 2024)

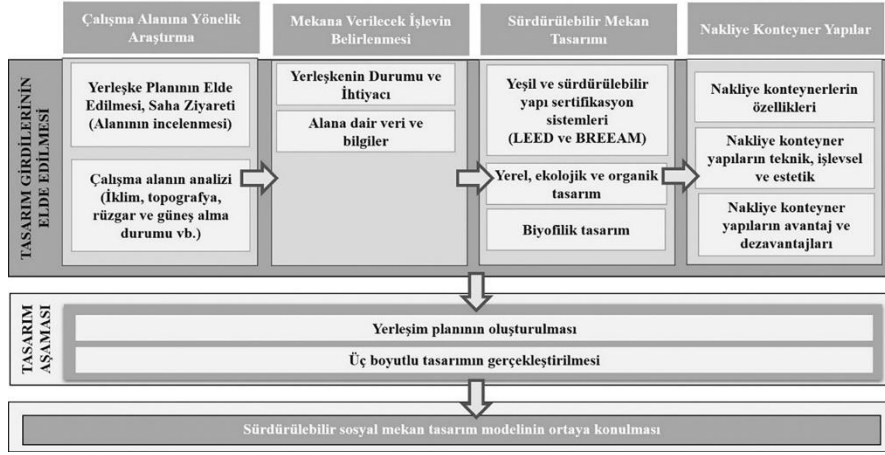
Ana yerleşke planında sosyal alan olarak belirlenen çalışma alanı, 1.342 m²'lik bir alana sahiptir. Bu çalışma alanının güney ve doğu tarafında, aktif durumda olan MAKÜ Stadyumu'nun yer aldığı bir spor kompleksi bulunmaktadır. Batısında ise inşaat aşamasındaki Mimarlık-Mühendislik Fakültesi binası ve gelecekte inşa edilmesi planlanan diğer fakülte binaları yer almaktadır. Alanın kuzey kısmında ise yapay göletin bulunduğu bir rekreasyon alanı mevcuttur (Şekil 2) (MAKÜ Yerleşke Planı, 2018).



Şekil 2. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Ana Yerleşke Planı (MAKÜ Yerleşke Planı, 2018)

Yöntem

Çalışmada önerilen tasarım modelinin geliştirilmesi için öncelikle tasarım girdilerinin elde edilmesine yönelik araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalar, çalışma alanına yönelik saha çalışması, mekâna verilecek işleve yönelik araştırma, sürdürülebilir mekân tasarımı stratejilerinin ve ilkelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar ve nakliye konteyner yapıları üzerine gerçekleştirilmiştir. Tasarım girdilerinin elde edilmesiyle birlikte tasarım aşamasına geçilmiş, model önerisinin yerleşim planı ve üç boyutlu tasarımları gerçekleştirilerek sürdürülebilir yerleşke sosyal mekânı (çarşı) tasarım önerisi ortaya konulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışmanın Yöntem Şeması

Mekân tasarımının sürdürülebilirliğini sağlamak için belirlenen ilkelerin gruplandırılmasında ise Karaaslan (2021)'in çalışması baz alınmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Mekân Tasarımında Sürdürülebilirliğin Sağlamasına Yönelik İlkeler

BULGULAR

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi yerleşkesi geniş bir alan üzerine kurulmuş, lineer yerleşime sahip bir yapıdır. İnşaat halinde olan (Mühendislik-Mimarlık Fakültesi) ve yapılması planlanan fakülte binaları ile spor tesislerinin mevcut çarşısı (Ünipark) ile arasındaki mesafe 1-1,5 km, yemekhane ile olan mesafe ise 2 km'nin üzerindedir. Çalışma alanının mevcut durumu Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Çalışma Alanının Mevcut Durumu

Yerleşke Çok Amaçlı Çarşı Tasarımı Önerisi

Yerleşkenin durumu, ihtiyaçları ve alanın özellikleri dikkate alınarak, çalışma alanına özellikle ilgili fakülteler ve spor tesisleri kullanıcılarının yeme-içme, market, kırtasiye gibi günlük ihtiyaçlarını karşılamak için kolayca erişilebilecek bir çarşı işlevinin uygun olacağı düşünülmüştür. Ayrıca üniversite öğrenci topluluklarının kullanabileceği mekânların kısıtlı olması nedeniyle çarşıda yer alacak mekânların bir kısmının topluluklara tahsis edilebileceği öngörülmüştür.

Tek ve iki katlı yapılardan oluşan çarşı, yatay mimari esasına göre tasarlanmıştır. Çarşıda yer alan yapıların ana malzemesi, nakliye konteynerlerinin yapı ünitesi olarak kullanılmasıdır. Yapıların zemin katları, üç adet 40' nakliye konteynerinin yan yana birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Üst katların kapalı mekânları için de aynı büyüklükte tek konteyner kullanılmış, diğer kısımlar açık mekân (balkon) olarak değerlendirilmiştir. Dükkanların zemin katları 84 m² (28m² x 3), üst katlar ise 28 m²'lik alana sahiptir (Şekil 6).



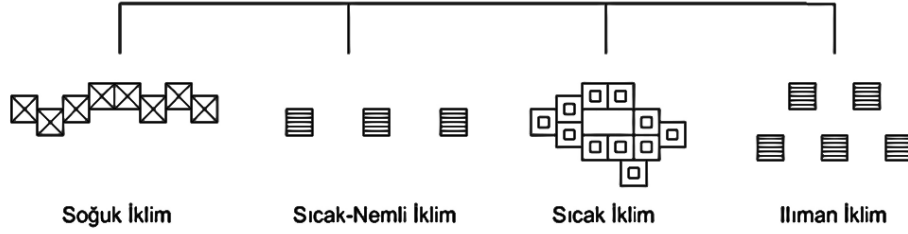
Şekil 6. Çalışma Alanı İçin Önerilen Yerleşim Planı

Çalışma alanının tasarımında, belirlenen yöntem çerçevesinde “Mekân Tasarımında Sürdürülebilirliğin Sağlanmasına Yönelik İlkeler” göz önünde bulundurularak etkili bir tasarım süreci yürütülmüştür.

I- Kaynak Yönetimi

a) Enerjinin etkin kullanımı

Pasif iklimlendirme: Konteyner çarşısının tasarımında, alanın iklim koşulları, rüzgâr yönü ve güneş ışığı alma durumu göz önünde bulundurularak çarşının girişi, avlu ve yapıların yönelimi ile yapıların birbirleriyle ve avlu ile olan ilişkileri dikkate alınarak bir yerleşim planı oluşturulmuştur. Ilıman-kuru iklim özelliklerine sahip olan bu çalışma alanında, yapıların yerleşimi iklim koşullarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). Enerjinin etkin kullanımı, yapı yaşam döngüsünün her aşamasında önemli bir kriter olarak belirlenmiştir. Bu yaklaşım, inşaat sonrası enerji maliyetlerini azaltmayı amaçlamaktadır.



Şekil 7. İklim'e Göre İdeal Yapı Yerleşimleri (Karaaslan, 2011)

Konteyner çarşısının yerleşiminde açık ve kapalı mekânların güneşten yararlanabilmeleri için çarşının ana girişi güney cepheden konumlandırılmış, “L” ve “T” biçiminde kümelenen yapı modülleri avluya doğru yönlendirilmiştir. Yapıların güney kısımlarındaki açıklıklar geniş tutularak güneş ışığından maksimum düzeyde faydalanmaları sağlanmıştır. Kuzey cephesinde ise minimum düzeyde açıklık bırakılmıştır. Çarşının hâkim rüzgâr yönü olan güneydoğusunda ağaçlandırma ile perdeleme yapılarak rüzgâr hızının azaltılması sağlanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Konteyner Çarşı Tasarımı Genel Görünüm

Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı: Konteyner modüllerin güney cephelerinde bulunan pencerelerde solar pencerelere yer verilmiştir. Güneş ışınlarını dik alacak uygun alanlarda ise güneş panelleri kullanılarak alternatif enerji kullanımı sağlanmıştır. Bu sayede temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak maliyetlerin düşürülmesi hedeflenmiştir.

Enerji tasarrufu sağlayan detaylandırma ve malzeme seçimi: Mekân tasarımında nakliye konteyner modüllerinin entegrasyonu, konteynerlerin geri dönüşüm süreçlerinde enerji tasarrufu sağlamaktadır. Modüler yapıları sayesinde, geleneksel inşaat yöntemlerinde harcanacak enerjinin azaltılmasına olanak tanımaktadır. Çelikten üretilen konteynerler, ısıyı hızla alıp vermeleri nedeniyle yalıtım gerektirmektedir. Günümüzde iç ve dış yalıtımda kullanılabilecek pek çok malzeme mevcuttur. Isı yalıtımının etkinliği için, zararlı bileşenler içermeyen, sentetik olmayan ve korozyona neden olmayan malzemelerin tercih edilmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra, bu çalışmada, doğrudan güneş ışığına maruz kalan konteyner çatı alanlarında ekstansif çatı bahçelerinin kurulması önerilmektedir. Ayrıca, çapraz havalandırma sistemleri ile mekanik havalandırma için gereken enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir. Alınan bu tedbirler sayesinde yalıtımın iyileştirilmesi sağlanmış ve yapının ömrünün uzatılması amaçlanmıştır. İç ve dış mekân aydınlatmasında enerji verimliliği sağlamak amacıyla da LED aydınlatma sistemlerine yer verilmiştir.

b) Suyun etkin kullanımı

Yağmur suyunun toplanabilmesi için konteyner çarşıda uygun alanlar oluşturulmuştur. Ayrıca, çalışma alanının yakın çevresinde yağmur suyu hasadı için oluşturulmuş yapay bir gölet bulunmaktadır. Dış mekân tasarımında sulama ihtiyacı düşük bölge iklimine uygun bitkiler tercih edilmiştir. Ancak, ihtiyaç halinde kampüste bulunan paket arıtma sistemleri ile geri dönüştürülmüş gri sudan yararlanılabilecektir.

Yüzey akışının engellenmesi ve taban suyunun beslenmesi amacıyla dış mekân zemin kaplamasında geçirgen yüzeylere yer verilmiştir. Ayrıca, yağmur suyunun yönetimi için tek katlı konteynerlerin çatılarında ekstansif çatı bahçelerine yer verilmiştir. Çatı bahçelerinde, yerel bakım ve sulama ihtiyacı olmayan; dona ve kuraklığa dayanıklı, rejenerasyonu yüksek bodur çalılar, yosunlar ve çok yıllık yer örtücü bitkiler tercih edilmiştir. Çarşının avlusunda bulunan süs havuzlarının boyutları ve derinlikleri minimum düzeyde tutulmuştur. Bunların yanı sıra, su tüketiminin azaltılması için düşük debili ve fotoselli armatürlerin kullanılması önerilmektedir (Şekil 8).

c) Sorumlu malzeme ve kaynak kullanımı

Mekân tasarımında kullanılan yapıların tamamı, âtıl durumdaki nakliye konteynerlerinin geri dönüşümünden elde edilerek kaynak ve atık tüketiminin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, nakliye konteynerlerinin hem strüktür hem de yapı elemanı işlevini bir arada taşıyan bütünleşik yapılar olması, malzemeden tasarruf edilmesini sağlamaktadır.

Mekân tasarımında kullanılan gölgelendirme elemanları ve zemin döşemelerinde doğal ve kolay erişilebilir malzemeler tercih edilmiştir. Pergolalarda ahşap; zemin döşemelerinde ise travers, geçirgen beton bloklar ve çakıl taşı kullanılmıştır. Bitkisel öğelerin seçiminde, yerel ve kolay erişilebilir olmaları esas alınmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Konteyner Çarşı Çatı Bahçeleri ve Süs Havuzları Görüntüleri

II- Yaşam Döngüsü

a) Yapı öncesi

Mekân tasarımında nakliye konteynerlerinin yapı ünitesi olarak değerlendirilmesi ile âtıl durumdaki konteynerlerin geri dönüşümü sağlanmış; böylece kaynak ve malzeme tasarrufu elde edilmiştir. Nakliye konteynerlerin sağlam ve dayanıklı olması, yapıların uzun ömürlü olmalarına olanak tanımaktadır. Ayrıca konteynerlerin modüler yapısı, yapı tasarımına esneklik kazandırmaktadır.

Bu aşamada göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus, çalışma alanının deniz kenarında yer almaması nedeniyle kullanılacak konteynerlerin taşınmasıdır. Kara taşımacılığı genellikle daha düşük maliyetli olsa da sefer sayıları ve ulaşım süreleri gibi unsurların dikkate alınması gerekmektedir. Mekân tasarımında tercih edilen diğer malzeme ve unsurların yerel ve/veya bölgesel olmasına özen gösterilmiştir.

b) Yapı dönemi

Mekân önerisinde kullanılan nakliye konteynerlerinin modüler yapısı, hızlı inşa edilmelerine, inşaat işleri ve ekipmanlarından tasarruf edilmesine ve atık kirliliğinin azaltılmasına olanak tanımaktadır. Konteyner yapı inşaatı sırasında yerinde üretilen atıklar, diğer geleneksel yöntemler ile elde edilen yapı inşaatlarına nazaran %70 daha azdır (Islam vd., 2016). Ayrıca yapım sürecinde de daha yüksek iş güvenliği sağlanmaktadır. Konteynerler için gerekli olan zemin hazırlığı genellikle daha az müdahale gerektirmekte olup, bu durum sahaya ve çevresel ortama verilen zararın en aza indirilmesine katkı sağlar.

Çalışmada yapım sürecinde konteynerlerin zemine montajında radye temel tipi tercih edilmiştir. Bağlantı elemanları, bu sistem içerisinde yere yerleştirilen çelik plakalara kaynaklanacak şekilde tasarlanmıştır. Birimlerin montajında yığma sistem öngörülmüş olup, köşe bağlantıları birbirlerini sabitlemek ve sistemi bir arada tutmak amacıyla düşünülmüştür. Tasarımda ise toksik olmayan ve bakım-onarım gerektirmeyen malzemelerin tercih edilmesine özen gösterilmiştir.

c) Yapı sonrası

Konteynerler üretim amacı nedeniyle birçok doğal dış koşullara (yağmur, kar, fırtına vb.) dirençlidirler. Ayrıca kullanıldıkları alanlarda meydana gelebilecek doğal afetlere de (deprem, yangın vb.) dayanıklıdır. Çelik yapıları çevresel zorluklara karşı güçlü koruma sağlar. Bu yapıların kullanım süresi boyunca belirli aralıklarla düzenli denetimlerinin gerçekleştirilmesi ve dış yüzeyde aşınma, paslanma veya hasar olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Özellikle çelik konteynerlerde paslanma riski mevcut olduğundan, yapının periyodik olarak boyanması veya koruyucu kaplamalarla bakımının yapılması büyük bir önem taşımaktadır.

Nakliye konteynerlerini kullanmak çevre dostu bir seçenektir. Tasarımda kullanılan nakliye konteynerleri, ömrünü tamamladığında yeni gereksinimlere adapte edilebilir veya eritilerek malzeme olarak yeniden kullanılabilir. Ayrıca, nakliye konteynerlerinin sağlam ve modüler yapısı ile taşınabilir olması, arsanın ve yapıların yeniden kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır.

III- Yaşam Kalitesi

a) Ekoloji

Konteynerlerin yapı modülü olarak kullanımı, yeni malzeme ihtiyaçlarını azaltarak doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunur. Bu durum, inşaat süreçleri ve malzeme tüketimi açısından çevresel etkilerin minimize edilmesine olanak tanır. Konteyner yapılar, çevresel etkileri azaltma ve sürdürülebilir yaşam alanları oluşturma bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Uygun bir şekilde tasarlanıp uygulandıklarında, çevresel sürdürülebilirliği artırma kapasitesine sahiptirler.

Bu çalışmada, konteyner yapılar, peyzaj tasarımına esnek bir şekilde entegre edilmiştir. Mekân tasarımında, topoğrafya ile uyum sağlamak amacıyla yatay eksenli, tek ve iki katlı yapılara yer verilmiştir. Doğal ve yerel bitki türlerinin kullanımı, çim gibi sulama isteyen alanların minimumda tutulması, geçirimli yüzeyler ve ekstansif çatı bahçelerinin kullanımı ile yeraltı taban suyunun desteklenmesi sağlanmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Konteyner Çarşı Peyzaj Tasarımına İlişkin Görüntü

b) Erişilebilirlik

Mekân tasarımında yaya yolları ve toplu taşıma noktaları ile bağlantı sağlanmıştır. Tasarımda engelsiz erişimin sağlanması için açık ve kapalı mekânlardaki yükseklik farkları, sirkülasyon aralıkları, rampa eğimleri, kapı genişlikleri ve açılış yönleri ile engelli kullanımına uygun ekipmanlar detaylı olarak planlanmıştır.

c) İnsan odaklılık

Yapı amacıyla kullanılan konteynerlerde tasarlanan mimari hacimler, insanın ihtiyaç duyduğu standartları karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Geometrik yapıları sayesinde, işlevsel amaçlarına uygun olarak çeşitli şekillerde tasarlanabilme esnekliğine sahiptirler.

Yapılan mekân tasarımında da yapıların boyutları, yerleşimleri ve açıklıkları ile dış-iç mekân arasında etkileşim oluşturulmuştur. İnsan sağlığı ve refahına katkı sunan; su, bitki, hayvan, doğal aydınlatma ve doğal havalandırma, doğal manzaralar ve ekosistemler, doğal malzemeler gibi doğanın doğrudan ve dolaylı deneyimini sağlayan biyofilik unsurlara yer verilmiştir. Doğa ve insan sağlığına zarar veren toksik maddelerin kullanımından kaçınılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Konteyner Çarşıda Yer Alan Biyofilik Unsurlara Dair Görüntü

Nakliye konteynerlerinin yapı malzemesi olarak kullanımı, son yıllarda alternatif bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Araştırmalar, bu yapıların işlevsel dönüşümü, yaşam döngüsü analizleri, karbon ayak izi, yalıtım malzemeleri, termal konfor ve enerji verimliliği gibi konulara yoğunlaşmaktadır. Bu araştırmalar konteyner yapılar hakkında çeşitli bulgular sunmaktadır. Çalışmalarda, bu yapıların üretim süreçlerinde önemli ölçüde enerji tasarrufu sağladığı, geri dönüştürülmüş malzeme kullanımını teşvik ettiği, CO₂ emisyonlarını azalttığı ve maliyet ile zaman tasarrufu sağladığı gibi olumlu özellikleri vurgulanmaktadır. Ayrıca, bu yapıların yaşanabilir alanlara dönüştürülmesi sırasında iklim ve jeolojik koşullara uygun şekilde ayarlanması gerektiği genel bir kabul görmektedir. Nakliye konteynerlerinin yapısal olarak kullanılması, çevre kirliliğini ve beton atıklarını azaltarak sürdürülebilir inşaatı teşvik etmekte ve sürdürülebilirlik ile geri dönüşüm açısından önemli faydalar sağlamaktadır.

Araştırmalar, konteyner yapıların en önemli dezavantajlarının düşük termal ve akustik konfor seviyeleri ile yüksek elektrik iletkenliği olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, enerji tüketimini azaltarak termal konforu artırmak amacıyla uygun yalıtım malzemelerinin seçimi, pasif tasarım stratejileri ve doğal havalandırma gibi unsurlar büyük bir önem taşımaktadır.

İnşaat sektörü, düşük Ar-Ge yatırımları ve verimlilik sorunlarıyla mücadele etmektedir. Bu bağlamda, nakliye konteynerlerinin yapı malzemesi olarak kullanımı kritik bir öneme sahiptir. Ancak, literatürde bu yapılarla ilgili yapılan araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu alanda akademik araştırmalar ile endüstri arasında bir kopukluk mevcuttur ve mevcut akademik çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Bu yapıların kullanımına dair yapılan incelemelerde, Türkiye’de çoğunlukla barınma amacıyla kullanıldığını, oysa yurt dışında daha çeşitli işlevlere sahip yapıların mevcut olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, konteyner yapıların sürdürülebilirlik potansiyeli, malzeme seçimi, tasarım kararları ve enerji verimliliği stratejileri ile doğrudan ilişkilidir. Bu faktörlerin dikkate alınması, konteyner yapıların çevresel etkilerini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır.

SONUÇ

Nakliye konteynerlerinin atıl durumda geri dönüşümü, maliyetli ve zahmetli bir süreç olmasına rağmen, yapı ünitesi olarak kullanımları birçok avantaj sunmaktadır. Çalışmada da vurgulandığı üzere, nakliye konteynerleri yapı tasarımında pek çok fayda sağlamaktadır. Bu nedenle, mimari açıdan farklı coğrafyalarda çeşitli formlarda ve işlevlerde

değerlendirilebilirler. Nakliye konteynerleri, mimari kalıpların dışına çıkarak konut, yurt, ofis, kültürel merkez, afet sonrası acil durum yerleşimleri, eğitim tesisleri, ticari yapılar gibi farklı ölçeklerde tekil veya çoklu kullanıcıya hizmet eden işlevsel yapılar oluşturmak için kullanılabilir.

Bu çalışmada da üniversite yerleşkesi için önerilen çarşı projesinde yapı modülü olarak konteynerlerin kullanılması önerilmiş ve modüler mimarinin avantajlarından yararlanılması hedeflenmiştir. Araştırmada sunulan bulgular ve tasarım sonuçları doğrultusunda çalışma alanı için bazı öneriler geliştirilmiştir.

Konteyner yapıların inşasından önce, tedarik edilecek noktanın ve nakliye süreçlerinin dikkatlice planlanması önem arz etmektedir. Nakliye konteynerlerinin, çalışma alanına en yakın limanlar olan Antalya veya İzmir limanlarından temin edilmesi, ulaşım güzergahlarının belirlenmesi ve maliyet hesaplamalarının yapılması gerekmektedir.

Tasarım önerisinde, yapıların zemin katları için üç adet 40' nakliye konteynerinin uzun kenarlarının açılarak yan yana birleştirilmesiyle toplamda 84 m²'lik bir alan oluşturulması planlanmıştır. Bununla birlikte, öğrenci toplulukları için öngörülen alanlarda ve minimum kullanım alanının yeterli olabileceği işlevlerde, konteynerlerin birleştirilmeden, kısa kenarlarında giriş alanları oluşturacak şekilde 28 m²'lik birimler halinde de kullanılabilmesi için bir esneklik sağlanmıştır.

Konteyner yapıların hayata geçirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken en kritik unsurlardan biri, öncelikle termal ve akustik konforun sağlanmasıdır. Konteynerler, çelik malzemeden üretilmiş ve modüller olmaları nedeniyle yapı işlevselliğinde bazı dezavantajlar yaratabilmektedir. Ancak, yapının uygun bir şekilde tasarlanması ve etkili bir ısı yalıtımının gerçekleştirilmesi ile bu sorunlar aşılabilmektedir. Çalışmadaki gibi yapıların pasif iklimlendirme prensiplerine uygun olarak geliştirilmesi ve yapılara çatı bahçelerinin entegre edilmesi, ısıl konforu artırıcı bir etki sağlamaktadır. Ayrıca, asbest içermeyen ısı yalıtım malzemelerinin kullanımı, tavan ve iç duvarlarda alçıpan uygulaması ile zemin kaplaması olarak vinil ve halı döşemelerinin tercih edilmesi, ısıl konforun desteklenmesi açısından önemlidir. Akustik konforun sağlanması için duvarlarda ses yalıtım malzemelerinin kullanılması gerekmektedir. Çalışmada, çatı bahçelerinin yer aldığı alanların tavanlarında ses yalıtım malzemesi kullanılmasına gerek olmadığı belirtilmektedir; çünkü bu mekanlar, ses yalıtımına olumlu katkılar sunmaktadır.

Çalışmada yapı ve peyzaj tasarımında kaynak yönetiminin etkin bir şekilde sağlanabilmesi amacıyla, solar pencereler, güneş panelleri, çapraz havalandırma sistemleri, gölgelendirme unsurları, geniş çatı bahçeleri, doğal ve yerel malzemelerin kullanımı, yerel ve sulama gereksinimi olmayan bitkiler ile geçirgen yüzeylerin tercih edilmesi gibi unsurlara yer verilmiştir. Mekanın yaşam döngüsü için önerilen bu uygulamalar yapı sonrası dönem ve sürdürülebilirlik için birçok avantaj sunmaktadır.

Üniversite kampüsünde konumlandırılması ve çarşı işlevini etkin bir şekilde yerine getirmesi amacıyla tasarlanan bu öneriler, potansiyel öğrenci yurtları, teknokentler, ticari ve sosyal amaçlı çeşitli işlevlere uyum sağlayabilecek ve geliştirilebilecek sürdürülebilir mekân tasarımları arasında bir model teşkil etmektedir. Bu tasarımlar, hem akademik hem de sosyal etkileşim alanları yaratma potansiyeli taşıırken, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine de uygun bir şekilde şekillendirilmektedir. Böylece, üniversite yerleşkesinin dinamik

yapısına katkıda bulunarak, öğrenci ve toplum ihtiyaçlarını karşılayacak esnek ve işlevsel alanlar oluşturulması hedeflenmektedir.

FİNANSAL DESTEK BEYANI

Çalışma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATISMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

KAYNAKLAR

- Arslan, A. (2011). Avrupa Birliği uyum sürecinde Türkiye’de denizyolu konteyner taşımacılığı ve limanların ekonomideki yeri [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü].
- Bingöl, B., & Gök, A. B. (2017). Konteyner Mimarisi ve Yurt Yapıları Olarak Kullanımının İncelenmesi, Burdur-Isparta İlleri Örneği. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 7(16), 142-157. <https://doi.org/10.16950/iujad.337293>
- Büyüksahin Siramkaya, S., & Çınar, K. (2012). Üniversite kampüs yerleşkelerinde ortak kullanım mekânlarının incelenmesi: Selçuk Üniversitesi Aleaddin Keykubat Kampüsü Örneği. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 27(2), 61-72.
- Ceylan, H. (2005). İzmir Limanı’na yapılacak ek konteyner terminalini depolama ve elleçleme kapasitesinin araştırılması [Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Erkman, U. (1990). Büyüme ve Gelişme Açısından Üniversite Kampüslerinde Planlama ve Tasarım Sorunları (1. Baskı) İTÜ Mimarlık Baskı Atölyesi, İstanbul.
- Erman, O. (2016). Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü Kuzey Çarşı Projesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1), 203-212.
- Fillon, V. (2010, Kasım 5). Atelier Cattani Cité a’docks. Divisare. <https://divisare.com/projects/199910-atelier-cattani-vincent-fillon-cite-a-docks>
- Google Earth. (2024). Kasım 22, 2024, tarihinde <https://earth.google.com/> adresinden erişilmiştir.
- Herron, D. (2020, Aralık 3). A Very Unique Thai University! Build from Shipping containers. Splash Magazines. <https://boston.splashmags.com/index.php/2020/12/a-very-unique-thai-university-build-from-shipping-containers/#gsc.tab=0>
- Islam, H., Zhang, G., Setunge, S., & Bhuiyan, M. (2016). Life cycle assessment of shipping container home: a sustainable construction. Energy and Buildings, 128, 673-685. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.002>

- İlerisoy, Z. Y., & Koşan, N. S. (2020). Standart nakliye konteynerlerin mimari tasarım kapsamında araştırılması ve Türkiye’deki kullanımına yönelik öneriler. A. Çetin, & D. Aydemir (Ed.), *Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar-Mimarlık ve Tasarım* (s. 31-48). Ekin Basım ve Dağıtım.
- Jamaludin, A. A., Ilham, Z., Wan, W. A. A. Q. I., Halim-Lim, S. A., & Hussein, H. (2021). Comfortable Liveable Space: Shipping Container and Bamboo as Sustainable Building Materials in Equatorial Climate Perspective? *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 8(2), 11-22. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v8.n2.728>
- Kamali, M., & Hewage, K. (2017). Development of performance criteria for sustainability evaluation of modular versus conventional construction methods. *Journal of cleaner production*, 142, 3592-3606. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.108>
- Karaaslan, S. (2011). *Sürdürülebilir Mimari Tasarım Sürecinde Ön Tasarım Kararlarını İçeren Bir Model Önerisi* [Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Kellert, S. R. (2018). *Nature by design: The practice of biophilic design* (1st ed.). Yale University Press.
- Lojistik TC. (2016, Eylül 22). Konteyner Ölçüleri-Konteyner Ebatları. <https://www.lojistik.tc/konteyner-olculeri/> adresinden erişilmiştir.
- MAKÜ Yerleşke Planı (2018). Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Yerleşke Planı, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığı.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2024) İklim Sınıflandırmaları. Kasım 22, 2024, tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m> adresinden erişilmiştir.
- Okeoma, I. (2023). *Exploring the Viability of Shipping Container Housing as a Solution to Student Accommodation Deficit in Nigeria* [Master Thesis, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin].
- Özipek, Birkan (2018). *Kampüs Tasarımında Sürdürülebilirlik İlkeleri ve Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Yerleşkesi Örneği* [Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Peña, J. A., & Schuzer, K. (2012). Design of reusable emergency relief housing units using general-purpose (GP) shipping containers. *International Journal of Engineering Research and Innovation*, 4(2), 55-64.
- Graftlab. (2017). Platoon Berlin-Graft. Kasım 22, 2024, tarihinde <https://graftlab.com/en/projects/platoon-berlin> adresinden erişilmiştir.
- Archdaily. (2008, Aralık 20). PUMA City, Shipping Container Store / LOT-EK. <https://www.archdaily.com/10620/puma-city-shipping-container-store-lot>
- Radwan, A. H. (2015). Containers architecture: reusing shipping containers in making creative architectural spaces. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(11), 1562-1577. <https://doi.org/10.14299/ijser.2015.11.012>
- Sarkar, V. (2023, Şubat 23). The New Delhi Government is taking an innovative approach to classroom infrastructure. Homegrown. <https://homegrown.co.in/homegrown-explore/the-new-delhi-government-is-taking-an-innovative-approach-to-classroom-infrastructure>
- Sawyers, P. (2008). *Intermodal shipping container small steel buildings* (2nd ed.). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Scott, R. H. (2009). Sustainable curriculum, sustainable university. *Eculture*, 2(15), 120-129.
- Prefabcontainerhomes. (2009). *Shipping Container Homes & Buildings*. Kasım 22, 2024, tarihinde <https://www.prefabcontainerhomes.org/2022/06/common-ground-worlds-largest-modular.html> adresinden erişilmiştir.

- Smith, J. D. (2006). Shipping containers as building components [Doctoral Thesis, Brighton University Department of the Built Environment].
- Tandoğan, O. (2018). Atık malzemelerinin mimaride kullanımı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(4), 189-202.
- Tavşan, F., & Bektaş, U. (2021). Mimari sürdürülebilirlikte geri dönüşüm: Konteyner evler. *Journal of Interior Design and Academy*, 1(1), 34-48. <https://doi.org/10.53463/inda.2021vol1iss1pp34-48>
- Tetik, A. D. (2013). Üniversite kampüsleri tasarım kriterlerinin Türkiye’de 2006 sonrası yeni kurulan devlet üniversitelerinde irdelenmesi [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- LOT-EK (2008). The Cubes-Socrates. Kasım 22, 2024 tarihinde <https://lot-ek.com/THE-CUBES-SOCRATES-1> adresinden erişilmiştir.
- Uhde, R. (2005). Living in a box. *architektur.aktuell*. Kasım 22, 2024 tarihinde <https://www.robert-uhde.de/item/329/> adresinden erişilmiştir.
- United Nations. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. <https://digitallibrary.un.org/record/139811?v=pdf>
- United States Green Building Council. (2024). LEED system goals. LEED. 22 Kasım, 2024, tarihinde <https://www.usgbc.org/leed> adresinden erişilmiştir.
- Uzunkaya, G. (2024). Üniversite Kampüslerinde Sürdürülebilir Peyzaj Alanları Oluşturmak İçin Yenilikçi Tasarım Önerilerinin Geliştirilmesi: ODTÜ Kampüsü Örneği [Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].



DETERMINATION OF USER PREFERENCES FOR THE POTENTIAL USE OF ATA BOTANICAL GARDEN AS A POST-DISASTER ASSEMBLY AREA

Büşra AKSU^{1*}, Hasan YILMAZ²,

¹Atatürk University, Institute of Science, Department of Landscape Architecture, Erzurum

²Atatürk University, Architecture and Design Faculty, Department of Landscape Architecture, Erzurum

*Corresponding author: busraksu262@gmail.com

Büşra AKSU: <http://orcid.org/0000-0001-7748-2915>

Hasan YILMAZ: <http://orcid.org/0000-0003-3768-4760>

Please cite this article as: Aksu, B. & Yilmaz, H. (2024) Determination of user preferences for the potential use of ata botanical garden as a post-disaster assembly area, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 186-202.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 13 Mart 2024 / Received 13 March 2024

Düzeltilmelerin gelişi 19 Eylül 2024 / Received in revised form 19 September 2024

Kabul 16 Ekim 2024 / Accepted 16 October 2024

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ABSTRACT: Botanical gardens not only serve as areas that protect plant species, connect users with nature, and function as educational spaces, but also act as essential green spaces for urban populations. Urban green spaces can be utilized for a variety of purposes within the city. Among these functions, one of the most crucial is their role as places where people feel safe following potential disasters. In this study, a survey was conducted with 136 participants to investigate the potential of the Ata Botanical Garden, one of the significant green spaces in Erzurum, as an assembly and temporary shelter area after a disaster. The results revealed that the majority of participants live in apartment complexes without gardens (43.4%), do not feel safe where they currently reside (47.8%), and would prefer to live in safer places if given the opportunity (52.9%). It was found that the botanical garden has a high potential as an assembly area after a potential disaster (71.6%); however, in its current state, the garden is insufficient for post-disaster use (28%). Several recommendations were made to adapt the area for such purposes.

Keywords: Gathering areas, open green spaces, user preferences

ATA BOTANİK BAHÇESİ'NİN OLASI AFET SONRASI TOPLANMA ALANI OLARAK KULLANICI TERCİHLERİN BELİRLENMESİ

ÖZET: Botanik bahçeler bitki türlerini koruma altına alan, kullanıcıları doğayla buluşturan, çeşitli eğitim alanları oluşturan laboratuvar görevi üstlenen alanlar olmasının yanı sıra kent halkı için en önemli açık-yeşil alanlardan birini oluşturmaktadır. Kentsel açık-yeşil alanlar kent içerisinde birçok farklı fonksiyonlarda kullanılabilir. Kentlerde bulunan açık-yeşil alanlar olası afet sonrasında insanların güvende hissettikleri mekânların başında yer

almaktadır. Bu çalışmada Erzurum kentinin önemli yeşil alanlarından birisi olan Ata Botanik Bahçesinin afet sonrası için toplanma ve geçici barınma alanı olma potansiyeli araştırılmak amacıyla 136 kişi ile bir anket çalışması yürütülmüştür. Katılımcıların çoğunluk olarak kentte bahçesiz toplu konutlarda yaşadıkları (%43,4), yaşadıkları yerde kendilerini güvende hissetmedikleri (%47,8) ve fırsatları olsa daha güvenli yerlerde yaşamak istedikleri (%52,9) ortaya çıkmıştır. Olası bir afet sonrasında botanik bahçenin toplanma alanı potansiyelinin yüksek olduğu (%71,6) bununla beraber alanın mevcut hali ile afet sonrası kullanım için yeterli olmadığı (%28) sonucuna ulaşılmıştır. Alanın bu amaçla da kullanılmasına yönelik bazı önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toplanma alanları, açık-yeşil alan, kullanıcı tercihleri

INTRODUCTION

One of the most significant factors contributing to the rapid urbanization in our country is the attraction of cities due to the job opportunities created in urban areas. As a result, population growth driven by migration from rural areas has begun (Atalay, 2008). Economic and physical problems arise due to human-induced disasters caused by both natural and unplanned urbanization, depending on the physical characteristics of the regions where cities are established (Şahin & Üçgül, 2019).

Since the dawn of humanity, people have sought ways to understand and contend with nature (Şahin & Üçgül, 2019). Disasters, commonly referred to as "kıran" among the public, are defined as natural or human-induced events that cause material and emotional damage in settlements and disrupt regular activities (AFAD, 2012). Disasters are sudden occurrences that lead to various losses. Events such as landslides, avalanches, rockfalls, floods, and earthquakes are classified as disasters. In addition, occurrences like drought, climate change, and deforestation, which result in the loss of lives and property, are also considered disasters (Varol & Gültekin, 2016).

The United Nations University Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS) evaluated the disaster potential and risk assessment of 171 countries using 28 indicators such as floods, earthquakes, and storms in its 2016 World Risk Report. Among 171 countries, Turkey ranked 106th with a World Risk Index score of 5.20, placing it in the low-risk category. Although Turkey appears to be a low-risk country, its disaster management risk score is approximately 69%, and its exposure risk score is around 12%, positioning it among high-risk countries and medium-level nations in terms of adaptability (Ersoy, 2017).

In Turkey, earthquakes causing both material and emotional damage have occurred on average every five years. It has been reported that approximately 100,000 people have lost their lives (Table 1), 2,100 have been injured, and more than 7,000 buildings have been destroyed as a result of these earthquakes (AFAD, 2012). These earthquakes have resulted in significant loss of life and property, causing both material and emotional harm.

Table 1. Major Earthquakes In Our Country

Year	Province	Magnitude of Earthquake	Death Toll
1924	Erzurum Earthquake (Horasan)	6,8	60
1939	Erzincan Earthquake	7,9	33 000

1966	Muş Earthquake (Varto)	6,9	2.396
1970	Kütahya Earthquake (Gediz)	7,2	1.086
1971	Bingöl Earthquake	6,8	878
1975	Diyarbakır Earthquake (Lice)	6,6	2.385
1976	Van Earthquake (Muradiye)	7,5	3.840
1983	Erzurum-Kars Earthquake	6,8	1.151
1992	Erzincan Earthquake	6,6	653
1999	Kocaeli Earthquake (Gölcük)	7,8	17.840
1999	Düzce Earthquake	7,2	894
2003	Bingöl Earthquake	6,4	176
2011	Van Earthquake	7,2	601
2020	Elazığ Earthquake	6,8	44
2020	Izmir Earthquake	6,6	117
2023	Kahramanmaraş Earthquake	7.8 (± 0.1) and 7.5	± 50.783

The primary goal in landscape architecture studies is to conserve existing resources and ensure a balance between usage and preservation, while planning, designing, and maintaining spaces within an ecological framework through functional and aesthetic efforts. In this context, the concept of geo-design has emerged with the aim of reducing exposure to disaster risks by identifying suitable areas for designs and minimizing problems caused by such risks (Kırçın et al., 2017). Geo-design is one of the key methods used in disaster risk reduction by selecting appropriate locations through various analyses during the landscape planning process. Disaster management involves two phases: pre-disaster and post-disaster, and the importance of landscape planning in mitigating physical and psychological damage becomes evident after a disaster (Ciga, 2020).

In the post-disaster reconstruction process, alongside economic and physical rebuilding, social restructuring also takes place. Therefore, in order to reduce psychological and social problems, it is crucial to create an environment that facilitates users' adaptation to their surroundings as they strive to return to normal life and meets their needs (Düzenli et al., 2017). Post-disaster assembly areas are divided into two categories: emergency assembly areas and temporary shelter areas (Maral, 2016). Emergency assembly areas are spaces that people can quickly access in the immediate aftermath of a disaster, while temporary shelter areas are designated to meet people's needs post-disaster. Temporary shelter areas must be designed to provide basic needs such as water, communication, and infrastructure (Şentürk & Erener, 2017; Çalışkan, 2019). The identification and planning of appropriate locations for emergency assembly and temporary shelter areas before disasters are critical topics within landscape planning (Ciga, 2020).

According to the Sphere Project, temporary shelter areas should be located near city centers, be suitable for habitation, provide security and peace, and not cause harm to the environment. The area should be accessible, located at least 3 meters above the rainwater basin in case of rainy weather, have good soil drainage and be suitable for excavation, and should not pose risks such as disease or landslides. The slope of the land should not exceed 7%, and the area should not be agricultural land. If there is no sewer connection, septic tanks should be available, and the area should have electricity and water connections. Temporary shelter areas should provide 45 m² per person, including infrastructure (Ciga, 2020).

In our country, standards set by AFAD (Disaster and Emergency Management Authority) exist regarding emergency assembly areas. When selecting these areas, the following factors must be considered:

- Population,
- Accessibility,
- Ensuring accessibility for the disabled and elderly as much as possible,
- Distance from secondary hazards,
- Preference for flat terrains,
- Proximity to residential areas, but far enough to remain unaffected by the disaster,
- Proximity to structures that can meet basic needs (Doğan, 2023).

In temporary shelter areas, container and tent placements should have at least 8 meters of clearance from the entrance door and at least 15 meters from main roads. Containers should provide a minimum of 3.5 m² per person, have a minimum elevation of 30 cm above the ground, and include infrastructure for facilities such as bathrooms, toilets, and kitchens. They should be equipped with a power supply of 15 kW, be made from waterproof and fire-resistant materials, and have durable and unbreakable floors. Tents should also provide at least 3.5 m² per person, with the upper part constructed from double layers or insulating materials. They should have a power capacity of 5-7 kW and include lockable doors. Temporary shelter areas should be less than 500 m². Containers or tents should be provided at a rate of 3.5 m² per person, with at least 2 meters of space between each unit (AFAD, 2015).

Several studies have been conducted regarding the potential of open-green spaces as assembly areas following disasters. Maral (2015) reported that in İzmir, the selection of assembly and tent areas did not comply with the international standards set by AFAD. It was anticipated that proper planning could address communication and interaction problems. A study conducted in Gümüşhane identified that the selected assembly areas were particularly unsuitable from a population perspective, and recommended more accessible alternative areas (Şirin, 2020). Palazca (2020) addressed the positioning and capacities of green spaces in the city after a disaster, while Kalkan (2022) noted that open-green areas did not meet the requirements as assembly areas. Saygılı and Akpınar (2022) categorized open-green areas and assessed their adequacy, and Uyar and Özkan (2023) found that assembly areas were insufficient in relation to the population. A study on the adequacy of open spaces in the Aydın-Efeler district for disaster and emergency assembly determined that while the total number of assembly areas was adequate relative to the population, they were insufficient at the neighborhood scale.

Özdikmen (2015) emphasized the necessary actions to be taken in and after disaster situations, and Erdin et al. (2018) identified that earthquakes, floods, and landslides are the most frequent natural disasters in Turkey. The study found that visitors primarily mentioned earthquakes, rockfalls, and landslides.

Adıgüzel (2024) listed the functions that parks should have for use in potential disaster situations, including administrative buildings, security, parking, areas that could serve as hospitals, sports fields, picnic areas that could be converted into tent areas if necessary, playgrounds, hobby gardens, cafeterias, hard surfaces that could be used as tent areas, seating areas, restrooms, showers, changing cabins, storage areas, charging stations, water tanks, fountains, waste collection areas, and infrastructure systems. The study also found that while Ata Botanical Garden is suitable for use as a post-disaster assembly area, its current state presents several opportunities but is still insufficient.

In terms of seismicity, Erzurum, located in the Eastern Anatolian Compression Zone, is situated between the North Anatolian Fault Zone and the Eastern Anatolian Fault Zone. The area,

characterized by active tectonic surfaces and fault systems, features prominent fault zones including the Aşkale Fault Zone, Başköy-Kandilli Fault Zone, Palandöken Fault Zone, and Erzurum-Dumlu Fault Zone. Throughout history, these four fault zones have experienced and continue to experience various destructive earthquakes (Anadolu Kılıç, 2021).

By examining active fault zones in Erzurum, five earthquake regions have been identified. The city center of Erzurum is designated as a 2nd-degree earthquake region (Figure 1). The population density in Erzurum is highest in the Aziziye, Palandöken, and Yakutiye districts.

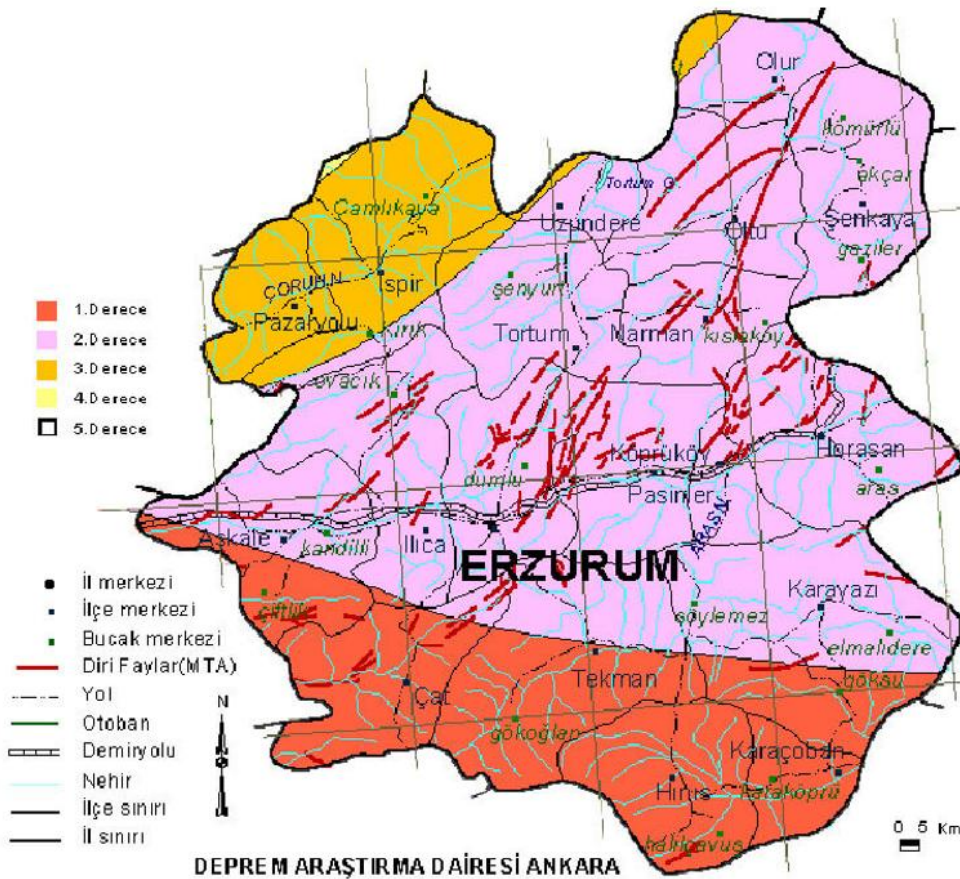


Figure 1. Earthquake Risk Map of Erzurum Province by Districts

The districts of Palandöken and Yakutiye in Erzurum city center are primarily situated on old alluvial soils. These areas are marked in pink on the geotectonic map, indicating problematic areas that require preventive measures. Due to the varying groundwater levels between 35-150 meters, there is a forecast of potential issues such as soil liquefaction in the event of an earthquake (AFAD, 2021).

The Ata Botanical Garden, one of the important open-green spaces in Erzurum, has become a frequently visited site due to its recreational facilities. Botanical gardens offer numerous benefits, including opportunities to spend time in nature, recreational activities, viewing various plant compositions together, and preserving plant diversity. This study aims to evaluate the suitability of Ata Botanical Garden as an assembly and temporary shelter area in the event of a disaster for the city of Erzurum, which is located in an earthquake-prone zone. The study seeks to answer the question: “Does the garden have the physical potential to serve the people of Erzurum in the aftermath of a potential disaster?”

MATERIAL and METHOD

The study area is the Ata Botanical Garden, located within Atatürk University in Erzurum, covering approximately 35 hectares. The garden was designed and established in 2005 by Prof. Dr. Hasan Yılmaz. Around 100,000 m² of the Ata Botanical Garden features various landscape applications. Additionally, there is a large hobby garden within the boundaries of the botanical garden. The actively used section of Ata Botanical Garden includes an artificial pond, bridges, seating areas, an irrigation system, lighting elements, walking paths, terraces, a jogging track, a parking lot, and grassy areas (Figure 2) (Yılmaz, 2012). The study area consists of the Ata Botanical Garden within Atatürk University in Erzurum, which has an area of approximately 35 ha. The garden was designed and implemented by prof. Dr. Hasan Yılmaz in 2005. Various landscaping applications are included in approximately 100,000 m² of the Ata Botanical Garden. There is also a large hobby garden within the boundaries of the botanical garden. In the part actively used in the Ata Botanical Garden, there are artificial ponds, bridges, seating areas, irrigation system, lighting elements, walking paths, terraces, running path, parking lot and grass surfaces (Yılmaz, 2012).



Figure 2. ATA Botanical location map and some images. (H. Yılmaz)

In the study, after conducting a literature review on the topic, a questionnaire was prepared for the users of Ata Botanical Garden. During the fall semester of 2023, a total of 136 people were surveyed on different dates (Appendix 1). The sample size for the questionnaire was determined using simple random sampling methods (Yazıcıoğlu, 2004; Lai & Nepal, 2006). The results were analyzed using the SPSS statistical program, subjected to the chi-square test, and presented graphically along with some recommendations. The chi-square test was used to evaluate the differences between variables, tested at a 95% confidence interval. The results were analyzed with the SPSS statistical program, and presented graphically with some recommendations.

The source used for calculating the sample size is as follows:

$$n = \frac{N \cdot P \cdot Q \cdot Z_{\alpha}^2}{(N-1) \cdot d^2}$$

N: Population size,

n: Sample size

P: Proportion of occurrence of X in the population

Q: (1-P): Proportion of non-occurrence of X

Z_{α} : $\alpha = 1.96$ for $\alpha = 0.05$

d: Sample error with $\alpha = 0.05$ ($d = 0.10$)

For Ata Botanical Garden, with a population size of 15,000, the sample size calculation is as follows:

$$N = 31260 \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot (1.96)^2 : (31260 - 1) \cdot (0.10)^2 = 96$$

In 2022, Ata Botanical Garden hosted approximately 31,260 visitors. Considering additional visitors such as unregistered guests, guest visitors, and Atatürk University staff, it was anticipated that the population size would be larger, leading to an increase in the sample size from 96 to 136. This adjustment was made to improve accuracy as the number of respondents increases.

RESULTS

Of the survey participants, 52.9% are female and 47.1% are male. The age distribution of the participants is as follows: 71.1% are between 19 and 25 years old, 27.4% are between 26 and 40 years old, and 1.5% are either 0-18 years old or over 60 years old. Regarding occupation, 58.1% are students, 9.6% are civil servants, 7.4% are workers, 4.4% are self-employed professionals, 0.7% are homemakers, and 19.9% belong to other occupational categories. Additionally, 51.1% of the participants have a university degree, 36.6% have completed high school, 12.6% have other educational backgrounds, and 0.7% have completed elementary school.

Generally, 43.4% of the participants live in apartment complexes without gardens, 32.4% live in apartment complexes with gardens, 1.2% live in detached houses with gardens, and 8.1% live in other types of housing. Among the participants, 60% of women and 56% of men, as well as nearly half (47.8%) of the university graduates who constitute the majority, reported living in apartment complexes without gardens. In this context, the type of housing in which visitors reside is found to be significantly associated with their educational background ($p < 0.05$) at a 95% confidence level (Table 2).

Table 2. Analysis of the Types of Residences of Participants

		Detached House/Garden House		Apartment Building Without Garden		Apartment Building with Garden		Other	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Gender	Female	24	16,9	60	42,3	46	32,4	12	8,5
	Male	18	14,1	56	43,8	44	34,4	10	7,8
	Total	42	15,6	116	43	90	33,3	22	8,1

Chi-square (χ^2) = .487						Significance value=3.443 ^a			
Age	0-18	0	0.0	2	100.0	0	0.0	0	0.0
	19-25	28	17.3	64	39.5	58	35,8	12	7,4
	26 of 40	12	13,6	44	50	24	27,3	8	9,1
	41-60	0	0	2	20	6	60	2	20
	60 and above	2	2	4	50	2	2	0	0
	Total	42	15.6	116	43	90	33,3	22	8,1
Chi-square (χ^2) = .293						Significance value=14.120 ^a			
Occupation	Employee	4	20	10	50	4	20	2	10
	Officer	0	0.0	18	69.2	8	30,8	0	0.0
	Self-Employment	2	16.7	4	33,3	4	33,3	2	16.7
	Student	28	17.9	58	37.2	56	35,9	14	9.0
	Other	8	14.3	26	46.4	18	32.1	4	7,1
	Total	42	15.6	116	43	90	33,3	22	8,1
Chi-square (χ^2) = .196						Significance value=15.898 ^a			
Educational Status	Primary School	0	0	0	0	0	0	2	100
	High School Graduate	12	12.5	42	43.8	38	39.6	4	4,2
	University Graduate	24	17.4	66	47.8	40	29.0	8	5,8
	Other	6	17,6	8	23,5	12	35,3	8	23,5
	Total	42	15.6	116	43	90	33,3	22	8,1
Chi-square (χ^2) = .000						Significance value=41.901 ^a			

When asked about the primary disaster risk in Erzurum, 83.8% of the participants identified earthquakes, 2.9% identified rockfalls, 2.2% identified landslides, 2.2% identified floods, and 8.8% chose other options. In this context, determining the most likely natural disaster in Erzurum is found to be significant with respect to age, occupation, and educational background ($p < 0.05$) at a 95% confidence level (Table 3).

Table 3. Primary Natural Risks in Erzurum According to Participants

		Flood		Landslide		Earthquake		Rockfall		Other	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Gender	Female	2	1,4	4	2,8	116	81,7	4	2,8	1	11.3
	Male	4	3.1	2	1,6	110	85.9	4	6,3	8	6,3
	Total	6	2,2	6	2,2	226	83,7	8	3,0	24	8,9
Chi-square (χ^2) = .196						Significance value=15.898 ^a					
Age	0-18	0	0	2	100	0	0	0	0		
	19-25	4	2.5	4	2.5	144	88,9	2	1,2	8	4,9
	26 of 40	2	2.3	2	2.3	72	81.8	0	0.0	12	13,6
	41-60	0	0.0	0	0.0	6	60.0	2	20.0	2	20.0
	60 and above	0	0.0	0	0.0	2	25.0	4	50,0	2	25.0
	Total	6	2,2	6	2,2	226	83,7	8	3,0	24	8,9
Chi-square (χ^2) = .000						Significance value=88.378 ^a					
Occupation	Employee	0	0.0	0	0.0	14	70,0	0	0.0	6	23,1
	Officer	0	0.0	0	0.0	20	76,9	0	0.0	6	23,1
	Self-Employment	0	0.0	0	0.0	10	83.3	0	0.0	2	16.7
	Student	4	2	4	2	138	88.5	2	1.3	8	5,1
	Other	2	3,	2	3,	44	78,6	4	10,7	2	3,6
	Total	6	2,2	6	2,2	226	83,7	8	3,0	24	8,9
Chi-square (χ^2) = .001						Significance value=40.407 ^a					

Educational Status	Primary School	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	100.0
	High School Graduate	2	2,1	4	4,2	84	87.5	0	0.0	6	6,3
	University Graduate	4	2.9	2	1,4	112	81.2	6	4,3	14	10,1
	Other	0	0.0	0	0.0	30	88,2	2	5,9	2	5,9
	Total	6	2,2	6	2,2	226	83,7	8	3,0	24	8,9
Chi-square (χ^2) = .002						Significance value=30.722 ^a					

Regarding the question of whether the buildings and neighborhoods where participants live are disaster-resistant, 47.8% answered "no," 25% answered "yes," and 27.2% selected "no opinion." Among the occupational groups, workers were most likely to answer "no" (16%), civil servants were most likely to answer "no opinion" (10%), self-employed individuals were most likely to answer "yes" (6%), students were most likely to answer "no" (70%), and those in other occupations were also most likely to answer "no" (32%) (Figure 3).

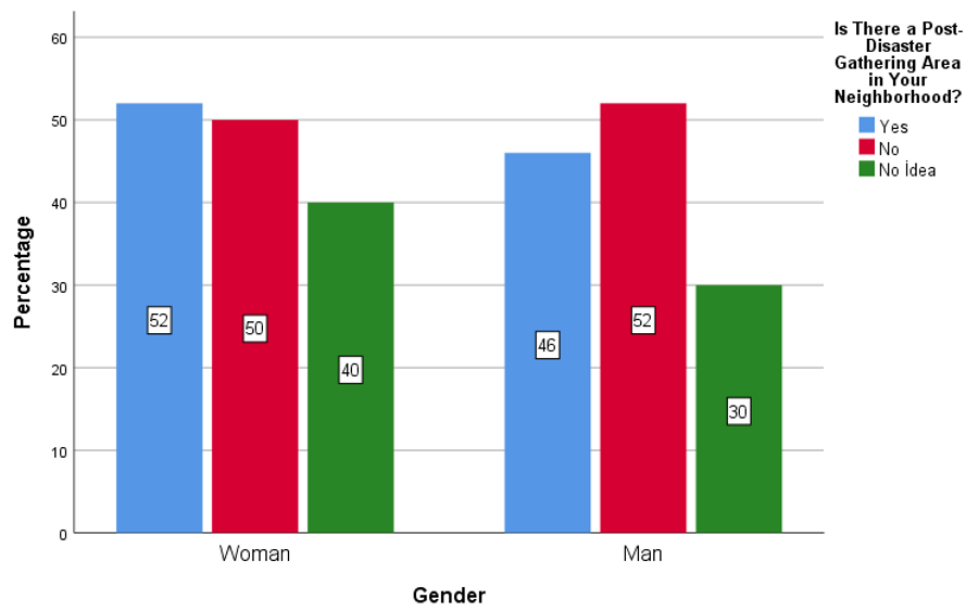


Figure 3. Participants' Views on the Disaster Resilience of Their Living Areas

In response to the question, "Is there a gathering place in your neighborhood after a disaster?" the overall answers were 36% "yes," 38.2% "no," and 25.7% "no opinion." As shown in Figure 4, 52% of women answered "yes," while 52% of men answered "no."

In response to the question, "Is Ata Botanik Garden suitable for the development of a new area as a post-disaster living space?" the overall answers were as follows: 24.4% said "very suitable," 28.9% said "suitable," 22.2% said "somewhat," 14.1% said "no opinion," 7.4% said "not suitable," and 3% said "not at all suitable."

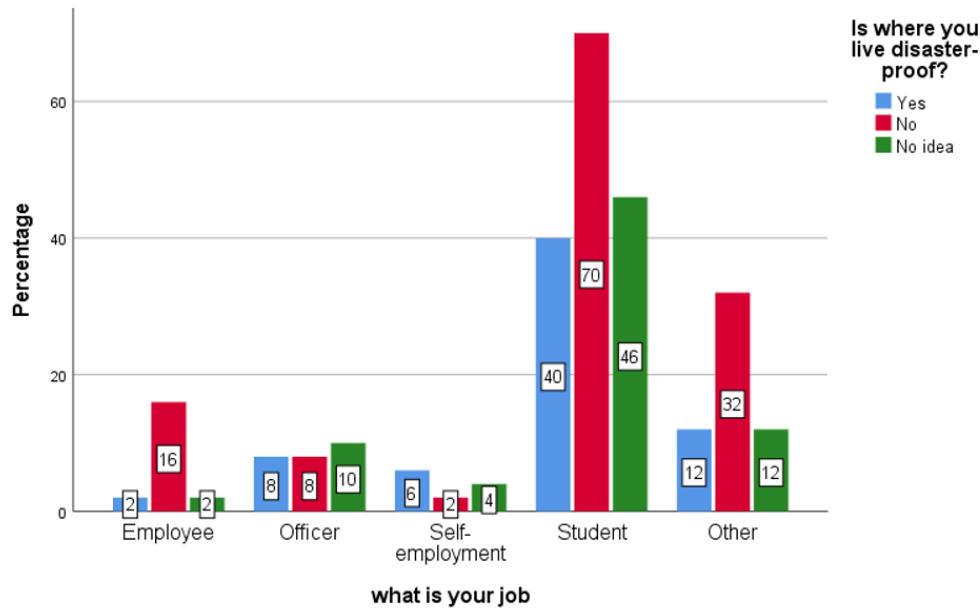


Figure 1. Participants' Opinions on Post-Disaster Gathering Places by Gender

As shown in Table 4, 28.2% of women responded "suitable," while 29.7% of men also answered "suitable." Among the participants, individuals aged 19-25 were the majority who found it "suitable" (34.6%), as well as students (32.1%) and high school graduates (47.9%). This indicates that the suitability of the botanical garden for post-disaster use is statistically significant based on gender, age, occupation, and education level at a 95% confidence level ($p < 0.05$).

Table 4. Suitability Analysis of Ata Botanic Garden as a Gathering Area After a Potential Disaster

		Very Suitable		Suitable		Partially Suitable		Not suitable		No Opinion		Not Suitable at All	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Gender	Female	30	21,1	40	28,2	38	26,8	14	9,9	20	14,1	0	0,0
	Male	34	26,6	38	29,7	24	18,8	6	4,7	18	14,1	8	6,3
	Total	64	23,7	78	28,9	62	23,0	20	7,4	38	14,1	8	3,0
Chi-square (χ^2) = .015		Significance value=14.080^a											
Age	0-18	0	0,0	2	100	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	19-25	30	18,5	56	34,6	32	19,8	12	7,4	24	14,8	8	4,9
	26 of 40	24	27,3	18	20,5	24	27,3	8	9,1	14	15,9	0	0,0
	41-60	8	80,0	2	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	60 and above	2	2,0	2	25,0	4	50,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Total	64	23,7	78	28,9	2	23,0	20	7,4	38	14,1	8	3,0
Chi-square (χ^2) = .002		Significance value=42.720^a											
Occupation	Employee	2	10,0	8	40,0	6	30,0	0	0,0	4	20,0	0	0,0
	Officer	12	4,2	4	1,4	6	23,1	2	7,7	2	7,7	0	0,0
	Self-Employment	8	66,7	4	33,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Student	30	19,2	50	32,1	32	20,5	16	10,3	24	15,4	4	2,6
	Other	12	21,4	12	21,4	18	32,1	2	3,	8	14,3	4	7,1
	Total	64	23,7	78	28,9	62	23,0	20	7,4	38	14,1	8	3,0
Chi-square (χ^2) = .004		Significance value=41.175^a											

Educational Status	Primary School	2	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	High School Graduate	22	22.9	46	47,9	18	18,8	0	0.0	8	8,3	2	2,1
	University Graduate	36	2,1	24	17.4	36	2,1	1	11	22	15.9	4	2.9
	Other	4	11.8	8	23,5	8	23,5	4	11.8	8	23,5	2	5,9
	Total	64	23.7	78	28,9	62	23.0	20	7,4	38	14.1	8	3,0
Chi-square (χ^2) = .000										Significance value=46.084 ^a			

Regarding the question, "Does the current condition of Ata Botanik Garden have the potential to serve as a gathering area for the people of Erzurum after any disaster?" the responses were as follows: 71.6% answered "yes," 15.7% answered "no opinion," and 12.7% answered "no." This indicates that determining the potential of the botanical garden to serve as a gathering area in the event of a disaster is statistically significant based on gender, age, and occupation at a 95% confidence level ($p < 0.05$) (see Table 5).

Table 5. Analysis of the Potential of Ata Botanik Garden as a Gathering Area

		Gardened/Detached House		Non-Gardened Multi-Unit Housing		Gardened Multi-Unit Housing	
		N	%	N	%	N	%
Gender	Female	98	69	14	9.9	30	21,1
	Male	94	73,4	20	1,9	14	10.9
	Total	192	71.1	34	12	44	16.3
Chi-square (x²) = .044					Significance value= .251^a		
88	0-18	0	0.0	2	100	0	0.0
	19-25	118	72.8	16	9.9	28	17.3
	26 of 40	56	63,6	16	18,2	16	18,2
	41-60	10	100.0	0	0.0	0	0.0
	60 and above	8	100.0	0	0.0	0	0.0
	Total	192	71.1	34	12.6	44	16.3
Chi-square (x²) = .001					Significance value=25.375^a		
Occupation	Employee	12	60.0	4	20.0	4	20.0
	Officer	18	69.2	6	23,1	2	7,7
	Self-Employment	12	100.0	0	0.0	0	0.0
	Student	106	67,9	16	10.3	34	21.8
	Other	44	78,6	8	14.3	4	7,1
	Total	192	71.1	34	12.6	44	16.3
Chi-square (x²) = ,031					Significance value=16,960^a		
Educational Status	Primary School	2	100.0	0	0.0	0	0.0
	High School Graduate	72	75	10	10,4	14	14.6
	University Graduate	94	68,1	22	15.9	22	15.9
	Other	24	70	2	,9	8	23,5
	Total	192	71.1	34	12.6	44	16.3
Chi-square (x ²) = .509					Significance value=5.273 ^a		

When asked, "What opportunities does Ata Botanik Garden offer to serve as a post-disaster gathering place?" the participants responded as follows: 22.5% identified large grassy areas, 21.3% identified vacant spaces, 16.6% identified wooded areas, 13.4% identified restrooms, 12.5% identified water sources, 7.6% identified parking spaces, and 6.1% identified vehicle pathways as contributing factors for its potential as a post-disaster gathering place.

Regarding the question, "What features would you prioritize for the proposed post-disaster living area at Ata Botanik Garden?" the respondents were asked to rank their preferences, and the evaluation results are illustrated in Figure 5.

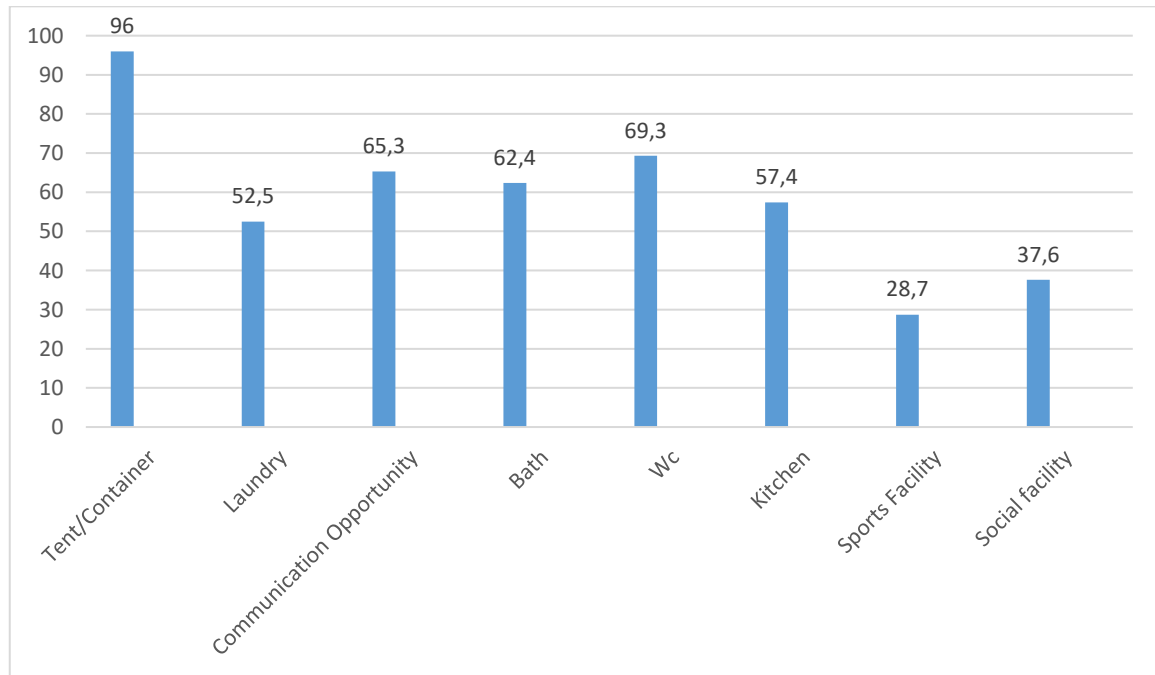


Figure 5. Priority Physical Structures Required in Post-Disaster Living Areas

CONCLUSION and DISCUSSION

Botanical gardens are open-green spaces that provide opportunities for individuals to connect with nature, create recreational areas, and preserve plant diversity through the collection of various plant species. While botanical gardens serve recreational purposes like other gardens, they are distinguished by their roles in education and scientific research. Therefore, botanical gardens should be approached with different techniques to create sustainable green spaces (Okan, 2022).

Urban open-green spaces are often deemed suitable and preferred for use as gathering areas. This highlights the importance of incorporating disaster-focused policies into land use plans in cities prone to disaster risks (Palazca, 2020). However, according to Gerdan's 2019 study, identified gathering areas were found to be insufficient, and open-green spaces were deemed unsuitable for post-disaster scenarios. While recreational open-green spaces might be sufficient, issues such as accessibility, safety, and meeting needs during and after a disaster remain concerns. Furthermore, urban open-green spaces are distinguished from other land uses due to their role in disaster management. Notably, urban planning regulations emphasize the importance of plazas and national parks in relation to disaster management (Palazca, 2020). Urban transformations and innovative landscape designs are fundamental to a holistic approach to urban space planning. These transformations must also ensure continuity and develop new models (Aşur, 2019).

Gathering areas should also be utilized for various open space uses such as walking, relaxation, and children's play areas in daily life. These areas are crucial for emergency purposes, including

evacuation, shelter, and first aid. Therefore, designated areas should be designed to be functional both during and outside of emergencies (Jayakody et al., 2016).

According to the JICA (2002) report, post-disaster gathering areas are essential not only for assessing damage and performing initial interventions but also for being easily recognizable and sufficiently large public spaces (Palazca, 2020).

Erzurum, located in the 2nd seismic zone, has experienced earthquakes historically across its districts. Ata Botanic Garden, an important open-green area in Erzurum, appears to have potential for use as a post-disaster area. The potential of the garden for post-disaster use has been assessed through visitor surveys, and while the existing physical infrastructure is suitable for a gathering area, it requires additional long-term structural improvements.

A survey conducted by the Socio-Political Field Research Center revealed that 37.5% of respondents considered their homes to be partially secure, 71.2% felt unprepared for earthquakes, and following the February 6 Elbistan and Pazarcik earthquakes, 26.9% of respondents sought refuge in parks, green spaces, or vacant lots (Url 2).

It has been noted that after a disaster, people primarily seek open spaces and thus head towards easily accessible and safe areas (Kırçın et al., 2017). Meral et al. (2021) found in their study that while open-green areas in Bingöl city center were adequate, they were lacking in terms of facilities, infrastructure, and accessibility. Another study indicated that parks were not suitable for post-disaster use and that necessary attention was not given to their preparedness (Meral et al., 2023). Areas with infrastructure that can support safe access, gathering, and basic needs during a disaster have been identified as suitable for gathering (Maral et al., 2015; Çınar et al., 2018; Mengi and Erdin, 2018; Gerdan and Şen, 2019).

According to the results of the study, the type of residence and the desire to move to a safer location in the event of a disaster varied by occupation. Participants indicated that they would be willing to move to safe locations even if they were far away in the event of a disaster. It was also determined that preferences for disaster-resistant living spaces were influenced by educational background and occupation. The study confirmed that Ata Botanic Garden has the potential to serve as a gathering area in the event of a disaster.

A large portion of participants who identified the most likely natural disaster in Erzurum as an earthquake lived in apartment complexes without gardens (43.4%) and indicated that their buildings and neighborhoods were not disaster-resistant. They also mentioned that while there were gathering areas in their living environments, these were inadequate. Additionally, their primary expectations from gathering areas were safe accommodation, followed by amenities such as restrooms, communication opportunities, bathrooms, kitchens, laundries, social facilities, and sports facilities (Figure 5).

While 24.4% of participants found Ata Botanic Garden very suitable as a gathering area in the event of a disaster, 28.9% found it suitable. The criteria determined by AFAD, such as accessibility and ease of evacuation, suitability for people with disabilities and the elderly, safety, as flat terrain as possible, proximity to residential areas but not affected by structural and non-structural elements, and proximity to buildings providing basic needs like electricity, water, and toilets, were found to be met (Url 3).

The botanical garden, which is suitable as a gathering area in terms of size, accessibility, security, and meeting basic needs, also has the potential to protect users from risks arising from surrounding developments.

The garden has the following advantages for use as a gathering place after a potential disaster:

- **Safety:** The area is secure, with a designated safety unit and enclosed surroundings.
- **Location:** Situated within the city, making it accessible and well-connected.
- **Topographical Suitability:** The topography is suitable, with an appropriate slope.
- **Energy Supply:** Availability of sufficient energy sources.
- **Clean Drinking Water:** Presence of three water wells providing clean drinking water.
- **Administrative Facilities:** Includes an administrative building and structures that can be partially utilized as a restaurant.
- **Basic Amenities:** Facilities such as WC and prayer rooms that can partially meet basic needs.
- **Parking and Open Spaces:** Availability of parking areas and open spaces, with potential for container and tent setups.
- **Temporary Shelter and Nourishment:** Numerous hobby gardens within the area available for temporary shelter and nourishment.
- **Extensive Open-Green Areas:** Large open-green spaces suitable for potential tent sites.
- **Psychological Support and Recreation:** Areas for demonstrations and recreational activities (plant displays, pond area, pergolas, and groves) providing psychological support and opportunities for leisure.

The study has determined that the Ata Botanic Garden is suitable for use as a gathering area and temporary shelter in the event of a disaster. The existing unused areas of the botanic garden can be adapted through infrastructure improvements and new arrangements to become suitable for temporary shelter and gathering purposes. Enhancing these areas can increase the garden's functionality.

In areas designated for new arrangements, facilities such as storage, kitchens, bathrooms/WC, containers, tent sites, and communication facilities can be established to meet post-disaster needs. The existing parking area, which is currently inadequate, can be expanded to increase its capacity.

Given that Ata Botanic Garden is one of the significant open-green spaces in the city, it is deemed suitable for use as a gathering area. However, its current state is insufficient. To mitigate psychological trauma experienced by individuals following a disaster, social activity areas should be created. Water features and various thematic gardens should be incorporated to positively impact mental well-being. Playgrounds should be designed for children across different age groups. Additionally, the design should ensure that the space remains functional for daily use when not affected by disasters.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors contributed equally to the article.

FUNDING STATEMENT

The study received no financial support.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

ETHICS COMMITTEE APPROVAL

This study requires ethics committee approval. Ethics committee form was approved with the document number of 60665420-000-E.2100228866 on 01.09.2021 by the Ataturk University Institute of Science.

ACKNOWLEDGMENT

This study was prepared using Büşra AKSU's Thesis titled 'Ata Botanical Garden User Satisfaction and Possible 'Post-Disaster Recommendation Landscape Design Scenario'. It has not been published anywhere before.

REFERENCES

- Adıgüzel, F. T. (2024). Examination of post-disaster preparation areas and earthquake park design: “A case study of Sancaktepe,” Master's Thesis, Istanbul University Institute of Science and Technology.
- AFAD. (2012). Disaster Management and Natural Disaster Statistics in Turkey.
- AFAD. (2015). Regulation on the Establishment, Management, and Operation of Temporary Shelter Centers.
- AFAD. (2021). Provincial Disaster Risk Reduction Plan, Planning and Risk Reduction Department, Malatya.
- Aşur, F. (2019). An evaluation of visual landscape quality of coastal settlements: a case study of coastal areas in the Van Lake Basin (Turkey). *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(2).
- Atalay, H. (2008). The use of urban open and green spaces in the event of an earthquake: A case study of Küçükçekmece Cennet Mahallesi (Doctoral Dissertation, Istanbul Technical University, Institute of Science and Technology).
- Ciga, B. (2020). Examination of the adequacy of emergency assembly areas from the perspective of landscape planning: A case study of Kartal District, Istanbul, Master's Thesis, Yıldız Technical University, Institute of Science and Technology.
- Çalışkan, M. C. (2019). Examination of the applicability of disaster management plans: A case study of Çorlu (Master's Thesis, Trakya University, Institute of Science and Technology).
- Çınar, A., Akgün, Y., & Maral, H. (2018). Analyzing the planning criteria for emergency assembly points and temporary shelter areas: Case of İzmir-Karşıyaka. *Planlama-Planning*, 28(2).

- Doğan, G. (2023). Examination of emergency assembly area planning criteria within the framework of integrated disaster management system: A case study of Malatya-Battalgazi, Master's Thesis, Erciyes University, Institute of Science and Technology.
- Düzenli, T., Mumcu, S., & Yılmaz, S. (2017). Landscape design for earthquake survivors: Surroundings of İzmit Yuvacık earthquake housing. *Academic Journal of Social Research*, 237-247.
- Gerdan, S., & Alper, Ş. E. N. (2019). Evaluation of the adequacy of designated assembly areas for disaster and emergency situations: A case study of İzmit. *İdealkent*, 10(28), 962-983.
- Erdin, H. E., Zengin Çelik, H., Sılaydın Aydın, M. B., & Partigöç, N. S. (2018). Determination and evaluation of criteria for public assembly areas after disaster and emergency situations. İzmir City Example, Afad-Udap Study, Project No: Udap-G-16-08, Ankara.
- Ersoy, Ş. (2017). 2016 Natural Disasters Yearbook: "World and Turkey", 1st Edition, Ankara: TMMOB Chamber of Geologists Publications.
- Jayakody, C., Amaratunga, D., & Haigh, R. (2016, September). Planning and Designing Public Open Spaces as a Strategy for Disaster Resilient Cities: A Review of Literature. In 9th Faculty of Architecture and Research International Research Conference: Building the Future-Resilient Environments (pp. 156-168). Faculty of Architecture: University of Moratuwa.
- JICA, İBB. (2002). Turkey Istanbul Seismic Microzoning and Basic Disaster Prevention/Reduction Plan Study. Istanbul: Istanbul Metropolitan Municipality.
- Kalkan, M. (2022). Evaluation of the adequacy of designated disaster and emergency assembly areas in Uşak City. *Resilience*, 6(2), 269-285.
- Kılıç, N. C. A. (2021). The profile of natural events and earthquake hazard in Erzurum Province. *Journal of Disaster and Risk*, 4(1), 61-83.
- Kırçın, P. N., Çabuk, S. N., & Çabuk, A. (2017). The role of landscape architecture in reducing exposure risk to disasters. 4th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology. Eskişehir: Anadolu University.
- Lai, P., Nepal, S. (2006). Local perspectives of ecotourism developments in Tawushan Nature Reserve, Taiwan.
- Maral, H., Akgün, Y., Çınar, A., & Karaveli, A. (2015). An evaluation of assembly and emergency shelter areas after disaster in İzmir. Turkey Earthquake Engineering and Seismology Conference.
- Maral, H. (2016). Examination of factors in the planning of temporary settlements after disasters: A case study of Karşıyaka. Master's Thesis. İzmir: Gediz University Institute of Science and Technology.
- Mengi, O., & Erdin, H. E. (2018, May). Management, design, and systematic approaches of assembly areas in disaster and emergency situations. In 2nd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management, Sakarya University Culture and Congress Center, Sakarya-Turkey 04-06 May 2018.
- Meral, A., Vural, H., & Doğan, S. (2021). What Our Cities Can Offer After Natural Disasters. *Online Journal of Art & Design*, 9(3).
- Meral, A., Kayalı, R., Kabay, Y., & Avcı, Y. E. (2023). Preparation status and scenario of Bingöl City's open green spaces for natural disasters. *Bozok Journal of Agriculture and Natural Sciences*, 2(1), 58-72.
- Naguib, N., Ye, H., Gogotsi, Y., Yazıcıoğlu, A. G., Megaridis, C. M., & Yoshimura, M. (2004). Observation of water confined in nanometer channels of closed carbon nanotubes. *Nano Letters*, 4(11), 2237-2243.

- Okan, Y. R. (2022). Sustainable planning and design approach of botanical gardens: A case study of the Turkish National Botanical Garden (Master's Thesis, Institute of Science and Technology).
- Özdikmen, T. (2015). Disaster and emergency management: Field application of disaster management and emergency methodologies. Seçkin Publishing.
- Palazca, A. (2020). Analysis of assembly areas after disasters: A case study of Denizli (Master's Thesis, Pamukkale University Institute of Science and Technology).
- Saygılı, H. B., & Akpınar, A. (2022). Examination of the adequacy of urban green spaces in Aydın/Efeler for disaster and emergency assembly areas. *Journal of Adnan Menderes University Faculty of Agriculture*, 19(2), 305-311.
- Şahin, Ş., & Üçgöl, İ. (2019). Disaster management and occupational health and safety in Turkey. *Journal of Disaster and Risk*, 2(1), 43-63.
- Şentürk, E., & Erener, A. (2017). Determination of temporary shelter areas in natural disasters by GIS: A case study of Gölçük/Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(3), 84-90.
- Şirin, M., & Ocak, F. (2020). Evaluation of disaster and emergency assembly areas in Gümüşhane City within the geographic information systems environment. *Eastern Geography Journal*, 25(44), 85-106.
- Uyar, H. E., & Evrim, T. Ö. R. E. (2023). First Stop After Earthquake: An Examination of Assembly Areas in Istanbul. *Journal of Disaster and Risk*, 6(1), 206-222.
- Varol, N., & Gültekin, T. (2016). An effective migration factor: Disasters. *Anthropology*, (32), 43-51.
- Yılmaz, H. (2012). The importance of botanical gardens and the Atatürk University Ata Botanical Garden. Retrieved from <https://www.plantdergisi.com/yazi-botanik-bahcelerinin-onemi-ve-ataturk-universitesi-ata-botanik-bahcesi-9.html> (Accessed: 03.08.2023).
- URL 1: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/35429/xfiles/turkiye_de_afetler.pdf (Accessed: 03.08.2023).
- URL 2: <https://sahamerkezi.org/depreme-yonelik-hazirlik-algi-ve-beklentilere-iliskin-anket-calisma-raporu/>
- URL 3: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/30991/xfiles/toplanma_alanlari.pdf (Accessed: 17.09.2024).



OPTIMIZING FIREFIGHTING EQUIPMENT ALLOCATION IN BALIKESIR USING 0-1 INTEGER PROGRAMMING

Burcu Tezcan¹, Tamer Eren^{2,*}

¹Cappadocia University, Cappadocia Vocational School, Corporate Informatics Expert, Nevşehir, Turkey

²Kırıkkale University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Industrial Engineering, Kırıkkale, Turkey

*Corresponding author: tamereren@gmail.com

Burcu Tezcan: <https://orcid.org/0000-0002-0997-7761>

Tamer Eren: <https://orcid.org/0000-0001-5282-3138>

Please cite this article as: Tezcan, B. & Eren, T (2025). Optimizing firefighting equipment allocation in Balıkesir using 0-1 integer programming, *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 203.-216.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 28 Şubat 2025 / Received 28 February 2025

Düzeltilmelerin gelişi 22 Nisan 2025 / Received in revised form 22 April 2025

Kabul 28 Nisan 2025 / Accepted 28 Nisan 2025

Yayınlanma 30 Nisan 2025 / Published online 30 April 2025

ABSTRACT: Forest fires have been among the most severe disasters, causing disruptions to the ecological balance, economic losses, and threats to life safety. To effectively combat such disasters, the strategic planning of firefighting equipment has been of great importance. In this context, this study focused on the planning of firefighting equipment for forest fires in Balıkesir province, which is home to 32 different endemic plant and animal species. Due to its high wildfire risk, Balıkesir was selected as the study area. In the province, eight forest fire zones were identified, and the allocation of 20 firefighting units was planned. An optimal equipment allocation model for forest fire response was developed using the 0-1 Integer Programming method. The model aimed to minimize the transportation time of firefighting equipment while ensuring that each fire zone received the necessary number of resources. The mathematical model was solved using the IBM ILOG CPLEX Optimization program. The results indicated that an optimal transportation time of 68 minutes was achieved for the eight fire zones. These findings confirmed the applicability and effectiveness of the proposed model and demonstrated its potential to enhance operational efficiency in emergency management. Moreover, the study presents a novel 0-1 integer programming model for the optimal assignment of firefighting equipment in Balıkesir province under assumptions such as fixed fire zones and equipment capacity. Future studies are planned to improve the model with operational constraints such as dynamic fire spread, personnel, and fuel limitations.

Keywords: Forest Fires, Resource Optimization, 0-1 Integer Programming, Balıkesir

0-1 TAMSAYILI PROGRAMLAMA KULLANILARAK BALIKESİR'DE YANGIN SÖNDÜRME EKİPMANLARININ TAHSİSİNİN OPTİMİZASYONU

ÖZET

Orman yangınları ekolojik dengenin bozulmasına, ekonomik kayıplara ve can güvenliğinin tehdit edilmesine yol açan ciddi afetler arasındadır. Bu tür afetlerle etkin bir şekilde mücadele edebilmek için yangın söndürme ekipmanlarının stratejik olarak planlanması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda bu çalışmada Balıkesir ilinin orman yangınında yangın söndürme ekipman planlanması, bölgede yaşayan 32 farklı endemik tür ile hayvan türleri için önemlidir. Bu nedenle orman yangını açısından riskli bölge olan Balıkesir ili uygulama alanı olarak seçilmiştir. Balıkesir'de 8 orman yangını bölgesi seçilmiş ve 20 yangın söndürme ekipmanının planlanması yapılacaktır. 0-1 Tam Sayılı Programlama yöntemi kullanılarak orman yangınına müdahale için optimum ekipman planlama modeli geliştirilmiştir. Model yangın söndürme ekipmanlarının ulaşım sürelerini minimum yapmayı amaçlamaktadır. Her yangın bölgesine ihtiyacı kadar yangın söndürme ekipmanı tahsis edilecektir. Matematiksel model IBM ILOG CPLEX Optimizasyon programı ile çözülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre 8 orman yangını bölgesine 68 dakikada ulaşım sağlanmıştır. Bu durum modelin uygulanabilirliğini ve etkinliğini doğrulamakta olup acil durum yönetimi bağlamında operasyonel verimliliği artırma potansiyelini göstermektedir. Ayrıca çalışma sabit yangın bölgeleri ve ekipman kapasitesi gibi varsayımlar altında Balıkesir ilinde yangın söndürme ekipmanlarının en uygun şekilde atanmasını amaçlayan özgün bir 0-1 tamsayılı programlama modeli sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda modelin dinamik yangın yayılımı, personel ve yakıt sınırlamaları gibi operasyonel kısıtlar ile geliştirilmesi planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Orman Yangınları, Kaynak Optimizasyonu, 0-1 Tamsayılı Programlama, Balıkesir

INTRODUCTION

Forest fires cause both material losses and threaten natural life (Tezcan & Eren, 2022). This situation causes property damage and loss of life (Tezcan & Eren, 2023a, 2024). Therefore, it is important to make the right decision while fighting forest fires (Fidanboy vd., 2022). With the increase in global warming, precautions should be taken before forest fires occur. While the measures taken are vital, it is vital to make the first intervention as soon as possible after the first spark (Zeferino, 2020). The most successful strategy for countries combating forest fires is to prevent the spread of forest fires by intervening in the least possible time (Ertugrul, 2005).

Wildfire management includes fire occurrence detection, fuel management, fire forecasting efforts, preventive actions, and fire suppression (Collins vd., 2013; Minas vd., 2015). Wildfire spread is a comprehensive treatment of suppression activities, integrating physical systems, managerial decisions, and the political system responsible for budget allocation (Mendes & e Alvelos, 2025). Forest fire suppression involves the actions necessary to control the outbreak of fire. The first resource carries out extinguishing to reach the forest fire area. If resources are allocated effectively and quickly, the growth of forest fires is prevented (Ntaimo vd., 2012). However, a forest fire spreads rapidly, and firefighting resources are occupied for weeks

(Martell, 2007). The first planning that needs to be done when a wildfire first starts is to decide on the type and level of resources that should be assigned to each operational base (MacLellan & Martell, 1996; Minas vd., 2015). Then, it is decided how to send firefighting resources to the wildfire area (D. Rideout vd., 2011; D. B. Rideout vd., 2010).

In (Donovan, 2006), federal land management agencies in the US are increasingly relying on firefighting crews. However, there has been no comprehensive study to determine the optimal allocation of these crews. A mathematical model developed from a case study of the Pacific Northwest reveals the optimal staffing structure based on the severity of the fire season and the availability of alternative employment opportunities on fire-free days. In (Haight & Fried, 2007), this study aims to optimize resource allocation by considering uncertainties such as the number, location, and intensity of fires. The model determines the optimal deployment levels by evaluating the effects of time to reach the fire and the distribution of resources. (D. Rideout vd., 2011) developed an integer linear programming model for first responder resource allocation in the context of performance-based cost-effectiveness analysis. The model optimizes resource allocation according to different budget levels by generating objective functions that internalize costs in the extended response phase. (Van Der Merwe vd., 2015) Developed a mathematical model for resource allocation to asset protection activities during a fire. The mixed integer programming model optimizes resource allocation by aiming to preserve the maximum total asset value. (Aalami & Kattan, 2018) Used an integer programming model for emergency evacuation planning. It modeled the resource allocation problem over four different scenarios. In addition, a fair, dynamic and distributed algorithm based on Lagrange dual method is developed. (Rodríguez-Veiga vd., 2018) It aims to optimize the route planning of air resources to control forest fires. The integer linear programming model allows for the automatic and fast coordination of tasks. (Rodríguez-Veiga vd., 2018) Proposes an integer linear programming model for resource allocation in the firefighting planning period in accordance with Spanish legislation. The simulation study shows that the exact solution can be obtained quickly without the need for any heuristic algorithm. (Zheng, 2018) aims to optimize resource allocation in order to minimize costs while ensuring the safety of life and property in case of fire. The model is solved using LINGO software, and its flexibility is tested using sensitivity analysis. (Wu vd., 2019) aims to determine the optimal routes of a limited number of firefighting teams in forest fires. The developed integer linear programming model generates the optimal scheduling scheme with CPLEX software. (Tezcan vd., 2021) In disaster management, a temporary warehouse location is selected and the vehicle routing problem for food distribution is considered. (Harris vd., 2023) This research developed an algorithm for suppressing uncontrollable fires. The algorithm is compared with mixed integer programming and heuristic approaches. (Tezcan & Eren, 2023b) Criteria enabling energy production from pine needles were evaluated. (Avci vd., 2024) developed two different integer programming formulations for the uncontrollable fire suppression problem involving multiple resource types. The performance of the models is tested on various examples, and a case study of Muğla province in Turkey demonstrates the application of these formulations. (Tezcan, B. & Eren, 2025) In this study, the literature on forest fire resource planning is reviewed in detail, and a comprehensive analysis is carried out using a systematic approach.

In this context, this study aims to establish a mathematical model that can efficiently plan the available number of firefighting equipment and respond to the entire forest area in a short time. It is effective for the firefighting equipment to reach the forest fire area in a minimum time. The mathematical model was realized by establishing a 0-1 integer programming model. The model decided how much equipment should be assigned to the forest fire area and how long it

would take to reach it. In addition, geographical constraints and various operational constraints are taken into account to minimize transportation time. The parameters of land slope, forest density, past forest fire data, existing facilities and wetlands were taken for Edremit district of Balıkesir General Directorate of Forestry in Turkey. The data for the region was obtained from the General Directorate of Forestry. However, settlement and road data were taken from open sources. This study's contribution to the literature is the integration of geographical constraints into fire management models and the application of a 0-1 integer programming approach in equipment planning in Balıkesir province. While the literature generally focuses on fire spread, resource allocation, or simulation-based models, this study differs in that it focuses on data-driven and optimization-based direct response planning at a local scale. It aims to increase operational efficiency in firefighting by providing decision-makers with a practically applicable model.

MATERIAL AND METHOD

In this section, the steps of the 0-1 Integer Programming model are explained.

Study Area

Balıkesir Edremit district is located at 39°35'56 "North 27°1'20" East. The average annual temperature is 16.2°C. Although the temperature decreases in the northern highlands, it is the highest in the Edremit plain. Topography and aspects also affect the temperature. The southern slopes of the Kaz Mountains receive more sun (Yüceşahin, 1997).

Edremit district has a total forest area of 72,506 hectares. Of this area, 60,796.1 hectares are classified as normally closed forest areas and 11,710 hectares are classified as closed areas with gaps (URL-1, 2025). Tree diversity is high. These are pinus brutia, pinus nigra, the endemic plant species abies equitrojani, fagus orientalis, platanus orientalis, castanea sativa, populus tremula, quercus cerris, alnus glutiosa, copressus sempervirens, tilia, quercus coccifera, quercus infectoria (Yüceşahin, 1997). For this reason, it is of great importance to plan firefighting equipment effectively and strategically in case of a possible forest fire. The application area is given in Figure 1.

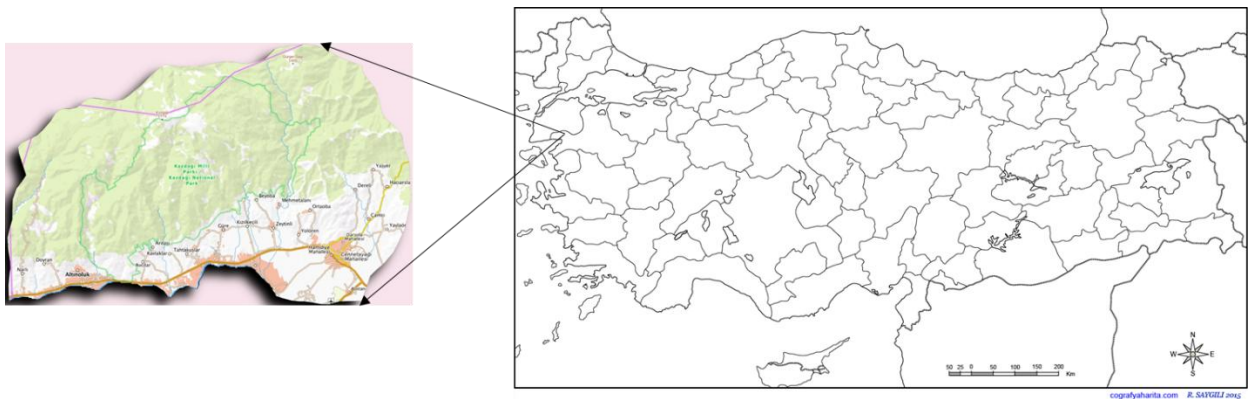


Figure 1. Study area

Dataset

The relevant website identified land and air vehicles in Balıkesir. Currently, 99 first-response vehicles, 54 land vehicles, 18 water supply vehicles, and two helicopters constitute the region's fire-fighting capacity (URL-2, 2025). Between 2004 and 2022, 1,540 forest fires occurred in Balıkesir province (URL-1, 2025). In addition, the settlements and road network data used in this study were obtained from the Google Earth platform. Information on land and air vehicles used in firefighting was obtained from the official website of the General Directorate of Forestry.

0-1 Integer Programming

In this study, the 0-1 integer programming was used. In certain cases, decision variables must assume only integer values to ensure the feasibility and practicality of the model. Integer constraints are particularly crucial in optimization problems where fractional solutions are not meaningful, such as resource allocation, facility location, or scheduling problems. By enforcing integer restrictions, the model provides more realistic and implementable solutions, enhancing its applicability to real-world decision-making scenarios. For example, some situations require binary (0-1) decision variables, such as whether to build a factory or whether to assign a worker to a particular machine.

In other words, the divisibility assumption of linear programming may not be valid for every problem. Since standard linear programming methods do not guarantee integer solutions, a unique process called integer programming has been developed for such issues.

In some problems, all decision variables must be integers. Such problems are called integer programming problems (Kaymazlı, 2001). The general form can be expressed as follows.

$$\begin{aligned} \text{Maximum } (Z) &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \text{Constraints } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\ x_j &= 1, 2, \dots, \text{integer } (j = 1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

The difference between the linear programming model and the integer programming model is that in linear programming, the condition of being positive ($x_j \geq 0$), becomes an integer condition, i.e., $x_j = 0, 1, 2, 3, \dots, n$. In integer programming, all x_j variables have values greater than or equal to zero (Jünger vd., 2009).

Which Optimization Programme Is Used?

The model was solved using IBM ILOG CPLEX Optimization Studio. CPLEX is a powerful optimization tool that efficiently solves linear, integer, and mixed integer programming problems. This software is preferred because it can efficiently solve large-scale and complex decision models.

APPLICATION

This study focuses on resource optimization to minimize the effects of forest fires. Within the scope of the application, a forest fire scenario that may occur in the Edremit district of Balıkesir province, which is one of the regions with fire risk, is taken into consideration. It is aimed to

minimize the losses that may occur as a result of a possible Edremit forest fire. In this direction, the aim is to obtain the outputs of the scenario according to the data received by the General Directorate of Forestry within the scope of the study. The flow chart of the problem is given in Figure 2.

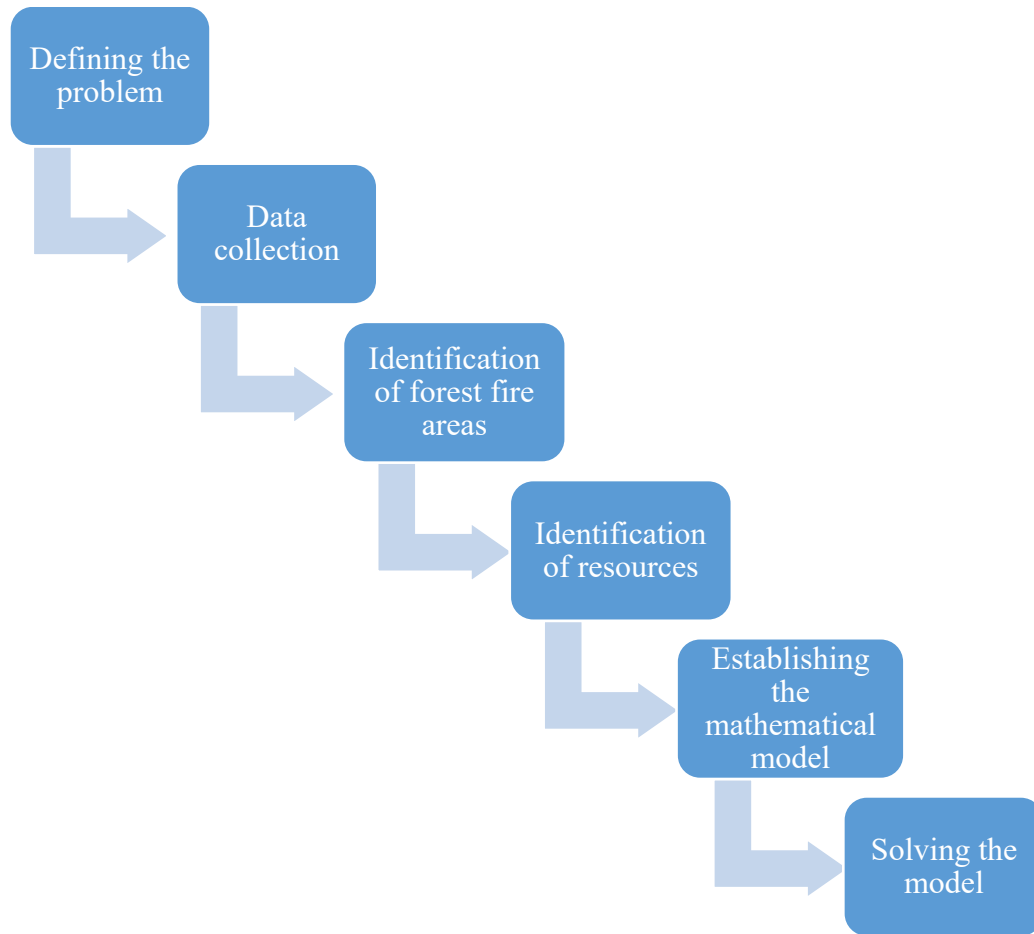


Figure 2. Flowchart

Problem Definition

In this study, the resource allocation problem is addressed in order to effectively respond to 8 different forest fires that occurred in the Edremit district of Balıkesir province. Optimal allocation of the limited number of firefighting equipment is critical in fighting forest fires. Within the scope of the problem, equipment allocation will be made by considering the fire intensity, spread rate, environmental risk factors, and the capacity of existing extinguishing resources in each fire zone. It should be ensured that the equipment reaches the fire zone as soon as possible. The model to be developed in this study aims to provide a practical resource planning strategy to decision-makers in fire management and response processes.

Data Collection

In order to effectively allocate resources in forest fires, data on fire zones were first collected. These data were obtained from the General Directorate of Forestry. In this context, the geographical locations of the points where the fire occurred, the severity of the fire, the rate of spread, and environmental factors are presented in Figure 3. Figure 3 shows forest fires in 8

different locations in the Edremit district of Balıkesir. In addition, the types and current locations of firefighting equipment were obtained. Land and air vehicles in Balıkesir were identified from the relevant website (URL-2, 2025). Currently 99 first response vehicles, 54 land vehicles, 18 water supply vehicles, and 2 helicopters constitute the region's fire fighting capacity. This will ensure the most effective use of fire extinguishing equipment in fire intervention.

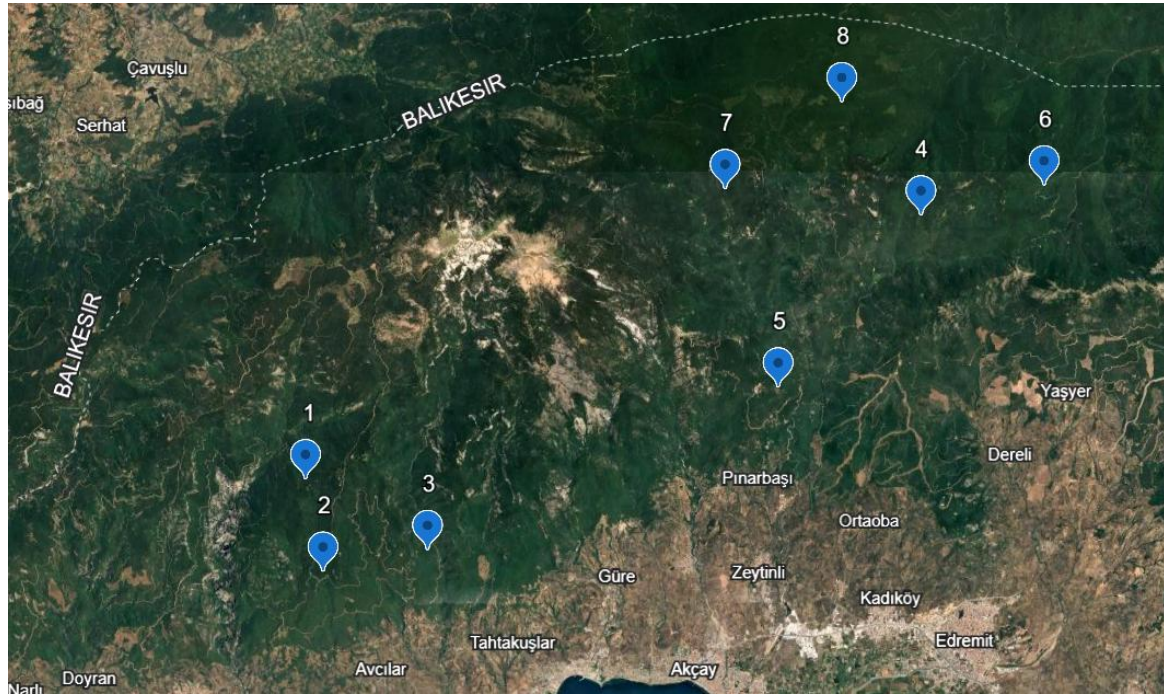


Figure 3. 8 forest fires in Balıkesir Edremit district

Establishing the Mathematical Model

The best planning should be made for a rapid response to 8 forest fires in the Edremit district of Balıkesir province. A mathematical model was established to send the equipment to the fire zone in the minimum Time. Table 1 presents transportation times to the forest fire.

Parameters:

k: Total fire fighting vehicles $i = 1, 2, \dots, k$

n: Total fire zone $j = 1, 2, \dots, n$

d_j = Minimum number of equipment needed in fire zone j

m_i = Maximum number of fire zones to which equipment i can be assigned

t_{ij} = Time for equipment i to reach fire zone j (minutes)

Transportation times (t_{ij})

Table 1. Transportation times of the equipment to the forest fire zone

Equipment	Fire Zone (min)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	5	8	4	7	6	3	9	10
2	3	6	2	5	4	7	8	9
3	7	5	3	6	4	8	10	12
4	6	9	4	5	7	3	8	11

5	5	4	6	8	7	5	9	10
6	9	6	7	4	3	8	5	12
7	8	7	6	5	4	9	10	11
8	6	5	4	3	8	7	9	10
9	7	6	5	4	3	8	9	10
10	4	3	5	7	6	8	9	11
11	5	6	7	8	4	3	9	12
12	9	8	7	6	5	4	3	10
13	10	9	8	7	6	5	4	11
14	5	4	6	7	3	8	9	12
15	6	5	4	3	8	7	9	10
16	7	6	5	4	3	8	9	11
17	4	3	5	6	7	8	9	10
18	5	6	7	8	4	3	9	12
19	8	7	6	5	4	9	10	11
20	6	5	4	3	8	7	9	10

Decision variables:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if equipment } i \text{ is assigned to fire zone } j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \forall i,j$$

Assumptions:

- d_j : Each fire zone j requires a certain minimum number of equipment. This value is set to ensure an effective response.
- m_i : Each equipment can be assigned to, at most, a certain number of fire zones. This constraint is set considering the capacity and operational efficiency of the equipment.
- t_{ij} : Determined by considering the road network for the fastest transportation of the equipment in each scenario.
- The model is suitable for small and medium-sized fires.
- Firefighting equipment is sufficient to extinguish the fire.
- The fire zones used in the scenarios were determined hypothetically based on past fire data (URL-1, 2025).

Mathematical model:

Objective function:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Constraints:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \geq d_j \quad i=1,2,\dots,n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq m_i \quad j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i,j \quad (4)$$

The model minimizes the arrival time of fire-fighting equipment to fire zones. Equation (1) ensures that fire-fighting equipment arrives in minimum time. Equation (2) each fire zone should be assigned at least as much equipment as it needs. Equation (3) each equipment should be assigned to at most one fire zone. Equation (4) is the non-negativity constraint.

Evaluation of Results

The mathematical model was solved with the IBM ILOG CPLEX Optimization program. As a result of the application, the shortest transportation time of fire extinguishing equipment allocation to fire zones was optimized. The solution of the model shows that the total transportation time is minimized to 68 minutes. According to the results obtained, vehicles were allocated to each fire zone in a way that met the minimum equipment requirement. Minimum equipment requirements were determined based on historical fire data (URL-1, 2025). In addition, the types of equipment required by different fire zones for effective fire control were analyzed. In the study, ground and air vehicles were considered separate categories, and helicopters were allocated to the most critical areas, considering the severity of the fire and transportation difficulties. In addition, no equipment was assigned to more than one fire zone, ensuring full compliance with operational constraints. The assignment process was carried out by prioritizing the equipment that could reach the fire zones the fastest and considering the quickest routes. In this process, optimum routes were determined using the road network, thus minimizing the response time to the fire. Table 2 shows the fire fighting equipment assigned to each fire. When the table is examined, it is seen that 5, 10, and 17 fire extinguishing equipment are assigned to fire zone 2, and 6, 12, and 13 fire extinguishing equipment are assigned to fire zone 7. This shows that the fire zone is significant and needs more fire extinguishing equipment than other fire zones. Although there were 20 fire extinguishers available, fire extinguishers were sent to the fire zones as much as the fire zones needed. A total of 16 fire extinguishers were used. These results confirm the applicability and effectiveness of the mathematical model and show its potential to increase operational efficiency in the context of emergency management. The adaptability of the model to different scenarios is considered an important finding that can contribute to the development of dynamic firefighting strategies.

Table 2. Fire fighting equipment assigned to each fire zone

Fire Zone	Assigned Equipment
1	2, 18
2	5, 10, 17
3	3
4	8, 15
5	14, 16
6	11
7	6, 12, 13
8	1, 9

CONCLUSION AND DISCUSSION

Turkey is a region at high risk of forest fires along the Mediterranean and Aegean coasts. Forest fires destroy around 10,000 hectares of land every year. Not only forests but also people, habitats, and ecosystems are damaged (Tezcan vd., 2022). In this context, various studies have been conducted in the literature to create a forest fire susceptibility map of Muğla province. For example, in a survey conducted by (Sari, 2021), meteorological, topographic, environmental, economic, and forestry parameters were taken into consideration for the creation of forest fire susceptibility maps. In the study, the weight of each parameter was calculated by the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, and sensitivity maps were created

using a Geographic Information System (GIS). The current research aims to contribute to decision-support mechanisms by focusing on optimizing resource allocation in firefighting. This research contributes to decision support mechanisms in firefighting by focusing on resource allocation optimization at the operational level.

The study develops a mathematical model for the most efficient allocation of firefighting equipment to fight forest fires. The model aims to ensure that the equipment reaches the fire zones in the fastest way by minimizing the total transportation time. The optimization approach developed meets the minimum number of equipment required by each fire zone and also includes constraints that ensure that each equipment is assigned to only one zone. According to the results obtained, the total transportation time of 68 minutes reveals the effectiveness of the model. Figure 4 shows the fire extinguishing equipment assigned to fire zones in the Edremit district of Balıkesir province. When Figure 3 is analyzed, fire zone 1 is assigned the 2nd and 18th fire fighting equipment, fire zone 2 is assigned the 5th, 10th, and 17th fire fighting equipment, fire zone 3 is assigned the 3rd fire fighting equipment, fire zone 4 is assigned the 8th and 15th fire fighting equipment, and fire zone 4 is assigned the 8th and 15th fire fighting equipment. fire-fighting equipment to fire zone 3, 8th and 15th fire-fighting equipment to fire zone 4, 14th and 16th fire-fighting equipment to fire zone 5, 11th fire-fighting equipment to fire zone 6, 6th, 12th and 13th fire-fighting equipment to fire zone 7, 1st and 9th fire-fighting equipment to fire zone 8. Sufficient equipment was allocated to each fire zone, and operational efficiency was maximized. This study shows that it offers a faster and more efficient method of resource allocation compared to existing fire suppression strategies. Solving the model with 0-1 integer programming techniques shows the applicability of optimization algorithms to emergency management problems. We also compared the results obtained using historical wildfire data (URL-1, 2025). To evaluate the effectiveness of the model, the total access time to the historical forest fire is 93 minutes. Reducing this time to 68 minutes with the proposed optimization model reveals the potential of the model to increase operational efficiency. Therefore, it shows that the model provides consistent results under different conditions and is reliable in terms of decision support.

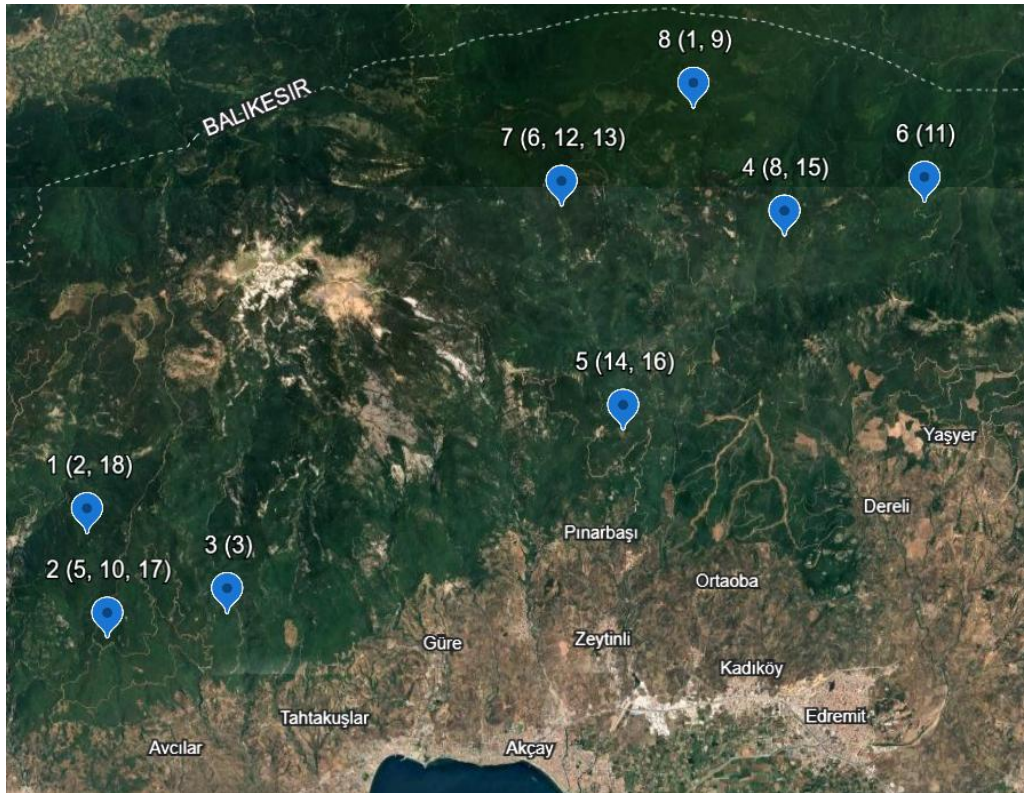


Figure 4. Distribution of fire extinguishing equipment to fire zones in Edremit district of Balıkesir province

The contributions of this study to the literature are discussed in three different dimensions.

- *Application area:* Increasing forest fires in Balıkesir province in recent years have led to a decrease in forest areas. Balıkesir province has an important position in terms of both tourism and agriculture. In addition, it has 32 different endemic plant species. Therefore, it is important to plan firefighting equipment before a forest fire occurs.
- *Methodology:* The need for equipment to be allocated to the fire zone is determined. Response time to the fire is minimized by providing an optimization approach that minimizes transportation times. Contributes to the literature on how to manage available resources most efficiently. A model that can provide real-time support to decision-makers in the fight against forest fires is proposed.
- *Evaluation:* Forest fires occupy an essential place among natural disasters, and developing an effective response strategy is a critical requirement for society. For this reason, academic studies on the optimization of firefighting equipment provide a more systematic perspective on the solution of the problem. In addition, it aims to reach the fire extinguishing equipment in a minimum amount of time.

Aspects of this study that can be expanded in the future include taking into account uncertainties by using the stochastic programming method—integration with Geographic Information Systems (GIS) to take into account the topographical characteristics of fire zones. The effectiveness of the model can be tested under different fire scenarios and changing weather conditions. A more comprehensive fire response planning can be made in which human and material resources are optimized together.

In particular, crew shift times, rest times, and operational cycles are critical elements in firefighting and should be integrated into future versions of the model. In addition, determining the minimum number of active resources per fire is vital to assess the adequacy of the equipment allocated to the fire zone. In this direction, it is suggested that the model be extended to cover all processes of firefighting operations in future studies. Thus, more realistic and applicable results can be obtained by evaluating fire suppression strategies together with operational constraints.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Burcu Tezcan: Writing an article, literature search, analysis of data, construction of mathematical model, solving the model. Tamer Eren: Article control, design of the study, and construction of the mathematical model.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to thank the experts working in the General Directorate of Forestry for their valuable contributions to this article.

FUNDING STATEMENT

The study received no financial support.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

ETHICS COMMITTEE APPROVAL

This study does not require any ethics committee approval

REFERENCES

- Aalami, S., & Kattan, L. (2018). Fair dynamic resource allocation in transit-based evacuation planning. *Transportation research part C: emerging technologies*, 94, 307–322.
- Avci, M. G., Avci, M., Battarra, M., & Erdoğan, G. (2024). The wildfire suppression problem with multiple types of resources. *European Journal of Operational Research*.
- Collins, R. D., de Neufville, R., Claro, J., Oliveira, T., & Pacheco, A. P. (2013). Forest fire management to avoid unintended consequences: A case study of Portugal using system dynamics. *Journal of environmental management*, 130, 1–9.
- Donovan, G. H. (2006). Determining the optimal mix of federal and contract fire crews: A case

- study from the Pacific Northwest. *Ecological modelling*, 194(4), 372–378.
- Ertugrul, M. (2005). The situations of forest fires in the world and in Turkey. *ZKU Bartın Faculty of Forestry Journal*, 7(7), 43–50.
- Fidanboy, M., Adar, N., & Okyay, S. (2022). Development of a forest fire prediction model based on deep learning and forecast fire risk map of Turkey. *Turk. J. For. Res*, 9, 206–218.
- Haight, R. G., & Fried, J. S. (2007). Deploying wildland fire suppression resources with a scenario-based standard response model. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 45(1), 31–39.
- Harris, M. G., Forbes, M. A., & Taimre, T. (2023). Logic-based benders decomposition for wildfire suppression. *Computers & Operations Research*, 160, 106392.
- Jünger, M., Liebling, T. M., Naddef, D., Nemhauser, G. L., Pulleyblank, W. R., Reinelt, G., Rinaldi, G., & Wolsey, L. A. (2009). *50 Years of integer programming 1958-2008: From the early years to the state-of-the-art*. Springer Science & Business Media.
- Kaymazlı, T. (2001). 0-1 tamsayılı programlama ile askeri tesislerin yer/proje seçimi. *Marmara Üniversitesi* (Turkey).
- MacLellan, J. I., & Martell, D. L. (1996). Basing airtankers for forest fire control in Ontario. *Operations Research*, 44(5), 677–686.
- Martell, D. (2007). Forest fire management. *Handbook of operations research in natural resources*. Springer, New York.
- Mendes, A. B., & e Alvelos, F. P. (2025). A robust optimisation approach for the placement of forest fire suppression resources. *International Transactions in Operational Research*, 32(3), 1312–1342.
- Minas, J., Hearne, J., & Martell, D. (2015). An integrated optimization model for fuel management and fire suppression preparedness planning. *Annals of operations Research*, 232, 201–215.
- Ntaimo, L., Arrubla, J. A. G., Stripling, C., Young, J., & Spencer, T. (2012). A stochastic programming standard response model for wildfire initial attack planning. *Canadian Journal of Forest Research*, 42(6), 987–1001.
- Rideout, D. B., Wei, Y., & Kirsch, A. (2010). Allocation of initial attack resources. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 137, 187–195.
- Rideout, D., Wei, Y., & Kirsch, A. (2011). Optimal allocation of initial attack resources to multiple wildfire events. *International journal of safety and security engineering*, 1(3), 312–325.
- Rodríguez-Veiga, J., Ginzo-Villamayor, M. J., & Casas-Méndez, B. (2018). An integer linear programming model to select and temporally allocate resources for fighting forest fires. *Forests*, 9(10), 1–18.
- Rodríguez-Veiga, J., Gómez-Costa, I., Ginzo-Villamayor, M. J., Casas-Méndez, B., & Sáiz-Díaz, J. L. (2018). Assignment problems in wildfire suppression: Models for optimization of aerial resource logistics. *Forest Science*, 64(5), 504–514.
- Sari, F. (2021). Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Mugla, Turkey: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *Forest Ecology and Management*, 480, 118644.
- Tezcan, B., Eren, T. (2025). Forest fire management and fire suppression strategies: a systematic literature review. *Natural Hazards*.
- Tezcan, B., Alakaş, H. M., Özcan, E., & Eren, T. (2021). Afet sonrası geçici depo yeri seçimi ve çok araçlı araç rotalama uygulaması: Kırıkkale ilinde bir uygulama. *Politeknik Dergisi*, 26(1), 13–27.
- Tezcan, B., & Eren, T. (2022). Orman Yangınlarına Etki Eden Faktörlerin Önceliklendirilmesi.

3rd International Disaster Management Congress.

- Tezcan, B., & Eren, T. (2023a). Orman Yangınına Sebep Olan Kriterlerin Bulanık Ortamda Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 27(2), 545–558.
- Tezcan, B., & Eren, T. (2023b). Sürdürülebilir Kalkınma için Çam İğnelerinin Enerji Üretimine Olanak Sağlayan Kriterlerin Önceliklendirilmesi. *43. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği (YA/EM) Ulusal Kongresi, 1-3 Kasım 2023, Gaziantep, Türkiye.*
- Tezcan, B., & Eren, T. (2024). Orman yangınlarında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının değerlendirilebilmesi için AHP ve ANP yöntemleri ile ölçütlerin belirlenmesi: Türkiye Örneği. *Ağaç ve Orman*, 5(2), 98–105.
- Tezcan, B., Pınarbaşı, M., Alakaş, H. M., & Eren, T. (2022). Orman Yangını Risk Değerlendirmesine Bulanık Bir Yaklaşım: Ege Bölgesi Örneği. *41. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği (YA/EM) Ulusal Kongresi, 26-28 Ekim 2022, Denizli, Türkiye.*
- URL-1. (2025). *Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Forestry.* <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>
- URL-2. (2025). *Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Forestry.* <https://www.ogm.gov.tr/tr/orman-yanginlari-oncesi-hazirlik-calismalari>
- Van Der Merwe, M., Minas, J. P., Ozlen, M., & Hearne, J. W. (2015). A mixed integer programming approach for asset protection during escaped wildfires. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(4), 444–451.
- Wu, P., Cheng, J., & Feng, C. (2019). Resource-Constrained Emergency Scheduling for Forest Fires with Priority Areas: An Efficient Integer-Programming Approach. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 14(2), 261–270.
- Yüceşahin, M. M. (1997). *Edremit ilçesi (Balıkesir) coğrafyası.*
- Zeferino, J. A. (2020). Optimizing the location of aerial resources to combat wildfires: a case study of Portugal. *Natural Hazards*, 100(3), 1195–1213.
- Zheng, R. (2018). An Optimal Allocation Scheme for City Fire Resources Based on Integer Programming. *Proceedings of the Fifth International Forum on Decision Sciences*, 101–109.