

*CONTEMPORARY ISSUES  
IN ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING  
2024*

**ARCHITECTURE, ENVIRONMENT,  
AND INTERDISCIPLINARITY**



**DAKAM**

# **CONTEMPORARY ISSUES IN ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING**

2024

ARCHITECTURE, ENVIRONMENT, AND INTERDISCIPLINARITY

**DAKAM BOOKS**

CONTEMPORARY ISSUES IN ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING 2024:

ARCHITECTURE, ENVIRONMENT, AND INTERDISCIPLINARITY

ISBN: 978-625-7034-40-1

Editor: Yıldız Aksoy, Efe Doyan

DAKAM BOOKS - Özgür Öztürk DAKAM YAYINLARI

DECEMBER 2024, İstanbul.

[www.dakam.org](http://www.dakam.org)

Firuzaga Mah. Boğazkesen Cad., No: 76/8, 34425, Beyoğlu, İstanbul.

Cover Design: D/GD (DAKAM Graphic Design)

Print: Metin Copy Plus, Mollafenari Mah., Türkocağı Cad. 3/1, Mahmutpaşa/İstanbul, Turkey.

# ARCHITECTURE, ENVIRONMENT, AND INTERDISCIPLINARITY

**DAKAM BOOKS**

## CONTENTS

### ABSTRACTION OF THE FACADE OF TRADITIONAL EASTERN BLACK SEA HOUSES THROUGH BASIC DESIGN PRINCIPLES

SEMİHA İSMAİLOĞLU, ŞEYMA BAYRAM.....6

### INTERACTIVE ENVIRONMENTS FOR INTERIOR DESIGN PROCESSES IN METAVERSE THROUGH VR

DERYA GÜLEÇ ÖZER, HÜMA BARBAROS, ŞİMAL BİLGİN, SENA EROKYAR,

AYŞE BEYZA YAVUZ HAKSEVER, FATMA MERVE UĞUR, KORAY KIDIŞ.....23

### BAROQUE MIRRORS: THE IMPLODING SPACE IN D'ESPINAY D'ETELÉN AND VELÁZQUEZ

FATMA İPEK EK.....37

### DIGITAL TWIN TECHNOLOGY IN ARCHITECTURE

AYÇA AKKAN ÇAVDAR, EBRU ŞANLI KARABAK.....47

### KENTSEL TOPRAK SORUNLARI VE TOPRAK RANTI

AYTEN NAMLI, SEMA CAMCI ÇETİN, MUHİTTİN ONUR AKÇA.....66

### DOĞAL ÇEVRENİN SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE ÇEVRESEL

### YOKSUNLUĞUN GÖZ ARDI EDİLMESİ

YILDIZ AKSOY.....87





# ABSTRACTION OF THE FACADE OF TRADITIONAL EASTERN BLACK SEA HOUSES THROUGH BASIC DESIGN PRINCIPLES

**Assoc. Prof. Dr. Semiha İSMAİLOĞLU**

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture  
ORCID 0000-0002-1006-6279

**Ress. Assist. Şeyma BAYRAM**

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture  
ORCID 0000-0001-9741-9761

## ABSTRACT

Basic design courses aim to provide students with the basic principles and skills necessary to develop design thinking. These courses are usually aimed at students at the beginning level in disciplines such as architecture and allow them to explore the abstract and concrete aspects of design. Through two- and three-dimensional expression methods, students learn how to visualize conceptual ideas in physical or digital environments. In order to teach what abstraction is during the learning process, various topics are selected and applications consisting of step-by-step processes are carried out. This study is designed to teach abstraction through 'Basic Design' at the beginning of architecture education. This study aims to investigate the relationship between abstraction and fundamental design principles and to address the reflections of this relationship through traditional façade construction. In this study, experiences regarding the method and studies of producing basic design principles with modules obtained from the formal abstractions applied in the Basic Design course with the first-year students of Recep Tayyip Erdoğan University Department of Architecture will be shared. The first step of the abstraction program is to select a few of the traditional Eastern Black Sea houses. In the second stage, formal abstractions of the façade construction of the selected houses were requested. The third stage is to create module productions by making eliminations over the abstractions made. In the last stage, basic design principles were produced using the modules obtained from the façade of the determined house. The basic design principles produced with the modules are repetition, hierarchy, dominance, balance, and unity. As a result, thirty different compositions describing basic design principles were produced from six different modules. It was seen that the facade layout of traditional Eastern Black Sea houses actually expressed a meaning as various compositions in modular units. It was understood that the facade layouts formed by the union of these modules contained one or more basic design principles within themselves.

**Keywords:** Abstraction, Basic Design, Traditional Facade, Traditional House, Eastern Black Sea Houses.



## 1. INTRODUCTION

Architectural education is formed in a comprehensive structure where applications are carried out with an interdisciplinary approach. Architecture, which is also divided into fields, has a dialectic in this sense. In this context, studies are carried out to keep the tradition alive and transfer it to the future. The primary way to teach the traditional by reflecting it with modern lines and increasing it in undergraduate education is through the Basic Design course. In the Basic Design course, it is taught how to make abstractions, which is tried by differentiating in the undergraduate programs of various design departments, has found a place for itself in this study with a different perspective by using elements and principles. In this course, abstraction studies were tried with students by imitating the traditional. This method, which is tried by differentiating in the undergraduate programs of various design departments, has found a place for itself in this study with a different perspective.

In this study, applications of basic design principles were included by modularly abstracting the facade layouts of Traditional Eastern Black Sea houses within the scope of the Basic Design course in the first semester of the architecture undergraduate program. This study aims to investigate the relationship between abstraction and fundamental design principles and to address the reflections of this relationship through traditional facade construction. In this study, experiences regarding the method and studies of producing basic design principles with modules.

The study consists of four sections. In the first section, general information is given under the titles of basic design, basic design principles, and abstraction. In the second section, traditional Eastern Black Sea houses and facade layouts are discussed. Under the title of Basic Design Studio and Facade Formation in Traditional Eastern Black Sea Architecture, the structure of the Basic Design Studio and the final products of the student studies are included. In the last section, which is the conclusion, the conclusion is given about the examined topics. The study consists of four sections. In the first section, general information is given under the titles of basic design, basic design principles, and abstraction. In the second section, traditional Eastern Black Sea houses and facade layouts are discussed. Under the title of Basic Design Studio and Facade Formation in Traditional Eastern Black Sea Architecture, the structure of the Basic Design Studio and the final products of the student studies are included. In the last section, which is the conclusion, the conclusion is given about the examined topics.

### 1. 1. Basic Design

Basic Design is an original and important course for all disciplines dealing with design. For this reason, it concerns not only the discipline of architecture but also many departments such as planning, industrial design, interior architecture, and graphic design. Although the aforementioned disciplines differ in terms of scope and end product, fundamental design can offer a strong starting point. The Fundamental Design course equips students with abstract and conceptual reasoning, the most fundamental tool for problem-solving when it comes to design (Düzenli et. al., 2023). Basic Design allows for the analysis of both reality and the provided problem, breaking it down conceptually into its component pieces, moving from the concrete to the abstract plane, coming up with ideas, and then going back to the concrete.

Basic Design is defined as "the discipline that aims to teach the principles in a particular branch of art by considering the relationships between various branches of art and the common laws, rules, and methods related to them" (Hasol, 2022). Basic Design first emerged as a discipline in the Bauhaus School by Walter Gropius, aiming to bring students to a certain level of readiness in the fields of art and design, to help them discover their personal characteristics, to develop their judgments and to save them from prejudices. The course applied with the same name in Nagy, and the New Bauhaus later continued to be used under the name Foundation Design (Eng. Foundation Design / Basic Design) (Seyhan, 2004).

It has been included in the curriculum of various architecture schools in Turkey where plastic and applied arts are taught (Hasol, 2022). The first application of basic design education in Turkey was carried out under the name "Basic Art Education" at the Istanbul Applied Fine Arts School (Seylan, 2004).

Basic Design education, based on a tradition that dates back centuries, has focused on visual perception and has developed with its efforts to organize and systematize a visual language. Art education, in addition to the learning and teaching processes, has created a language based on visual and psychological elements and has provided the use of this language as a tool in understanding art and creating the infrastructure of creative artistic activities (Seylan, 2004). Students' intellectual stages—perception, impression, observation, inquiry, association, invention, knowledge, and evaluation—are activated and transformed into unique forms through the process of basic design education (Tepecik and Toktaş, 2014; Aşkın, 2018).

The design course is an introduction to architectural design education. The course mainly aims to become aware of visual complexities (Zelanski, Fischer, 1996: 2), to create awareness by increasing visual sensitivity (Akbulut, 2010: 5332), to develop basic skills, and to provide basic design knowledge. During the education process, students are encouraged to approach architectural design problems from a critical and creative perspective. This includes being curious, observing, using imagination, evaluating existing clues and conducting research. Approaches that foster and prioritize creativity become more crucial when design education is viewed as a creative process. This is why the foundational design course—which is meant to foster creativity—is so important to the study of architecture (Beşgen, 2015; Aşkın, 2018; Seylan, 2004; Öktem Erkartal, 2023). The titles that generally constitute the curriculum can be summarized as follows:

- Design elements: point, line, direction, size, shape, value, texture, color
- Visual perception: organizational principles, proximity, similarity, good shape characteristics, shape-ground relationship
- Design principles: repetition, harmony, contrast, concept, balance, unity, sovereignty
- Space, form, geometry: two- and three-dimensional concepts (Gürer, 1998; Gürer, 2004).

In addition to this defined framework, the hidden program of the course also aims to provide students with the basic attitudes and skills necessary for design practice. The basic design course is based on three foundations: theoretical, practical and pedagogical. The curriculum framework, which is valid for all design fields and includes basic elements, constitutes the theoretical basis. This theoretical basis, which is also supported by field knowledge, forms the core of the course. The practical basis is the way this theoretical knowledge is handled. In this course, where action-based teaching is carried out, practice is the state of thought that is put into action (Wong, 1993).

The main goal of the basic design course is to confront students with various problems, develop their analytical thinking skills, learn creative problem-solving processes, and enable them to understand their own affective and cognitive processes in the context of problem solving (Türkmen, 2020). Johannes Itten is known as the first creator and implementer of the Basic Design course. The systematic goals of Itten's Basic Design course are to provide motivation to prevent students' prejudices, to form a basis for determining the field with tools and activities, and to develop an objective perspective by conveying theoretical information about the field (Itten, 1967).

## **1. 2 Basic Design Principles**

Basic design principles are fundamental concepts that guide the creation of effective and aesthetically pleasing designs. These principles are used to ensure that a design is both functionally and visually successful (Civcir, 2015). The basic design principles are repetition, conformity, contrast, harmony, dominance, balance, and unity (Anderson, 2011).

Repetition (Rhythm): Repetition is the fluidity formed by the rhythm of similar and equal parts. It is the changing, harmonious continuity of visual elements. Repetition brings warmth and movement instead of coldness and dullness. Visual rhythm can be random, regular, consecutive, fluid, or gradual. The principle of repetition is divided into three categories: full repetition, repetition, and spaced repetition.

Full repetition; is the exact same size, shape, color, value and texture of objects or shapes and the use of these in the same direction at equal intervals. Repetition is the exact same size, shape, color, value and texture of objects or shapes but the use of their intervals or directions is different. Spaced repetition occurs when more than one motif, shape, or object is used one after the other at certain intervals (Becer, 2011; Crowe and Lessau, 2011).

Conformity: It is the existence of common or approximate similarities between two or three-dimensional objects. Conformity consists of aspects such as shape, value, color, size, texture etc. Conformity; It is divided into four as physical suitability, suitability for service, suitability for form and suitability for style. Physical suitability; the similarity of the elements that make up the design in terms of size, shape, value, texture, direction and spacing constitutes physical suitability. Suitability for service; the forms used for the same purpose in the design are interconnected. Suitability for form; some forms may be similar in terms of form although they are not related to each other. Suitability for style; the closeness and unity between the elements in the design, the suitability between the parts and the whole are provided by suitability for style (Güngör, 2016).

Contrast: Contrast is the difference between the design elements in a composition; such that each element becomes stronger according to its relationship with the other. Contrast can be achieved by juxtaposing the opposite of any element (Jormakta, 2012; Öztuna, 2007).

Hierarchy: Hierarchy is a basic design principle that connects two opposite ends through appropriate stages. A hierarchy is formed by arranging the design elements in a design according to their importance. Elements that have primary, secondary or tertiary importance are arranged by measuring according to their degree of emphasis. Regular grading is almost a necessity of hierarchy. The hierarchy is divided into three categories: central, peripheral, and axial (linear). A central hierarchy is an arrangement formed as a result of more than one form, shape or element coming together to form a center point. Peripheral hierarchy is the arrangement formed as a result of the arrangement of forms or elements on the periphery. Axial (Linear) Hierarchy is a hierarchy made by arranging the shapes from largest to smallest on an axis (Akçadoğan, 2006; Uçar, 2021).

Dominance: It is the superiority of one or a group of elements used in a composition over the other elements in terms of size, value, color and texture. All kinds of dominance are achieved through contrast. The aim is to attract attention and provide an arrangement that arouses pleasure in the viewer.

Balance: Balance is the basic design principle that ensures that the visual effect of design elements is presented in harmony. It is a situation that arises from the coincidence of two opposing forces. Balance is achieved through the relationships of objects, shapes, colors, textures, directions, tone values, intervals and measurements in a design. Balance is divided into two categories: symmetrical (symmetrical) and asymmetrical (non-symmetrical) balance. Symmetrical (symmetrical) balance is formed by the repetition of elements in the same position according to an axis. Asymmetrical (or non-symmetrical) balance is formed by designing dissimilar objects in a way that can create equal visual weight during visual perception.

Unity: The most basic way to achieve unity or integrity within a work is to ensure that each element used is related to the others. When we achieve integrity within the design, the work gives the impression of completion.

### **1. 3. Abstraction**

The concept of abstraction is defined as “obtained through abstraction, whose existence is only realized in objects; its concrete opposite” (Ballantyne, 2002; Hasol, 2022). In this context, the abstraction referred to is the reorganization of objects and information belonging to them in nature and continuing their existence in an intellectual dimension, shaping them and giving them new meanings (Atalay, 2007); the deconstruction of representation; the fragmentation of the object (Baudrillard, 2010). Based on these definitions, it is understood that abstraction is separation, expressing the parts in different ways. In architecture, Hasol (2002) defines abstraction as “the serious simplification or elimination of details in the drawings of a building or landscape, replacing them with the form, masses, and composition” (Hasol, 2022).

At the beginning of the century, the fragmentation of the atomic nucleus and the introduction of the concepts of time and space into science changed the judgments about objects. Matter was defined as energy, now expressed with mathematical formulas and given meaning as a structure that changes over time. These events that redefined matter can be considered a tendency towards abstraction in science. In philosophy, the emergence of the theory of phenomenology is important for the phenomenon of abstraction. With phenomenology, the knowledge of the object began to be doubted, and the doubted object gained abstract meanings (Beşgen Gençosmanoğlu and Nezor, 2010; Yavuz, 2007).

The tendency towards abstraction has shown itself in different meanings and forms not only in science and philosophy but also in the fields of art and architecture. Artists have been affected by all these developments and this effect has also been reflected in their works. Abstraction has now been defined as “non-pointing, non-expressive, non-figurative, internal, only pointing to itself”. In architecture, abstraction takes place in various steps from the beginning to the end of the design process and reveals itself in the final product. Developing concepts for the design process and gathering environmental data both include the use of abstraction. Abstractions are also sketches and drawings that, despite their simplicity, disclose the totality by transforming physical form into an abstract shape. Designers' abstraction approaches are classified by Uraz as "purifying from details, reducing/reducing, separating/emphasizing, and comparing" (Beşgen Gençosmanoğlu and Nezor, 2010; Uraz, 1993). Abstraction is a method that enables abstract concepts to be obtained at the most competent stage in the process of acquiring information. Abstract concepts are necessary to understand the essence and reality of facts and events; because without them, the depth and meaning of a subject cannot be fully grasped. Placing a special emphasis on the concept of abstraction in basic design education helps individuals develop their skills in expressing their thoughts through linear representations and increase their perceptual differences. This process also overlaps with other disciplines and encourages common understanding. At this point, branches of art such as painting stand out as effective tools for establishing partnerships (Alper and Hacinebioğlu, 2009; Buzaglo, 2018; Nesterova Çoşkun, 2023; Reisberg, 2007).

Abstraction is one of the most important issues in terms of explaining the observation-analysis-synthesis method to students in the basic art education process and the visibility of its results. The observation-analysis-synthesis method involves students first examining details by making observations, then trying to understand these observations by analyzing them, and finally creating a new whole by making a synthesis. The contributions of this method to the student include developing problem-solving skills, increasing critical thinking skills, and encouraging creativity. Form creation is a challenging process, and during this process, students may need a theme, a concept, or data obtained from natural and artificial sources (Dülger, 2010; Hsieh et al., 2021; Kaya and Aytis, 2019). Thinking with concepts can be thought of as a process in which the designer navigates an abstract problem area and develops various strategies to elaborate on the problem definition (Gero and Neill, 1998). Lawson and Dorst (2009) defined thinking with concepts as evaluating the design situation from different perspectives. The designer thinks with concepts using a wide range of knowledge, from practical knowledge to production knowledge. The success of the process and the product depends on the concept repertoire the designer has. In fact, all designers start with a concept at the beginning of the design process, consciously or unconsciously. However, the biggest difference between an experienced designer and a novice designer is knowledge and experience. More skilled designers are better at tackling the issue and evaluating alternatives by using the knowledge base they have gained from the requirements, constraints and criteria in their previous designs (Wood and Agogino, 1996). Therefore, thinking with concepts functions as a creative, artistic and intellectual design activity.

## 2. TRADITIONAL EASTERN BLACK SEA ARCHITECTURE AND FACADE FORMATION

As in the past, the most obvious cultural representatives of societies today are architectural works. Historical buildings and design elements that are evidence of the past are among the important cultural values that need to be protected. The facades, construction systems, and interior architectural designs of such buildings are important manifestations and symbols of a culture (Kohler, 2003; Kut et al., 2002). The historical buildings that have survived today are the ones with the most residential typologies. The Turkish traditional home, often known as the "Anatolian" house, firstly, originated from a variety of reasons, including tradition, economics, geography, physical effects, and practical application (Beşgen, 1997).

In different regions of Anatolia, there is notable diversity in terms of settlement and housing organization. These houses are not only designed with consideration of the physical environmental conditions of their locations but also reflect the rich cultural heritage and lifestyles of the inhabitants (Usta et al., 2012). In this regard, the regional houses of the Eastern Black Sea Region, examined in this study, present a rich mosaic as a reflection of the region's natural habitat and cultural history. The Eastern Black Sea Region is one of the three sub-regions that constitute the Black Sea area in northern Turkey, the others being the Western Black Sea Region and the Central Black Sea Region. This region can be analyzed through its climatic, economic, and administrative parameters.

The Eastern Black Sea countryside contains unique architectural examples shaped by its nature, rural culture and local opportunities (Otyakmaz and Özgen, 2022). Wood and stone materials are generally used together in the facade design of traditional Eastern Black Sea houses. Common characteristics of the tree species used include their hardness, resistance to moisture and temperature fluctuations, and durability. Stone is an indispensable building material in the Eastern Black Sea Region. With the use of these two materials, wall techniques called eye stuffed and amulet stuffed have emerged.

The outer wall structure changes according to the placement of the wooden posts. If the posts are arranged with horizontal elements in a way that they form a rectangular shape close to a square, it is called 'göz dolma'; if they are arranged at angles of 45° or 30°, it is called 'amulet'. The gözdolma system, which is mostly seen in the coastal areas of the Eastern Black Sea Region, is a modular system in which the gaps created by joining the wooden elements are placed inside the eyes by shaving the stones collected from the nearby streams. The installation of the system - as in all other wooden frame systems - begins with the placement of a base beam with a section of approximately 15x15 cm, connected to each other with a wolf's throat, on the rubble stone wall. Wooden posts of approximately 8x8 or 10x10 cm are fixed on the base beam at intervals of 15–25 cm. The cross-section of the posts increases in the corners, on both sides of the window openings, and at the points where the interior partitions meet the exterior wall (Batur, 2005; Engin et al., 2012; Eruzun, 1997; Güler and Bilge, 2013; Özen, 2019; Özgüner, 1970). In the amulet-filling technique, since it is difficult to find a single piece of stone to fill the gaps in the triangular-shaped gaps, the gaps are filled by using crushed stone and lime mortar together (Engin et al., 2012; Eruzun, 1997; Güler and Bilge, 2013; Özen, 2019). In traditional houses built with amulet and eye-filling systems, an appearance that affects the facade occurs due to the construction system of the structure and the construction material. This situation is more effective in a decorative sense in cases where the walls of some houses are not plastered (Kuban 1966). In addition, the use of bricks and tiles is seen intensively in the villages of Rize and Artvin (Sümerkan, 1990) (Figure 1).

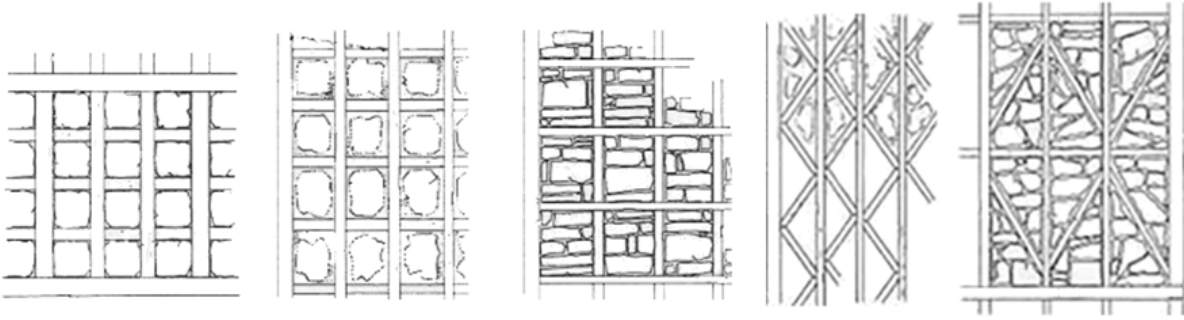


Figure 1. Facade models in traditional Eastern Black Sea houses (Özgüner, 1970) (Edited by the authors)

### 3. BASIC DESIGN STUDIO AND FACADE FORMATION IN TRADITIONAL EASTERN BLACK SEA ARCHITECTURE

The application, which was carried out in six stages in the Basic Design - Traditional Eastern Black Sea Houses section, was carried out with the first-year students of the Department of Architecture at Recep Tayyip Erdoğan University in the fall semester of 2023-2024. In order to convey the entire process in the context of the program content, the information was presented by dividing it into the stages that were followed. All the basic design principles were included in the study; the principles of repetition, coherence, dominance, balance and unity were produced as compositions. The principles of conformity and contrast were associated with the concept of color and it was requested that colors that were either compatible or opposite to each other were used in the compositions. The photographs in the study are from the photo archives of the course instructors unless otherwise stated (Figure 2).

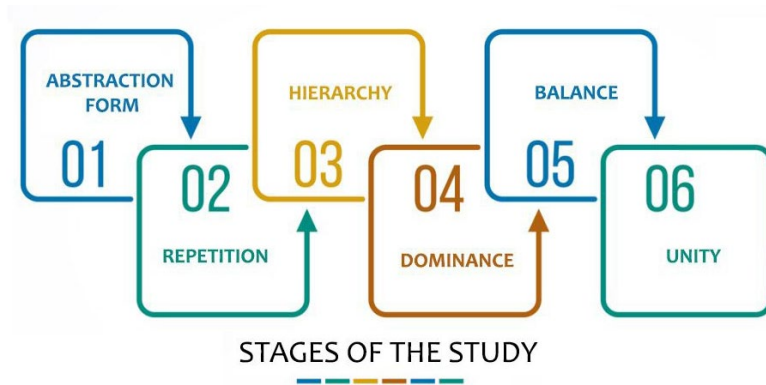


Figure 2. Stages of the study

#### Stage 1: Abstraction – Form

Application Materials: 30 x 30 cm 1 mm white styrofoam, Traditional Eastern Black Sea House visual, sketch paper, sketch pen, pencils of different thicknesses (8B, 5B, 2B, B, HB, H, 2H), markers.

In the first stage of the application, students were made to work on abstraction and form. This stage aimed to have students reconsider these structures in an abstract way by taking inspiration from traditional Eastern Black Sea houses. Each student first found 10 traditional Eastern Black Sea houses and selected one of them by choosing between them. They produced and developed various forms in geometric or amorphous structures by performing formal abstraction on the photographs of the selected house.

During the form production process, students created their own original abstract forms based on various details and structural features in the photographs of these houses. Two of these forms were determined as the forms to be used in the later stages and the designs continued to be based on these two forms, provided that these forms were kept constant.

The stages of the production of the form were drawn by the students on a 30 x 30 cm and 1 mm thick white Styrofoam work surface. At this stage, the students had the optional freedom to add color to the drawings or to color them. The addition of colors was used to make the forms stand out more and to enrich them visually. This process provided the students with the opportunity to express traditional elements in an abstract way and to develop their own creative forms (Figure 3).

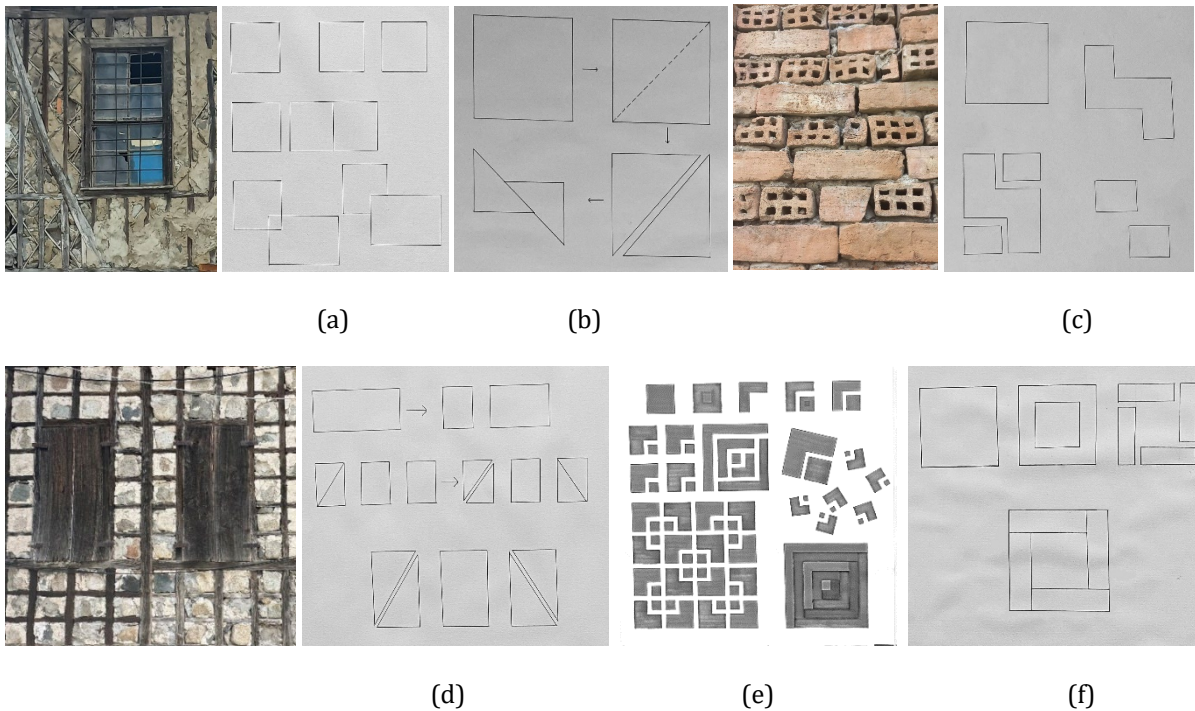


Figure 3. Selected Traditional Eastern Black Sea House image and student abstractions (İsmailoğlu, 2023)

### Stage 2: Form – Repetition

Application Materials: 30 x 30 cm 1 mm white styrofoam, sketch paper, sketch pen, colored background cardboard, invisible tape, scissors, utility knife, cutting mat, glue.

In the second stage of the application, students were asked to do a study focusing on form and repetition. In this stage, students were asked to create a composition with the forms they developed and selected, inspired by traditional Eastern Black Sea houses. In accordance with the requirements of the study, each student was given a 30 x 30 cm and 1 mm thick white styrofoam work area. Students were expected to design a composition around the theme of "repetition." During the application process, students were asked to keep the forms they chose and the colors used in these forms constant. However, they were allowed to make changes to the proportions, directions, and intervals of the forms. In this way, students created their compositions by making various arrangements based on the repetition of the forms and, at the same time, discovered the dynamics and interactions of the forms. This application aimed to develop students' skills in interpreting traditional motifs from a modern perspective and expressing the concept of repetition with different formal and color variations (Figure 3).

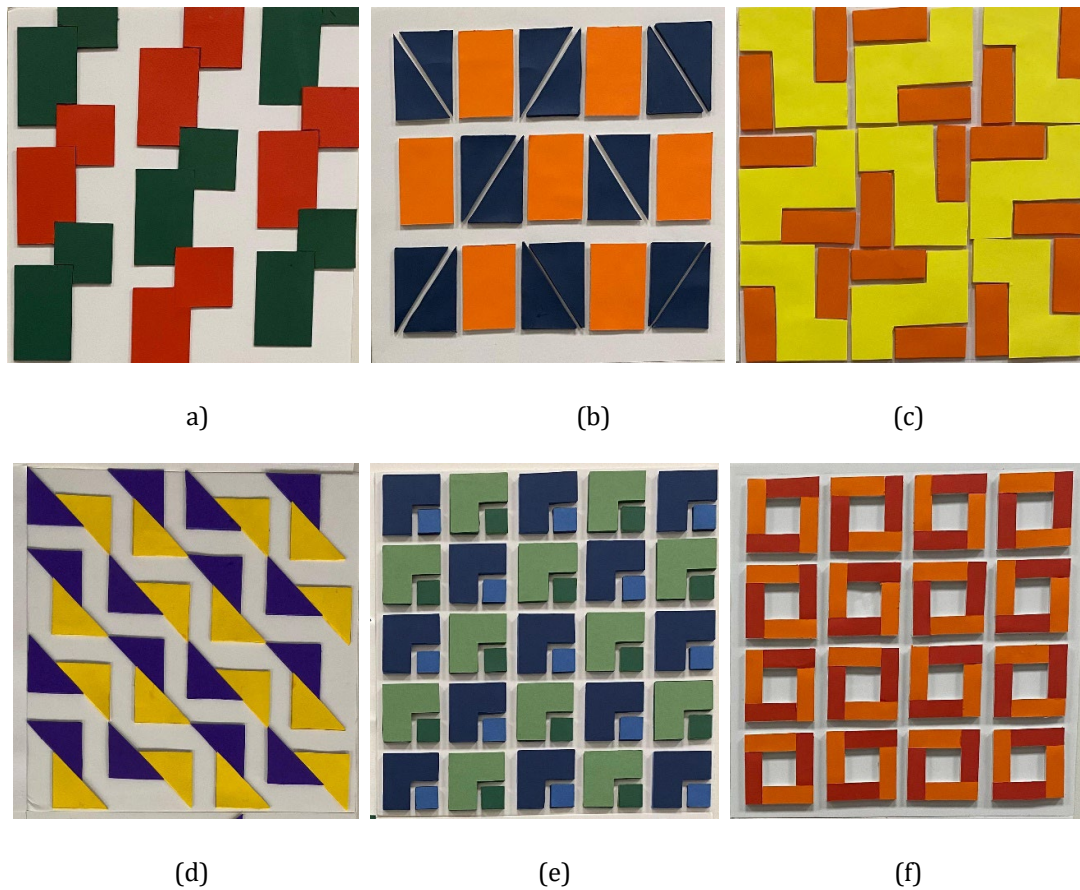


Figure 3. Form – Repetition Studies

### Stage 3: Form – Hierarchy

Application Materials: 30 x 30 cm 1 mm white styrofoam, sketch paper, sketch pen, colored background cardboard, invisible tape, scissors, utility knife, cutting mat, glue.

In the third stage of the application, students were asked to do a study that included the concepts of form and koram. In this stage, students were asked to create a composition with the theme of "koram" on a 30 x 30 cm and 1 mm thick white styrofoam work area using the forms they developed and selected inspired by traditional Eastern Black Sea houses. Here, the term "koram" refers to creating an aesthetic whole through a certain order and repetition.

During this application process, students were expected to ensure that the forms they chose and the colors to be used in these forms remained constant. However, they were given the freedom to make changes to the proportions, directions and intervals of the forms. While this approach provided students with creative freedom on a certain basis, it also provided them with the opportunity to discover how forms could be effectively arranged from different directions. Throughout this process, students had the opportunity to develop an aesthetic and meaningful composition that reflected the theme of "koram" through the repetition and arrangement of forms. The application aimed to develop students' abilities to interpret traditional motifs in a modern way and to learn how to create an aesthetic whole by effectively using the repetition of forms (Figure 4).



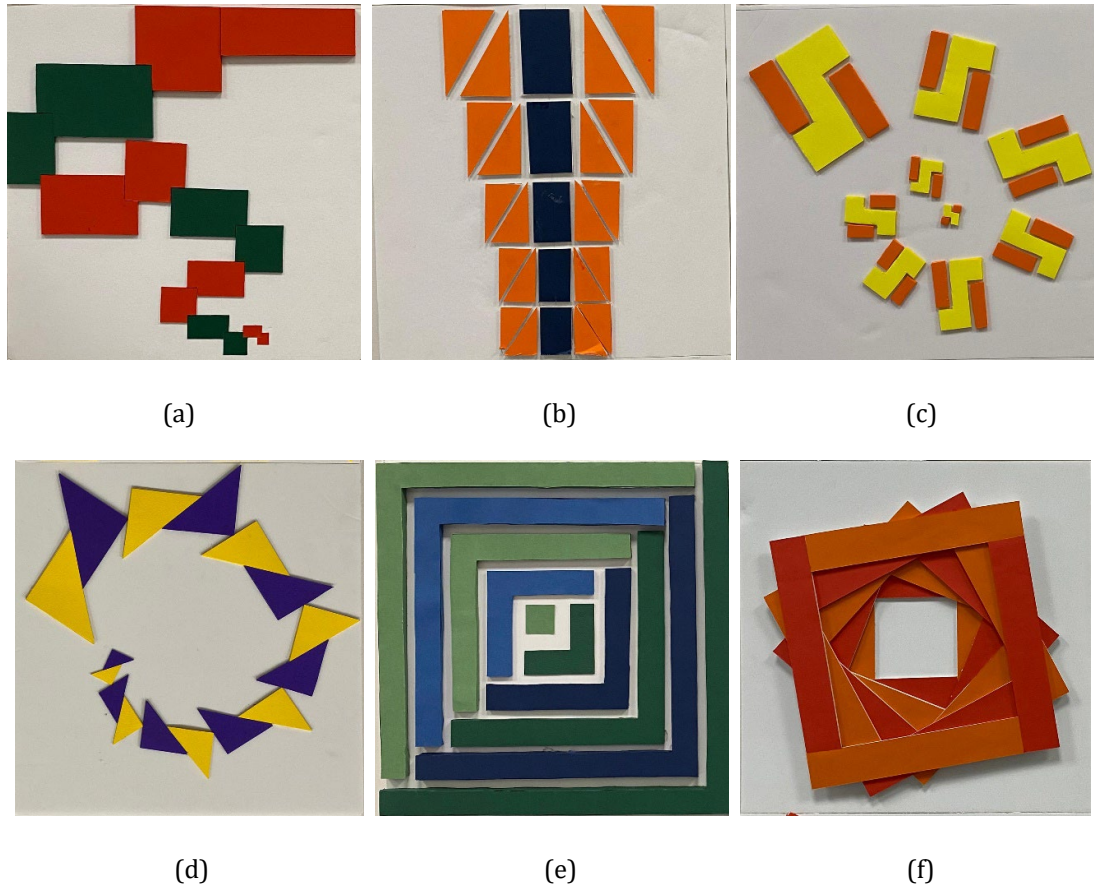


Figure 4. Form – Hierarchy Studies

#### Stage 4: Dominance

Application Materials: 30 x 30 cm 1 mm white styrofoam, sketch paper, sketch pen, colored background cardboard, invisible tape, scissors, utility knife, cutting mat, glue.

In the fourth stage of the application, students were asked to do a study with the theme of "sovereignty." In this stage, students were asked to create a composition using the forms they developed and selected, inspired by traditional Eastern Black Sea houses. Each student was provided with a 30 x 30 cm and 1 mm thick white styrofoam work surface, and they were expected to produce a design reflecting the theme of "sovereignty" on this surface.

During this application process, the forms chosen by the students and the colors to be used in these forms were kept constant. However, they were given the opportunity to freely change the proportions, directions, and intervals of the forms. This approach provided students with creative freedom on a certain basis, while also providing them with the opportunity to investigate and experiment with how the forms could be arranged in different proportions, directions, and intervals (Figure 5).

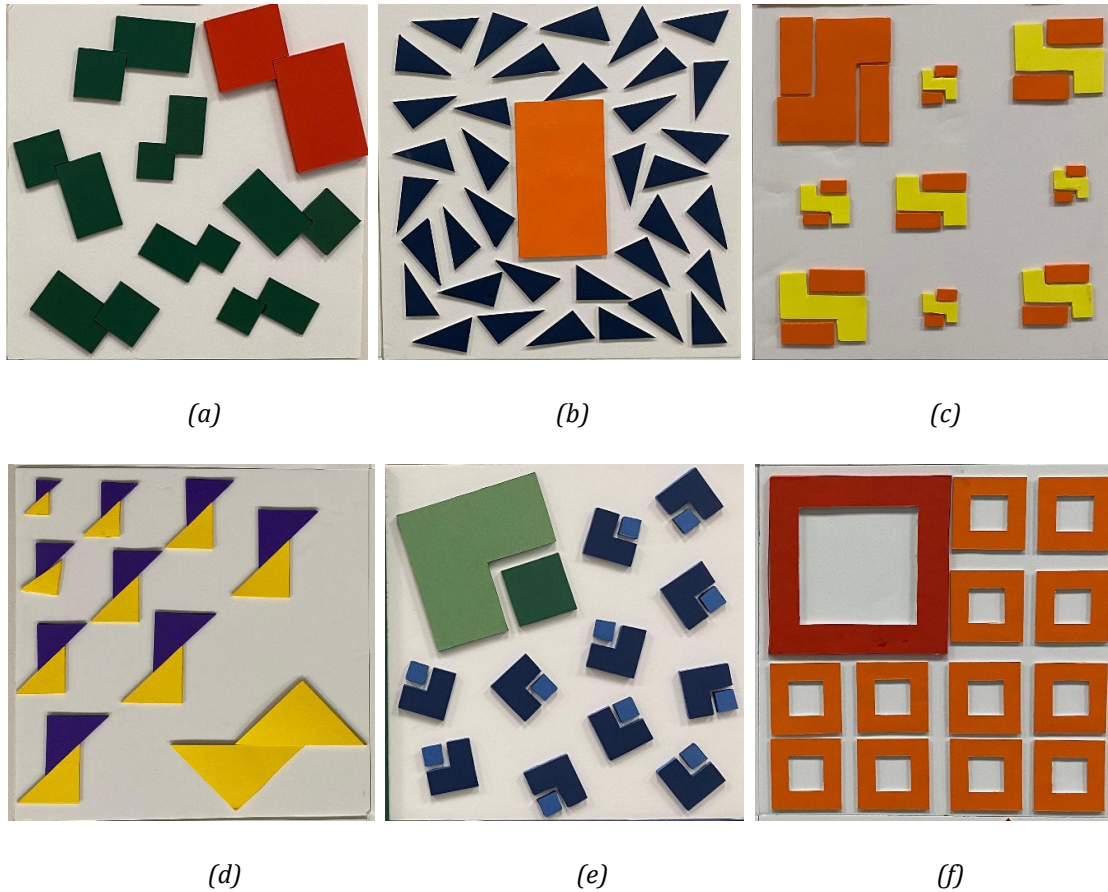


Figure 5. Dominance Studies

#### Stage 5: Balance

Application Materials: 30 x 30 cm 1 mm white styrofoam, sketch paper, sketch pen, colored background cardboard, invisible tape, scissors, utility knife, cutting mat, glue.

In the fifth stage of the application, students were asked to do a work with the theme of "balance". In this stage, students were asked to create a composition using the forms they developed and selected, inspired by traditional Eastern Black Sea houses. Students were expected to produce a design on the theme of "balance" on a 30 x 30 cm and 1 mm thick white styrofoam work surface.

During this work process, students were told that the forms they chose and the colors they would use in these forms should remain constant. However, they were given the right to freely make changes regarding the proportions, directions, and intervals of the forms. While this arrangement provided students with creative freedom on a certain basis, it also provided them with the opportunity to discover and experience how forms could be arranged in different proportions, directions, and intervals. With this approach, students had the opportunity to research and practice how they could effectively express the theme of "balance" by making various arrangements on a certain basic form. This process aimed to create a balanced and aesthetic composition, both formally and visually, and provided students with the opportunity to express their creativity and think deeply about the arrangement of forms (Figure 6).

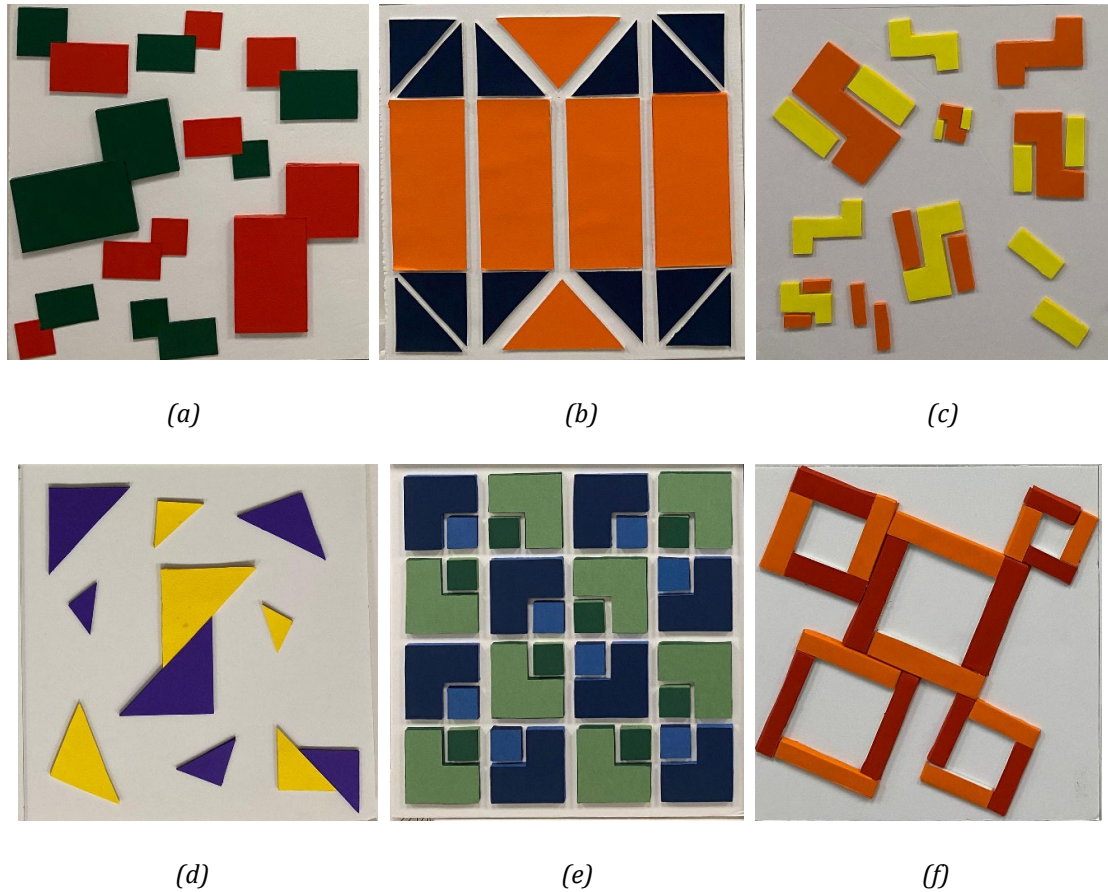


Figure 6. Balance Studies

### Stage 6: Unity

Application Materials: 30 x 30 cm 1 mm white styrofoam, sketch paper, sketch pen, colored background cardboards, invisible tape, scissors, utility knife, cutting mat, glue.

In the last stage of the application, students were asked to do a study on the theme of "unity". In this stage, students were asked to use the forms they developed and selected inspired by traditional Eastern Black Sea houses. Students were expected to create a composition with the theme of "unity" on a 30 x 30 cm and 1 mm thick white styrofoam surface.

During this study, students were told that a certain form and the colors to be used in this form should remain constant. However, they were given the freedom to make changes to the proportions, directions and intervals of the forms. This arrangement provided students with creative freedom on a certain basis, while also providing them with the opportunity to discover how forms can be effectively arranged in different proportions, directions and intervals. Students had the chance to develop an aesthetic composition reflecting the theme of "unity" through the repetition and arrangement of forms (Figure 7).

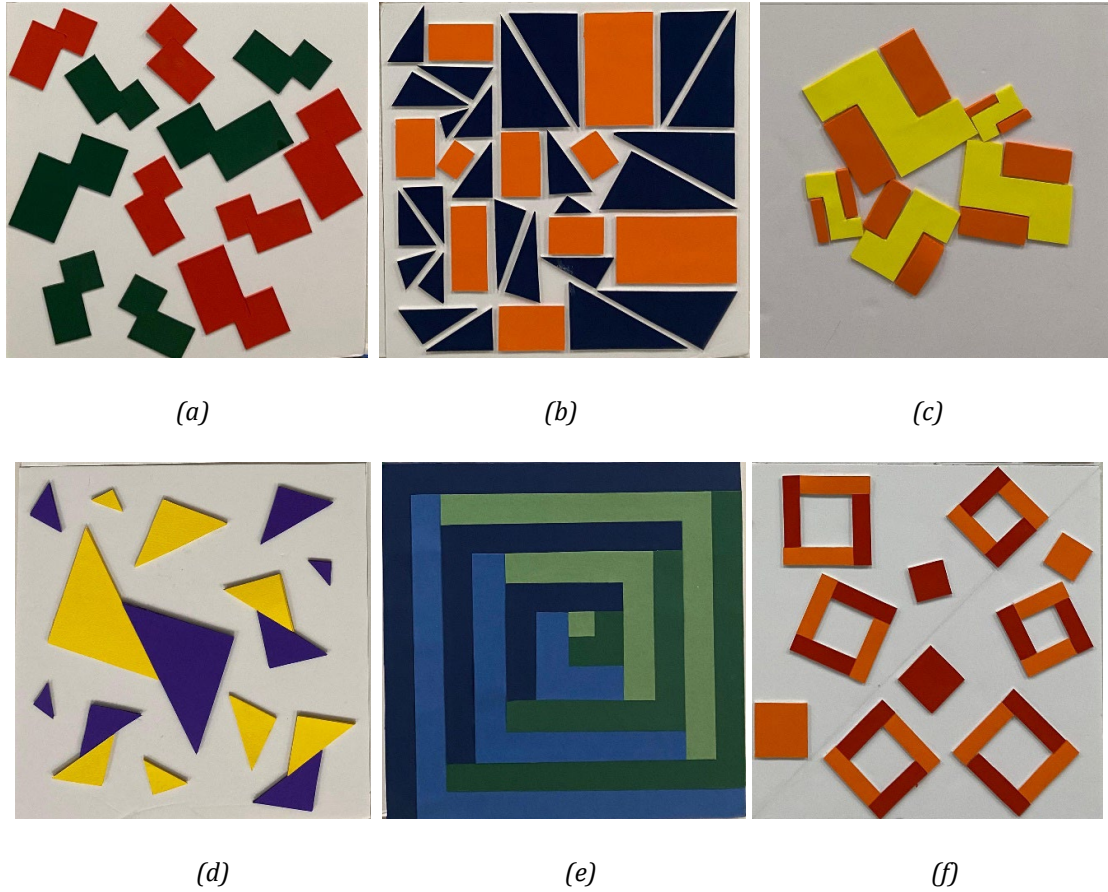


Figure 7. Unity Studies

#### 4. CONCLUSIONS

The study was written on the abstraction of facades of traditional houses and the production of modules by architecture undergraduate students within the scope of the Basic Design course. It is extremely valuable for future architects to know the Eastern Black Sea houses, which are an important part of traditional architecture, in order to ensure their sustainability. In this sense, this application was carried out so that the students could both learn the principles and elements within the scope of the Basic Design course and experience the traditional houses in the city where they study with a different eye. As a result of this long-term abstraction-traditional facade arrangement application carried out with the first-year students of the architecture undergraduate program, different designs were obtained.

The facade arrangements covered within the scope of the course are göz dolma, amulet dolma, and stacked brick arrangements. The facade arrangements determined from the houses chosen by the students include three göz dolma, two amulet dolma, and one stacked brick house. In their applications, the students were asked to make choices according to their complementary or contrasting colors on the color scale. In this direction, it was suggested that colors should be used effectively to support abstraction in the explanation of basic design principles with modules. The modules in the studies were formed by the combination of basic geometric forms such as square, triangle and rectangle. It was observed that traditional façade layouts emerged with the combination of basic geometric forms and that abstraction was actually a story of a specific period. As a result, the studies implemented in this basic design studio process can be recommended as a method for abstract thinking in design education.

It is thought that it positively affected the design development and concretization skills of students in terms of time management, research and design, and material and technical application issues until the final products were produced (Figure 8).



(a)

(b)

(c)



(d)

(e)

(f)

Figure 8. Results of Students's Abstraction Studies

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the students of the RTEU Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture, 2023-2024 fall semester Basic Design course for their efforts.

## REFERENCES

- Akçadoğan, I. İ. (2006). *Temel Sanat Eğitimi ve Dijital Ortam*. Epsilon Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Alper, Ö. M. ve Hacinebioğlu, İ. L. (2009). *Mantık* (1.Baskı), İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Anderson, J. (2011). *Mimari Tasarım*, Mimarlık Temelleri Serisi 03. Literatür Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Aşkın, G. D. (2018). Creative Thinking in interior architecture education: Basic design courses, *In SHS Web of Conferences*, 28 Haziran –1 Temmuz/2018, İstanbul, Türkiye. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184801052>
- Atalay, R. (2007). Brancusi'nin özelinde heykel sanatında soyutlama. *Anadolu Sanat*, 18, 101-106.
- Balantyne, A. (2002). *Architecture. A Very Short Introduction* (1st edition), Oxford University Press, ISBN: 9780192801791, Oxford, United Kingdom, 152 p.
- Baudrillard, J. (2010). *Sanat Komplosu Yeni Sanat Düzeni ve Çağdaş Estetik* (1. Baskı), İletişim Yayınları, ISBN: 9789750508004, İstanbul, Türkiye, 98 s.
- Becer, E. (2011). *İletişim ve Grafik Tasarım*. Dost Kitapevi, Ankara, Türkiye.
- Beşgen, A. (2015). Teaching/learning strategies through art: Painting and basic design education. *Procedis- Social and Behavioral Sciences*, 182, 420-427. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.812>
- Besgen, A. (1997). A General Investigation About the Architectural Characteristics of Traditional Houses in Anatolia and Eastern Black Sea Region. Small Towns Housing and Identity. IFHP Urban Planning Summer School Papers, p. 110-118.
- Batur, A. (2005). *Doğu Karadenizde Kırsal Mimari*. Milli Reasürans T.A.Ş., İstanbul, Türkiye
- Buzaglo, M. (2002). *The Logic of Concept Expansion* (1st Edition), Cambridge University Press, ISBN-10: 052180762X, Cambridge, United Kingdom, 196 p.
- Civcir, E. (2015). *Temel Tasarım ve Tasarım İlkeleri*. Akademisyen Kitapevi, Ankara, Türkiye.
- Crowe, N. and Lessau, P. (2011). *Notes for Architects and Designers*. Wiley.
- Dülger, D. D. (2018). Temel tasarım eğitimi dersinin kompozisyon, strüktür ve soyutlama konuları dâhilinde heykel eğitimine katkıları. *Art-Sanat*, 9, 505-526.
- Düzenli, T., Alpak, E. M., & Kurak, N., (2023). Creating Springthemed Designs in the Basic Design Education Process. *9th International Congress On Architecture and Design*, pp.485-492.
- Engin, N., Vural, N., Vural, S. & Sumerkan, M.R. (2007). Climatic Effect in the Formation of Vernacular Houses in the Eastern Black Sea Region. *Build. Environ*, 42, 960-969.
- Eruzun, C. (1997). *Ahşabın Kimlik Bulduğu Rize Geleneksel Mimarisini*. Rize Kültür Bakanlığı Yayınları: Tanıtma Eserleri Dizisi, 72.
- Güler, K., & Bilge, A. C. (2013). Doğu Karadeniz Ahşap Karkas Yapı Geleneği ve Koruma Sorunları. *Ahşap Yapılarda Koruma ve Onarım Sempozyumu*, 2, 178-189.
- Hançerlioğlu, O. (1993). *Felsefe Ansiklopedisi Kavramlar ve Akımlar*. Remzi Kitabevi, İstanbul, Türkiye.
- Hasol, D. (2022). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*, YEM Yayınları, ISBN: 978-605-80434-9-7, İstanbul, Türkiye.

- Hsieh, Y. Y., Chen, C. C., and Chen, W. Y. (2022). Form development from 2D to 3D: The basic design courses for higher education. *International Journal of Art & Design Education*, 41(1), 96-107. <https://doi.org/10.1111/jade.12377>
- Itten, J. (1967). *Design and Form The Basic Course at The Bauhaus*, Hudson, ISBN: 0471289302, London, United Kingdom.
- İsmailoğlu, S. (2023). Personel photograph archive.
- Jormakka, K. (2012). *Adım Adım Tasarım Yöntemleri*. Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul, Türkiye.
- Gero, J. S. and Mc Neill, T. (1998). An approach to the analysis of design protocols. *Design studies*, 19(1), 21-61. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(97\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(97)00015-X)
- Giaccardi, E. and Fischer, G. (2008). Creativity and evolution: a metadesign perspective. *Digital Creativity*, 19(1), 19-32. <https://doi.org/10.1080/14626260701847456>
- Güngör, İ. H. (2016). *Temel Tasarım*. Patates Baskı Yayınevi. Konya, Türkiye.
- Gür, Ş. Ö. and Durmuş, S., (2012). Deconstruction as a mechanism of creativity and its reflections on Islamic architecture. *Architectonica*, 1, 32-45. <https://doi.org/10.5618/arch.2012.v1.n1.4>
- Gürer, L. (2004). *Temel Tasarım (1. Baskı)*, Birsen Yayınları, ISBN: 9789755113869, İstanbul, Türkiye, 247 s.
- Kohler N. (2003). Cultural Issues for A Sustainable Built Environment, *In Buildings, Culture and Environment: Informing Local and Global Practices*, Cole RJ, Lorch R (eds). Wiley: Hoboken, NJ; pp. 83–108.
- Kuban, D. (1966). Türkiye’de Malzeme Koşullarına Bağlı Geleneksel Konut Mimarisi Üzerinde Bazı Gözlemler. *Mimarlık*, 4 (36), 15-20.
- Kut, G., Aksoy, M., Çamlıbel, N. ve Gökan, K. (2002). “Mimarlıkta Sanat Bilinci”, *İKÜ Güncesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1 (1), 53-56.
- Lawson, B. and Dorst, K. (2009). *Design Expertise (1st Edition)*, Elsevier, ISBN: 978-1-8561-7670-5, Oxford, United Kingdom, 322 p.
- Müezzinoğlu, K., Sungur, M. ve Çınar, H. (2017). Tasarım eğitiminde, biçimsel soyutlamanın yaratıcı düşünceye etkisi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(61), 408-417. <http://dx.doi.org/10.16992/ASOS.13203>
- Nesterova Coşkun, S. (2023). Soyut kavramların ontolojik ve epistemolojik boyutu. *Kaygı*, 22 (1), 340-368. <https://doi.org/10.20981/kaygi.1145283>
- Otyakmaz, M. A., & Özgen, S. (2022). Doğu Karadeniz Kırsal Mimarisi İçin Koruma Önerisi: Rize, İkizdere, Dereköy Köyü-Asım Ekşi Evi Örneği. *Mimarlık ve Yaşam*, 7 (1), 179-202.
- Öktem Erkartal, P. (2023). Abstraction as a tool of creative thinking in architectural education: Basic design studio outcomes. *Kent Akademisi Dergisi*, 16 (4), 2275-2289. <https://doi.org/10.35674/kent.1315039>
- Özen, H. (2019). Rize Halk Mimarisi Malzeme ve Yapım Teknikleri, *Geleneksel Rize Mimarisi Üzerine Araştırmalar*, Ed. Haşim Karpuz, İstanbul: Rize Araştırmaları Vakfı Yayınları, s. 61-76.
- Özeskici, E. (2019). Sanatta bir ifade aracı olarak soyutlama. *Kayseri Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1 (1), 43-57.
- Özgüner, O. (1970). *Köyde Mimari Doğu Karadeniz*, O.D.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Ankara, 30.
- Öztuna, H. Y. (2007). *Görsel İletişimde Temel Tasarım*. Yorum Sanat ve Yayıncılık, İstanbul, Türkiye.

- Palabiyik, S. and Demircan, D. (2020). Basic design education through abstract art. *Journal of Strategic Research in Social Science*, 6 (3), 181-190. <https://doi.org/10.26579/josrss.126>
- Reisberg, D. (2007). *Cognition*. W.W. Norton & Company, ISBN: 978-0-393-87759-5, NY-London, England, 458p.
- Sarıoğlu Erdođdu, G. P. (2016). Temel tasarım eğitimi: bir ders planı orneği. *Planlama Dergisi*, 26 (1), 7-19. <https://dx.doi.org/10.5505/planlama.2016.52714>
- Seylan, A. (2004). *Temel Tasarım*, YEM Yayınevi, ISBN: 978-605-80434-4-2, İstanbul, Türkiye.
- Tepecik, A., Toktaş, P. (2014). *Güzel Sanatlar Fakültelerinde Temel Sanat Eğitimi*. Ankara: Gece Kitaplığı.
- Türkmen, A. (2020). Temel tasarımda kavram temsili ve biçim üretimi. *IDA: International Design and Art Journal*, 2 (2), 228-247.
- Uçar, T. F. (2021). *Görsel İletişim ve Grafik Tasarım*. İnkılap Kitapevi, İstanbul, Türkiye.
- Usta, G., Onur, D., & Ziyrek, B. E. (2012). The impact of physical and socio-cultural factors on structuring vernacular dwellings in Eastern Black Sea Region. *Scientific Research and Essays*, 7 (8), 839-851.
- Wood III, W. H. and Agogino, A. M. (1996). Case-based conceptual design information server for concurrent engineering. *Computer-Aided Design*, 28 (5), 361-369. [https://doi.org/10.1016/0010-4485\(95\)00055-0](https://doi.org/10.1016/0010-4485(95)00055-0)
- Yaşar, D. (2020). Yaratıcılık Olgusunda Kavramların Gücü – Bir Temel Tasarım Dersi Örneği. *Mimari Yansımalar*. Ed. Gamze Kaymak Heinz ve Dilek Yaşar. Yem Yayınları, ISBN: 978-625-7008-07-5, İstanbul, Türkiye, s. 221-230.



# INTERACTIVE ENVIRONMENTS FOR INTERIOR DESIGN PROCESSES IN METAVERSE THROUGH VR

**Assoc. Prof. Dr. Derya Güleç ÖZER**

Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture  
ORCID 0000-0003-0288-8771

**Hüma BARBAROS**

Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture

**Şimal BİLGİN**

Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture

**Sena EROKYAR**

Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture

**Ayşe Beyza YAVUZ HAKSEVER**

Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture

**Fatma Merve UĞUR**

Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture

**Koray KIDIŞ**

Yeşim Kozanli Architecture & Interior Design

## ABSTRACT

Designers make decisions based on technical drawings and 3D visuals of the spaces, presented at different scales due to the dimensions of the architecture and interiors. The architect/interior architect's communication with the contractor/client is hindered by incorporating numerous variables. Virtual Reality (VR) has many potentials, such as increasing spatial perception and presenting various experiences supported by digital media. It has a number of users today and offers new approaches in many disciplines, which has potential in digital environments such as Metaverse. One of the most popular examples, Sandbox, has been on the agenda for a long time, become quite widespread recently, offering an ideal environment for the targeted architectural/interior design experience. This research proposes to design a digital environment that provides tactile embedded interaction and game elements, tries to understand the differences and similarities, and helps the user to perceive the design and make decisions regarding architecture and interior architecture. It aims to provide a platform where the databases of material and furniture companies are transferred, providing a quick visualization of different choices.

**Keywords:** Interior Design, Human Interaction, Metaverse, Sandbox, VR.

## 1. INTRODUCTION

Mixed reality technology already has applications to enrich the user experience in various disciplines. In the construction field, using mixed reality provides the opportunity to experience the space before it is built, which will directly affect the decision mechanism and allow the user/ client to be involved in the design process. Various studies show that using new and combined media has completely changed how the design process is experienced. These technologies, which benefit both the number of people who can access the information and the quality of the shared information, enable user-centered presentation and make the design digitally accessible, especially without physical access.

Mixed reality (MR) is a combination of both virtual reality and augmented reality applications. In mixed reality, the virtual and real worlds coexist and can be viewed in real time. One of the MR technologies, Microsoft HoloLens, can communicate with other applications using voice. In short, this technology can establish physical interaction between people and objects. Mixed reality will eliminate the foreignness of the architectural project language, namely that different disciplines and employers do not dominate daily life in the project management process and will enable them to interact interactively in this project. This aspect makes the user, who is passive in a conventional architectural project, a concrete participant in the process.

In this respect, our study examines the latest technology in augmented, virtual, and mixed reality systems as a whole and from an architectural designer-client perspective. Digitization will enable the dissemination of knowledge, and the use of immersive reality tools will reveal more innovative access to virtual architectural space. Therefore, the aims of this research are:

- To create a platform that will strengthen the communication between the employer and the architect/interior designer and enable faster/correct decisions,
- To present an innovative alternative to the business model and explore multidisciplinary potentials,
- To encourage initiatives in this field by pioneering the use of metaverse technologies in the decision mechanism in the construction sector.

## 2. THEORETICAL BACKGROUND

### 2.1. Metaverse Environments: A Review

Metaverse is a three-dimensional virtual world comprised of the terms "meta" and "universe" along with avatars. Avatars can participate in political, economic, social, and cultural activities as part of this virtual universe. In this context, Metaverse is a virtual universe where the real and unreal coexist and are founded on real life (Metaverse Wiki, 2023). In other terms, the Metaverse is a multi-user virtual universe that incorporates physical reality and digital virtuality. This concept is a technology that allows digital objects, humans, virtual environments, and multiple sensors to interact, such as virtual and augmented reality (Buhalis & Shankar, 2022).

There are numerous hypotheses about the meaning of the term "metaverse" in scientific and real-world communities, but no definition has yet been established. Definitions alter as the historical process evolves. Metaverse is defined by Kumar et al. (2008) as the creation of virtual environments where user-generated content can be experienced. Duan et al. (2021, pp. 153-161) refer to a new iteration of technology in which users' avatars can interact with each other and software applications in a virtual space. This point indicates that the Metaverse Environments are gaining ground over time.

Additionally, the definitions differ according to the research fields being developed. In recent years, applications of varying dimensions have been developed in the disciplines of architecture and interior design; in this context, the universe of the Metaverse can be viewed as a decisive element in early design phases by utilizing it as a space variable. Establishing a productive relationship between the designer and employer in the early stages of the design process will reduce the work required in later phases of the project.

As a result, this project aims to develop a model proposal on the reflections of interior design applications in the metaverse virtual environments. Consequently, four fundamental conceptual searches are conducted in the various databases, namely "metaverse", "metaverse," and "architecture," "metaverse" and "architectural design", and "metaverse" and "interior architecture." When the scope of the research is reduced to the framework of interior design and the metaverse universe (Table 1). Although the use of VR/AR and MR technologies in the architecture industry is becoming more prevalent, the research topic has not been extensively explored in the scientific community regarding this study's originality.

No	Keywords	Synonyms	Broader Terms
1	Metaverse	Meta, Universe, Virtual Universe	Metaverse
2	Architecture	Architectural Design, Interior Design	Interior Design
3	Extended Reality	Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality	Virtual Environment

*Table 1. The string combination of databases.*

### *2. 1. 1. From the Past and the Present of Metaverse*

Neal Stephenson introduced the term metaverse to the world in his 1992 science fiction novel Snow Crash (Stephenson, 1992). The novel focuses on the transition of people fleeing an economic decline to a virtual universe, allowing them to immerse themselves in an imaginary world long before the spectacles and technologies used today. Due to technological limitations at the time and the limited construction of the accessible audience, the novel did not develop its title extensively. In addition, the term Metaverse is mentioned in Habitat (1986), Club Caribe (1988), and WorldsAway (1995) as virtual worlds. Without the concept, these virtual environments can be viewed as a natural pattern resulting from technological advancements. Internet-based virtual platforms are attempting to eradicate the concept of physical distance. In doing so, Metaverse seeks to incorporate concepts such as higher self, environmentalism, and freedom of expression into the virtual world. Beginning in the early 2000s, new iterations of meta universes such as Second Life (2003), There (2003), and Entropia Universe (2003) began to emerge. These Internet-based universes enable users to create their content while virtually providing access to various real-world activities.

The concept of the Metaverse, which represents a digital and virtual world where users can interact with each other and digital objects in a virtual environment, has been discussed for decades. However, it is becoming more applicable and accessible due to recent technological advancements. Today, Metaverse is used as a tool for sophisticated drawing experiences in a variety of disciplines, including gaming (Nevelsteen, 2017), education (Izani et al., 2022; Lopez-Belmonte et al., 2023; Sarıtaş & Toprakloğlu 2022), commerce, design (Doma & Sener, 2022) and social media, as well as for improved collaboration and accessibility.

As a result of technological advancements, the Metaverse discussed today surpasses all of its historical iterations by a wide margin. The Z generation is intensely engaged in the current universe and its rapid evolution; this involvement is associated with social activities, and the content produced grows and diversifies daily. According to Park and Kim (Park & Kim, 2022), the current Metaverse universe is distinct from the others with such points:

- With the rapid development of artificial intelligence and deep learning,
- Computer technology has become mobile, and the rise in online communication,
- Methodological variations in programming.

The rapid development of artificial intelligence and deep learning substantially improves the verifiability of vision and language recognition; the development of productive models can provide a more natural environment and movement and effectively reduce process time and complexity. The mobility of computer technology and the rise in online communication enhance the virtual environment ecosystem and enable users to create and spread diverse content. Manufacturer-created content can be regained as revenue. The differentiation in program coding methodologies is also a result of technological developments. In today’s Metaverse universe, program development can be done in a virtual environment; cryptocurrencies strengthen the link established with real life and cause these platforms to acquire social significance for people.

Among studies in the field of Metaverse, this virtual universe is mostly associated with AR, VR, and MR. However, some researchers (Park & Kim, 2022) argue that the current Metaverse is more than this association for various reasons. These reasons are:

- While virtual reality studies focus on physical approaches and rendering, Metaverse has a strong aspect of sustainability, content, and social service.
- Metaverse does not always require AR and VR technology. Even if the platform does not support AR and VR, a Metaverse application can be produced.
- Metaverse has a scalable environment that can accommodate a significant number of people to enhance social meaning.

In a systematic review of Metaverse research, Park and Kim (2022) classify themes related to this environment into six headings: physical devices and sensors, recognition and depiction, script production, user experience, technical methods, and metaverse applications (Table 2).

METAVERSE	Physical devices and sensors	Head-mounted displays	User Interaction	Language Interaction
		Hand-based input device		Multimodal Interaction
		Non-hand based input device		Multi task Interaction
		Motion input device		Embodied Interaction
	Recognition and rendering	Scene and object recognition	Technical Methods	Multimodal Interference
		Sound and speech recognition		RL Based approaches
		Scene and object recognition		Life-long learning
		Sound and speech synthesis		Multi agent optimization
	Scenario generation	Motion rendering	Metaverse Applications	Integration optimization
		Multimodal content representation		Operation Consideration
		Agent persona modelling		Simulation
		Multimodal entity linking and expansion		Game
Scenario Generation		Office		
Scenario Population	Social			
Scenario Evaluation	Marketing			
		Education		

Table 2. Components and concepts related to Metaverse (Park & Kim, 2022)

### 2. 1. 2. Features and Requirements of Metaverse

Metaverse, a virtual environment, can manipulate emotions and beliefs by stimulating the subjects' senses. Therefore, services are provided based on user-interactive content. To develop a service that resembles the actual world, it is necessary to interact concurrently with the agent in an environment.

Metaverse consists of two main elements: Avatar and Virtual Environment (VE). Avatar conceptually means an alter ego descending to the earth, and the form of a fundamental being is associated with human transformation. The avatars, which at first were far from reflecting the real world, are now becoming an ideal form more associated with reality. Today’s content producers can use avatars as intermediaries for marketing and presentation of their products. In other terms, it can be compared to the digital siblings of the virtual world. The digital twin is a paradigm used in predicting behavior (Wikipedia, 2024) and is used to forecast the outcomes of real-life situations through simulations.

Similarly, avatars are digital instruments used to experiment with designed virtual simulations. In other terms, the avatar is a component that conducts action in the Metaverse universe. Virtual reality (VR), Augmented Reality (AR), Mixed reality (MR) and Extended reality (XR) are virtual environments associated with Metaverse applications.

Metaverse virtual environments require three fundamental components: advanced hardware, software and user-attractive content. Examples of hardware are head-mounted displays, hand-based input devices, non-hand-based input devices and motion input devices. Software examples are algorithms that help identify and produce scenes and objects, recognize and match sound and speech, and motion rendering. Content is well-established and offers the user a captivating experience.

Metaverse environments' fundamental hardware are hand-mounted devices. In addition to these devices, hardware such as "hand-based input devices", "non-hand-based input devices," and "motion input devices" are also frequently used. Head-mounted displays enable audio to be broadcast through the speaker by displaying the image over the screen (Choi & Kim, 2017). The movement of the head can change the screen, altering the virtual world's appearance. Despite issues with accuracy and delay time, it can reduce costs and save space. Hand-based input devices and haptic sensors are related. User data is perceived and modeled during the experience. A non-hand-based input device is comparable to audio recorders that process lengthy text and conversations and employ eye tracking to monitor the user's eye movements (Foy et al., 2021). Motion input device provides entries related to body movement and strolling for the active and passive construction of a sense of space and gravity.

The software is used to create virtual environments in which perception and sensation input are processed to generate solutions for correcting errors in the virtual environment. Scene and object recognition, sound and speech recognition, scene and object generation, sound & speech synthesis, and motion rendering are all types of software associated with the Metaverse. Scene and object recognition is the process of determining an object's distance-based size, shape, position, brightness, and color (Park & Kim, 2022). Vision-based models recognize and predict human poses, hand movements, and looks. While stage recognition distinguishes between the current scene and components, it focuses on human-centric scene analysis and non-contact interactions in object recognition. Voice and speech recognition algorithms help to understand the environment for recognizing and processing voices. These algorithms also provide communication between avatars within the simulation.

Two types of scene and object generation methods exist; real and virtual environment creation. While the creation of real environments imitates the locations of the real world, the production of objects for virtual environments can generate nonexistent factors. Sound and vocal synthesis are algorithms that can amplify the sensation of "immersive." The sound corresponding to each character identifies that character, where motion rendering captures and predicts dimensional motion (Zellers et al., 2018; Mehta et al., 2020).

In content production, multimodal content representation, agent persona modeling, scenario generation, and scenario validation are vital. Multi-module content consists of data collected in various formats such as audio, image, and text. Through these data sets, user experiences can go beyond a straightforward dialogue (Park & Kim, 2022). Factor character modeling refers to the notion that each entity in the Metaverse environment has distinct characteristics. The user should be able to interact with an agent with a distinct persona whenever he wishes to experience the virtual environment. This can make the experience more "immersive."

While events and the development of characters are expressed in the metaverse environment, causality is necessary to comprehend events and correlate them with the narrative. The user should know why and be able to perform the experience according to the script. In this context, it is important to discover concealed relationships based on causal relationships between events and themes in the virtual environment and to construct a succession of scenarios based on them (Park & Kim, 2022). The links between events and sub-events must be well established to produce this script sequence. The methods of creating script include attention-based methods concentrating on continuous series, hierarchical structures, and notable content (Isonuma et al., 2017; Baraldi et al., 2017).

Narrative verification is separated by a synthetic method based on language knowledge and a method that directly verifies graphics visualized using human-defined metrics. In addition to structural approaches that assess the balance of the scenario from the general framework, interrogating approaches are used to query the contradictions in the narrative.

The narrative production process in the Metaverse environment is an essential input that informs our model proposal and forms our article's center. Interior design and altering environmental elements are developed within a scenario framework to sustain the user experience.

## **2. 2. Metaverse and Interior Design**

The universe of the Metaverse, which permits the use of space as a variable in contemporary architectural research, can be considered both a field of study and a tool. With technological advancements, users can simultaneously participate in space design and fiction processes. The studies regarding metaverse and interior design are increasing, which range from the representation and significance of space in the virtual world to the distinction of the common design relationship between the virtual world (Ding et al., 2022; Schumacher, 2022; Jerald, 2016), from the effects of virtual universes on space design and spatial perception (Doma & Sener, 2022) the subject of various digital interactions with furniture (Höllerer & Schmalstieg, 2016; Sherman & Craig, 2002; Phan & Choo, 2010; Moares, et al., 2019).

A study examining the effects of virtual technologies on space design and spatial perception (Doma & Sener, 2022); investigated how intuitive controls can influence a VR design process. In a different study on the evolution of spatial perception through VR technology (Schumacher, 2022), the social aspect of space experience is discussed.

In other research, furniture with an architectural design element is exposed to interaction within virtual environments. This interaction is created using a variety of single or multiple technologies, for example, in studies where designed furniture was presented to the user experience prior to the purchase process (Höllerer & Schmalstieg, 2016; Sherman & Craig, 2002; Phan & Choo, 2010), while in another study (Moares et al., 2019) furniture is experienced in a virtual environment with the integration of mobile applications and virtual reality.

Although scientific publications on the intersection of VR, metaverse, and interior architecture are limited, this technology is widely used in architectural practice. Their interaction and outcomes of various parameters are presented below (Table 3).

	Interior Design	Metaverse	VR Technologies
<b>System requirements</b>		Minimum computer requirements: - Processor: Intel i5 - 4590/AMD Ryzen 5 1500X or greater - Graphics card: NVIDIA GeForce GTX 900-series and above - Memory: 8GB or more of RAM - Operating system: Windows 10 - Windows 11 USB ports: One USB-C port (unless using Air Link)	
<b>Perception/Evaluation Parameters</b>	-Neural Responses -Psychological (experience-based)		-Spatial Depth -Color and Brightness -Virtual Elements -Real Environment in Real Time
<b>The reality in a virtual environment</b>	-3D Spaces -Let users construct the interior space on a floor plan and use 3D representation only for visualization and walkthroughs		-Graphic Data -Dynamism -Spatiality -Color info
<b>Metaverse (MV) interface/ types</b>	-Augmented Reality -Life going -Mirror worlds, virtual worlds		-Non-immersive -Semi-immersive -Fully-immersive simulations
<b>Connection tools of MV</b>	-Unity -Webaverse -Hypercube	-Decentraland -JanusWeb -Blender	-WebXR Device API Amazon Sumerian -Microsoft Mesh -Engine
<b>Negative Sides</b>	Any negative side effects in design process	-Social reality will slowly disappear	
<b>Positive Sides</b>	- Predictable - Realistic/ near - Similar to reality, logical	- User will benefit in daily life - Experiencing anywhere and anytime	
<b>The physical and physiological side effects of Metaverse</b>		- Loss of self-acceptance and self-appreciation - Loss of social skills - Headaches - Exhaustion - Addiction	- manipulation - easier to believe in false information - physiological damage - depression - extreme demotivation

Table 3. The chart for the crosssection of Interior Design, Metaverse, and VR Technologies

### 2. 3. User Experience in Architectural Spaces of Metaverse

Human-computer interaction and usability concepts, first defined by Don Norman in 1993 and covered by ISO standards in 2010, shaped the evolution of the user experience. This paradigm is currently used to describe human-product or human-computer interactions (Hassenzahl, 2001; Norman, 2005). The user experience is based on design approaches that have transformed the concept of experience design since the 1980s, and it encompasses cognitive ergonomics, emotion, experience, and opportunity-based product design, among others (Keinonen, 2010).

User and user experience, an essential and incontrovertible factor in design, interact directly or indirectly with numerous parameters. In addition to the actual world, the user in virtual formation, supported by AR/VR and various technologies and enriched with the metaverse concept, which distinguishes an external space from a tangible existence in the 21st century, can be regarded as a crucial central element.

Each abstract and concrete parameter perceived by the user's senses serves as a template for future alterations. The user is an integral and complementary design component in tangible and virtual environments. However, one should not disregard the designer's ability to design and manipulate the user through his/her experience. The nature of the sensory and perceptual dimensions of the actual environment enhances the environment's resemblance to reality.

In the virtual environment, spatial presence assessment (asset testing) is possible. Asset testing is described as a commitment to real-world experience, intuitive approach, realistic connections, human movement and anatomy design, volume factors, application in virtual environments, VR technology, and tactile experience of surfaces (Doma & Sener, 2022).

There are several references based on education and experience using 'extended reality' as a tool (López & Belmonte, 2023); and for the holistic contribution and effectiveness of the non-professional designer-user factor in architectural design, "build platform" (Ding et al., 2022). Another study shows adherence to real-life experiences, intuitive approach, realistic connections, human movements, anatomy design, volumetric factors, application in a virtual environment, and experiencing surfaces through the senses with VR technology in the context of "presence test measuring spatial presence" (Doma & Şener, 2022). Mohammed et al. (2021) present their work within the scope of visualizing space and equipment (furniture) organizations with AR technology, designing virtual equipment and applications, and receiving user experience and feedback. Another study based on navigation and interaction in a virtual environment through human consciousness and experience (Beheiry et al., 2019), is parallel to another study on the augmented reality approach (Sherman & Craig, 2003), which developed a systematic approach within the scope of methodology, education, learning, and virtual environment tools in the Metaverse environment (Saritaş & Topraklıkoğlu, 2022), for user furniture experience.

## **2. 4. A Metaverse Environment: Sandbox**

Sandbox is a blockchain-based virtual world (Metaverse) platform. Founded in 2011, it was created by the founding partners of the game development company Pixowl, and its first game was released in 2011. Users can have their own virtual worlds, avatars, and games in the Sandbox metaverse. One can create and organize events, make designs, and profit by selling them. Sandbox provides users with tools to design games, events, and experiences (Figures 1-2).

This environment also provides the opportunity to share designed content. Three companies created it; VoxEdit, Sandbox Game Maker, and Sandbox NFT Marketplace. VoxEdit provides players with 3D object generation, while Sandbox Game Maker allows creating 3D games for free. Sandbox NFT Marketplace lets users publish and sell NFT designs made with VoxEdit. With these interactions and opportunities, the user becomes a part of the virtual world community.

Sandbox is an ERC-20 token running on the Ethereum blockchain called "Sandbox Coin (SAND)". SAND, which makes payments on the Sandbox platform, can be used for shopping, rentals, and other activities. You can pay to play games, buy avatars, and get Land (digital land in Sandbox virtual world), or SAND is needed for transactions such as renting.

While making sales, it also provides income to the user. Sandbox has led to the emergence of virtual world-based businesses and the interaction of these businesses with users. It aims to help facilitate interactions. Sandbox included such firms as; Snoop Dogg, The Walking Dead, Adidas, South China Morning Post, Avengeu Sevenfolu, Richie Hawtin, The Smurfs, Hell's Kitchen, Roller Coaster Tycoon World, DeadMau5, Atari, Care Bears, Animoca Brands, Soft Bank, Liberty City, Galaxy Interactivity, Alpaca, Blue Pool Capital, Kingsway Capital, LG Technology Ventures, Samsung Next, Com2us, Graticule, Nokota, True Global Ventures 4 Plus, SCB10X, Polygon Studios, Sun Hung Kai, Stake Fish, Sterling Operating in different fields such as VC, Wedbush, HodlCo, Coincheck, Quan, Lootmogul. The rise in services and user experiences allows companies to introduce themselves and their services (Guidance & Erdinç, 2022).

Sandbox gives users unlimited creativity in creating their virtual worlds. It also offers the opportunity to be part of a large community. It provides the opportunity to create a community and share experiences thanks to its mobile support, which makes it easier to use. The decentralized game metaverse made significant progress in 2023 with the progress made among its collectors.



Architecture firms are also taking part in Sandbox. BIG / Denmark, as a virtual innovation laboratory for employees of Vice Media Group, designed a virtual world called Viceverse that would function as a location on the Decentraland platform. The office allows its users to work on NFTs and other digital projects. This organic virtual space, designed as a structure, is an experimental playground defined as a canvas. In this virtual workspace from anywhere worldwide, employees can come together and organize meetings and collaborate.

Zaha Hadid Architecture also designed a virtual city called Liberland Metaverse. The cloud is called Mystaverse. People entering the Liberland Metaverse can access it through a platform based on Zaha Hadid's buildings, such as the City Hall, Plaza, and Exhibition Center.

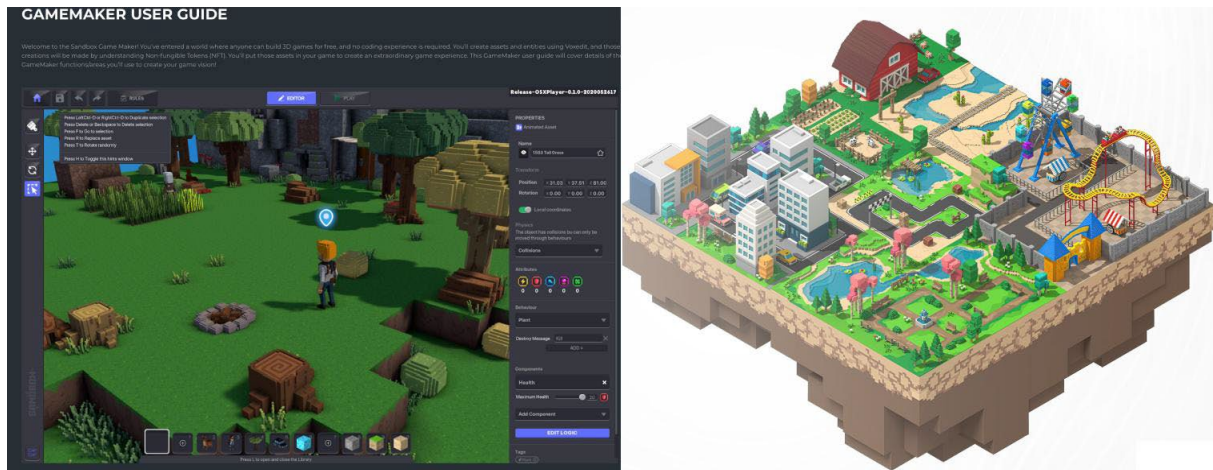


Figure 1. (left) Gamemaker view of Sandbox, (right) An example of a land in Sandbox



Figure 2. Gamemaker interface of Sandbox where the assets can be designed and placed in the virtual environment

### 3. MATERIAL AND METHOD

This study is based on interior design experience, which has three primary components within the scope of the research (Figure 3). The primary components are environment design, model optimization, and material preparation. There are several subcategories and levels. Environment design begins with the Design model (3DMax), and model optimization consists of two distinct phases: menu coding, obtaining sample tools from UIToolkits, and designing menu toolbars. Material preparation phases are contingent on floor and wall coverings.

The research methodology is conducted in three steps. The steps to develop the virtual environment within the scope of the study are given below.

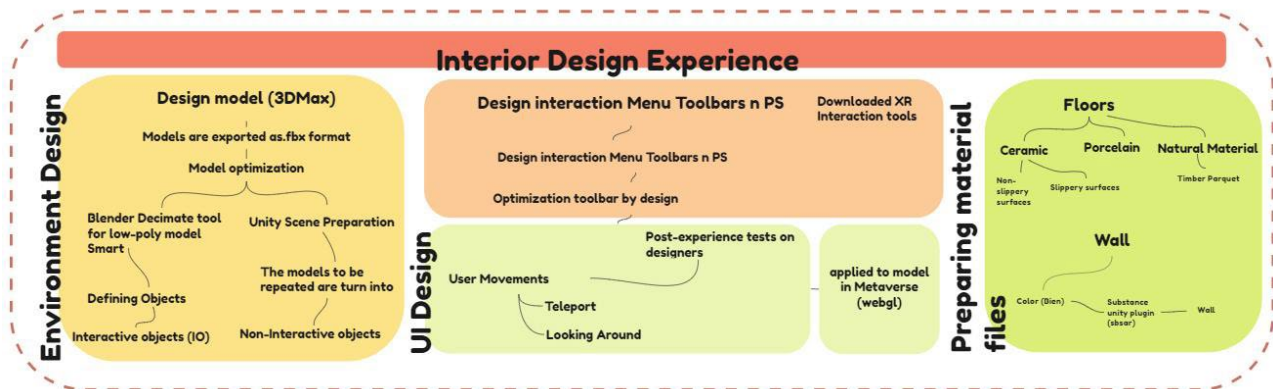


Figure 3. Flowchart of research methodology

#### 3.1. Environment Design

This part of the research consists of 3D models prepared by the design office in Revit, Sketchup, and Rhino and saved in OBJ and FBX formats. First, design a model for the smart low-poly model using the Decimate tool in Blender. Models with a high polygon count are eliminated. Then, respectively, face orientation tools are used to invert the features so that they are visible in Unity, and UV is corrected using Smart UV Map. After the first step, models are exported as .fbx files. The second step includes two phases: object definition and Unity scene preparation. Objects are divided into two categories during the defining object phase: interactive (IO) and non-interactive (NIO) (Static Furniture and Appliances). The level of interaction is proportional to the changeability of the materials, such as the walls and flooring. In the remaining portion of the second phase, the to-be-repeated models are converted into prefab and then inserted. The Non-interaction (NIO) level textures are downloaded from Bridge and Sketchfab. The textures that use interaction (IO) have been downloaded from the relevant manufacturer. Adding and adjusting real-time light (sun), area light and point light for artificial interior lighting is another phase in scene preparation. Then, HDR was downloaded from the Internet (website) and applied to the scene.

#### 3.2. Preparing Material Files

The preparation of material files constitutes the third stage. The material file was structured according to the floor and wall. The flooring category includes ceramics (slippery surfaces and non-slippery surfaces), porcelain, and natural materials (wood parquet). The category of the wall is determined by color.

#### 3.3. Model Optimization

Model optimization comprises two phases: Menu coding and downloaded XR Interaction tools and XR Origins from Unity (2021.3.7F1). The menu coding has two stages: Menu coding and model integration. While designing menu toolbars for the user interface, prototype tools are downloaded from UIToolkits, and this toolbar is then optimized to match the design. There is a "start" button on the login screen of the model interface designed for users, and the interaction menu appears (Figure 4-5).

The surfaces interacting with the start button selection are aligned for selection. Wall and floor surfaces are interactive components within the scope of this model prototype. Following the selection of the surface to be incorporated into the interaction, the screen containing material and company information appears. For instance, interaction can be realized on a ground surface using a floor finishing company and four fundamental color charts. The optimized toolbar is initially evaluated in a virtual reality environment. After this initial experience, designers will undergo post-experience testing in future studies. The user tests are revealed by the authors (Figure 6-7)

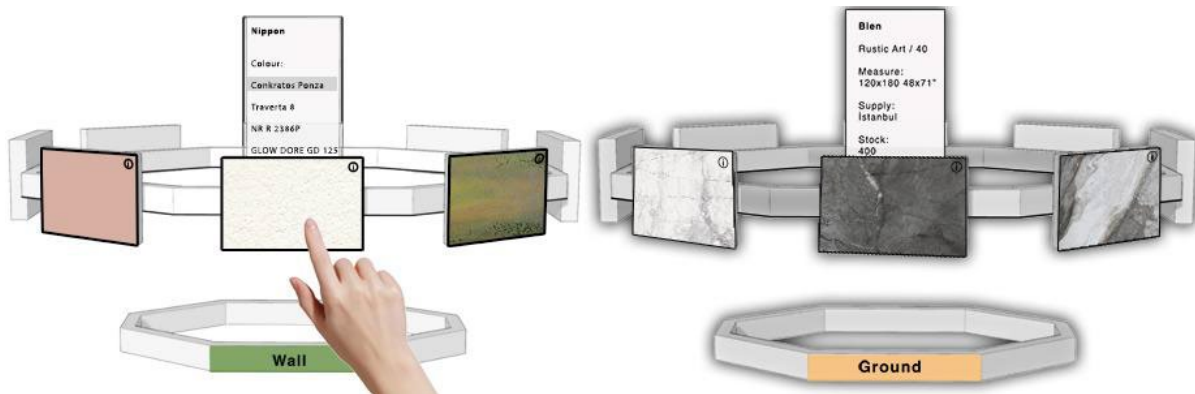


Figure 4. The interaction menu of a wall selection (left), and ground materials (right)

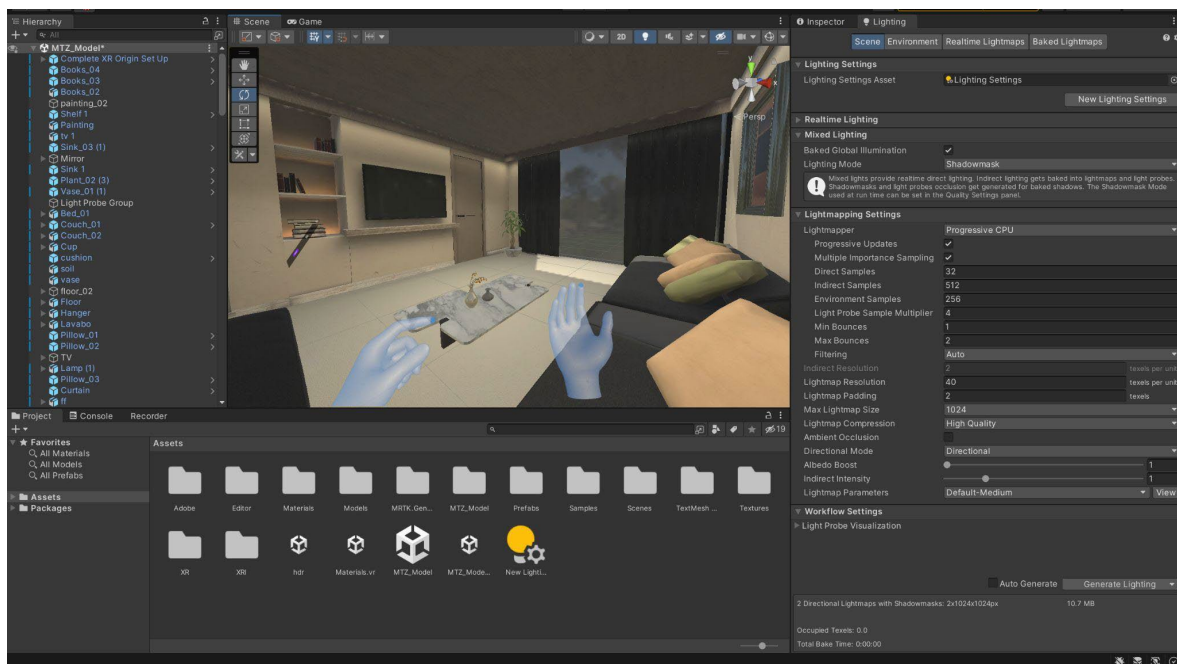


Figure 5. Unity Interface of the proposed experience environment



*Figure 6. User Experience in VR Environment*



*Figure 7. User Experience Interface Illustrations*

#### **4. FUTURE STUDIES**

This project is still being developed to create a virtual environment in Sandbox. A land of 96x96 m. is designed to host a social hub for an interactive, gamified environment. The spaces will be designed to host construction/building firms, NGOs, designers, and students/academicians in related design fields.

#### **5. CONCLUSION**

As for the conclusion, the outcomes of the project provide these issues:

- Collaboration will be provided with various furniture companies; databases will be transferred and updated monthly,
- Users/employers can experience the environment with wearable technologies and decide between different material/furniture/design alternatives,
- Gamification elements will support the experience,
- The platform will strengthen communication between the client and the architect/interior designer and enable faster/correct decisions.

Sandbox Metaverse is a virtual world created with voxel geometry. The most important features of this world are the interaction network and live interactivity features. Being a mobile and virtual world makes it accessible from anywhere, but this world also needs to be designed according to the content and service.

According to service and content, a social hub is designed along with the building firm partners. The designed area can be interpreted as turning a virtual parcel, proven and protected by blockchain technology, into an interaction and social area.

It is planned to be designed as a platform with a unifying function for the architectural and interior design industry, such as architectural offices, sector-specific NGOs, manufacturers, and architecture and interior design students, and where those who are interested in the sector can come together and a place where one can interact.

## ACKNOWLEDGMENTS

This book chapter is an outcome of a project that is supported by the Istanbul Technical University AR-GE (R&D) Project in collaboration with Yeşim Kozanlı Architecture.

## REFERENCES

- Baraldi, L., Grana, C., & Cucchiara, R., 2017. Recognizing and presenting the storytelling video structure with deep multimodal networks. *IEEE Trans. Multimedia*, 19 (5), 955-968.
- Buhalis, D., & Shankar, K., 2022. Mixed Reality (MR) for Generation Z in Cultural Heritage Tourism Towards Metaverse. In *ENTER22 e-Tourism Conference*. Cham.
- Choi, H.-S., & Kim, S.-H., 2017. A Content Service Deployment Plan for Metaverse Museum Exhibitions- Centering on the Combination of Beacons and HMDs. *Int.J.Inf.Manage*, (37-1), 1519-1527.
- Ding, X., Sun, M., Bai, W., & Li, X., 2022. Exploration of Architectural Design in the Co-construction Mode of User and Designer in the Metaverse Environment. In *7th International Conference on Systems, Control and Communications*.
- Doma, O., & Sener, S., 2022. Dreamscape Bricks VR: An Experimental Virtual Reality Tool for Architectural Design. *Interaction Design and Architecture(s) Journal*, 52, 234-258.
- Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., & Cai, W., 2021. Metaverse for Social Good: A university campus prototype. *Proc. 29th ACM Int.Conf. Multimedia*, 153-161.
- Foy, C., Dudley, J., Gupta, A., Benko, H., & Kristensson, P., 2021. Understanding, detecting and mitigating the effects of coactivations in ten-finger mid-air typing in virtual reality. *Proc. CHI Conf.Hum. Factors Comput. Syst*.
- Hassenzahl, M. (2001). The Effect of Perceived Hedonic Quality on Product Appealingness. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13 (4), 481-499.
- Höllerer, T., & Schmalstieg, D., 2016. *Augmented Reality: Principles and Practice*. Addison-Wesley Professional.
- Isonuma, M., Fujino, T., Matsuo, Y., & Sakata, I., 2017. Extractive summarization using multi-task learning with document classification. *Proc.Conf. Empirical Methods Natural Lang. Process*, 2101-2110.
- Izani, M., Mustaffa, F., Razak, A., & Alkhalidi, A., 2022. Metaverse: A Platform for Designers Idea, Concept, and Potential Opportunity in the Digital Realm. *Proceedings of the 2nd International Conference on Creative Multimedia (ICCM 2022)*.
- Jerald, J., 2016. *The VR Book: Human-centered Design for Virtual Reality*. Association for Computing Machinery.
- Keinonen, T., 2010. Protect and Appreciate- Notes on the Justification of User-Centered Design. *International Journal of Design*, 4, 17-27.
- Kumar, S., Chhugani, J., Kim, C., Kim, D., Nguyen, A., Dubey, P., Kim, Y., 2008. Second life and new generation of virtual worlds. *Computer*, 41 (9), 46-53.
- Lopez-Belmonte, J., Pozp-Sanchez, S., Moreno-Guerrero, A., & Lampropoulos, J., 2023. Metaverse in Education: A Systematic Review. *Evista de Education a Distancia*.

- Mehta, D., Sotynchenko, O., Mueller, F., Xu, W., Elgharib, M., Fua, P., Theobalt, C., 2020. XNect: Real-time multi-person 3D motion capture with a single RGB camera. *ACM Trans. Graph.*, 39 (4), 82.
- Metaverse Wiki., 2024. Retrieved 11.11.2024, from <https://en.wikipedia.org/wiki/Metaverse>
- Moares, R., Jadhav, V., Bagul, R., Jacbo, R., Rajguru, S., & K., R., 2019. Inter AR: Interior Decor App Using Augmented Reality Technology. *Proceedings of the 5th International Conference on Cyber Security & Privacy in Communication Networks*.
- Nevelsteen, K. J., 2017. Virtual World, Defined from A Technological Perspective and Applied to Video Games, Mixed Reality, and the Metaverse. *Computer Animation and Virtual Worlds*.
- Norman, D. A., 2005. Human-centered Design Considered Harmful. *Interactions*, 12 (4), 14-19.
- Park, S.-M., & Kim, Y.-G., 2022. A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. *IEEE*, 4209-4251.
- Phan, V., & Choo, S., 2010. Interior Design in Augmented Reality Environment. *International Journal of Computer Applications*.
- Sarıtaş, M., & Topraklıoğlu, K., 2022. Systematic Literature Review on The Use of Metaverse in Education. *International Journal of Technology in Education*, 5 (4), 586-607.
- Schumacher, P., 2022. The Metaverse as Opportunity for Architecture and Society: Design Drivers, Core Competencies. *Architectural Intelligence*.
- Sherman, W., & Craig, A., 2002. *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design*. Morgan Kaufmann.
- Stephenson, N., 1992. *Snow Crash: A Novel*. NY: Random House Publishing Group.
- Wikipedia, 2024. Retrieved 11.11.2024, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_twin](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_twin)
- Zellers, R., Yatskar, M., Thomson, S., & Choi, Y., 2018. Neural motifs: Scene graphs with global context. *Proc. IEEE/CVF Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, 5831-5840.

# BAROQUE MIRRORS: THE IMPLODING SPACE IN D'ESPINAY D'ETELLEN AND VELÁZQUEZ

Assoc. Prof. Dr. Fatma İpek EK

Yaşar University, Faculty of Architecture, Department of Architecture  
ORCID 0000-0002-6783-8284

## ABSTRACT

The concept of space in the Baroque age has a dramatic and dynamic style based on the relationship between viewer and viewed. The gaze as a mechanism moving around on each corner and turning inward, in the end, can be felt in the works of art, architecture, gardening, urban design as well as the literature of the period. The figure of the *mirror* is central to this intellectual attitude, which, as this article explores, served as a powerful lens through which Baroque painters and poets engaged in a dynamic dialogue, which paves the way for understanding the inverted nature of the Baroque space. The mirror's capacity to multiply and fold space led to a reconsideration of the relationship between viewer and viewed, along with the trace of a dynamic gaze guiding one to comprehend the imploding nature of this space as a concept inviting to read the visual relationships reversely. In this respect, this study delves deeper into these concepts by examining two pivotal works of the age: Diego Velázquez de Silva's *Las Meniñas* (1656) and Louis d'Espinay d'Etellen's *Sonnet du Miroir* (1644). Following a rendition through the Baroque's fascination with mimesis, I begin with d'Etellen's sonnet, and proceed with a contemplation of Velázquez's renowned painting to enrich the understanding of the mirror's multifaceted role in Baroque culture.

**Keywords:** Mirror, mimesis, paragone, *Sonnet du Miroir*, *Las Meniñas*

Through the lens of the *mirror* figure, Baroque painting and poetry engaged in a dynamic dialogue, sparking a proliferation of innovative concepts that intersected and informed one another. The mirror's capacity to multiply space is not only a poetic or painterly device but also intertwined with architectural design, as its ability to replicate space creates a sense of infinite expansion. As a central figure in Baroque discourse, the mirror's ability to fold space onto itself led to a reconsideration of the dynamic between viewer and viewed, as well as the associated ideas that crystallized around this theme (Cascardi, 2019). When examining Baroque mirrors through the lens of these concepts, two pivotal works that merit our attention are Diego Velázquez de Silva's *Las Meniñas* (1656) and Louis d'Espinay d'Etelen's *Sonnet du Miroir* (1644), both of which exemplify the essence of Baroque culture. The seventeenth century saw the codification of the ancient concept of mimesis into the Neoclassical style. Central to both Velázquez and d'Etelen's works is the codification of mimesis. While we begin with d'Etelen's sonnet, a simultaneous contemplation of Velázquez's renowned painting will enrich our understanding (Figure 1):



Figure 1 Diego Velázquez de Silva, *Las Meniñas*, 1656

The problem of representation is framed as a rivalry between painting and mirror in d'Etelen's *Sonnet du Miroir*, highlighting the tension between these two modes of representation. In his final analysis, d'Etelen contrasts the painting's frozen moment with the mirror's reflection of a lifetime. The painting's static lines and unrepeatable nature stand in stark contrast to the mirror's fluid lines and repetitive nature. While the mirror captures the details of each passing moment, the painting preserves a single instant in time. While the painting is a tangible object, the mirror reflects a changeable illusion. This comparison highlights the inherent tension between the two, a common theme in Baroque art, though less overtly expressed in this poem. The original and translation of the poem are as follows:

*Sonnet du Miroir*

- [1] Miroir, peintre et portrait qui donne et qui reçois,
- [2] Et qui porte en tous lieux avec toi mon image,
- [3] Qui peux tout exprimer, excepté le langage,
- [4] Et pour être animé n'as besoin que de voix;



[5] Tu peux seul me montrer quand chez toi je me vois,  
[6] Toutes mes passions peintes sur mon visage;  
[7] Tu suis d'un pas égal mon humeur et mon âge,  
[8] Et dans leurs changemens jamais ne te deçois.

[9] Le mains d'un artisan au labeur obstinées,  
[10] D'un penible travail font, en plusieurs anées,  
[11] Un portrait qui ne peut ressembler qu'un instant.

[12] Mais toi, peintre brillant, d'un art immitable,  
[13] Tu fais sans nul effort un'ouvrage inconstant  
[14] Qui ressemble toûjours, et n'est jamais semblable.

*Sonnet of the Mirror*

[1] Mirror, painter and portrait that gives and receives,  
[2] Carrying my image with you everywhere you go,  
[3] Capable of expressing all, except speech,  
[4] And needing only a voice to be alive;

[5] You alone can show me when I see myself in you,  
[6] All my passions painted on my face;  
[7] You follow my mood and age with equal pace,  
[8] And never disappoint me in their changes.

[9] The hands of an artisan, stubbornly laboring,  
[10] Over many years, create a portrait,  
[11] Which can only resemble for an instant.

[12] But you, brilliant painter of an inimitable art,  
[13] Create without effort an inconstant work,  
[14] Which always resembles and is never the same (2).

The first four lines of the poem contain d'Etelen's address to a mirror. This address or invocation is known as "personification" or *apostrophe* in rhetoric. According to Paul de Man (1919-1983), the object addressed in an *apostrophe* is "constructed as an inanimate, dead, or silent entity, [yet] it suggests the possibility that [this entity] could nevertheless answer and attributes to it the power of speech" (1984, 75).

Despite the poet's attempts to engage the mirror on a personal level, he ultimately elevates the mirror, a mere object, to human status. In the subsequent *paragone*, a comparison between the mirror and a painting, the mirror emerges as superior. The *paragone*, a historical rivalry between painting and poetry, involves a comparison of the arts that originated in the Renaissance (3).

While it might seem incongruous to compare painting to a mirror in contemporary terms, the concept of *ars* or "art" in d'Etelen's time was broader, encompassing both fine art and craft (4).

In d'Etelen's view, painting and a mirror were equivalent forms of *ars*. The seventeenth century witnessed the rise of academies for diverse *ars* in France, including glass and mirror making, solidifying their position within the artistic landscape (Kristeller, 1980, 27-28). Nevertheless, it is crucial to remember that while the seventeenth century marked a significant advancement in mirror and glass making, the intellectual foundation of this field, especially concerning optics, was laid during the Middle Ages (5). These origins can be traced to the Gothic-Scholastic culture, primarily from the twelfth century onward. Concurrently, the Middle Ages produced a literary genre directly named *speculum*, meaning "mirror." Works such as Vincent of Beauvais' *Speculum historiale* exemplify this genre, which sought to provide a *comprehensive* and *accurate* representation of its subject, akin to an encyclopedia (Drabble, 1985, 655). The mirror in d'Etelen's poem, as we see, shares this capacity of the medieval *speculum* to encapsulate all things and moments.

Let us revisit the opening quatrain of the poem:

Miroir, peintre et portrait qui donne et qui reçoit,  
 Et qui porte en tous lieux avec toi mon image,  
 Qui peux tout exprimer, excepté le langage,  
 Et pour être animé n'as besoin que de voix;

Mirror, painter and portrait that gives and receives,  
 Carrying my image with you everywhere you go,  
 Capable of expressing all, except speech,  
 And needing only a voice to be alive;

The poem's second-person address to the mirror establishes its purpose from the start and imbues the mirror with life: "Miroir, peintre et portrait qui donne et qui reçoit": "Mirror, painter and portrait that gives and receives." D'Etelen's opening *apostrophe* to the mirror creates a tension that pervades the poem: the *apostrophe* humanizes the mirror, while the subsequent use of the mirror re-objectifies the human. The tension is sustained in the following line with the phrase "painter and portrait": By calling the mirror a "portrait," d'Etelen objectifies it, while by calling it a "painter," he anthropomorphizes it. Complementing the first line, the second line, "Et qui porte en tous lieux avec toi mon image": "Carrying my image with you everywhere you go," continues to animate the mirror. The use of *porter*, meaning "to wear," to describe the mirror "carrying" the image lends a Baroque *dynamism* to the mirror. The *apostrophe* persists in the poet's address to the mirror in the third and fourth lines: "Qui peux tout exprimer, excepté le langage/Et pour être animé n'as besoin que de voix": "Capable of expressing all, except speech." These lines can be seen as an allusion to Simonides' (556 BC - 469 BC) assertion that "Poetry is silent painting, painting is silent poetry" or Horace's (65 BC - 8 BC) *ut pictura poesis* ("as is painting so is poetry") (6). Furthermore, d'Etelen introduces a characteristic Baroque contradiction: by persistently addressing the mirror and thus endowing it with life, he paradoxically reduces the mirror, which is "needing only a voice to be alive," back to an inanimate object: the mirror, ultimately, remains silent. Having initially elevated the mirror to the level of painting, d'Etelen now surpasses the mirror by positioning poetry above it, unable to load *language* onto the mirror. By placing language at the pinnacle of this hierarchy, the poet implicitly positions himself and his work at the apex, alluding to the enduring *paragone* between the visual and the verbal arts.

While d'Etelen expresses the mirror's inanimateness, the tension seen in the first four lines, where he *humanizes* the mirror, continues between the fifth and eighth lines:

Tu peux seul me montrer quand chez toi je me vois,  
 Toutes mes passions peintes sur mon visage;  
 Tu suis d'un pas égal mon humeur et mon âge,  
 Et dans leurs changemens jamais ne te déçois.

You alone can show me when I see myself in you,  
All my passions painted on my face;  
You follow my mood and age with equal pace,  
And never disappoint me in their changes.

The 5th line begins with the same disdain: “Tu peux seul me montrer quand chez toi je me vois”: “You alone can show me when I see myself in you.” The mirror can only show what is in front of it. In order for a person to view himself in the mirror, s/he must definitely stand in front of it: since a person is alive, s/he can move, but the mirror is motionless, that is, *lifeless*. The fifth line is complemented with the expression “Toutes mes passions peintes sur mon visage,” “All my passions painted on my face” in the sixth line. The poem takes a surprising turn after the fifth line. Initially implying the mirror’s passivity and lifelessness, the poet unexpectedly attributes a dynamic quality to it. Lines six through eight suggest that the mirror is a living entity, following the poet’s temperament and age, reflecting their passions with uncanny accuracy: “Tu suis d’un pas égal mon humeur et mon âge/Et dans leurs changemens jamais ne te decoys”: “You follow my mood and age with equal pace, / And never disappoint me in their changes.” However, this apparent dynamism is merely a reflection of the living world before it. The mirror, in essence, is a passive conduit; its character is defined by the humans who gaze into its depths.

Between the ninth and eleventh lines, the poet leaves the mirror and turns to the painter:

Le mains d’un artisan au labour obstinées,  
D’un pénible travail font, en plusieurs anées,  
Un portrait qui ne peut ressembler qu’un instant.

The hands of an artisan, stubbornly laboring,  
Over many years, create a portrait,  
Which can only resemble for an instant.

When we examine lines from five to eleven collectively, a comparison emerges between the mirror, the painter, and the portrait. The strategic placement of the ninth, tenth, and eleventh lines, however, serves to elevate the mirror. By the poem’s eleventh line, the *mirror* emerges as the victor in this poetic contest: While the painter’s laborious years-long endeavor can only capture a singular instant, the mirror effortlessly produces a perfect image that encapsulates the entirety of time.

In the twelfth line, the mirror is elevated to the status of an artist with the phrase “Mais toi, peintre brillant, d’un art imitable”: “But you, brilliant painter of an inimitable art.” The image produced is then deemed a masterpiece, continuing the poem’s exaltation of the mirror. When we examine the French original, “brilliant” suggests a nuanced difference in meaning. The “brilliant” denotes luminosity and intelligence by carrying dual connotations.

First, it signifies the reflective coating applied to the glass, creating the mirror itself. Second, it evokes a sense of smartness attributed to the mirror by the poet in the phrase “brilliant painter,” alluding to bright and intelligent artistic ability. Also, the *apostrophe* can be clearly seen, again, with “you” in this line.

D’Etelén’s assertion in line thirteen that the mirror “Create[s] without effort an inconstant work” (“Tu fais sans nul effort un’ouvrage inconstant”) echoes the sentiment of lines seven and eight, emphasizing the mirror’s instantaneous creation of a dynamic portrait. The poet’s use of “to create” and “inconstant” animates the mirror, imbuing this seemingly inanimate object with a sense of life and agency. The repetition of similar meanings with “changes” and “inconstant” in lines eight and thirteen consecutively underscores the mirror’s defining characteristic: its capacity for transformation. Furthermore, the mirror’s dual nature as both portrait and painter, reiterated in lines one and twelve, merges these distinct entities into a unified whole.

This repetition not only reinforces the mirror's unique character but also evokes a Baroque aesthetic, characterized by ornate detail and a playful interplay of opposites.

The final line, "Qui resemble toûjours, et n'est jamais semblable": "Which always resembles and is never the same" echoes the sentiment of line eight ("And never disappoint me in their changes"), emphasizing the mirror's simultaneous fidelity and mutability. By *repeating* within itself the *constantly changing* entities of the real world, the mirror becomes a Mannerist-Baroque figure, embodying a paradoxical combination of *constancy* and *flux* (7). We encounter this same figure, in all its typicality, in Velázquez's *Las Meniñas*. At first glance, this Velázquez painting, which seems to depict a scene taking place in a picture-lined room of the Madrid Royal Palace Alcazar, groups human figures in the foreground. However, as is well-known, the background is more ambiguous and, consequently, more intriguing. What makes it intriguing is the fact that it is not immediately apparent who the artist in the painting is actually painting, and the *truth* being depicted is alluded to through the mirror in the background. At this point, the mirror figure, positioned at the center of the painting, gains significance. The presence of the *mirror* in the painting, what it represents, and what it expresses are key to understanding the intellectual perspective and culture of the period in which *Las Meniñas* was created. Once again, we find ourselves in the Baroque world, which extols mimetic art and mimesis, even as it questions them.

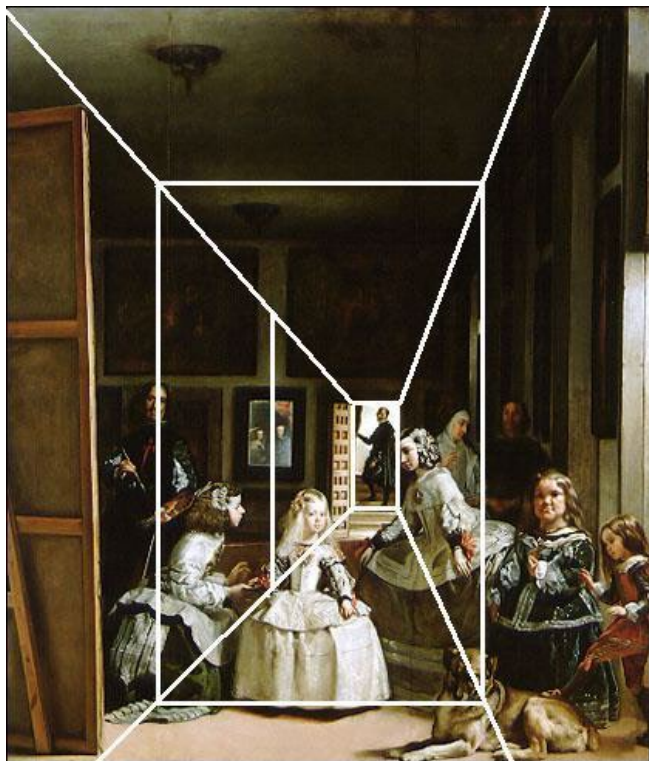
To fully comprehend the meaning of the mirror in *Las Meniñas* and the relationship between reality and painting, we must return to d'Etelen's *Sonnet du Miroir*. The fact that the word "miroir" in the poem represents both painting and painter sheds light on the representational debate in *Las Meniñas*. As in *Sonnet du Miroir*, *Las Meniñas* presents a competition between the painting—or the painter—and the mirror, as if they were *paragons*, a characteristic that, as we have seen, is increasingly Baroque and typical of the seventeenth century. Therefore, examining the concept of the mirror in the Baroque period, together with Velázquez's *Las Meniñas* and d'Etelen's *Sonnet du Miroir*, allows us to adopt a philosophical perspective on the art of painting and poetry, as well as on the understanding of space, during the Baroque period.

The mirror, particularly emphasized by Velázquez in *Las Meniñas*, has become one of the most analyzed figures (8). Located on the wall in the background of the room, amidst numerous paintings, this object, shining with an unusual light, is a mirror and, as Heinrich Wölfflin (1864-1945) pointed out, it carries the reflections of King Philip IV and his wife Mariana (Wölfflin, 1946, 126-129). As the title suggests, *Las Meniñas* is centered around *ladies of the court*. Although the Spanish Princess Marguerita is the *human* figure in the foreground of the painting, Velázquez has given the *mirror* figure a dominance over all other figures in his *paragone*. Despite the fact that *Las Meniñas* depicts primary nobility such as the King, Queen, and Princess, the clichéd discussions about the painting are still focused on the *mirror*. Velázquez's placement of the *mirror* to the upper left of the princess, according to the viewer, in a position as central as the princess herself, and his competition between the *inanimate* mirror and the *living* humans is another characteristic of the Baroque period. Various drawings and studies on *Las Meniñas* prove the central position of the mirror: an imaginary line drawn from the top edge of the mirror intersects the exact midpoint of the right side of the painting the artist is creating (Figure 2). Therefore, the mirror and the canvas are on the same perspective axis, and the image in the mirror is located at the center of the front face of the canvas, which we cannot see.

As this simple calculation shows, when viewed proportionally, the mirror is placed approximately in the middle of the canvas. If we find the vanishing point of the painting and place a perspective prism, the canvas in front of Velázquez, the painter, the mirror, and the entrance to the space are aligned on the same line of this prism. According to Michel Foucault's (1926-1984) famous introduction to *Les Mots et les Choses* (1966) (*The Order of Things*), Velázquez is trying to tell us here that painting and the mirror are twins (Foucault, 1970, 7) (Figure 3).



*Figure 2. The imaginary line passing through the upper border of the mirror and dividing both paintings (the one we watched and the one the painter made) into two*



*Figure 3. Perspective prism*

All figures in *Las Meniñas*, except for the mirror, are there to make the mirror's presence felt, to frame it, and to emphasize it. The human figures are positioned to highlight the mirror: if we connect the painter, the princess's maid of honor, the princess, and the court official with an imaginary curve that passes through their gazes, we see that the mirror is placed at the center of this curve (Figure 4). Therefore, in all three approaches, the mirror is placed at the center of the painting and exalted. Just as in *Sonnet du Miroir*, the mirror is a superior figure that can be compared to humans and human creations. However, the importance given to the mirror in *Las Meniñas* should not be limited to its position.



Figure 4. Mirror figure at the center of the imaginary curve

Like d'Etelen, Velázquez treats the mirror and the painting as two competing concepts and actions. However, the painting turns its back and hides itself from the viewer. The shadows cast on the paintings next to the mirror contrast with the light reflected from the mirror, while an unknown light source on the right side, according to the viewer, illuminates the entire space. However, it is unclear whether the light on the king and queen in the mirror also comes from this source. From this, we can conclude that the mirror, exalted in *Sonnet du Miroir*, is also given a superior position in *Las Meniñas*, with the light reflected on it, compared to the paintings that are on the same plane but still in shadow. Velázquez's emphasis on the mirror as a perfect reflection of nature stems from his own desire to reflect nature as it is in his paintings (Wölfflin, 1946, 126). Velázquez's *mirror*, like d'Etelen's, is a being between the living and the inanimate. Although it is hung alongside *objects*, it is also a *dynamic* figure with the variable light and image it reflects. It is also quite interesting that the light illuminates near and far objects to the same extent. In general, four light regions can be identified in the painting. These light regions give the painting a truly tangible quality, thus creating a sense of depth (Kinay, 1993, 91-95).

While Velázquez seems to exalt the mirror over the painting in his *paragone*, he also belittles it in a way: the *mirror* in *Las Meniñas* is actually a *painting*. At this point, René Magritte's (1898-1967) *Ceci n'est pas une pipe* (1928-1929) [This is Not a Pipe] comes to mind (Figure 5). Just as the pipe drawn by Magritte is a *painting*, the mirror exalted by Velázquez is also a *painting*. Therefore, Velázquez places the art of painting in the highest position here. Similarly, d'Etelen, while saying that the mirror is *mute*, has placed his own art, poetry, at the top.



Figure 5. René Magritte, *Ceci n'est pas une pipe*, 1928-1929

Both *Sonnet du Miroir* and *Las Meniñas* codify the concept of representation and question the laws of perception, leading to the emergence of new spatial concepts: the mirror is part of the space reflected in the mirror and is the source that produces that space. Among the human figures visible to the viewer, there is no figure looking at the mirror. Those who look at the mirror are also invisible to the viewer. Therefore, the mirror in *Las Meniñas* acts as an element that extends beyond the frame of the painting (Foucault, 1970, 8). Again, all figures emphasize the thesis put forward about the mirror: the gazes of almost all human figures are turned to the space where the viewer theoretically also exists, although it is invisible to the viewer, that is, to the real space, and this space is reflected on the mirror in the back. While painting his picture, Velázquez also turned his gaze to this space, instantaneously drawn by the mirror. The mirror creates a *new space* imploding within the *real space*. However, these two spaces are separate: the space belonging to the mirror is a representation of the real space. The space created by the painter is also a representation of reality. However, this representation has flexible lines that can change according to the painter's interpretation. In other words, the painting does not have to *represent* reality. On the contrary, the mirror is doomed to reflect the *true reality*.

In spite of the presence of mirrors, representations, and paintings, the concept of the 'invisibility of the viewer and the viewed' persists. Both paintings and mirrors mimic space: the mirror reflects life, while the painting becomes a mere reflection within a reflection.

## ENDNOTES

1. The Turkish version of this paper was previously published in the following source: Ek, Fatma İpek. "Barok Aynalar: D'Espinoza d'Etelen ve Velázquez'de Kendi İçine Dönen Mekân." *Skopbülten* (December 2013). <https://www.e-skop.com/skopbulten/barok-aynalar-despinay-detelen-ve-vel%C3%A1zquezde-kendi-icine-donen-mek%C3%A2n/1714>
2. For the original version of the poem, see d'Etelen, 2002, 215. The English translation was made by the author.
3. About *paragone* see Şengel, 2002, 5.
4. For the history of the separation of art and craft activities, see Kristeller, 1980, 13-23.
5. Optical science and glass in the Middle Ages, see Crombie, 1990, and Lakey, 2018.

6. Simonides' statement was quoted by Plutarch. See Plutarch, 1969, 346ff. For Horace's statement and discussions, see Horace, 1942; also see Lee, 1940.

7. On the relationship between Mannerism and Baroque, see Dubois, 1979, 66-77; and Tapie, 2008.

8. The bibliography on *Las Meniñas* and the mirror is too extensive to be presented here. A modern bibliography on the subject can at least begin with Heinrich Wölfflin: see Wölfflin, 1946, 126-129.

## ACKNOWLEDGEMENT

In recognition of her significant role in my life, I dedicate this article to the memory of my esteemed Master's thesis advisor, Assoc. Prof. Dr. Deniz Şengel (1956-2009), who supported me until her passing. I would like to take this opportunity to express my sincere gratitude for her invaluable knowledge and expert guidance throughout my academic journey, including my Master's thesis and subsequent research papers.

## BIBLIOGRAPHY

Cascardi, A. J. (2019). *Experience and Knowledge in the Baroque. The Oxford handbook of the baroque*, 449-470.

Crombie, A. C. (1990). *Science, optics, and music in medieval and early modern thought*. A&C Black.

De Man, P. (2000). *The rhetoric of romanticism*. Columbia University Press.

D'Etelen, L. d'E. (2002). Aynaya Sone, trans. N.K. Yavuz, *Parşömen*, 2 (4), 215.

Drabble, M. (1985). *The Oxford Companion to English Literature*, Oxford University Press.

Dubois, C.-G. (1979). *Le Manierisme*, Presses Universitaires de France.

Foucault, M. (1970). *The Order of Things*, Tavistock.

Horace, H. (1942). *Satires, Epistles and Ars Poetica* (Loeb Classical Library No. 194). Loeb Classical Library.

Kınay, C. (1993). 17. Yüzyılda İspanya'da Barok Sanat. *Sanat Tarihi: Rönesans'tan Yüzyılımıza, Geleneksel'den Modern'e*. Ministry of Culture Publications.

Kristeller, P. O. (1965; 1980). The Modern System of the Arts. *Renaissance Thought and the Arts: Collected Essays*. Princeton University Press.

Lakey, C. R. (2018). *Sculptural Seeing: Relief, Optics, and the Rise of Perspective in Medieval Italy*. Yale University Press.

Lee, R. W. (1940). *Ut Pictura Poesis: The Humanistic Theory of Painting. The Art Bulletin*, 22 (4), 197-269.

Plutarkhos (1969). *Moralia*. Trans. Frank Cole Babitt. Harvard University Press; William Heinemann.

Şengel, D. (2002). *Ut Pictura Poesis: Kısa Bir Tarih. Parşömen*, 2 (4), 5.

Tapie, V. L. (2008). *Le Baroque*. PUF.

Wölfflin, H. (1946). *Kleine Schriften*, Benno Schwabe & Co, Verlag.



# DIGITAL TWIN TECHNOLOGY IN ARCHITECTURE

**Res. Assist. Ayça AKKAN ÇAVDAR**

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture  
ORCID 0000-0002-3333-8943

**Mas. Arch. Ebru ŞANLI KARABAK**

Karadeniz Technical University, Faculty of Architecture, Department of Architecture

## ABSTRACT

Today, architecture is evolving with the development of Digital Twin (DT) technology. This innovative approach creates a digital replica of a physical asset, allowing for the monitoring and control of a building throughout its entire life cycle—from design and implementation to utilisation. Integrating DT into the construction process enables more effective management of this complex system. This study aims to analyse the impact of DT technology in architecture, guide researchers, and provide insights into its applications. Digital Twin technology is already widely used in sectors such as automotive, aviation, energy, and healthcare, and its potential in architecture is increasingly recognized. In this field, DT offers significant benefits, particularly in critical areas such as design, implementation, control, repair, energy management, and cost efficiency. When combined with Building Information Modelling (BIM), DT enhances the management and maintenance of buildings and infrastructure, helping to optimise energy use and indoor comfort. Unlike BIM, DT utilises real-time data, providing a more dynamic interaction with physical assets. Research indicates that DT technology positively influences various architectural applications, including energy-efficient design, durability, and prefabrication processes. However, its adoption in the construction industry remains low due to factors such as technological complexity, high costs, data security risks, and the challenge of standardisation due to the uniqueness of each project. For DT to become more widespread, the development of sector-specific standards, long-term investment planning, and the implementation of robust data security measures are essential. With broader adoption, DT could lead to more innovative and sustainable approaches in architectural design, increasing energy efficiency and reducing environmental impacts throughout a building's life cycle. In the future, smart cities and sustainable living spaces powered by DT technology could revolutionise architecture and urban planning. Therefore, embracing Digital Twin technology in architecture could significantly enhance the management of building life cycles and simplify complex projects.

**Keywords:** Digital twin (DT), digital desing, Building Information Modeling (BIM), technologic development in architecture, smart buildings.

## 1. DIGITAL DEVELOPMENTS IN ARCHITECTURE AND DIGITAL TWIN

The concept of Digital Twin (DT), in its most general definition, refers to the process of creating a digital copy of a living or non-living physical entity in a virtual environment and controlling this physical entity. DT enables real-time synchronization between the physical and virtual environments (Z. Wang et al., 2022). This process involves defining data received from the physical environment in the virtual environment through two main functional components. The first stage involves collecting real-time data from elements in the physical environment and using this data to provide feedback within the virtual environment. The second stage integrates this data into the virtual space, enabling intelligent data management, analysis, and computational capabilities (Redelinghuys et al., 2020). Rosen et al. (2015) defined the Digital Twin as a reflection of the physical and virtual domains, while Boschert and Rosen (2016) described DT as a structure that includes all physical and functional data related to a product or system. DT is an approach that replicates the functioning of physical systems in a virtual environment and creates digital versions of these systems (Conde et al., 2022). According to another definition, a Digital Twin is a synchronized and connected digital copy that reflects the functioning and life cycle of physical assets. It also mirrors the behavior of the physical entity in the virtual environment and is continuously updated throughout its life cycle (Opoku et al., 2021). In simple terms, it is a dynamic digital representation of an entity or system that mimics its behavior in the real world.

DTs have a high information analysis capacity and provide processed and valuable information. They not only establish the connection between the two ends but also emphasize how the information is processed. DT components are divided into the physical side, virtual side, and connectivity. The physical side consists of sensors and functional infrastructure, while the virtual side consists of an analytical model and artificial intelligence, and the connectivity involves data transmission and the human-machine interface (Li et al., 2022). While the physical system provides services to multiple users, the variables and data in the physical environment are simulated together with the DT to create the usage process (Qian et al., 2022).

Looking at this complex system as a whole, the main Digital Twin components can be summarized as physical components, virtual models, and the data that connects them (Fig.1) (Boje et al., 2020; Grieves, 2014). A bidirectional flow is created, enabling the cycle of managing the data collected from the physical entity and transmitting it to the virtual entity, and then processing the data discovered by the virtual entity for application in the physical entity.

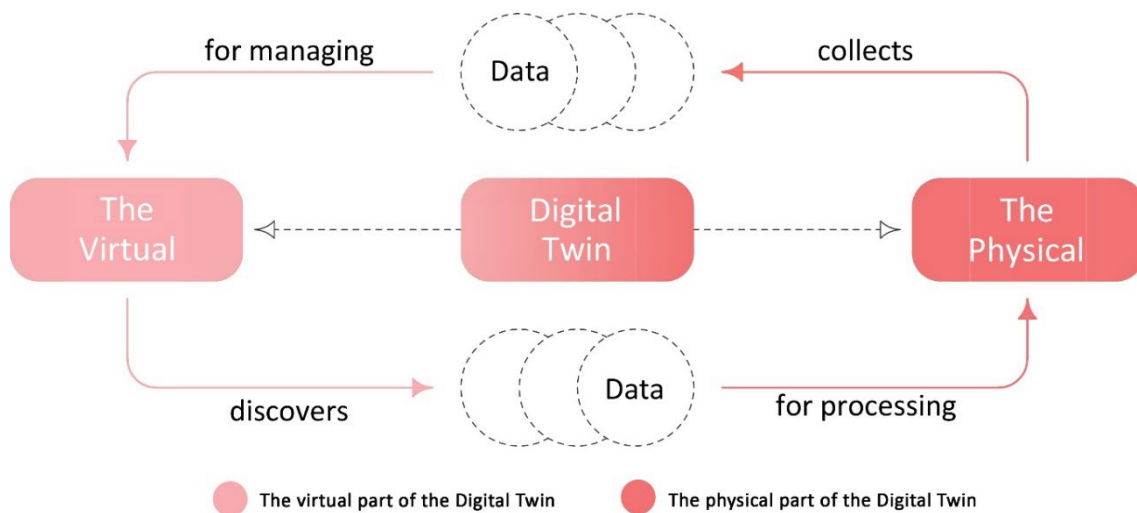


Fig. 1. The digital twin paradigm (recreated) (Boje et al., 2020)

The concept of the digital twin was first included in the technology roadmap of the National Aeronautics and Space Administration (NASA) and began to be applied in the field of aviation (Z. Wang et al., 2022).

Within the scope of NASA's Apollo programme, the concept of a 'twin' emerged with the use of a vehicle in space and an identical vehicle constructed on Earth. The concept of the digital twin was first mentioned by Michael Grieves from the University of Michigan in 2003 as 'the digital equivalent of a physical product' (Opoku et al., 2021) (Fig. 2).

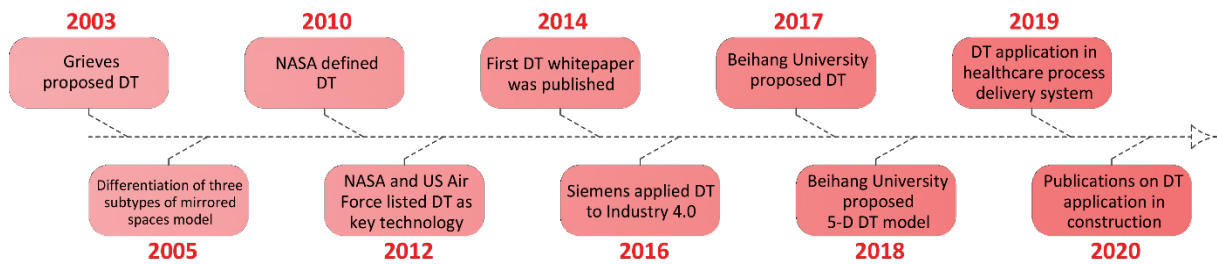


Fig. 2. Development process of the digital twin concept (recreated) (Madubuike et al., 2022)

The integration of DT in any domain usually takes place in six layers. In the first layer, there are physical devices in the physical environment, such as controllers, data acquisition devices, actuators, and sensors. The second layer represents the location of the data source. The third layer is where the data received from the physical environment is stored, and this layer can communicate with the fourth and sixth layers if appropriate. At the fourth layer, the stored data is processed and made useful for transmission to the upper layer. The fifth layer is the cloud service that stores the historical information received from the fourth layer. This layer is important for meeting the different information needs of different people and controlling access. The sixth layer is a graphical 3D interface that provides the user with real-time and historical information about the physical twin (Fig.3) (Redelinghuys et al., 2020).

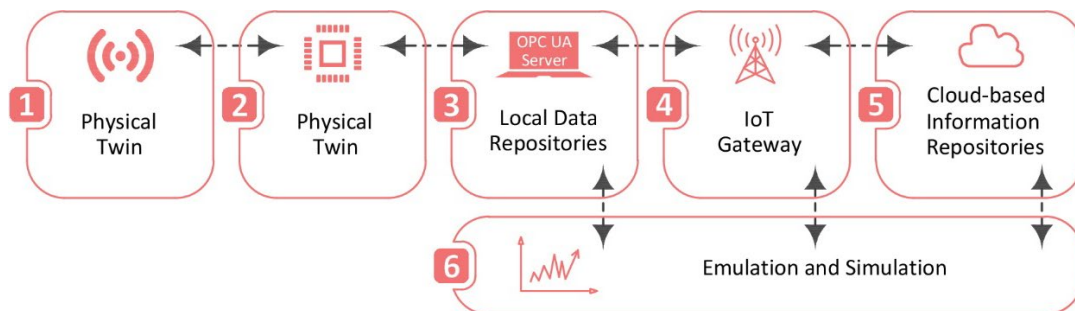


Fig. 3. Six layers of DT integration (recreated) (Redelinghuys et al., 2019, 2020)

DT technology offers the ability to perform functions such as storage, modeling, learning, simulation, and prediction across various fields (Z. Wang et al., 2022). The concept of DT has begun to attract interest in various industries and is spreading rapidly (Opoku et al., 2021). There are many applications of DT technology in different sectors, each offering significant benefits. This technology is particularly used in the aerospace, automotive, energy, healthcare, telecommunications, and manufacturing sectors, and is increasingly being applied in construction and architecture (Madubuike et al., 2022). For example, Wang vd. (2022) utilized DT technology for traffic flow monitoring, focusing on the interactions between humans, vehicles, and traffic.

The automotive industry is one of the key application areas for DT technology. DT enables real driving performance data obtained from vehicles to be analyzed through simulations after being transferred digitally. This process helps engineers evaluate vehicle performance during the design stage. It is anticipated that this approach could also be applied in the construction industry, where DT technology could simulate and analyze the feasibility of models created using BIM (Madubuike et al., 2022).

In the aviation sector, a realistic aircraft model is created, and the fatigue life of aircraft structures is accurately predicted by combining virtual and physical data. These advancements in the aviation sector serve as an encouraging example for the construction industry to adopt DT technology (Madubuike et al., 2022).

In order to effectively and feasibly utilize technological advances in the field of construction, fundamental problems need to be identified and addressed. Issues such as low productivity, poor predictability, and lack of R&D are key problems that need to be focused on. The concept of DT provides the ability to interact with physical assets using data represented in an increasingly digital world. In order to effectively and feasibly utilize technological advances in the field of construction, fundamental problems need to be identified and addressed. Issues such as low productivity, poor predictability, and lack of R&D are key problems that need to be focused on. The concept of DT provides the ability to interact with physical assets using data represented in an increasingly digital world. With the understanding that every physical entity should have a digital representative, Industry 4.0 has provided opportunities to improve flexibility, quality, and productivity by supporting the concept of Digital Twin (Aheleroff et al., 2021).

The demand for energy is a constant in the modern world. After the discovery of fire, one of the significant advancements that brought technology into our lives was the discovery of electricity. Thus, bi-directional data flow in electrical grid systems, the creation of smart grids, and renewable energy generation (such as solar and wind energy) are important research areas today. In addition, smart homes are also an important research topic. Smart homes consist of various products such as smart energy meters, smart water meters, and smart appliances (e.g., air conditioners, refrigerators, heaters). Energy efficiency and savings can be achieved by controlling these smart devices. Electricity load forecasting helps make data flow bi-directional in electricity grids, allowing us to predict future energy demand and optimize electricity generation. Similarly, smart cities offer significant advantages in solving problems such as monitoring and forecasting air pollution, managing vehicle limits, and parking management (Chaudhary et al., 2021). The maintenance of wind turbines installed for energy generation can be costly due to weather conditions and other unfavorable factors. Integrating DT technology into turbines provides cost-effectiveness by monitoring and improving the performance of turbines in real-time. Digital Twin is also used in the healthcare sector to improve logistics processes in hospitals and assist surgeons with robotic arms (Madubuike et al., 2022).

Studies on digital twin in different fields are as follows: construction industry (Boje et al., 2020; Jiang et al., 2021; Zhang et al., 2021), materials (Ghanem et al., 2022; Glatt et al., 2021; Kalidindi et al., 2022), energy (B. Wang et al., 2020), physics (or mechanics) (Biesinger, Meike, et al., 2019; Regis et al., 2023; Ritto & Rochinha, 2021), aerospace (Li et al., 2022; S. Liu et al., 2021; Phanden et al., 2021; Xiong & Wang, 2022), automotive industry (Biesinger, Kras, et al., 2019; Damjanovic-Behrendt, 2018; Piromalis & Kantaros, 2022), energy (do Amaral et al., 2023; Sleiti et al., 2022; Yu et al., 2022), smart cities (Deng et al., 2021; Främling et al., 2007; Jafari et al., 2023; Petrova-Antonova & Ilieva, 2021), and healthcare (Erol et al., 2020; Hassani et al., 2022; Machado & Berssaneti, 2023; Sun et al., 2023).

DT technology creates a digital copy of a physical asset and allows for controlling and monitoring this asset. It provides real-time synchronization between physical and virtual environments and is used in various sectors such as architecture, automotive, aviation, energy, and health. It has become a part of digital transformation, especially with Industry 4.0, and offers functions such as data management, modeling, simulation, and forecasting. Although its integration is complex, the usage areas of DT technology are expanding rapidly.

## **2. DIGITAL TWIN ON ARCHITECTURE STUDIES**

The use of Digital Twin (DT) in the architecture, engineering, and construction sectors seems to be primarily limited to studies focusing on Facility Management (FM), especially during the life cycle of the project, from the design phase to the operation and maintenance phase. FM is a process involving the maintenance, management, and ensuring overall functional quality in the operation of buildings and infrastructures. It ensures the smooth operation of physical assets such as heating, cooling, ventilation, air conditioning systems, electrical wiring, and security systems in a building.

At this stage, DT technology makes it possible to provide indoor comfort with wireless sensor technology, regulate carbon monoxide levels, and improve the productivity of the building by collecting and analysing the data required for energy management (J. Zhao et al., 2022).

'Building Information Modelling' (BIM), as a management process in construction applications, plays an important role in the integration of DT in the formation process of a project. DT applications can be used in conjunction with BIM. However, there are significant differences between BIM and DT. While BIM usually works with static data, DT primarily works with real-time data. BIM is a system for managing information exchange, addition, or subtraction processes between stakeholders involved in design and engineering works. BIM technology can provide three-dimensional visual support for DT. By integrating BIM and wireless sensor networks, DT can serve the construction industry, and the data collected through these networks can be stored in a database or cloud environment, creating a source of information for designers and engineers for future projects. This information source can assist in issues such as energy management, material procurement, and selection. In addition, after assessing the applicability of the designed building model in the physical environment, energy analysis and sustainability are evaluated through the BIM model. DT can subsequently be used to inform the building construction and implementation phase (Lydon et al., 2019).

It can be said that DT represents a technology that follows modelling, simulation, and optimisation methods (Rosen et al., 2015). Traditional simulation methods involve the digital representation of an existing asset. In these methods, there is no continuous data flow between this physical asset and the asset created in the digital environment. DT, however, provides data flow in both directions. Thus, the data that the physical asset directly transfers for simulation can be used to optimise the physical asset (Chaux et al., 2021). While existing Building Information Modelling (BIM) systems generally aim to increase efficiency throughout the building design and construction process, DT aims to increase operational efficiency during the use phase of the building. In addition, DT offers the advantage of predictive maintenance (Khajavi et al., 2019).

DT technology enables the simulation and prediction of production activities by creating a virtual environment that reflects the physical world. This technology helps designers optimise structural designs and enables managers to improve resource integration and management techniques. As a result, DT supports the modernisation of industrial structures and the digitalisation of the construction industry (Nguyen & Adhikari, 2023). However, DT is a complex and lengthy process that requires different technologies and tools to work together. For example, creating a digital twin of a wind turbine involves collecting data from various components of the turbine (gearbox, generator, blades, etc.) and environmental conditions (wind speed, temperature, pressure, etc.). Additionally, DT involves the virtual representation of the physical entity, and many models (geometrical, functional, behavioural, etc.) are created in this process. Various technologies such as sensor technologies, 5G, artificial intelligence, and tools such as SolidWorks and ANSYS are used to collect, transmit, store, and process these models and data. To ensure that all these technologies work together, data and models must be presented in standard formats, protocols, and standards (Qi et al., 2021).

In a study that investigated smart technologies for the prefabrication supply chain (PSC) and classified and explained the Digital Twin objectives as a result of an extensive literature review, seven smart technologies were identified: Radio Frequency Identification (RFID), Blockchain (BC), Laser Technology (LT), Robotic Systems (RS), Global Positioning System (GPS), Artificial Intelligence (AI), and Visualization Technologies (VT). RFID technology is preferred for product identification, real-time status of modules/processes, and movement monitoring. Blockchain provides product process information and compliance checking information. Laser Technology is used for as-built information capture and image information of processes. Robotic Systems contribute to status information of processes and real-time interoperation information. GPS provides real-time location and prefabrication stage information. AI helps with real-time hoisting information, and finally, Visualization Technologies help with real-time information on material used and real-time interaction of processes (Yevu et al., 2023). The Digital Twin objectives created in the study within the scope of Prefabrication Supply Chain (PSC) are given in Fig. 4.

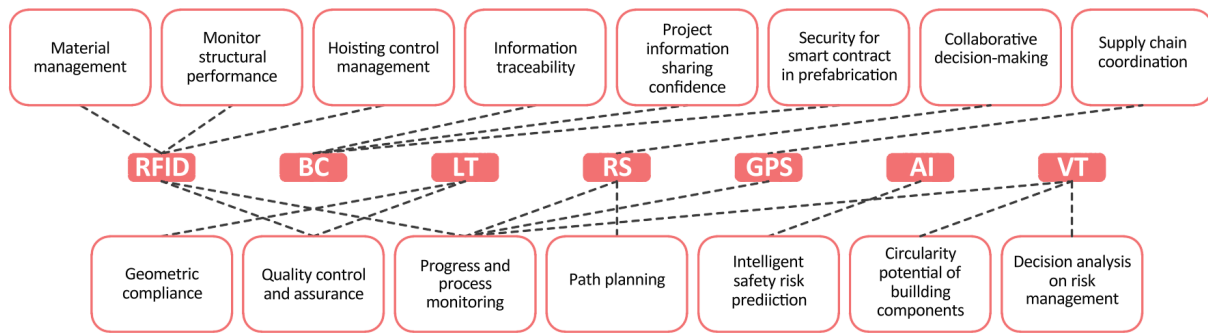


Fig. 4. Digital Twin objectives within the scope of Prefabrication Supply Chain (PSC) (Yevu et al., 2023)

In a comprehensive literature review on the use of Digital Twin (DT) systems in the construction sector, it is observed that the application of DT is primarily concentrated in the fields of manufacturing and smart cities. It was noted that DT is commonly integrated into topics such as prediction, simulation, monitoring, lifecycle management, and sensing, followed by optimization, IoT (Internet of Things), BIM, knowledge bases, and linked data. It was also emphasized that DT has a significant impact on the adoption of artificial intelligence applications, and it was argued that this paradigm should be embraced (Boje et al., 2020).

In a study discussing how the DT model can be applied to steel structure construction and how this technology can enhance decision-making processes, a DT model was proposed by testing examples such as the library project in Xiongan New Area and Nanchong Gaoping Airport. Data such as environmental, personnel, security, and mechanical equipment information were transmitted to the DT data area with the help of sensors. For instance, the crane operation status was monitored using sensors placed on the tower crane, and the transport trajectory of steel structure components was tracked with a logistics platform. Additionally, environmental factors were monitored in real-time using on-site sensors, and these data were used as references for the construction process. Although DT technology has been reported to play a crucial role in the construction process, it has been emphasized that there are still challenges to be addressed in this field (Z. Liu & Lin, 2024).

In the architectural field, DT technology is utilized in various design and repair works. The literature indicates that applying DT technologies during the construction phase is crucial for successful project realization. For example, DT technology can be used to analyze and simulate the structural integrity of historic masonry buildings to make improvements. Moreover, DT is also employed in the production of precast concrete parts, facilitating the development of modular construction activities and innovative solutions (Angjeliu et al., 2020). A study highlighting the similarities between biomimicry in building designs for ecological and sustainable environments and the DT processing system identified three key similarities: similarity, variation, and complexity (S. Liu et al., 2021).

In their study focusing on enhancing building facade segmentation for the Architectural Engineering and Construction (AEC) industry, Maru et al. (2023) emphasized the potential of accurately segmented facades to provide valuable information for maintenance, urban planning, and safety. They developed a method using LiDAR (Light Detection and Ranging) sensors and 3D point clouds to recognize facade building components, utilizing the RandLA-Net deep learning model to process these point cloud data. This method aims to provide real-time information about the physical condition, energy efficiency, and aesthetic value of buildings. The study achieved significant improvements and was experimentally validated (Fig.5).

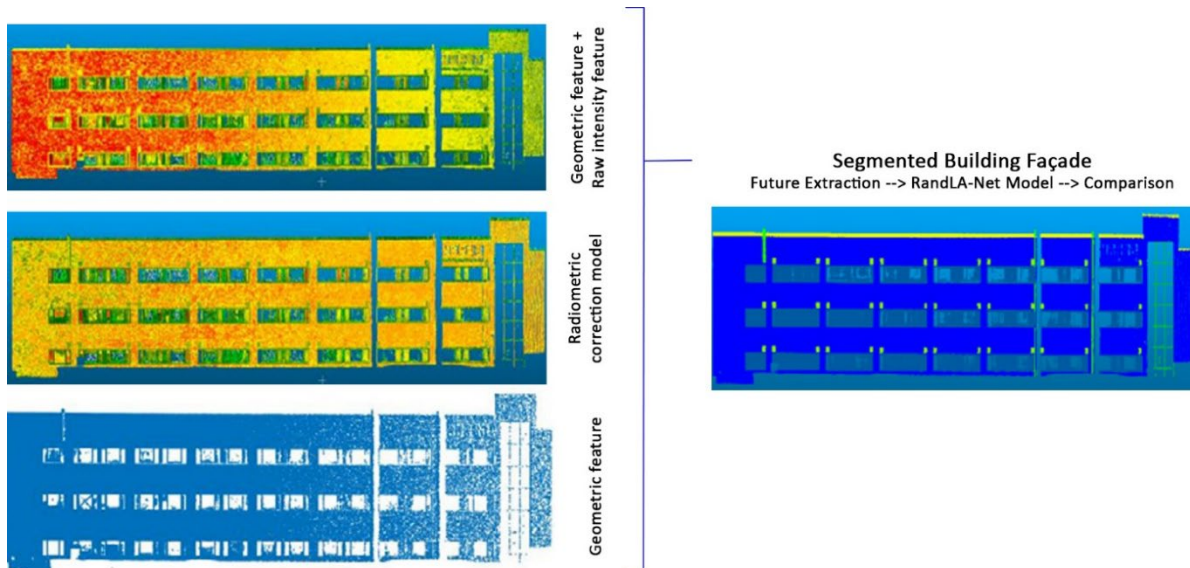


Fig. 5. Segmented building façade obtained with LiDAR, 3D point cloud and RandLA-Net (Maru et al., 2023)

Khajavi et al. (2019) collected data with more than 25,000 sensors placed both internally and externally on the elements of an office building facade during their four-stage experiments and used these data to analyse and create DT. Fig. 6 shows six real-time light sensors placed on a section of the building facade for the digital twin to collect data and the current image generated by the digital twin. The sensors send instantaneous changes to the Digital Twin.

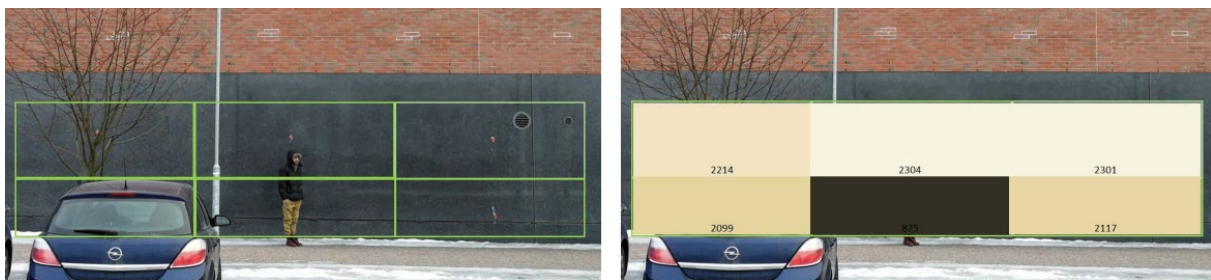


Fig. 6. An image created by shadowing one of the six sensors placed on the façade to test the instantaneous changes made by digital twins (Khajavi et al., 2019)

In a DT study conducted with the aim of automating the geometric evaluation of prefabricated facades in the construction site area, it is seen that the data collected by Light Detection and Ranging (LiDAR) method is used to create digital models of the constructed facades and these models are compared with the models created during the design phase and the errors are traced. It is emphasised that this method can improve the quality control processes in construction and gives faster and more accurate results compared to traditional methods (Fig.7) (Tran et al., 2021).

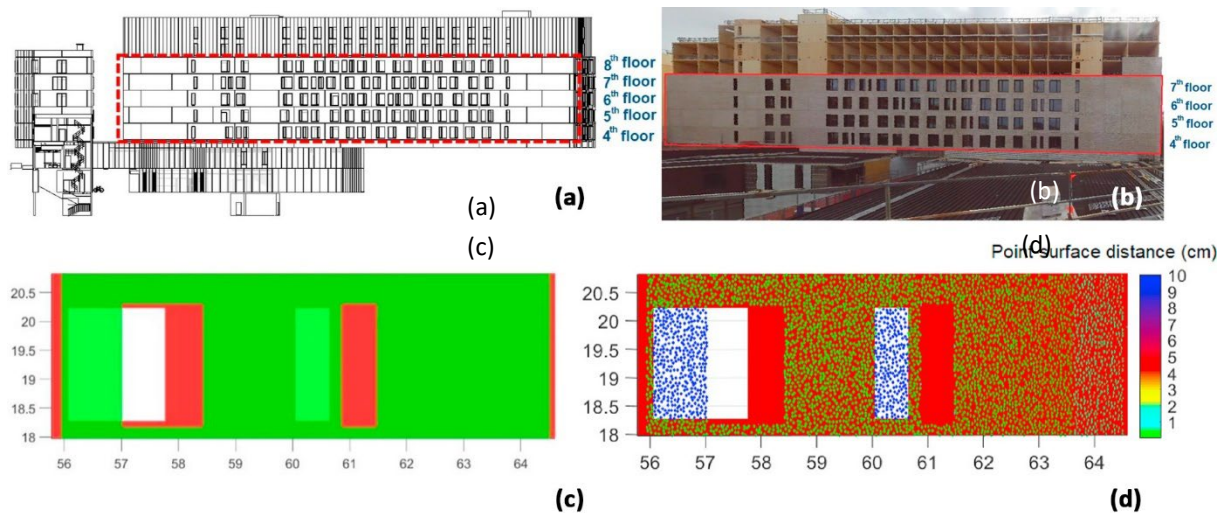


Fig. 7. (a) Building model at design stage, (b) Building at construction stage and façade panels shown in red frame, (c) Model (green) and real (red) building panel overlay, (d) Model building dense points colored according to point-surface distances to the real building surface (Tran et al., 2021)

In another study, the methodological development process for models intended to simulate, analyze, and control historical buildings through the DT concept was discussed. In this methodological development process, the DT model was organized hierarchically to reflect the geometry, materials, and changes in the structure over time. The model allowed for the modeling of detailed parts using automatic reconstruction methods and was made compatible with BIM or CAD models. The model was calibrated with non-destructive and dynamic tests performed on-site, and its accuracy was verified through simulations. As a result of the analyses performed, structural damages were examined, identified, and addressed with direct solutions. The study revealed that there was a correlation between the structural components observed as damaged and the damages obtained through simulation (Fig.8) (Angjeliu et al., 2020).

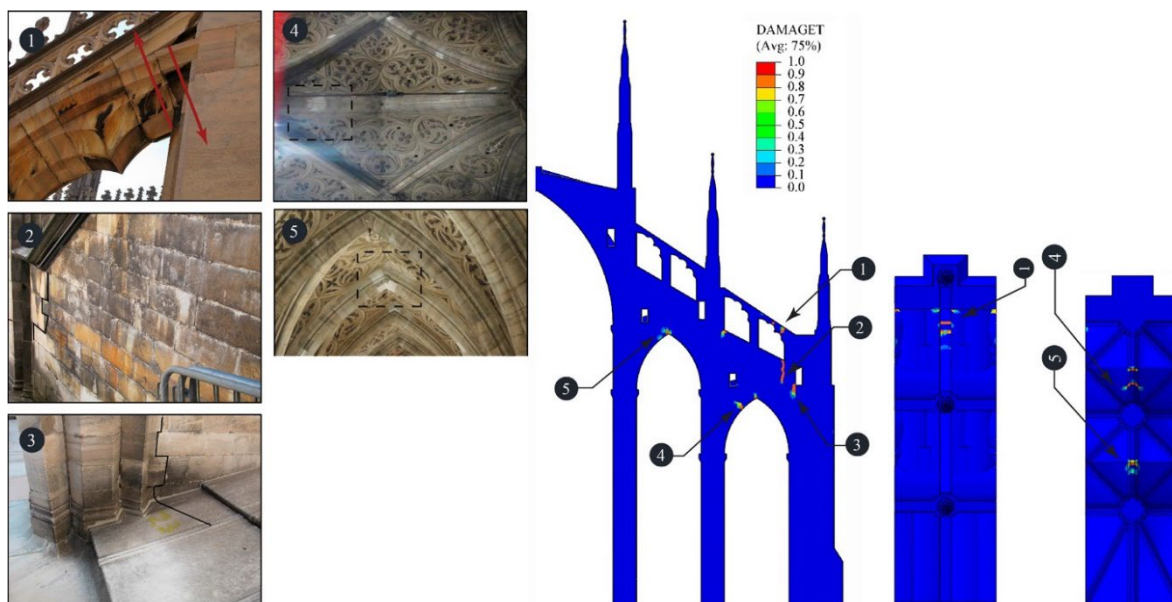


Fig. 8. Relationship between simulated damage and experimentally observed damage in Milan Cathedral (Angjeliu et al., 2020)



In a study proposing an IoT-supported mechanism to control lighting in old buildings, a small-scale test setup was established to measure indoor light variations. Data were collected by detecting both the light coming from the lamp and the window through measurements made via a sensor on the desk in an office room. Then, the data were used with the control mechanism, and the CSPC (Current Standard Power Consumption) was compared with the proposed SSPC (Suggested Standard Power Consumption). It was found that IoT-supported control systems offer advantages in old houses and result in a significant reduction in energy consumption (Motlagh et al., 2018). Figure 9 illustrates the scenario of an advantage achieved by activating the IoT platform in old houses.

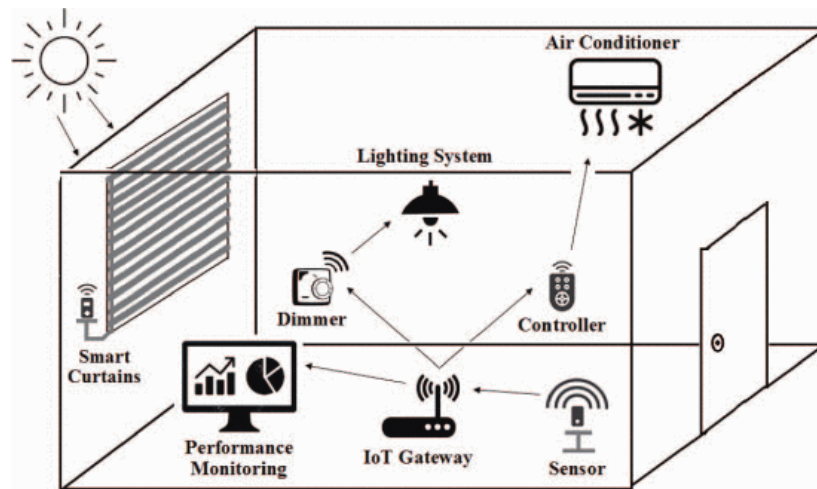
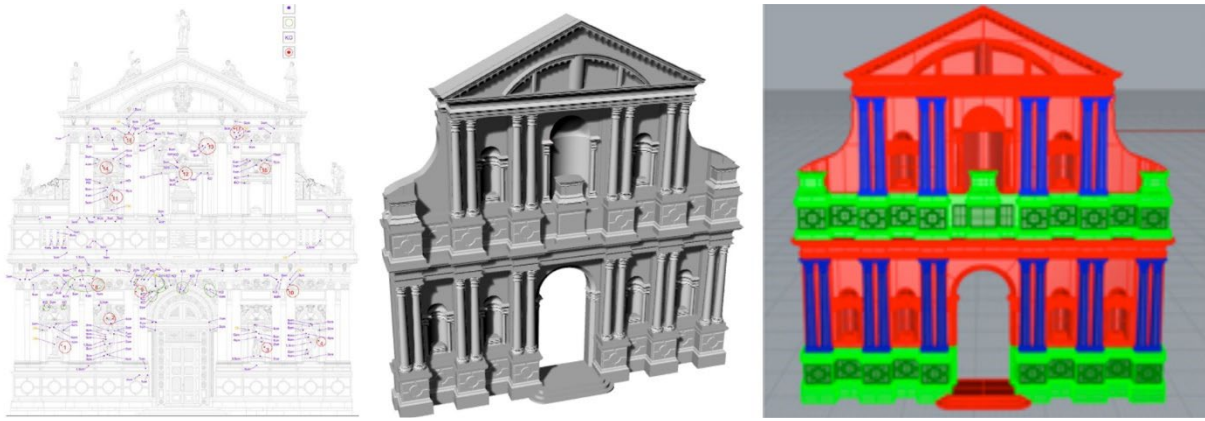


Fig. 9. Smart homes with IoT-enabled control system (Motlagh et al., 2018)

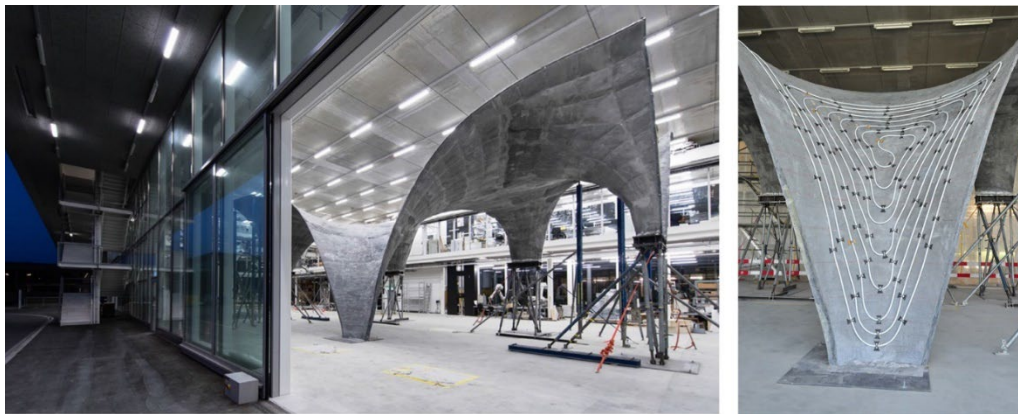
DT can also work quite well with kinetic facades. Salamaga et al. (2023) stated that kinetic facades can be automatically adjusted using temperature, humidity, occupancy, and air quality sensors, as well as developments such as climate-sensitive building cladding and real-time sun tracking devices, and that these kinetic facades can also be analyzed. However, they also emphasized that research on concepts that can be integrated into smart facades, such as IoT and digital twins, is limited.

In a study that focused on DT production through data collection and 3D modeling for the protection of cultural heritage, a continuous information process was provided regarding material deterioration and structural status. This study, carried out for the facade of the Santa Maria di Nazareth church in Enedic, first used a digital camera, laser scanner, and drone to capture data, and the facades were created through digital photogrammetry. The images taken with the laser scanner were then automatically modeled using Agisoft Metashape (2021) software. Structural-consolidation analysis was performed using the FEM 3D mesh model, and restoration and structural reinforcement hypotheses were tested in a digital environment (Fig.10). Such studies are expected to aid in protecting sculptures by providing early detection of cracks or defects that may occur under loads such as wind or earthquakes (Rocca et al., 2023).



*Fig. 10. Map of drill test, Digital Twin of the façade and static and seismic evaluation of 3D Model (Rocca et al., 2023)*

DTs are created with simple geometric models for existing buildings using visual and CAD drawings. One study revealed that a more comprehensive DT should be created by incorporating additional complex components as data; it was observed that DTs created using sensors placed on reinforced concrete bridges provided more accurate results compared to manual methods. In another study, simulation methods were developed for the integration of thermal systems in lightweight roof structures, and it was suggested that creating DTs by using sensor data throughout the roof's life cycle could facilitate planning with high-resolution models (Fig.11) (Lydon et al., 2019).



*Fig. 11. Roof shell prototype and hydronic pipework (photo: Michael Lyrenmann) (Lydon et al., 2019).*

In a study using Digital Twin (DT) technology and prefabricated Building Information Modeling (BIM) to conduct in-depth modeling research on the building construction process, it was observed that damage to building components that may occur throughout the entire system due to structural and material problems, especially in prefabricated structures, can be monitored in real time and predicted accurately. In addition to DT, it was concluded that the development of intelligent industrialization in building construction design and the detailed examination of construction modeling through BIM have practical application value (Zhou et al., 2021).

Liu et al. (2022) aimed to predict accidents that may occur during assembly and to examine the evolution of these risks in the time-space dimension in the model they proposed based on DT for predicting safety risks in the assembly process of prefabricated structures. In the study using the Support Vector Machine (DT-SVM) algorithm developed based on the DT model, an 18-story reinforced concrete prefabricated structure with 37% of its construction completed was selected. Sensors placed on building components can generally detect changes in the mechanical properties and position of components in real time and can be connected to embedded terminals. Embedded terminals have the ability to collect data and transmit data collected by sensors to virtual models and cloud processors in real time. Active RFID tags are used for component identification and recording component information (Fig.12).

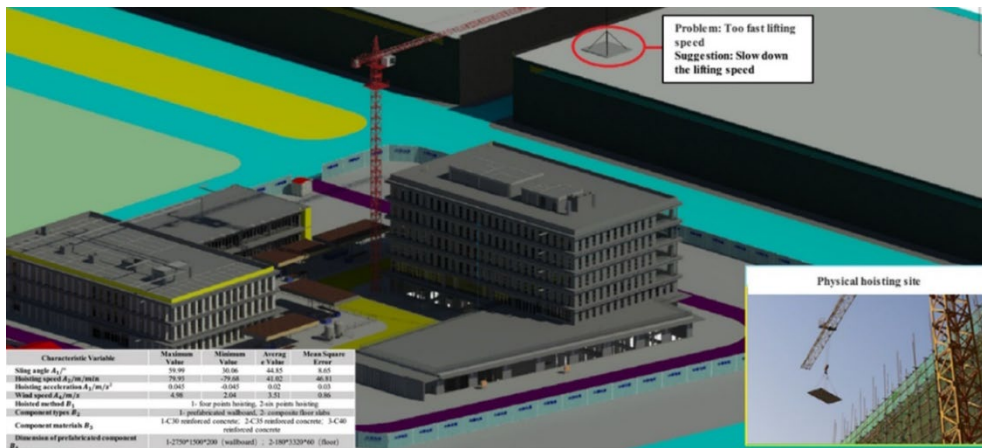


Fig. 12. Safety risk control platform for prefabricated building lifting (Z. S. Liu et al., 2022)

In a study utilizing 3D laser scanning technology to effectively create the Building Energy Model (BEM) of existing buildings and determine the feasibility of retrofit plans, a case study building in eastern China, designed based on the concept of near zero energy buildings (nZEB), was evaluated. It was found that energy costs could be reduced by 14.1% and carbon dioxide emissions by 4306.0 kg CO<sub>2</sub> equivalent per year. Additionally, solar photovoltaic power generation increased by 24.13%. The study was integrated with Revit and DesignBuilder software (Fig.13) (Zhao et al., 2021).

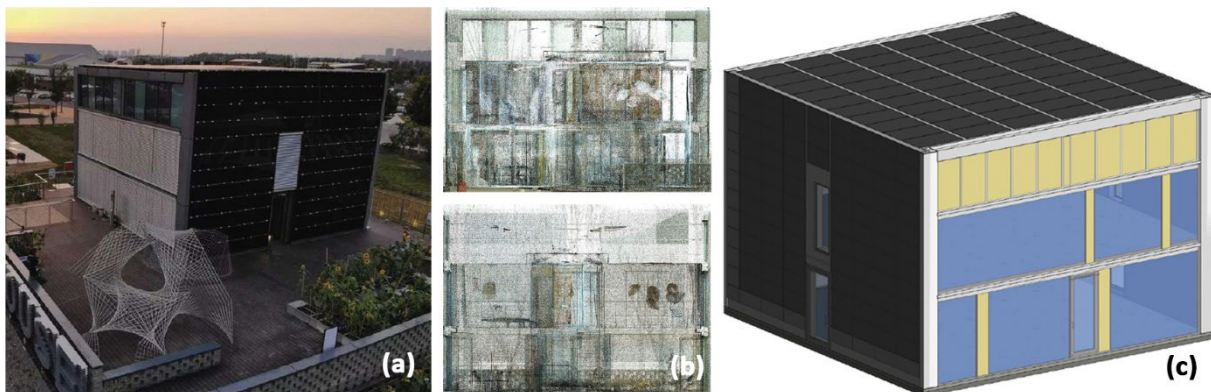


Fig. 13. (a) Case study building, (b) Scan of the north and east facades, (c) Reconstructed 3D model based on laser scan data (L. Zhao et al., 2021).

When the studies conducted in the field of architecture and construction at the building scale are examined, it is observed that DT technology is generally applied to facades, roofs, or structural elements. It is used within existing structures rather than in new buildings, and efforts are made to implement it in historical structures. The technology often prioritizes energy-efficient design and there are studies emphasizing durability (Table 1). Among the software used, programs such as Abaqus, ANSYS, TRNSYS, FEM 3D mesh, Revit, and Design Builder are preferred. Additionally, auxiliary technologies like IoT, light sensors, and laser scanners are frequently employed. DT technology also has the potential to be integrated into increasing robotic production processes and prefabrication.

Table 1. Analyzing the obtained articles under the headings created within the scope of the study

Reference	Design & Manufaction	Durability	Device	Energy Efficiency	Cultural Heritage	Existing Building	New Building	Building Element			Software	Other Technology
								Façade	Roof	Structure		
(Maru et al., 2023)				**		**		**				LiDAR, RandLA-Net
(Khajavi et al., 2019)				**		**		**				Light sensor
(Tran et al., 2021)	**						**	**				LiDAR
(Motlagh et al., 2018)			**	**		**						IoT, Light sensor
(Rocca et al., 2023)		**			**	**		**			FEM 3D model, Agisoft Metashape	Laser scanner
(Angjeliu et al., 2020)		**			**	**				**	Abaqus	Structural Health Monitoring (SHM)
(Lydon et al., 2019)	**	**		**			**		**		ANSYS Fluent, TRNSYS, CONTAM, MATLAB	Robotics Fabrication
(Z. S. Liu et al., 2022)	**						**			**	3D BIM	IoT, LoRa, DT-SVM Algorithm, RFID
(L. Zhao et al., 2021)				**		**		**	**		Design Builder, Revit	Laser scanner, PV panels

### 3. CHALLENGES OF DIGITAL TWIN IN ARCHITECTURE

Although DT technology has led to significant developments in other sectors, its adoption in the construction sector is still quite low. One reason for this is the complexity involved in creating DT and the technical processes it requires. Another reason is the difficulties encountered during the implementation of DT, such as security protocols, data encryption, and user access management.

In addition, the inadequacy of technological infrastructure in the construction sector is also an important factor. The need for DT to collect, store, and use a significant amount of data increases data security risks. Workers' fear of job loss in the construction sector further reduces interest in DT; the challenge of coordinating different stakeholders also complicates its implementation. The fact that design and implementation in architecture are unique to each project and operate under varied standards, unlike other sectors, can negatively affect the use of DT. Additionally, since DT planning and simulation work are generally not included in budgets and project fees, extra costs arise in using this technology (Madubuike et al., 2022).

Although DT technology represents the data flow between the physical and virtual environments, it is actually more flexible and versatile in nature. Creating a standard architecture is difficult and requires adjustments. It does not always have to be a virtual copy of a physical object; there may be DTs that do not align with the traditional method of modeling physical objects (Mihai et al., 2022). In this context, a study conducted within the scope of the manufacturing industry divided three DTs into DT for product, DT for process, and DT for operational purposes. These three Digital Twins were created with different architectures (Bao et al., 2019). Another study summarized the manufacturing Digital Twin as the synchronization between 3D modeling and mechanical modeling (Qin et al., 2021).

The connection of different areas can cause complexity due to the abundance of information. Therefore, the information flow must be designed efficiently, and the amount of information must be organized according to different domains. Such an arrangement facilitates access to information and prevents its misuse. It is important to establish cross-functional teams to analyze important simulation results and implement secure changes (Wagner et al., 2019).

Qi et al. (2021) emphasized that integrating Digital Twin into existing tools is difficult due to the diversity of formats, protocols, and standards. Universal design tools need to be developed for DT. These tools should be suitable for industrial applications and have high reliability. Although Digital Twin is closely related to certain objects, these objects may differ from each other in terms of model size, operational rules, or data management. Accordingly, in the selection of tools, participants in academia and industry should evaluate them according to specific applications and objects.

Since DT technology works in integrated with components that provide data flow such as sensors and must communicate with both virtual and physical environments, problems or obstacles may arise as a result. According to a study conducted by Khajavi et al. (2019), the technical obstacles that were stated are as follows:

Bluetooth interference due to Bluetooth and Wi-Fi conflict,

Decrease in Bluetooth signal strength due to various reasons,

An increasing number of sensors causing data traffic,








Rapid decrease in sensor battery life and high costs,

Long data intervals affected by rapidly changing environmental factors,

Excessive data collected during short collection intervals makes analysis difficult.

Mihai et al. (2022) identified seven topics in their study addressing various challenges and future research directions related to DT technology. These topics are classified as follows: investment costs, social and ethical challenges, accuracy and synchronization rate, standardization efforts, data ownership and management, data security, and finally artificial general intelligence and performance beyond human capabilities (Table 2).

Table 2. Digital Twin challenges and future research (Mihai et al., 2022)

Digital Twin Challenges	
 <p><b>Investment Costs</b></p>	<p>The Digital Twin has a multi-disciplinary structure, and since it is specialized according to the area of use, cost calculation becomes difficult. For this reason, companies are reluctant to invest, as they cannot predict the return on investment from the Digital Twin. It is very rare for the Digital Twin to bring direct profit. Therefore, entrepreneurs should develop long-term and detailed investment plans for the Digital Twin.</p>
 <p><b>Social and Ethical Challenges</b></p>	<p>Although the first areas where Digital Twin technology was used were engineering and physics-based science fields, there is now an increasing tendency towards socio-technical systems that include human-machine interaction. These new approaches, which require interdisciplinary collaboration, also bring difficulties. Regarding ethics, concerns about artificial intelligence and machine learning persist. Concerns about issues such as data quality and privacy are especially significant.</p>
 <p><b>Fidelity and Rate of Synchronization</b></p>	<p>The virtual twin of the DT does not have to fully reflect the physical entity. It also does not have to collect all data in real time. The requirements for the DT will vary depending on the area of use; in some cases, a lower synchronization rate or level of detail may be sufficient.</p>
 <p><b>Standardisation Efforts</b></p>	<p>The lack of standardization is a major factor in the slow adoption of Digital Twins. Organizations such as the National Institute of Standards and Technology (NIST) and the International Organization for Standardization (ISO) are actively working on addressing this issue. In addition, defining Application Programming Interfaces (APIs) is crucial for ensuring interoperability between different Digital Twins.</p>
 <p><b>Data Ownership and Governance</b></p>	<p>Ownership and management of Digital Twin data is seen as a significant problem. The existence of a Digital Twin ecosystem with multiple heterogeneous data sources creates the need for a standardized data exchange framework. Concepts such as Industrial Data Domain (IDS) are proposed to solve this problem.</p>
 <p><b>Data Security</b></p>	<p>The security of the Digital Twin is important in order to protect both the Digital Twin itself and its physical twin. Security measures such as data encryption, access privileges and routine checks should be taken to maintain data integrity. Blockchain is among the technologies that can be used to ensure data privacy.</p>
 <p><b>Artificial General Intelligence, Beyond Human Performance</b></p>	<p>The relationship between Digital Twin and artificial intelligence overlaps especially with general artificial intelligence (AGI). However, DT is more difficult than AGI because it requires an intelligence specialized in different tasks in a wide range of industries. In order for DT to be successful, separate performance metrics and standardized benchmarks should be developed for each sector and application.</p>

As a result, it is apparent that the adoption of DT technology in the construction sector is low due to various reasons, such as complexity, security concerns, lack of technological infrastructure, and workers' fear of losing their jobs. DT technology has a flexible and versatile nature and facilitates the flow of data between physical and virtual environments. However, the integration of different technologies can lead to increased complexity. For a properly functioning system, the flow of information must be managed efficiently. The application of DT in the construction sector also faces challenges such as high costs and technical barriers. In addition, there is a need for universal design tools and industrial compatibility.

#### **4. CONCLUSION**

Digital Twin (DT) technology enables the control and monitoring of a physical entity by creating a digital copy of it. This technology, which provides real-time synchronization between physical and virtual environments, can be used in many sectors such as architecture, automotive, aviation, energy, and health. The concept of DT, which began with NASA's Apollo program, has become a crucial component of digital transformation with Industry 4.0. DT collects physical data and provides feedback after processing it in a virtual environment. Although its technological integration is complex, the expanding range of DT applications is noteworthy.

DT technology is utilized in the architecture, engineering, and construction sectors, particularly for facilities management and at various stages of the project lifecycle. It facilitates the management and maintenance of buildings and infrastructures by enabling real-time analysis through data collected from wireless sensors, optimizing energy management and indoor comfort. While DT can often be integrated with Building Information Modeling (BIM), there are distinctions between the two; BIM works with static data, whereas DT utilizes real-time data. DT is employed for structural simulations, optimization, and operational efficiency, and unlike traditional simulation methods, it continuously exchanges data with physical entities. In architecture, DT technology is applied notably in areas such as historical buildings, prefabricated concrete components, and energy efficiency. It can also be integrated with advanced technologies such as IoT, artificial intelligence, and 5G.

Effectively used for building facade segmentation, cultural heritage preservation, and improving the energy efficiency of old buildings, DT collects and analyzes data through various sensors and technologies, offering solutions to enhance building performance. The technology is also used to predict safety risks and detect structural damage in prefabricated buildings. DT is seen to play a significant role in applications such as energy-efficient design, durability, and prefabrication processes within architecture and construction. Despite significant successes in other sectors, the adoption of DT in the construction industry remains low. This is due to factors such as the complexity and technical processes involved, data security risks, concerns about job displacement, and the difficulty of establishing standards due to the uniqueness of each project. Additionally, the high costs of DT and inadequate technological infrastructure hinder its widespread use in the sector. DT also presents risks related to data security, data ownership, and social-ethical challenges. Adapting it to various disciplines and sectors can be challenging. To enable widespread adoption, there is a need for long-term investment plans, sector-specific standards, and robust data security measures. Technical challenges such as limitations in sensors and communication technologies, data traffic, and analysis must also be addressed.

For DT to be successful, long-term investment plans, sector-specific standards, and data security measures are essential.

## REFERENCES

- Aheleroff, S., Xu, X., Zhong, R. Y., & Lu, Y. (2021). Digital Twin as a Service (DTaaS) in Industry 4.0: An Architecture Reference Model. *Advanced Engineering Informatics*, 47, 101225. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101225>
- Angjeliu, G., Coronelli, D., & Cardani, G. (2020). Development of the simulation model for Digital Twin applications in historical masonry buildings: The integration between numerical and experimental reality. *Computers & Structures*, 238, 106282. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2020.106282>
- Bao, J., Guo, D., Li, J., & Zhang, J. (2019). The modelling and operations for the digital twin in the context of manufacturing. *Enterprise Information Systems*, 13 (4), 534–556. <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1526324>
- Biesinger, F., Kras, B., & Weyrich, M. (2019). A Survey on the Necessity for a Digital Twin of Production in the Automotive Industry. *2019 23rd International Conference on Mechatronics Technology (ICMT)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICMECT.2019.8932144>
- Biesinger, F., Meike, D., Kraß, B., & Weyrich, M. (2019). A digital twin for production planning based on cyber-physical systems: A Case Study for a Cyber-Physical System-Based Creation of a Digital Twin. *Procedia CIRP*, 79, 355–360. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.087>
- Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezugui, Y. (2020). Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. *Automation in Construction*, 114, 103179. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179>
- Boschert, S., & Rosen, R. (2016). Digital Twin—The Simulation Aspect. In *Mechatronic Futures* (pp. 59–74). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32156-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32156-1_5)
- Chaudhary, G., Khari, M., & Elhoseny, M. (2021). *Digital Twin Technology*. CRC Press.
- Chaux, J. D., Sanchez-Londono, D., & Barbieri, G. (2021). A Digital Twin Architecture to Optimize Productivity within Controlled Environment Agriculture. *Applied Sciences*, 11(19), 8875. <https://doi.org/10.3390/app11198875>
- Conde, J., Munoz-Arcentales, A., Alonso, A., Lopez-Pernas, S., & Salvachua, J. (2022). Modeling Digital Twin Data and Architecture: A Building Guide With FIWARE as Enabling Technology. *IEEE Internet Computing*, 26(3), 7–14. <https://doi.org/10.1109/MIC.2021.3056923>
- Damjanovic-Behrendt, V. (2018). A Digital Twin-based Privacy Enhancement Mechanism for the Automotive Industry. *2018 International Conference on Intelligent Systems (IS)*, 272–279. <https://doi.org/10.1109/IS.2018.8710526>
- Deng, T., Zhang, K., & Shen, Z.-J. (Max). (2021). A systematic review of a digital twin city: A new pattern of urban governance toward smart cities. *Journal of Management Science and Engineering*, 6(2), 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.03.003>
- do Amaral, J. V. S., dos Santos, C. H., Montevechi, J. A. B., & de Queiroz, A. R. (2023). Energy Digital Twin applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 188, 113891. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113891>
- Erol, T., Mendi, A. F., & Dogan, D. (2020). The Digital Twin Revolution in Healthcare. *2020 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ISMSIT50672.2020.9255249>
- Främling, K., Ala-Risku, T., Kärkkäinen, M., & Holmström, J. (2007). Design patterns for managing product life cycle information. *Communications of the ACM*, 50(6), 75–79.
- Ghanem, R., Soize, C., Mehrez, L., & Aitharaju, V. (2022). Probabilistic learning and updating of a digital twin for composite material systems. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 123(13), 3004–3020. <https://doi.org/10.1002/nme.6430>



- Glatt, M., Sinnwell, C., Yi, L., Donohoe, S., Ravani, B., & Aurich, J. C. (2021). Modeling and implementation of a digital twin of material flows based on physics simulation. *Journal of Manufacturing Systems*, *58*, 231–245. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.04.015>
- Grieves, M. (2014). Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. *White Paper*, *1*, 1–7.
- Hassani, H., Huang, X., & MacFeely, S. (2022). Impactful Digital Twin in the Healthcare Revolution. *Big Data and Cognitive Computing*, *6*(3), 83. <https://doi.org/10.3390/bdcc6030083>
- Jafari, M., Kavousi-Fard, A., Chen, T., & Karimi, M. (2023). A Review on Digital Twin Technology in Smart Grid, Transportation System and Smart City: Challenges and Future. *IEEE Access*, *11*, 17471–17484. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3241588>
- Jiang, F., Ma, L., Broyd, T., & Chen, K. (2021). Digital twin and its implementations in the civil engineering sector. *Automation in Construction*, *130*, 103838. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103838>
- Kalidindi, S. R., Buzzy, M., Boyce, B. L., & Dingreville, R. (2022). Digital Twins for Materials. *Frontiers in Materials*, *9*. <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.818535>
- Khajavi, S. H., Motlagh, N. H., Jaribion, A., Werner, L. C., & Holmstrom, J. (2019). Digital Twin: Vision, Benefits, Boundaries, and Creation for Buildings. *IEEE Access*, *7*, 147406–147419. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946515>
- Li, L., Aslam, S., Wileman, A., & Perinpanayagam, S. (2022). Digital Twin in Aerospace Industry: A Gentle Introduction. *IEEE Access*, *10*, 9543–9562. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3136458>
- Liu, S., Bao, J., Lu, Y., Li, J., Lu, S., & Sun, X. (2021). Digital twin modeling method based on biomimicry for machining aerospace components. *Journal of Manufacturing Systems*, *58*, 180–195. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.04.014>
- Liu, Z., & Lin, S. (2024). Digital Twin Model and Its Establishment Method for Steel Structure Construction Processes. *Buildings*, *14*(4), 1043.
- Liu, Z. S., Meng, X. T., Xing, Z. Z., Cao, C. F., Jiao, Y. Y., & Li, A. X. (2022). Digital Twin-Based Intelligent Safety Risks Prediction of Prefabricated Construction Hoisting. *Sustainability*, *14* (9), 5179. <https://doi.org/10.3390/su14095179>
- Lydon, G. P., Caranovic, S., Hischer, I., & Schlueter, A. (2019). Coupled simulation of thermally active building systems to support a digital twin. *Energy and Buildings*, *202*, 109298. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.07.015>
- Machado, T. M., & Berssaneti, F. T. (2023). Literature review of digital twin in healthcare. *Heliyon*, *9*(9), e19390. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19390>
- Madubuike, O. C., Anumba, C. J., & Khallaf, R. (2022). A review of digital twin applications in construction. *Journal of Information Technology in Construction*, *27*, 145–172. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.008>
- Maru, M. B., Wang, Y., Kim, H., Yoon, H., & Park, S. (2023). Improved building facade segmentation through digital twin-enabled RandLA-Net with empirical intensity correction model. *Journal of Building Engineering*, *78*, 107520. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107520>
- Mihai, S., Yaqoob, M., Hung, D. V., Davis, W., Towakel, P., Raza, M., Karamanoglu, M., Barn, B., Shetve, D., Prasad, R. V., Venkataraman, H., Trestian, R., & Nguyen, H. X. (2022). Digital Twins: A Survey on Enabling Technologies, Challenges, Trends and Future Prospects. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, *24*(4), 2255–2291. <https://doi.org/10.1109/COMST.2022.3208773>
- Motlagh, N. H., Khajavi, S. H., Jaribion, A., & Holmstrom, J. (2018). An IoT-based automation system for older homes: a use case for lighting system. *2018 IEEE 11th Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/SOCA.2018.8645771>

- Nguyen, T. D., & Adhikari, S. (2023). The Role of BIM in Integrating Digital Twin in Building Construction: A Literature Review. *Sustainability*, *15*(13), 10462. <https://doi.org/10.3390/su151310462>
- Opoku, D.-G. J., Perera, S., Osei-Kyei, R., & Rashidi, M. (2021). Digital twin application in the construction industry: A literature review. *Journal of Building Engineering*, *40*, 102726. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102726>
- Petrova-Antonova, D., & Ilieva, S. (2021). *Digital Twin Modeling of Smart Cities* (pp. 384–390). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-55307-4\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-030-55307-4_58)
- Phanden, R. K., Sharma, P., & Dubey, A. (2021). A review on simulation in digital twin for aerospace, manufacturing and robotics. *Materials Today: Proceedings*, *38*, 174–178. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.446>
- Piromalis, D., & Kantaros, A. (2022). Digital Twins in the Automotive Industry: The Road toward Physical-Digital Convergence. *Applied System Innovation*, *5*(4), 65. <https://doi.org/10.3390/asi5040065>
- Qi, Q., Tao, F., Hu, T., Anwer, N., Liu, A., Wei, Y., Wang, L., & Nee, A. Y. C. (2021). Enabling technologies and tools for digital twin. *Journal of Manufacturing Systems*, *58*, 3–21. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.10.001>
- Qian, C., Liu, X., Ripley, C., Qian, M., Liang, F., & Yu, W. (2022). Digital Twin—Cyber Replica of Physical Things: Architecture, Applications and Future Research Directions. *Future Internet*, *14* (2), 64. <https://doi.org/10.3390/fi14020064>
- Qin, H., Wang, H., Zhang, Y., & Lin, L. (2021). Constructing Digital Twin for Smart Manufacturing. *2021 IEEE 24th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, 638–642. <https://doi.org/10.1109/CSCWD49262.2021.9437791>
- Redelinghuys, A. J. H., Basson, A. H., & Kruger, K. (2019). A six-layer digital twin architecture for a manufacturing cell. In T. Borangiu, D. Trentesaux, A. Thomas, & S. Cavalieri (Eds.), *Service orientation in holonic and multi-agent manufacturing. SOHOMA 2018 studies in computational intelligence* (Vol. 803, pp. 413–423). Springer.
- Redelinghuys, A. J. H., Basson, A. H., & Kruger, K. (2020). A six-layer architecture for the digital twin: a manufacturing case study implementation. *Journal of Intelligent Manufacturing*, *31* (6), 1383–1402. <https://doi.org/10.1007/s10845-019-01516-6>
- Regis, A., Arroyave-Tobon, S., Linares, J.-M., & Mermoz, E. (2023). Physic-based vs data-based digital twins for bush bearing wear diagnostic. *Wear*, *526–527*, 204888. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2023.204888>
- Ritto, T. G., & Rochinha, F. A. (2021). Digital twin, physics-based model, and machine learning applied to damage detection in structures. *Mechanical Systems and Signal Processing*, *155*, 107614. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.107614>
- Rocca, I., Forti, I., D'Acunto, G., & Saetta, A. (2023). Survey, Diagnostics, Monitoring Methodology And Digital Twin For The Conservation Of The Facade Of The Church Of Santa Maria Di Nazareth In Venice. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-M-2-2023*, 1331–1336. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1331-2023>
- Rosen, R., von Wichert, G., Lo, G., & Bettenhausen, K. D. (2015). About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, *48* (3), 567–572. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.141>
- Salamaga, D., Guerra-Zubiaga, D. A., & Voicu, R. C. (2023, October 29). Intelligent Facade Innovation (IFI): Using IIoT, Digital Twin, and Next-Gen Architecture Designs. *Volume 3: Advanced Manufacturing*. <https://doi.org/10.1115/IMECE2023-113117>
- Sleiti, A. K., Kapat, J. S., & Vesely, L. (2022). Digital twin in energy industry: Proposed robust digital twin for power plant and other complex capital-intensive large engineering systems. *Energy Reports*, *8*, 3704–3726. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.305>
- Sun, T., He, X., & Li, Z. (2023). Digital twin in healthcare: Recent updates and challenges. *DIGITAL HEALTH*, *9*, 205520762211496. <https://doi.org/10.1177/20552076221149651>

- Tran, H., Nguyen, T. N., Christopher, P., Bui, D.-K., Khoshelham, K., & Ngo, T. D. (2021). A digital twin approach for geometric quality assessment of as-built prefabricated façades. *Journal of Building Engineering*, 41, 102377. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102377>
- Wagner, R., Schleich, B., Haefner, B., Kuhnle, A., Wartzack, S., & Lanza, G. (2019). Challenges and Potentials of Digital Twins and Industry 4.0 in Product Design and Production for High Performance Products. *Procedia CIRP*, 84, 88–93. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.219>
- Wang, B., Zhang, G., Wang, H., Xuan, J., & Jiao, K. (2020). Multi-physics-resolved digital twin of proton exchange membrane fuel cells with a data-driven surrogate model. *Energy and AI*, 1, 100004. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2020.100004>
- Wang, Z., Gupta, R., Han, K., Wang, H., Ganlath, A., Ammar, N., & Tiwari, P. (2022). Mobility Digital Twin: Concept, Architecture, Case Study, and Future Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 9 (18), 17452–17467. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3156028>
- Xiong, M., & Wang, H. (2022). Digital twin applications in aviation industry: A review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121(9–10), 5677–5692. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09717-9>
- Yevu, S. K., Owusu, E. K., Chan, A. P. C., Sepasgozar, S. M. E., & Kamat, V. R. (2023). Digital twin-enabled prefabrication supply chain for smart construction and carbon emissions evaluation in building projects. *Journal of Building Engineering*, 78, 107598. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107598>
- Yu, W., Patros, P., Young, B., Klinac, E., & Walmsley, T. G. (2022). Energy digital twin technology for industrial energy management: Classification, challenges and future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161, 112407. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112407>
- Zhang, H., Zhou, Y., Zhu, H., Sumarac, D., & Cao, M. (2021). Digital Twin-Driven Intelligent Construction: Features and Trends. *Structural Durability & Health Monitoring*, 15(3), 183–206. <https://doi.org/10.32604/sdhm.2021.018247>
- Zhao, J., Feng, H., Chen, Q., & Garcia de Soto, B. (2022). Developing a conceptual framework for the application of digital twin technologies to revamp building operation and maintenance processes. *Journal of Building Engineering*, 49, 104028. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104028>
- Zhao, L., Zhang, H., Wang, Q., & Wang, H. (2021). Digital-Twin-Based Evaluation of Nearly Zero-Energy Building for Existing Buildings Based on Scan-to-BIM. *Advances in Civil Engineering*, 2021 (1). <https://doi.org/10.1155/2021/6638897>
- Zhou, Y., Wei, X., & Peng, Y. (2021). The Modelling of Digital Twins Technology in the Construction Process of Prefabricated Buildings. *Advances in Civil Engineering*, 2021(1). <https://doi.org/10.1155/2021/2801557>

# KENTSEL TOPRAK SORUNLARI VE TOPRAK RANTI

**Prof. Dr. Ayten NAMLI**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü  
ORCID 0000-0003-1913-2751

**Prof. Dr. Sema CAMCI ÇETİN**

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Tapu Kadastro Yüksekokulu, Emlak ve Emlak Yönetimi Bölümü  
ORCID 0000-0002-8456-895X

**Dr. Öğr. Üyesi Muhittin Onur AKÇA**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü  
ORCID 0000-0003-4540-9371

## ÖZET

Kentsel topraklar, insan faaliyetlerinden yoğun şekilde etkilenen ve çoğunlukla kentsel alanlarda bulunan topraklardır. Kentsel toprak, kentsel faaliyetlerle ilişkili karıştırma, sıkıştırma, toz haline getirme, doldurma, kazıma ve/veya doğal toprağinkinden daha yüksek seviyelerde sentetik kirleticilerin veya toksik maddelerin eklenmesi eylemlerinden biri veya daha fazlasına maruz kalmış, en az 50 santimetre kalınlığında bir veya daha fazla horizon veya katmana sahiptir. Kentsel topraklar, kentsel ekosistemler içinde çoklu ve bazen çelişkili roller oynar. Çoğu kentsel toprağın tipik olarak sahip olduğu yüksek bozulma seviyelerine rağmen, kırsal benzerleri gibi, bitki, hayvan ve mikrobiyal organizmaları destekleme ve hidrolojik ve biyojeokimyasal döngülere aracılık etme potansiyeline sahiptirler. Arazi kentsel kullanımlara dönüştürülürken, toprak yapısı bozulur ve önemli miktarda toprak karbon (C) stoku kaybolur, hidrolik iletkenlik büyük ölçüde azalır ve toprak sıkışması meydana gelebilir. Yanı sıra, inşaat, ihmal ve/veya kamusal rekreasyon ve toplanma alanlarındaki yüzeylerin aşırı kullanımı nedeniyle bitki örtüsünün kaybı nedeniyle kentsel alanlarda toprak erozyonu ciddi bir sorun oluşturabilir. Ayrıca, kaldırım gibi su sızmasına karşı dayanıklı yüzeyler, su akışlarını ve yüzey akışını yoğunlaştırabilir. Toprak erozyonu, kentsel su yollarında tortu birikmesi yoluyla su kirliliği sorunlarına da yol açabilmektedir. Kentsel toprak kirliliği ise küresel bir sorun olup, Pb, As, Cd, Zn ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar yaygın kentsel toprak kirleticileridir. Kirliliğin yanı sıra, kentsel toprakların önemli bir özelliği de inşaat yoluyla mühürlenmesidir. Günümüzde yapılan kentsel dönüşüm projelerinde asıl önemli olan kavram kentsel rant kavramı olup, kentsel rant olgusu sanayileşmenin sebep olduğu bir sonuçtur. Sanayileşme kentleşmeyi ortaya çıkardığı için konut sorunu nedeniyle artan konut ihtiyacı için arsaya olan talebi artırmış ve kıt olan arsa nedeniyle rant olgusu gündeme gelmiştir. Bu bölümde kentsel toprakların özellikleri, ekosistem hizmetlerinin sağlanmasındaki rolleri ve sorunları hakkında bilinenlere ve toprak rantına yönelik genel bir bakış sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel toprak, ekosistem hizmetleri, rant

## URBAN LAND PROBLEMS AND LAND RENT

### ABSTRACT

Urban soils are soils that are heavily impacted by human activities and are most commonly found in urban areas. Urban soils have one or more horizons or layers, at least 50 centimeters thick, that have been subjected to one or more of the following actions associated with urban activities: mixing, compaction, pulverization, filling, excavation, and/or the addition of synthetic pollutants or toxic substances at levels higher than those of the natural soil. Urban soils play multiple and sometimes contradictory roles within urban ecosystems. Despite the high levels of disturbance typically experienced by most urban soils, they, like their rural counterparts, have the potential to support plant, animal, and microbial organisms and mediate hydrological and biogeochemical cycles.

As land is converted to urban uses, soil structure is degraded and significant amounts of soil carbon (C) stock are lost, hydraulic conductivity is greatly reduced, and soil compaction may occur. In addition, soil erosion can be a serious problem in urban areas due to the loss of vegetation due to construction, neglect, and/or overuse of surfaces

in public recreation and assembly areas. In addition, surfaces resistant to water infiltration, such as pavement, can concentrate water flows and surface runoff. Soil erosion can also lead to water pollution problems through sediment accumulation in urban waterways. Urban soil pollution is a global problem, and Pb, As, Cd, Zn and polycyclic aromatic hydrocarbons are common urban soil pollutants. In addition to pollution, an important feature of urban soils is their sealing through construction. The concept of urban rent is the main concept in urban transformation projects carried out today, and the phenomenon of urban rent is a result of industrialization. Since industrialization has brought about urbanization, the demand for land for the increasing need for housing due to the housing problem has increased, and the phenomenon of rent has come to the fore due to the scarcity of land. In this section, a general overview is provided about the characteristics of urban soils, their roles and problems in providing ecosystem services, and land rent.

**Keywords:** Urban soil, ecosystem services, rent

## 1. KENTSEL TOPRAKLAR

“Kentsel toprak” terimi ilk olarak Zemlyanitskiy (1963) tarafından kentsel alanlardaki aşırı derecede bozulmuş toprakların özelliklerini tanımlamak için kullanılmıştır. Kentsel toprak daha sonra Craul (1992) tarafından “kentsel ve banliyö alanlarında arazi yüzeyinin karıştırılması, doldurulması veya kirletilmesiyle oluşan, 50 cm'den kalın, tarımsal olmayan, insan yapımı bir yüzey tabakasına sahip toprak malzemesi” olarak tanımlanmıştır. Bu tanım, Bockheim (1974) ve Craul ve Klein (1980) tarafından yapılan önceki tanımlardan türetilmiştir ve dolayısıyla bu tanımlara benzerlik göstermektedir. Önceki tanımlamalardan bu yana, Evans vd. (2000) ve daha sonra Capra vd. (2015), tanımı yalnızca yoğun nüfuslu kentsel ve banliyö alanlarıyla sınırlamak yerine, kentsel toprakları insan tarafından değiştirilmiş toprakların daha geniş bir bağlamına yerleştiren “antropojenik toprak” şeklinde tanımlamışlardır (Effland ve Pouyat (1997); Lehmann ve Stahr (2007). Daha yakın bir zamanda ise Morel vd. (2017) kentsel toprakları, atmosferik kirleticilerin birikimi vb kentsel çevresel değişikliklerden nispeten etkilenmemiş ancak değiştirilmiş toprakları da içerecek şekilde daha geniş bir şekilde tanımlamışlardır (Pouyat vd., 2020).

### 1. 1. Kentsel Alanlarda Toprakların Evrimi

Geleneksel toprak biliminden bilindiği üzere, toprak, iklim, bitki örtüsü, topoğrafya ve zamanın etkisi altında ana materyalin evriminin sonucunda oluşmuştur. Toprak oluşumu genellikle aşınma, taşıma ve birikim olmak üzere üç ana süreci içeren yavaş bir süreçtir. İklim koşulları, ana kaya ve topoğrafyadaki farklılıklar, doğal koşullar altında gelişen çok çeşitli toprak tiplerinin oluşmasında etkili olurlar. Toprak oluşumunun üç temel süreci (iklim, ana kaya, topoğrafya) ve toprakların evrimi kentsel topraklar için de geçerlidir. Ancak, kentsel toprak oluşumu, genellikle yeni bir "ana kaya" (örneğin, eski binalardan veya endüstriyel atıklardan kalan döküntüler) oluşturan ve kentsel alanlardaki su dolaşımı ve bileşimi üzerindeki etkisiyle evriminin koşullarını değiştiren "insan faktörü" tarafından güçlü bir şekilde etkilenmektedir.

'İnsan faktörünün' etkisi toprak oluşumu ve evrimi açısından şu şekilde yorumlanabilir:

- (1) Aşınma: orijinal malzemenin, malzeme katmanlarının karıştırılması, sıkıştırılması veya havalandırılmasıyla dönüşümü,
- (2) Taşıma: orijinal toprak profilinin kısmen veya tamamen ortadan kaldırılmasına yol açan toprak katmanlarının kazılması,
- (3) Birikim: çeşitli kaynaklardan gelen ekzojen malzemelerin (toprak malzemeleri, mineraller, teknolojik bileşikler ve inert, organik veya toksik atıklar) eklenmesi.

Traktörler ve buldozerler gibi modern ekipmanların artan kullanımı sonucunda, yukarıda belirtilen süreçlerin kinetiği doğal süreçlere kıyasla çok hızlı gerçekleşmektedir. Yeni binalar için kazı yapmak, peyzaj düzenlemesi için uzak mesafelerden malzeme getirmek, çöpleri, molozları ve üst toprağı tesviye etmek ve araziye yeni bir kullanım için hazırlamak için bertaraf etmek, genellikle orijinal ana materyalin yapısını tamamen değiştirmektedir. Böylesi koşullarda toprak oluşumunun doğal ayrışma mekanizmasının pek fazla rolü olmazken, taşınma ve birikim ön plandadır.

Kentsel topraklar, halihazırda birkaç sınıflandırma sisteminde kullanılan bir terim olan Antropojenik toprakların bir sınıfı olarak tanımlanmaktadır. Kentsel topraklar, çoğunlukla kentsel alanlarda bulunan, insan faaliyetlerinden yoğun şekilde etkilenen topraklardır. Bu topraklar;

- (i) bitişik tarım veya orman alanlarındakilerden farklı malzemelerin karışımından oluşan ve 50 cm'den daha büyük bir yüzey tabakası sunabilen, insan faaliyetleri tarafından malzeme karıştırma, ithal veya ihraç etme ve kirlenme yoluyla büyük ölçüde dönüştürülmüş topraklar,
- (ii) tarımsal topraklara daha yakın olan ancak tarımsal topraklardan farklı bileşim, kullanım ve yönetim sunan park ve bahçelerdeki topraklar ve
- (iii) kentsel alanlardaki çeşitli inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan ve genellikle kapalı olan topraklardır.

Bu tanıma göre, kentsel topraklar esasen kentsel ve banliyö ortamlarında güçlü insan etkisi altında ve insan sağlığı, bitkiler ve toprak organizmaları ve su sızması üzerinde güçlü bir etki gösterebilirler. Şehirlerden uzaktaki taş ocakları, madenler ve maden atıkları ve havaalanları gibi topraklardan farklıdır. Bazı durumlarda ise kentsel topraklar ile tarımsal topraklar arasında net bir sınır belirlemek zor olabilmektedir.

Kentsel alanlardaki topraklar genel olarak insan yapımı malzemelerin karıştığı, geçirimsiz yüzeylerle kapatılmış veya fiziksel bozulmalar ve yönetimle değiştirilmiş toprak tiplerine kadar çeşitli antropojenik etkilere maruz kalmışlardır (Morel vd.; 2017; Pouyat vd., 2010; Scalenghe ve Marsan ,2009). Öte yandan, bir zamanlar bozulmuş ancak artık kamusal veya konut çimleri gibi yönetilen toprakları da (Trammell vd. 2016) içerebilmektedir. Bu nedenle kentsel toprakların koşulları ele alındığında, kapalı yüzey alan miktarı, yönetim faaliyetleri (gübreleme, sulama), kullanım yoğunluğu (çiğneme), bitki örtüsü, kentsel çevresel değişiklikler (hava kirliliği, habitat izolasyonu) ve alan geçmişi gibi özellikler göz önünde bulundurulmalıdır (Pouyat vd. 2017; Burghardt 2017).

Kentlerdeki toprakların kompozisyonu büyük ölçüde geliştirildikleri malzemelerin doğasına bağlıdır. Çoğunlukla kum ve daha iri malzeme (moloz ve çakıl) içeren kaba tekstür, büyük yatay ve dikey heterojenlik oluşturmaktadır. Kentsel toprağın hacim ağırlığı genellikle ana malzemeye bağlı olarak düşük (<0,5) veya çok yüksektir (>1,60). Kentsel toprakların bir diğer temel özelliği, örneğin kaldırım gibi bariyerlerin inşa edilmesi sonucu suyun toprağa sızması önemli ölçüde azalmakta ve suyun akarsulara taşınımı artmaktadır. Bu ise kentsel alanlarda sıklıkla su baskını sorunlarına neden olmaktadır. Toprak profilinde su eksikliğinin bir sonucu olarak genellikle oksitleyici koşullar kentsel topraklarda baskındır. Ancak, toprak sıkışması ve içme veya atık suyun borulardan sızması, redoks ve su akışı koşullarında yerel olarak güçlü değişikliklere neden olabilmektedir.

## 1. 2. Kentsel Alanlarda Toprak Kullanımı

Kentsel topraklar alt yapı ile donatılmış, kent içerisinde bir yere sahip olan ve üzerinde ne tür kullanımların yer alacağını belirlenmiş olduğu imar planlarına sahip olma gibi herhangi bir toprak parçasında bulunmayan farklı niteliklere sahiptirler. Kentsel ve banliyö alanlarında, topraklar çeşitli insan merkezli faaliyetler ve ihtiyaçlar için fiziksel destek olarak kullanılırlar. Bunlar hem toprak yüzeyinde hem de yer altında altyapı (örneğin binalar, yollar, otoparklar, demiryolları, borular, kanalizasyonlar, kanallar) için destek, kablolar (elektrik, telefon, televizyon) ve çeşitli boyut ve bileşimdeki borular (içme suyu, atık su, gaz) için barınak ve bitkiler için zemin (sokaklar boyunca izole ağaçlar, halka açık parklardaki ağaçlar ve halka açık ve özel bahçelerdeki süs ve yenilebilir bitkiler) sağlarlar. Ayrıca tarımsal (bahçecilik, banliyö tarımı, bahçecilik) ve endüstriyel (binalar, madencilik, endüstriyel atık bertarafı) üretim faaliyetleri ve rekreasyon (stadyumlar, oyun alanları) için kullanılırlar. Yüzyıllardır, yerleşim alanlarını çevreleyen bölge toprakları inşaat malzemeleri sağlamak ve evsel atık bertarafı için kullanılmıştır.

Bu tür çeşitli kullanımlar sonucunda kentsel alanlarda çok sayıda toprak türü ortaya çıkmış ve bunlar insan etkisinin yoğunluğu ve süresi bakımından farklılık göstermektedir. Kentsel topraklar üzerindeki insan etkisi hafif (örn. kent ormanları) veya aksine gelişmiş yapı alanlarında (örn. kapalı ve yapay topraklar) maksimum düzeyde olabilir. Bu nedenle, bir şehirdeki topraklar insan dönüşümünün derecesine göre farklılık göstermektedir. Genel olarak, eski şehirler, yıllar içinde biriken kendi atık malzemeleri üzerine inşa edildikleri için en fazla değiştirilmiş toprakları içermektedirler. Örneğin, Paris ve Moskova gibi şehirler, eski insan faaliyetlerinin ve malzemelerinin kalıntılarını tutan birkaç metrelik antropojenik malzemeler üzerine inşa edilmiştir.

Kentsel toprakların bir diğer temel özelliği, zamanla kullanım sıklığının yüksek olmasıdır. Bir örnek, eski endüstriyel alanların (şimdi 'kirli alan' olarak adlandırılır) konut, kamu ve eğlence faaliyetleri de dahil olmak üzere yeni faaliyetlere dönüştürülmesidir. Bu tür yoğun değişiklikler genellikle dramatiktir ve olası toprak kirliliği sonucu sakinler için sorunlara neden olabilmektedir. Şehirlerin çevresinde bulunan çöplükler, bilerek veya bilmeyerek, artan kentsel nüfusun baskısı sonucu sıklıkla konut gelişimine dönüştürülür. Bu, sakinler için doğrudan temas, solunum ve /veya bahçe ürünlerinin tüketimi yoluyla kirlenme risklerinin artmasına neden olabilir.

Kentsel ve banliyö alanlarında arazi yüzeylerinin karıştırılması, doldurulması veya kirlenmesiyle üretilen, 50 cm'den daha kalın, tarımsal olmayan, insan yapımı bir yüzey tabakasına sahip toprak materyali olan kentsel topraklar aşağıdaki özelliklerle karakterize edilirler.

1. Büyük dikey ve mekansal değişkenlik,
2. Değiştirilmiş toprak yapısı = sıkışma (azaltılmış gözenek alanı)
3. Toprak yapısının gelişimi ve yüzey kabuğunun varlığı,
4. Genellikle yüksek toprak reaksiyonu,
5. Sınırlandırılmış havalandırma ve su drenajı (bazı yerlerin anaerobik olma olasılığı daha yüksektir).
6. Kesintiye uğramış besin döngüsü ve değiştirilmiş toprak organizma aktivitesi,
7. Antropojenik malzemelerin ve diğer kirleticilerin varlığı,
8. Değiştirilmiş toprak sıcaklık rejimleri.

İnsan yapımı olan kentsel topraklar zamanla yavaş da olsa olgunlaşarak profil geliştirebilmektedir. Çoğu doğal profildeki özellikler kademeli olarak bir horizonttan diğerine doğru değişirken, kentsel toprak profilleri, toprağın yapısal geçmişine bağlı olarak bir katmandan diğerine ani değişimler göstermektedir. Çünkü kentsel topraklar genellikle arazi şekillendirme süreci sırasında meydana gelen kesme ve doldurma, geri doldurma ve yeniden yüzey oluşturma nedeniyle dikey profilde ve yatay olarak büyük değişkenlik göstermektedir (Blume, 1986; Craul ve Klein, 1980). Üst toprak kazınıp daha sonra geri doldurulursa, özellikle üst toprak başka bir yerden geliyorsa, iki belirgin katman oluşur. Bu ani değişime genellikle litolojik süreksizlik denir.

Sıkışma, kentsel toprakları bozan en büyük sorunlardan bir başkasıdır ve bu durum genellikle önceden planlama ve bakım operasyonlarının dikkatli yönetimi ile önlenemez (Patterson, 1982). Sıkışma yaya ve araç trafiği tarafından toprağa uygulanan kuvvetlerden kaynaklanmaktadır (Hillel, 1980). Genellikle oyun alanlarında ve insanların yoğunlaştığı diğer yerlerde sıkışma en şiddetli boyuttadır. Toprak, titreşimle veya daha önce o tabakanın açığa çıkmış olabileceği yüzeydeki trafikle derinlere doğru sıkıştırılabilir. Çoğu toprakta derin sıkıştırılmış koşulların üstesinden gelmek çok zordur. Sıkıştırma, toprak nemi plastik nem sınırları arasında bir noktada olduğunda en şiddetli olup, bu durum yoğun yağmur yağdığı ve toprak tamamen ıslandığında ancak doymadığında meydana gelmektedir. Toprak daha sonra uzun süre ıslak kalır ve kurursa daha da sertleşir. Sıkıştırma, toplam gözenek alanını ve toprağın ortalama gözenek boyutunu azaltır. Su tutma kapasitesi artabilir, ancak su küçük gözeneklerden daha yavaş hareket edeceğinden suyun topraktaki hareketi azalır. Ayrıca, sıkıştırma sürecinde gözenekler arasındaki bağlantılar tahrip olmuş olabilir ve su akıp gitmek için kıvrımlı bir yol izlemek zorunda kalır (Rose, 1966). Sıkıştırılmış bir toprağın gözenek alanı, gözenek boyutuyla birlikte azalır. Sığ derinliklerdeki oksijen eksikliği, sığ kök bariyerine sahip bir toprakla aynı etkiye sahiptir. Birçok kentsel toprakta bulunan indirgeyici koşul (yüksek pH), azot ve diğer besin maddelerinin bulunabilirliğini önemli ölçüde etkiler ve birçok maddenin toksik formlarının varlığını artırır. Bitki kökleri yalnızca toprak koşullarının hayatta kalmalarına izin verdiği yerlerde büyür (Perry, 1982; Himelick, 1986). Sıkıştırılmış topraklarda genellikle sadece birkaç tane, geniş bir şekilde dağılmış makro gözenek bulunur ve bu da kök büyümesini önemli ölçüde engeller. Taşlı veya çakıllı topraklarda veya büyük boşlukları olmayan büyük oranda sentetik malzeme içeren topraklarda sorun daha akuttur.

Toprak yapısının (strüktür) gelişimi, doğal toprak oluşturma sürecinin son ürünlerinden biridir. Kentsel topraklarda, yapı oluşumunun doğal süreci ve onu korumak için yapılan işlemler eksiktir. Aslında, kentsel durumda mevcut olan koşulların çoğu yapıyı tahrip etme ve toprak yoğunluğunu ve kompaksiyonu artırma eğilimindedir, (Craul ve Klein, 1980). Bitki örtüsü hasara ve örtünün azalmasına maruz kalır, bu da toprağı çıplak ve kabuk oluşumuna, sıkışmaya ve erozyona karşı hassas hale getirir.

Toprak reaksiyonu, diğer adıyla pH, büyük ölçüde besin maddelerinin biçimini ve bulunabilirliğini belirler. Kentsel alanlardaki suyun çoğu asfalt, beton ve duvar vb sentetik malzemeler üzerinden akar ve hareket ettikçe bu yüzeylerdeki maddeleri çözer (Bryan, 1972; Halverson vd., 1982). Bu maddeler toprağa taşınır ve toprak pH'ını yükseltme eğiliminde olan alkalın reaksiyonlar oluşur. Öte yandan inşaat faaliyetleri sonucunda da artan kalsiyuma bağlı olarak kent toprakları genellikle alkalın özelliktedirler.

Kırsal topraklarda besin döngüsü kesintiye uğrayabilir ve toprakta canlılık kaybı yaşanabilir. Organik madde, ağaçlar ve çalılar tarafından yaprak ve dallar şeklinde doğal topraklara periyodik olarak biriktirilir.



Bu organik kalıntılar, toprakta yaşayan çeşitli organizmalar tarafından ayrıştırılır ve içerdikleri besin maddeleri ve enerji, organizmaların kendileri ve ilişkili bitki örtüsü tarafından kullanılmak üzere serbest bırakılır. Kentsel topraklarda bu döngüler çeşitli faktörler tarafından kesintiye uğrarlar. Yaprak döküntüleri genellikle çöp olarak süpürülür veya bitkiler tarafından üretilen düşük miktardaki biyokütle nedeniyle kentsel topraklara çok az çöp düşmektedir. Organik madde eksikliğinin bir sonucu olarak, kentsel topraktaki toprak mikroorganizmalarının çeşitliliği ve aktivitesi optimum seviyelerin altına düşebilmektedir. Öte yandan, bu görüşün aksi yönde kentsel toprakların toprak organizmaları için habibat ortamı olduğunu öne süren araştırma sonuçları da bulunmaktadır. Szlavecz vd., (2018)'e göre; genel olarak bilinenin aksine, kentsel topraklar canlıdır ve zengin bir mikroorganizma ve omurgasız çeşitliliğine ev sahipliği yapabilmektedir. Kentsel toprak toplulukları, kentsel peyzaj dokusu altında hayatta kalan veya gelişen yerli türler ile diğer bölgelerden veya kıtalardan getirilen türlerin benzersiz bir kombinasyonu şeklindedir. Yönetim uygulamaları da kentsel toprak topluluklarının benzersizliğine katkıda bulunmaktadır. Örneğin, sulama, toprak biyotası için ciddi bir alan sınırlaması olan toprak neminin eksikliğini giderebilir ve pestisitler de hedef dışı türleri ortadan kaldıracaktır. Toprak sızdırmazlığı birçok toprak organizmasını sınırlar, ancak bazı taksonomik gruplar (örneğin, solucanlar [*filum Annelida*] ve karıncalar [*familiya Formicidae*]) geçirimsiz yüzeyler veya kaldırım altında yaşayabilmektedirler (Youngsteadt vd., 2015).

Antropojenik malzemelerin varlığı kentsel toprak özellikleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Çoğu kentsel toprak, ahşap, metal, cam, plastik, asfalt ve duvarcılık gibi çeşitli insan yapımı malzemeleri içerir. Malzemelerin toprak ve destekleyebileceği bitki örtüsü üzerinde çeşitli etkileri vardır. Bir yandan kök penetrasyonunu, su hareketini ve gaz difüzyonunu fiziksel olarak engelleyebilirler veya profilden aşırı su drenajına izin veren büyük boşluklar oluşturarak tam tersi etkiye sahip olabilirler. Bazı durumlarda, insan yapımı bu malzemeler ayrışırken bitkiler ve toprak organizmaları için toksik olan ürünler salabilir. Topraklar ağır metaller, çözücü tuzlar, herbisitler, pestisitler ve endüstriyel atıklarla kirlenmişse sorunlar özellikle ciddi hale gelebilir.

### 1. 3. Kentsel Ekosistemlerde Toprağın Rolü

Devam eden insan nüfusundaki büyüme ve kaynak tüketimindeki artış, çoğu topraklar tarafından sağlanan ekosistem hizmetlerine yönelik küresel talebi artırmaktadır. Bu ekosistem hizmetlerinden bazıları geçirgen toprağın yüzey alanıyla doğrusal olarak ilişkiliyken, diğerleri doğrusal olmayan ilişkiler göstermekte ve bu da ekosistem hizmeti optimizasyonunu karmaşık bir görev haline getirmektedir. Sınırlı arazi mevcudiyeti çeşitli arazi kullanım türleri arasında çelişkili talepler yarattığından, temel zorluk bu çelişkili çıkarların nasıl tartışılacağı ve sürdürülebilir toplumsal kalkınma perspektifinden mümkün olan en iyi çözümlere nasıl ulaşılabileceğidir. Bu çelişkili çıkarlar, insanların belirli amaçlar için en çok kullandığı topraklarda en belirgin hale gelmektedir. Bu toprakları yeşil alanlar, konut ve diğer altyapılar için kullanılan kentsel topraklar ve gıda, lif ve biyoyakıt üretmek için kullanılan tarımsal topraklar şeklinde sıralamak mümkündür. Görünüşte farklı arazi kullanımına rağmen, tarımsal ve kentsel toprakların ekosistem hizmetleri arasındaki etkileşimler açısından ortak özelliklere sahip olduğu görülmektedir.

Arazi kullanım türü ve arazi kullanım yoğunluğundaki değişiklikler, toprakla ilgili ekosistem hizmetlerinin sağlanmasını etkileyebilmektedir. Tarım arazilerinin kentsel arazi kullanım türlerine veya potansiyel olarak tam tersine büyük ölçekli dönüşümü önemli bir konudur, ancak her arazi kullanım türü içindeki (mevcut durumda kentsel veya tarımsal arazi kullanımı) belirli yönetim rejimlerinin mekansal dağılımı da ekosistem hizmeti sunumunda önemli rol oynamaktadır.

Kentsel topraklar, kentsel ekosistemler içinde çoklu ve bazen çelişkili roller oynamaktadır (Setälä vd. 2014). Çoğu kentsel toprağın tipik olarak sahip olduğu yüksek bozulma seviyelerine rağmen, kırsal benzerleri gibi, bitki, hayvan ve mikrobiyal organizmaları destekleme ve hidrolojik ve biyojeokimyasal döngülere aracılık etme potansiyeline sahiptirler. (Pouyat vd. 2010). Kentsel toprak işlevleri, yalnızca değiştirilmiş özellikleri nedeniyle değil, aynı zamanda kentsel peyzajdaki konumları nedeniyle de genellikle kırsal benzerlerinden önemli ölçüde farklıdır. Örneğin, bina inşaatı veya yıkımı nedeniyle bozulmuş sıkıştırılmış bir toprağın geçirgenliği, sıkıştırma nedeniyle bozulur ve çoğunlukla kapalı bir ortamda bulunması, toprağın akış yoluyla çok daha yüksek hacimlerde su almasına neden olacaktır. Kentsel toprakların kendilerine özgü başka kritik işlevleri de mevcuttur.

Örneğin, kentsel topraklar binalar ve yollar gibi inşa edilmiş yapılar için istikrarlı bir temel sağlarlar. Ek olarak, kentsel topraklar fiziksel destek ve yeraltı tesisleri için uygun ve erişilebilir bir konum sağlarlar. Yanı sıra, septik sistemlerden veya gıda ve bahçe atığı geri dönüşüm programlarından gelen atıkların işlenmesinde rol oynayabilirler. Tüm topraklar, yüzey sularına taşınırsa çevreye zarar veren yosun patlamalarına neden olabilen fosfor (P) ve azot (N) gibi çeşitli besinleri biriktirme kapasitesine sahiptir. Kentsel topraklar ayrıca kentsel ortamlarla ilişkili önemli düzeyde toksik maddeleri (örn. kurşun, arsenik vb ağır metal ve bir dizi makro ve mikro elementleri) depolarlar (Rossiter, 2007). Bu topraklar, insanlar tarafından daha sonra kentsel tarım veya rekreasyon gibi başka amaçlarla kullanıldığında topraklarla temas etmeleri durumunda halk sağlığını tehlikeye atabilirler.

#### 1. 4. Kentsel Topraklar İçin Ekosistem Hizmetleri Çerçevesi

Geçirimsiz yüzeylerin fazla olduğu kentlerde, doğal döngüler olumsuz şekilde etkilenebilmekte ve insan baskısı altında kent toprakları doğal süreçlerin işleyişini yerine getirmekte zorlanmaktadır. Öte yandan en fazla değişikliğe uğramış tarımsal ve kentsel ekosistemler bile, yaratıldıkları ve yönetildikleri birincil işlevlerin dışında önemli ekosistem hizmetleri sunabilirler. Yapılan çalışmalar kentsel yeşil alanların geçirgen toprakları, uygun şekilde yönetildiğinde hidrolojik döngünün düzenlenmesini destekleyebilir, karbonu hapsedebilir ve kirleticileri tutarak insan sağlığını koruyabilirler (Pouyat vd., 2010; Pataki vd., 2011). Yoğun mahsul üretimi, diğer hizmetler pahasına bir tedarik ekosistem hizmetinin maksimize edilmesini içerir (MEA 2005) ve birçok ekosistem hizmeti arasında var olan takasları ortaya koyar (Foley vd., 2005). Öte yandan hem tarımsal hem de kentsel kullanımlar kültürel ve estetik değerler sunarlar (Mitchell ve Popham, 2007; Turbé vd., 2010). Benzer şekilde, kentsel alanlardaki ağaçların sağladığı ekosistem hizmetleri sıklıkla su kullanım verimliliği gibi konularda tavizler içerebilir (Pataki vd., 2011).

İnsan nüfusunun artması ve değişen yaşam tarzlarının neden olduğu kişi başına düşen kaynak tüketimindeki artış, kentsel ve tarım arazisine olan talebi artırıp kentsel, tarımsal ve doğal ekosistemler arasında çatışmalara yol açabilir. Arazi kullanımındaki çatışmalar genellikle belirli bir sistem içinde çeşitli takaslara yol açar; bunun bilinen bir örneği konut, yollar ve kent parkları arasındaki kentsel arazi için ortaya çıkan rekabettir. "Yerel" çatışmaları çözmek genellikle sorunların ve çatışmaların daha da kötüleşebileceği diğer ekosistemlere aktarılmasıyla sonuçlanır. Örneğin, kentsel yayılmanın gıda üretim alanı pahasına gerçekleştiği bilinmektedir. Bu da kent sakinlerinin bağlı olduğu çeşitli ekosistem hizmetlerini bozacağı anlamına gelmektedir.

Toprakların hem kentsel hem de tarımsal kullanımları, kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinde ve dolayısıyla bu toprakların sağladığı ekosistem hizmetlerinde köklü değişikliklere neden olur. Kentsel topraklar insan faaliyetleri tarafından derinlemesine değiştirilse de asfaltlanmamış veya "mühürlenmemiş" olduklarında bile, bozulmamış ve tarımsal topraklarla aynı ekosistem hizmetlerinin çoğunu sağlayabilmektedir (Effland ve Pouyat, 1997; Pouyat vd., 2010). Örneğin, mühürlenmemiş (geçirgen) kentsel topraklar, toprak organizmaları ve bitkileri için yaşam alanı görevi görür ve kirleticilerin parçalanması, karbon ve mineral besin maddelerinin depolanması ve suyun emilimi, depolanması ve temini yoluyla hidrolojik döngünün düzenlenmesi gibi temel işlevler sağlar (Lehmann ve Stahr 2007; Pouyat ve ark. 2010). Bu hizmetler tarımsal toprakların sağladığı hizmetlerin çoğuna benzer olsa da yönetim faaliyetlerinde farklılık gösteren belirli, yerel arazi kullanımları bu ekosistem hizmetlerini farklı şekilde etkileyebilir ve kentsel toprakların ve ilişkili ekosistem hizmetlerinin heterojenliğine yol açabilir. Örneğin, toplam arazi alanı içindeki biyolojik olarak aktif toprakların oranı genellikle iki arazi kullanım sistemi arasında farklılık gösterebilir. Kentsel toprakların çoğu çok az biyolojik aktiviteye sahip, geçirimsiz görünür ve bu nedenle kentsel sakinler için ekosistem hizmetleri sağlama konusunda kısıtlı bir kabiliyete sahiptir. Ancak, yerel ölçeklerde geçirgen kentsel topraklar genellikle kentleşmeyle ilişkili çeşitli çevresel değişikliklerin bir sonucu olarak biyolojik olarak aktif, oldukça heterojen bir yapı oluşturabilir (Pouyat vd., 2007). Böyle bir toprak mozaığının, yalnızca ince bir mekansal ölçekte gözlemlendiğinde kendini gösteren bir dizi ekosistem hizmeti sağlaması muhtemeldir. Örneğin, bireysel parsel ölçeğinde geçirgen kentsel toprakların (1 m derinlik) 14 kg C m<sup>-2</sup>'ye kadar su depoladığı, buna karşılık bir şehir ölçeğinde (geçirgen toprakların birlikte olduğu) depolanan miktarın yalnızca 6 kg m<sup>-2</sup> olduğu bulunmuştur (Pouyat vd., 2006).

## 1. 5. Kentsel Topraklar Üzerindeki Antropojenik Etkiler

Kentsel topraklar her zaman insan faaliyetleriyle ilişkilendirildiğinden, özellikleri önceki yapı geçmişleri ve maruz kaldıkları bozulma dereceleri tarafından belirlenir. Kentlerin kurulması ve genişlemesi çalışmaları esnasında üst toprağın çıkarılması esnasında en verimli üst toprak uzaklaştırılmakta ve ne şekilde değerlendirildiği çoğunlukla bilinmemektedir. Oluşumu çok uzun yıllar alan çok kıymetli bir canlı varlık olan toprağın kent alanlarının oluşturulması esnasında kontrolsüzce uzaklaştırılıp betonlaştırılması konusunda son derece dikkatli olunmalı ve planlı çalışma yürütülmesi gerekmektedir. Öte yandan, Türkiye’de düzenli kentleşmeye yönelik uygulamalar henüz yeterli düzeye gelmemiştir.

Kentsel toprakların çeşitli inşaat ve restorasyon faaliyetleri tarafından manipüle edilmesi ve bozulması, en azından yüzey tabakasının ve birçok durumda toprak profilinin alt kısımlarının da sıkışmasına neden olur (Alberty vd., 1984). Sıkıştırma, toprağı (1) kök penetrasyon kolaylığını azaltarak, (2) suyun hazır hareketini azaltarak ve (3) su tutma kapasitesinde bir azalmaya neden olarak etkiler. Ek olarak, sıkıştırma, gazların toprağı girip çıkmasını, özellikle köklerin düzgün çalışması için ihtiyaç duyduğu oksijen girişini ve uzaklaştırılması gereken karbondioksit çıkışını azaltır (Hillel, 1980). Etkili toprak derinliğini azaltarak sıkıştırma, köklerin toprak yüzeyine yakın veya toprak yüzeyinde büyümesini zorlar (Gilman vd., 1987).

Arazi kentsel kullanımlara dönüştürülürken, toprak bilimcileri toprak özelliklerini etkileyebilecek hem doğrudan hem de dolaylı faktörleri göz önünde bulundururlar. Doğrudan etkiler, fiziksel bozulmalar, insan yapımı malzemelerin dahil edilmesi ve toprağın dolgu malzemesi ve geçirimsiz yüzeylerle gömülmesi veya örtülmesi gibi tipik olarak kentsel topraklarla ilişkilendirilenleri içermektedir. Dolaylı etkiler daha az fark edilenlerden oluşmakta ve kentsel çevre veya banliyö alanlarındaki bozulmamış toprakları dahi etkileyebilen abiyotik ve biyotik ortamdaki değişiklikleri içermektedir (Pouyat vd., 2010). Hem doğrudan hem de dolaylı etkilerin ortaya çıkan koşulları, ekologların ve toprak bilimcilerin "yeni" ekosistemler olarak adlandırdığı şeyleri temsil eder (Hobbs vd., 2006).

Kentleşme, insanların yaşadığı ve çalıştığı toplulukları oluşturan binalar, yollar ve diğer yapılar olan inşa edilmiş çevre ve bu çevredeki sonraki insan faaliyetleri ile karakterize edilmektedir. Ormanlık ve tarım arazilerinin kentsel kullanımlara dönüştürülmesi genellikle arazi geliştirme ve sınıflandırma ile ilgili bir dizi hızlı değişikliğe neden olmaktadır. İnsanlar bu çevrede yaşayıp çalıştıkça, yağmur suyu yönetimi, çim bakımı ve peyzaj düzenlemesinden kentsel tarıma ve rekreasyona kadar uzanan çok çeşitli amaçlar için toprakları manipüle ederler. Dahası, insan faaliyetleri endüstriyel atıklardan evcil hayvanların dışkılarına kadar her şeyi içeren atık ürünleri üretir.

### 1. 5. 1. Arazi Kullanım Değişikliği ve Kentleşme

Küresel nüfusun yirmi birinci yüzyılın sonundan önce 11 milyarı aşması beklenmektedir (Birleşmiş Milletler 2015). Buna bağlı olarak kentsel alanlardaki nüfus da artıyor ve mega büyüklükteki (on milyon veya daha fazla kişi) şehirlerin sayısının 1990'da 10'dan 2030'da 41'e çıkması beklenmektedir (United Nations, 2015). Artan insan nüfusunu desteklemek için tarımın yoğunlaştırılması ve artan kentleşmeyle birlikte, ekosistemlerin yapısında ve işleyişinde derin değişiklikler meydana gelmiştir (Ellis ve Ramankutty 2008). Arazi kullanımları genişlemeye veya yoğunlaşmaya doğru kutuplaştıkça, çeşitli geleneksel arazi kullanım sistemleri kaybolmuş veya azalmıştır (Plieninger vd. 2006). Örneğin, Avrupa Birliği'nde 1990-2000 yılları arasında konut, endüstriyel, ulaşım ve ticari kullanımlara dönüştürülen alan yaklaşık 1.000.000 hektar olarak kaydedilmiştir. ABD'de ise kentsel, banliyö ve kent dışı alanlar tahmini olarak 148 milyon hektarı kapsamakta ve 1950-2000 döneminde, bu kentleşmiş ortamların yaratılması ekilebilir arazi alanında %11'lik bir düşüşe neden olmuştur (Brown vd. 2005). ABD'de gelecekteki peyzaj değişikliğine ilişkin projeksiyonlar, 2020-2025 yılları arasında 24 ila 70 milyon hektarlık ek bir alanın kentleşebileceğini göstermektedir (Theobald 2005). Topçu (2012) verilerine göre, Türkiye’de 44.447.40 hektar tarım arazisi tarım dışı amaçla kullanılmakta olup, bunun 22.405,7’si Sanayi, 12.365,7’si Konut, 7.883,2’si Madencilik, 1.145,9’u Turizm ve 646,9’u Ulaştırma’ya kaymıştır. Akseki ve Meşhur (2013), en büyük yüzölçümüne ve tarım arazisine sahip Konya ilinde yaklaşık 15.000 hektar tarım arazisinin kentsel yayılma ile yapılaştığını belirtmişlerdir. Türkiye’de 2005-2021 yılları arasında toplamda 3,16 milyon hektar tarım alanı azalış gösterirken yapılaşmada hızlı bir artışın gerçekleştiği görülmektedir. Ülkemizde TÜİK verilerine göre 2021 yılında yapı ruhsatı verilen bina sayısında %14, yüz ölçümünde ise %24,1 artış meydana gelmiştir.

Ülkemizde Trakya, Bursa, Kocaeli, Adapazarı, Gediz, Menemen, Salihli, Kemalpaşa, Büyük Menderes, Küçük Menderes, Antalya, Tarsus, Çukurova ve Düzce'de verimli tarım arazileri amacı dışında kullanıma kaydırılmış durumdadır.

Arazi kullanım değişikliği ve kentleşmeyle ilişkili arazi geliştirme yalnızca kentsel alanların çevrelerinde değil, aynı zamanda kentsel çevre veya banliyö topluluklarında ve şehirlerin iç kısımlarında da dolgu geliştirme yoluyla gerçekleşir (Setälä vd., 2014). Genellikle geliştirmenin ilk aşaması, derecelendirme yoluyla düz bir topografya oluşturmaktır. Bu süreçte, yüzey O ve A horizonu topraklarının kaldırılmasıyla peyzaj değiştirilir ve kalan topraklar ağır ekipman kullanımından dolayı sıkıştırılır. İnşaattan sonra yüzey toprakları değiştirilse bile, toprak yapısı bozulur, önemli miktarda toprak karbon (C) stoku kaybolur (Chen vd., 2013) ve hidrolik iletkenlik büyük ölçüde azalır (örn. Schwartz ve Smith, 2016). Ek olarak, özellikle derece değişiklikleri önemliyse veya topraklar inşaat aşamalarında bulunuyorsa, daha düşük toprak horizonları ciddi şekilde sıkıştırılabilir.

Bir yandan kentsel arazi dönüşümleri artan insan nüfusunun yaşam alanı taleplerini karşılamak için yapılırken, öte yandan toprak mühürleme miktarı (yani toprağı geçirimsiz yüzeylerle örtme) büyük ölçüde artmış ve böylece toprağın mühürlenmiş topraklarla ilgili olanlar dışındaki ekosistem hizmetlerini sağlama yeteneğı azalmıştır (Frazer 2005). Arazi sınırlı bir kaynak olduğundan, uzun vadeli sürdürülebilirliklerini bozmamak için belirli bir arazi alanından birden fazla hizmetin potansiyelinin optimize edilmesi önemlidir.

### 1. 5. 2. Toprak Erozyonu

Kentsel alanlarda mevcut diğer bir sorun ise toprak erozyonudur. Kentsel alanlardaki ağaç ve çimenler toprağı yerinde tutmaya yardımcı olsa da inşaat, ihmal ve/veya kamusal rekreasyon ve toplanma alanlarındaki yüzeylerin aşırı kullanımı ve bitki örtüsünün kaybı nedeniyle kentsel alanlarda erozyon ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Yanı sıra, kaldırım gibi su sızmasına karşı dayanıklı yüzeyler, su akışlarını ve yüzey akışını açıkta kalan toprakta yoğunlaştırır. Ayrıca, kentsel alanlarda meydana gelen toprak erozyonu sonucunda, kentsel su yollarında tortu birikmesi yoluyla su kirliliğı sorunları ortaya çıkmaktadır. Tortulaşma, birçok kentsel alanın gelişmiş yağmur suyu yönetim programlarına sahip olmasının başlıca nedenidir.

### 1. 5. 3. Atık Bertarafı

Kentsel alanlardaki yoğun nüfus ve yoğun faaliyetler nedeniyle önemli miktarda atık ortaya çıkmaktadır. Evsel ve endüstriyel atık malzemeler, inşaat molozları, ısı ve güç üretiminden kaynaklanan kül vb atıklar genellikle kentsel toprakların bileşenleri olarak son bulmaktadır. Birçok alanda, bu malzemeler sulak alanları doldurmak veya kıyı şeridini uzatmak için kullanılmaktadır, ancak çoğu şehir artık atık sorununun bir kısmını ele almak için evsel çöplükler oluşturmuştur. Eser metaller ve organik kirleticiler içerebilen bu malzemeler, depolandıkları topraklar üzerinde derin etkilere sahip olmaktadır (Huot vd., 2015). Her ne kadar toprağın havalanmasına katkıda bulunup bitki gelişimini desteklese de, toprağı dahil edilen atık maddelerin türü ve boyutu topraktaki canlı faaliyetine etki etmekte ve bazı durumlarda ise geçirimsiz bir tabaka oluşumuna yol açmaktadır.

### 1. 5. 4. Sızdırmazlık ve Beton Döşeme

Kentsel arazilerin büyük bir kısmı geçirimsiz yüzeylerle kaplıdır ve bu yüzeyin çoğu asfalt veya beton döşeme ile kapatılmış topraklardır (Scalenghe ve Marsan 2009). Döşemenin altındaki toprakların durumuyla ilgili birkaç çalışma yapılmıştır. Toprak yüzeyini döşemek veya kapatmak, enerji ve malzeme akışını kesintiye uğratar ve bu nedenle çoğu ekosistem hizmetinin sağlanması açısından dezavantajlıdır. Sonuç olarak, su ve besin döngüleri bozulur, ısı dengesi değişir, daha fazla anoksik koşullar hakim olur ve böylece kök büyümesi ve birçok toprak organizması için yaşam alanı kaybolur. Mevcut araştırmalar, C ve N içeriklerinin kapalı alanlarda bitişikteki kapatılmamış topraklara göre daha düşük olduğunu göstermektedir (Piotrowska-Dlugosz ve Charzynski, 2015; Raciti vd., 2012). Kentsel topraklardaki yüksek yüzey sızdırmazlık derecesi, doğal koşullar altında normalde var olan su paylaşımını sınırlar. Yer altına doğru azalan sızıntı, yüksek yüzey akışına ve sellere neden olur.

Yağmur suyu sızmasını ve yeraltı suyu dolumunu ve su tutulmasını artırıp deşarjı azaltmak suretiyle bu etkiyi azaltmaya yönelik girişimlerde bulunulur. Bitki ve ağaç büyümesi için önemli bir özellik olan kentsel topraklardaki su ve hava temini, hacim yoğunluğu, orta, iri ve çok iri agregat miktarı, organik madde içeriği ve kil, silt ve kum içerikleri olarak ifade edilen bünye gibi toprak özellikleri tarafından kontrol edilmektedir.

Şehirler genellikle az sayıda alan kısıtlamasına sahip alanlarda (örn. düz topografya ve iyi drene edilmiş topraklar) yer aldığından, en verimli tarım topraklarının çoğu kentsel alanlar genişledikçe kapatılmakta ve bozulmaktadır (Wessolek, 2008). Toprak kapatmanın birkaç avantajı arasında yağmur suyu akışının hızla uzaklaştırılması, kirleticilerin tutulması ve kültürel mirasın korunması (örn. Pompei kalıntıları) yer almaktadır (Scalenghe ve Marsan, 2009; Wessolek, 2008). Beton yüzeylerin dolaylı bir etkisi, betondan kalsiyum silikat ve hidroksit minerallerinin aşınması sonucu birçok kentsel toprakta yaygın olarak bulunan ikincil veya pedojenik karbonatların bulunmasıdır (Washbourne vd., 2015). Toz ilaveleri ve doğal ana malzemeler ayrıca kalsiyum karbonat sağlayabilir ve bu da toprak asitlenmesine karşı tampon sağlayan nispeten yüksek bir toprak pH'ına yol açabilmektedir (Pouyat vd., 2007).

### 1. 5. 5. Kentsel Alanlarda Toprak Kirliliği

Kentsel toprak kirliliği küresel bir sorun olup dünya çapında araştırılmış ve iyi belgelenmiştir (Lorenzi vd., 2011; Lourenco vd., 2010; Clark vd., 2006; Perez-de-Mora vd., 2006; Martin vd., 2023). Öte yandan, ülkemizde mevcut kentsel toprakların genel özellikleri ve kirlilikleri konularında yürütülen çalışmalar yetersizdir. Kentsel topraklar, çeşitli kökenleri nedeniyle kirleticiler içerebilir; bunların konumu, özellikleri ve gelecekteki arazi kullanımı için potansiyel evrimi uygun şekilde belirlenmelidir. Kentsel ve banliyö toprakları, çevre ve insan sağlığı konusunda artan kamu endişesi nedeniyle dikkat çekmektedir. Örneğin, kentsel bahçecilik, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, büyük nüfuslara gıda tedarikinin ihmal edilemez bir yüzdesini kapsamakta olup bu tür üretimin insan sağlığı açısından güvenilirliğinin sağlanması gerekmektedir. Ayrıca, kentsel alanlarda çocuklar genellikle toprak malzemesiyle doğrudan temas halindedir ve park vb oyun alanlarındaki toprak kalitesi (kirleticiler, patojenler) sağlıklarını etkileyebilir. Ülkemizde, çocuk parklarındaki toprakların ağır metal içerikleri ile ilgili yapılan çalışmalarda, trafik yoğunluğundan kaynaklı olarak park topraklarında ağır metal kirliliğinin mevcut olduğu belirlenmiştir (Hekimbaşı, 2007; Ak vd., 2012; Özkul, 2019).

Bazı kentsel topraklar, özellikle daha önce endüstriyel üretime destek olarak kullanılan terk edilmiş alanlar önemli miktarda mineral ve organik kirletici içerebilir. Bazı eski endüstriyel sahalar üzerinde kurulmuş kent topraklarının (örneğin gaz fabrikaları, kok fabrikaları) bazıları kanserojen özellikler gösteren özel bir hidrokarbon sınıfı olan polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) içerebilirler. Yanı sıra, yaygın kentsel toprak kirleticilerinden (Pb, As, Cd, Zn ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar) Pb ve Zn, kentsel ortamlardaki en baskın ve yaygın toprak kirleticisi olarak belirlenmiştir (Brown vd., 2016). Kentsel topraktaki metal konsantrasyonları sanayi sahasındaki daha düşük olmasına rağmen, trafikten kaynaklı Pb ve çinko çatılardan akan su gibi çeşitli kentsel faaliyetler sonucu kentsel toprağın yüzey horizonunda önemli konsantrasyonlarda metaller bulunmuştur. Spirn (1984), yüksek kurşun içeriğinin dört kentsel durumda oluşma olasılığında bahsetmiş ve bunları şehir sokaklarına yakın; kurşunlu boyanın ahşap yapılardan yıkandığı alanlar daha önce ahşap yapıların bulunduğu boş arsalar ve kurşun içeren kanalizasyon çamuruyla değiştirilmiş bahçe toprağı şeklinde sınıflandırmıştır. Kentsel toprakların kirlenmesindeki en büyük tehlike, bir oyun alanında olduğu gibi tozun emilmesi veya sebze vb bitkilerin tüketilmesiyle bünyeye alınması ve böylece besin zincirine girmesidir.

Kentsel topraklar organik bileşenler için farklı tutma kapasitelerine sahiptir, ancak alkali reaksiyonları genellikle ağır metallerin hareketliliğini sınırlar. Çoğu kentsel toprakta, pH'ın alkaliniteye kayması üst toprakta alkalın bir jeokimyasal bariyer oluşturur ve bu bariyer ağır metallerin hareketliliğini engelleyebilir. Kentsel alanlardaki çıplak toprak, çeşitli hidrokarbonlar, esterleri ve yağ asitleri ve fosil yakıtların yakılmasıyla üretilen diğer maddeler de dahil olmak üzere hava kirleticilerinin ıslak ve kuru birikmesine maruz kalır. Bu petrol bazlı maddeler toprak parçacıklarını kaplayarak onları su itici hale getirir (Jex vd., 1985). Bu olgu, çıplak toprakta yaya trafiğinin neden olduğu sıkışma nedeniyle oluşan kabuk oluşumuyla birleştiğinde, su sızmasını büyük ölçüde azaltır veya hatta engeller ve böylece toprak kuraklığına da katkıda bulunur.

### 1. 5. 6. Dolaylı Etkiler

İnsanlar, kentsel iklim koşullarını (örn. sıcaklık ve nem), kimyasal girdileri (örn. kirletici ve besin konsantrasyonları) ve yerel ve yabancı istilacı türlerin yayılmasını değiştiren faaliyetler yoluyla kentsel toprak koşullarını dolaylı olarak etkilemektedirler (Pouyat vd. 2010). Şehirler, artan ısı üreten faaliyetler ve daha az buharlaşmalı soğutma yüzeyi nedeniyle azalan ısı kayıpları nedeniyle daha sıcaktır (Taha 1997; Zhao vd. 2014). Kentsel ısı adası, bitki fenolojisindeki değişikliklerle bağlantılıdır; bunlara gölgelik yapraklanması, yaprak tomurcuğu patlaması ve çiçeklenme zamanlaması ve süresi dahildir (Chen vd. 2016; Jochner ve Menzel 2015). Kentsel ısı adası etkisi türe göre değişiklik gösterir (Xu vd. 2016) ve toprak ortamına OM girdilerinin zamanlamasını ve miktarını değiştirir. Deneysel toprak ısınma çalışmalarından elde edilen sonuçlar, kentsel toprakların mikrobiyal aktivitesinin ve toprak ekosistemi süreçlerinin kentsel ısı adası etkisi nedeniyle hızlanabileceğini göstermektedir (Butler vd. 2012; Craine vd. 2010).

Çoğu kentsel alan, endüstriyel, ticari ve konut süreçleri yoluyla alan içinde ısı enerjisi üretilmesi ve sokaklar, otoyollar, kaldırımlar, park alanları, bina çatıları ve cepheler gibi asfaltlanmış veya başka şekilde kapalı alanlarda depolanan ve yansıtılan büyük miktardaki ısı nedeniyle "ısı adaları" gibi davranır (Landsberg, 1981; Vittum, 1974). Ayrıca, şehirlerdeki büyük miktardaki kapalı alan, daha az açık toprak ve daha az bitki örtüsü anlamına gelmektedir. Bu faktörlerin net sonucu olarak, yalnızca toprak sıcaklıklarını normalde beklenenin üzerine çıkarmakla kalmaz (Halverson ve Heisler, 1981), aynı zamanda hava sıcaklıklarını da yükseltir, böylece kentsel bitki örtüsündeki nem stresini artırır ve genellikle canlılığın azalmasına yol açar (Bassuk ve Whitlow, 1985).

Besin maddelerinin artan atmosferik birikimi (Lovett vd. 2000; Rao vd. 2014) ve ozon (O<sub>3</sub>) gibi diğer kirletici girdiler, toprağa giren organik madde (OM) girdilerinin kimyasal bileşimini ve mikrobiyal aktiviteyi dolaylı olarak değiştirebilir. Kentsel peyzaj alanlarına yabancı türlerin eklenmesi (McKinney 2006) ayrıca toprak koşullarını ve biyojeokimyasal döngüleri etkileyebilmektedir (Ehrenfeld 2010; Liao vd. 2008). Getirilen istilacı bitkiler, toprak organizmaları ve bitki böcek zararlıları bitki bileşimini ve buna bağlı olarak toprağa gelen bitki kimyasal girdilerini değiştirmekte, bu da toprak mikrobiyal topluluk yapısını ve aktivitesini etkilemektedir. Kentsel topraklar üzerindeki bu dolaylı insan etkileri hem toprak yapısını (örn. agregat oluşumu) hem de işlevini (örn. N döngüsü) önemli ölçüde değiştirmektedir.

## 2. KENTSEL TOPRAK RANTI

1980'lerden bu yana dünya da toplumsal, kültürel, ideolojik ve ekonomik alanlarda yeni bir eşik oluşturmuş ve sonraki dönemlerde küreselleşme adı verilen bir olgu oluşmuştur (Yırtıcı, 2011). Küreselleşmenin pek çok etkisi vardır. Kentleşme konusundaki etkisi kentlerin oluşumu üzerinedir. Küreselleşme sonucunda "dünya kenti" kavramı oluşmuştur (Yırtıcı, 2011).

Toprak rantını anlamak için ranta ilişkin tüm parametreleri incelemek gerekir. Unutulmamalıdır ki toprak rantı hem kentsel gelişme-büyüme hem de toplumsal süreçlerde etkin bir konudur (Akın, 2007). Rant emek sarf edilerek elde edilen bir hak olmayıp herhangi bir gider de içermemektedir (Saraçoğlu ve ark., 2015).

Toprak sınırlı bir kaynak olup arzı sabittir; yani, miktarı artırılmaz (Kılıçaslan ve Yavan, 2017). Böyle olduğundan nüfusun artması toprak fiyatı üzerine etki edip onun fiyatını artıracaktır (Kılıçaslan ve Yavan, 2017). Artan nüfus tarım topraklarının kent topraklarına dönüşmesini hızlandırıp, bu arazilerin değerinin artmasına neden olup arazi sahiplerinin bundan rant elde etmesine neden olacaktır (Saraçoğlu ve ark., 2015).

### 2.1. Toprak

Toprak denilince iki tür toprak akla gelmelidir: (i) kentsel topraklar ve (ii) tarımsal topraklar. Kentsel topraklar üç kaynaktan oluşmuş olabilir: (i) tarım topraklarından türetilmiş topraklar, (ii) eskiden tarım yapılan araziler ve (iii) tarıma elverişli araziler (Akalin, 2018). Tarımsal toprak üzerinde tarım yapılan ve değerini verimlilik esasına göre belirleyen topraklardır (Keleş, 1998).

Buna karşın, kentsel topraklar kent veya kasabalarda üzerine yapı yapmak için ayrılmış ve kent yönetimlerinin sunduğu çeşitli kolaylık ve donanımlara sahip arazi olarak tanımlanmaktadır (Keleş, 1998).

### 2. 1. 1. *Kentsel Arsa*

Bir arsanın kentsel arsa özelliği taşıması onun tarımsal topraktan dönüşümü ile gerçekleşir. Bu dönüşüm ise tarımsal topraklar üzerinde bazı kamusal hizmetler ve yatırımlar sayesinde olur ve kentsel rant oluşur (Akalin, 2018). İmar parseli haline getirildiğinde bu topraklar tanınan imar hakkıyla kentsel arsa niteliği taşır (Akalin, 2018). O halde kentsel arsa imar planı uygulanmış toprakların imar parseli haline gelmesi ve kentin altyapı sistemlerine entegre olması ile olur (Akalin, 2018).

## 2. 2. **Kentleşme**

Topraklar kente uzaklık veya yakınlık olarak farklı değer taşırlar. Kent merkezi esas alınarak, merkeze en yakın topraklar en değerli, merkeze en uzak topraklar en az değerli topraklar olarak nitelendirilirler (Meydan, 2013). Toprak sınırlı bir doğal kaynak olduğundan artan ihtiyacı karşılamak için “kırsal topraklar (arazi)” “kentsel topraklara (arsa)” dönüştürülmektedir (Keleş, 2021; Keleş ve Mengi, 2014).

### 2. 2. 1. *Kentsel Topraklar ve Kentsel Toprak Üretimi*

Kentsel topraklara nüfus, göç, planlama gibi nedenlerle hakkı verilebilir (Akalin, 2018). Kentsel toprak olması onun imar hakkı almasına yeterli değildir. Tüm toprak tipleri (kentsel, tarımsal ve kentsel arazi) bir rant elde edebilmesi için çeşitli aşamalardan geçmesi gerekir (Akalin, 2018).

Bir toprak eğer tarımsal toprak olarak kullanılıyorsa, öncelikle yerel ya da merkezi yönetimlerin çalışması sonucu altyapı hizmetleri ve imar hakları verilerek kentsel toprağa dönüştürülebilmektedir ve bu dönüşüm sürecine “kentsel toprak üretimi” denilmektedir (Akalin, 2018). Bu kentsel toprakta oluşan rantı rant olarak kabul etmek için gayrimenkul sahibinin o gayrimenkul için ödediği maliyetin üzerinde kazanç elde etmesi gerekir (Aslan, 2014).

## 2. 3. **Rant**

Türk Dil Kurumu’na göre rant “üretim faktörlerinden biri olan doğanın ekonomik gelirden aldığı pay, kira ya da getirim” olarak tanımlanmaktadır (tdk.gov.tr., 2009). Ökmen ve Yurtsever (2010) rant kavramını “gayrimenkul değerinde meydana gelen ve emeğe dayanmayan artış” olarak tanımlamaktadır. Terimler Sözlüğü’nde ise rant “ dayanıklı bir malın özellikle toprak, bina ve daire gibi taşınmazların sağladığı hizmetlerden yararlanma karşılığında, belirli ödenen bedel” olarak tanımlanmaktadır (Seyidoğlu, 2002). İktisat literatüründe ise rant üretim faktörlerinden toprağın geliri olarak tanımlanmaktadır (Kılıçaslan ve Yavan, 2017). Burada altını çizmek gerekir ki rantın ortaya çıkmasının nedeni toprağın sınırlı ve kıt bir kaynak olmasıdır (Aktan, 1983). Rant sadece ekonomik bir ifade olmayıp aynı zamanda politik bir anlam da içermektedir ve ekonomiye yön verdiği gibi yaşamın her alanını da etkilemektedir (Güler ve Parlayan, 2022).

Rant için şu ifadeler kullanılabilir: (i) Rant toprağın kullanım fiyatıdır. (ii) Rant üretim faktörlerinden toprağın ve diğer kaynakların üretimden aldığı paydır. (iii) Emek faktörünün gelirene “faiz”, teşebbüsün gelirene “kar” ve toprağın gelirene “rant” denilir. (Baştürk, 2009).

### 2. 3. 1. *Rant Yaklaşımları*

Rant yaklaşımları kaynak ve ortaya çıkış nedenine göre üç şekildedir: (i) klasik yaklaşım, (ii) neoklasik yaklaşım ve (iii) Marksist yaklaşım (Akın, 2007).

Klasik yaklaşımın öncülerinden David Ricardo toprak verimliliğine göre rantı değerlendirmektedir ve toprağın gelirini topraklar arasındaki farkların belirlediğini ve bu da rantı oluşturduğunu savunmuştur (Akın, 2007). Neoklasikler ise üreticilerin oluşturduğu tüm artı değerlerin rantı oluşturduğunu ileri sürmüşlerdir (Akın, 2007).

Farklı olarak Marksist yaklaşımda tarihsel ve toplumsal ilişkiler önemlidir ve sınıf ilişkileri rant kuramının temelini oluşturur (Akın, 2007).

Marx ve Adam Smith gibi bilim insanları rantı farklı şekillerde yorumlamışlardır. Marx rantı farklı kaynaklara sahip olabilmesine göre sınıflandırmıştır. Bu kaynaklar şu şekilde sıralanmıştır: (i) toprağı işleme göre, (ii) toprağın kıt kaynak oluşu ve mülkiyet tekeline göre ve (iii) kent topraklarının artırılmamasına göre (Ertürk ve Sam, 2009). Adam Smith toprağın özel mülkiyet niteliğinden dolayı toprak sahibine rant sağladığını savunmuştur (Smith, 2006). Adam Smith her üretilen ürünün toprak rantı, ücret ve kar olarak üç unsuru olduğunu vurgulamış ve topraktan elde edilen her şeyin rant olduğunu ve bununda toprak sahibine ait olduğunu belirtmiştir (Güler ve Parlıyan, 2022).

Özet olarak, klasik yaklaşımda rant toprağın verimliliğine göre değer almakta; buna karşın, marksist yaklaşımda rant daha çok mülkiyet kavramıyla ilişkili olmaktadır (Güler ve Parlıyan, 2022).

### 2.3.2. Rant Kuramı

Von Thunen (1810-1863) rant kuramını getirtirmiştir ve bu kuramda mekan boyutu esas alınmıştır (Kırar, 2008). Bu kuramın esasında, kent merkezine yakınlık rantın değerini değiştirmektedir (Kırar, 2008). Daha açık bir ifadeyle, kent merkezine en yakın alanlarda en yüksek, en uzaktakinde ise en düşük rant oluşmaktadır.

## 2.4. Kentsel Rant

Sermayelerin kentlerde yarattığı olumsuz gelişmeler nedeniyle “kentsel rant” kavramı gündeme gelmiştir (Yırtıcı, 2011). Kentsel rant denildiğinde, gayrimenkul sahibinin gayrimenkulü için yaptığı maliyetin üzerinde gayrimenkulünün değer kazanması ilk akla gelmelidir (Aslan, 2004). Kentsel rant olgusu sanayileşmenin sebep olduğu bir sonuçtur. Sanayileşme kentleşmeyi ortaya çıkardığı için konut sorunu nedeniyle artan konut ihtiyacı için arsaya olan talebi artırmış ve kıt olan arsa nedeniyle rant olgusu gündeme gelmiştir (Güler ve Parlıyan, 2022). Diğer yandan, kentsel değişimler ve kentsel alanların kullanımı ve bunları idare eden ekonomik ve siyasal güçler yine kentsel rantın oluşumuna neden olmaktadır (Güler ve Parlıyan, 2022). 24 Ocak 1980 kararları ile serbest piyasa ekonomisine geçilmiştir ve küresel sermayenin dolaşımı kolaylaştırılmıştır (Yırtıcı, 2011). Özellikle belirtmek gerekir ki, rant kentsel topraklar için söz konusu olmaktadır ve kesinlikle toprak üzerinden yaratılan rant mülkiyetle ilgilidir (Güler ve Parlıyan, 2022).

Günümüzde yapılan kentsel dönüşüm projelerinde asıl önemli olan kavram kentsel rant kavramıdır (Sezik, 2020). Kentsel rant farklılık rantı, konum rantı veya erişebilirlik rantı olarak da tanımlanabilmektedir (Sezik, 2020). Gecekondu afları ve çeşitli dönemlerde çıkarılan imar afları ile kentsel toprak rantı siyasi yatırım amacı için kullanılmıştır (Sezik, 2020).

Toplu Konut Yasası’yla yüksek rant getirisi oluşmuş ve böylelikle büyük sermayenin ilgi alanına girmiştir (Yırtıcı, 2011). Sonuç olarak, kentsel rant kavramı “rant kavramının kent ile birlikte gündeme gelmesi” ile oluşmaktadır (Ökmen ve Yurtsever, 2010). Kentin dışında büyük toprak parçalarında “uydu kentler” oluşmaya başlamış ve buna bağlı olarak lüks konut siteleri, alışveriş merkezleri, eğitim kampüsleri ve sanayi bölgeleri gelişmiştir /Yırtıcı, 2011).

### 2.4.1. Kentsel Rantı Ortaya Çıkaran Faktörler

Kentsel rantı ortaya çıkaran faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz: (i) imar planları, (ii) özelleştirmeler, (iii) kentsel dönüşüm uygulamaları, (iv) spekülasyonlar ve (v) imar afları (Akalin, 2018).

#### 2.4.1.1. İmar Planları

İmar planı “tarla olarak görülen ve değeri o tarlada üretilen ürünün katma değeri ile orantılı olarak belirlenen bir alanın üzerinde konut, ticaret veya sanayi amaçlı binaların yapılabileceği bir arsa haline dönüştürülmesi işlemi” olarak tanımlanabilir (Akalin, 2018). İmar planı sayesinde sahip olan arazide konut, ticaret ya da sanayi biçiminde kullanımı toprak sahiplerine çok büyük karlar sağlayabilmektedir (Akalin, 2018).



İmar planları çeşitli amaçlarla yapılmaktadır. Bunlar: (i) sağlıklı bir fiziksel ve sosyal çevrenin oluşturulması, (ii) hem kent hem de kırsal alanlarında yapılacak yatırımlar için doğru seçimin yapılması ve gelişim yönünün belirlenmesi, (iii) en akılcı ve etkin toprak koruma-kullanma dengesinin belirlenmesi, (iv) arazi kullanım şekline göre yapı adalarının büyüklüklerinin belirlenmesi, (v) insana yakışır çevre ( konut, işyeri, merkez ve dinlenme alanları) standartlarının belirlenmesi ve çevre koşullarının iyileştirilmesi, (vi) çevre kirliliğinden uzak bir yaşam kalitesinin oluşturulması ve (vii) halkın huzur ve refah seviyesinin artırılması (Karasu ve Karakaş, 2012).

#### 2. 4. 1. 2. Kentsel Dönüşüm

Kentsel dönüşüm aslında bir şekil değiştirme biçimidir. Kentin tamamında olacağı gibi bir bölümünde de uygulanabilir. Kentsel dönüşüm bir kentin tamamının veya belli bir bölümünün farklılaşması ve yeniden şekle girmesi olarak tanımlanabilir (Keleş, 2004).

#### 2. 4. 1. 3. Spekülasyon

Spekülasyon bir düşünce yapısı, ileriye görme ve ona göre hareket etme eylemi olarak düşünülebilir. Spekülasyon “ileride fiyatların yükseleceği ve bu yüksek fiyatlardan aşırı kazanç sağlanacağı beklentisiyle fiyatlar düşüken mal, döviz, menkul kıymet vb şeyleri satın almak” şeklinde tanımlanmaktadır (Akalın, 2018).

#### 2. 4. 1. 4. İmar Afları

İmar affı meşru olmayan bir durumun meşrulaştırılıp hukukileştirilmesi süreci olarak düşünülebilir. Akalın (2018) imar affını “meşru olmayanın meşrulaştırılması, yasal olmayanın yasallaştırılması ya da hukuka aykırı fiili durumun hukukileştirilmesi” olarak tanımlamıştır. Torlak (2003) “imar affı yürürlükte olan kurullara uyulmayarak belli bir tarihe kadar ortaya çıkmış yapılaşmanın durum ve konumu itibari ile bağışlanması ve korunması eylemlerini” içerdiğini ifade etmektedir. İmar affında hem bağışlama hem de koruma güçleri kullanılmaktadır.

### 2. 5. Kentsel Dönüşüm

Bu bölüm rant için önemli bir unsur olduğundan ayrı bir bölüm olarak değerlendirilmiştir.

Kentsel dönüşüm uygulamalarında, kentlerin kültürel kimlik öğelerinin korunması (kente özel sivil mimari gibi) veya ön plana çıkartılması çok önemlidir (Sezik, 2020). Yani, kentin sahip olduğu tüm değerlerin korunmasıdır. Bu değerler kültürel olabildikleri gibi doğal değerler de olabilirler (Sezik, 2020).

Kentler niçin dönüşüme ihtiyaç duyar? Sanayileşmeyle hızlı-kentleşme, kentsel mekanlardaki işlevsel değişiklikler, kent merkezlerinin yıllar içerisinde dolması, afetler ve savaşılar kentsel dönüşümü zorunlu hale getirmektedir (Sağır, 2009).

Ülkemizde kentsel dönüşüm için çok sayıda kanun bulunmaktadır. Bunlar (i) 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkındaki Kanun, (ii) 5366 sayılı Yıpranan Tarihi ve Kültürel Taşınmaz Varlıkların Yenilenerek Korunması ve Yaşatılarak Kullanılması Hakkındaki Kanun, (iii) 2981 sayılı İmar ve Gecekondu Mevzuatına Aykırı Yapılara Uygulanacak Bazı İşlemlere İlişkin Kanun, (iv) 6785 sayılı İmar Kanununun Bir Maddesinin Değiştirilmesi Hakkında Kanun, (v) Toplu Konut Kanunu, (vi) Kuzey Ankara Giriş Kentsel Dönüşüm Projesi Kanunu ve (vii) İmar Kanunu (Sezik, 2020).

#### 2. 5. 1. Konut

Günümüzde, Türkiye’de topraktan elde edilen rant önemli bir sermaye birikim aracıdır (Yırtıcı, 2011).Konut ranta konu olan alanlardan birisidir ve konut politikaları 5 döneme ayrılır (Tablo 1).

Tablo 1. Türkiye'deki konut politikaları ve tarihsel dönemleri (Güler ve Parlıyan, 2022).

Dönem	Etki
1923-1945	Cumhuriyetin kuruluşundan ikinci dünya savaşına kadar süren dönem
1945-1960	Kırsal alanlardan kentsel alanlara göçün hızlandığı Planlı kalkınma çalışmalarının yapıldığı dönem
1960-1980	Liberal politikaların ağırlık kazandığı dönem
1980-sonrası	Sermayenin hegemonik bir güç olarak ağırlığını koyduğu dönem
2000'li yıllar	

## 2. 6. Rant Vergisi

Rant vergisi “devletin veya diğer kamu tüzel kişilerin gerçekleştirdiği bayındırlık hizmetleri, sosyal donatı alanlarının üretimi ve imar düzenlemeleri gibi faaliyetler nedeniyle kişilerin gayrimenkullerindeki değer artışının karşılığı olarak ödenmesi zorunlu bedel” olarak tanımlanmaktadır (Şen ve Sağbaş, 2016). Rant vergisi dolaysız vergi niteliğindedir çünkü gelir ve servet üzerinden alınır (Şen ve Sağbaş, 2016; Tuncer ve Rakıcı, 2014).

Rant vergisinin kullanımı ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklılaşmaktadır. Gelişmiş veya sanayileşmiş ülkelerde rant vergisi şehirlerin yeniden imarında kullanılırken, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde rant vergisi bütçeye önemli bir gelir kaynağı olarak kullanılmaktadır (Akalin, 2018). Ülkemizde rant vergisi bir kamu geliri olarak henüz kullanılmaya başlanmamıştır (Kılıçaslan ve Yavan, 2017). Toprak rantının bedeli devlet ve yerel yönetimlere aktarılmalıdır ve bu bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır (Yırtıcı, 2011).

## 3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Dünya, tarihteki hiçbir döneme benzemeyen büyük bir kentsel dönüşümün ortasındadır. 1975'te, dünya nüfusunun yaklaşık üçte biri kentsel alanlarda yaşıyordu. 2025'e gelindiğinde, bu oran neredeyse üçte ikisine yükselecek ve bu da çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerde yaşayan 5 milyardan fazla insana denk gelecektir (Pouyat, 2020). Gelişmiş ülkelerde, nüfus kayması yoğun kentsel bölgelerden büyük, yayılan metropol bölgelerine göçü içerir. Yirminci yüzyılın başından bu yana, ülkemizin nüfusu da şehirlere doğru önemli ölçüde artmıştır. Türkiye'de 5747 ve 6360 sayılı Büyükşehir Yasalarıyla birçok köy mahalle sınıfına alınmış ve bu alanların da nüfus verileri kent nüfuslarına dahil edilerek kentli nüfusu 2013 yılında % 89,8'e çıkmıştır (Bekdemir ve ark., 2014).

Arazi kullanım değişikliğinde tarım arazilerinde büyük kayıplar yaşanmakta olup, konut alanları, sanayileşme, turizm, kentsel altyapı, hava alana, karayolu, demiryolu vb kamu yatırımları ile izlenen politikalar ve kanuni boşluklar nedeniyle her geçen gün tarım arazileri amacı dışında kullanıma dönüştürülmektedir. Türkiye'de yukarıda bahsi geçen arazi kullanımında meydana gelen değişimler plansız bir şekilde gerçekleşmekte olup, bu ise öncelikle verimli tarım arazilerine zarar vermektedir.

Kentsel alanlardaki toprak koşulları genellikle nispeten düşük etkiden (yerel orman veya çayır toprağı) veya dolaylı kentsel çevresel etkilerden (kalıntı ormanlıklar) insan yapımı malzemelerden (çöplükler) türetilenlere, geçirimsiz yüzeylerle (asfalt) kapatılanlara veya fiziksel bozulmalar ve yönetimle (mesken bahçeleri) değiştirilenlere kadar bir dizi antropojenik etkiye karşılık gelmektedir.

Sıkıştırma, engellenen drenaj ve havalandırma ve yeterli kök hacminin olmaması gibi başlıca sorunlar, aralıklı ancak şiddetli ısı yükü stresleriyle birlikte, çoğu kentsel toprak durumunda mevcuttur. Diğer kentsel toprak özellikleri arasında hem dikey hem de mekansal olarak özelliklerde aşırı değişkenlik, yüksek pH, hidrofobik kabukların varlığı,

yüksek çözünür tuz içeriği, sınırlı organik madde ve organizma popülasyonu, kesintiye uğramış besin döngüsü ve pestisitler, ağır metaller, inşaat molozu, cam ve metal gibi sentetik kirleticilerin varlığı yer almaktadır.

Çoğu kentsel toprakta tipik olarak yaşanan yüksek bozulma seviyelerine rağmen, kırsal muadilleri gibi, bitki, hayvan ve mikrobiyal organizmaları destekleme ve hidrolojik ve biyojeokimyasal döngüleri aracılık etme potansiyeline sahiptirler. Sonuçta ortaya çıkan toprak organizmaları toplulukları, kentsel alanlarda hayatta kalan veya gelişen yerel türler ile diğer bölgelerden veya diğer kıtalardan getirilen türlerin benzersiz bir kombinasyonu da olabilmektedir.

Kentsel topraklar büyük bir ekolojik heterojenlikle karakterize edilir ve bitki örtüsü ve fauna açısından özel bir farklılık göstermektedir. Bunlar bitkiler ve toprak organizmaları için ve organik ve inorganik kirleticilerin filtrelenmesi, tamponlanması ve dönüştürülmesi için yaşam alanlarıdır. Ancak kök derinliği, özellikle büyük oranda kaba malzeme (>2 mm) varlığında, ani horizon geçişleri nedeniyle genellikle sınırlıdır. Bitki büyümesi için bir ortam olarak kentsel toprak, parklar, bahçeler, yol kenarları ve çim alanlar dahil olmak üzere çeşitli yaşam alanlarında büyük bir elverişli bitki örtüsü popülasyonunu desteklemektedir.

Kentsel topraklar, kentsel ve endüstriyel faaliyetler, ormancılık ve tarım dahil olmak üzere birçok amaç için kullanılmaktadır. Kentsel toprakların evrimi, doğal topraklarla aynı faktörler tarafından kontrol ediliyor olsa da insan faktöründen daha fazla etkilenmektedir. Kentsel topraklar genellikle insan sağlığı için tehdit oluşturabilecek kirleticiler içerebilmektedirler.

Kentsel ve banliyö alanlarındaki topraklar insan faaliyetleri tarafından dönüştürülmektedir. Birkaç yıl öncesine kadar, toprak üzerine yapılan araştırmalar büyük ölçüde tarım ve orman arazileri üzerinde odaklanmış ancak kentsel topraklar çok fazla araştırılmamıştır. İnsan faaliyetlerinden etkilenen kentsel toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik özellikleri hakkında ayrıntılı bilgi sağlanması, yağmur suyu yönetimi, yeniden bitkilendirme, erozyon kontrolünün sağlanması gerekmektedir. Bugüne kadar kentsel topraklarla ilgili uluslararası çok sayıda araştırma yapılmış olsa da Türkiye’de bu konuda yok denecek kadar az çalışma bulunmaktadır.

Antropojenik topraklar, kısmen geleneksel toprak araştırma yaklaşımlarıyla araştırılabilir; ancak bu yöntemlerin uygun şekilde uyarlanması ve gerekiyorsa yeni metodolojilerin geliştirilmesi önemlidir. Kentsel topraklar ancak çok disiplinli bir yaklaşımla daha iyi anlaşılmalı ve insan sağlığını ve doğal kaynakların kalitesini korumak (örneğin yeraltı suyu kirliliğini önlemek vb) için kullanımı optimize edilmelidir.

Yanlış tarımsal uygulamalar, plansız kentleşme ve sanayi alanlarının yanlış yerlerde kurulması önemli toprak ve çevre sorunlarını beraberinde getirmiştir. Şöyle ki, kentsel topraklar, yapı için ayrılan arazi ile sınırlı kalmayıp, kentsel gelişmeyle birlikte ihtiyaç duyulan araziler çevresindeki tarım, mera ve orman arazilerinden karşılanmaktadır. Kentsel toprakların ranta konu olması da toprağın hatalı kullanılmasına zemin hazırlamaktadır.

Kentleşme, varlığını ve önemini koruyan bir olgu olup, sürekliliği kentsel toprakların değer artışına etki etmektedir. Kentsel toprak rantı olarak adlandırılan bu değer artışı ile kent planlaması arasında ilişki sürekli yapılmakta ve küreselleşmeyle birlikte kentlerin sermayenin yeniden üretim mekanı olarak kullanıldığı görülmektedir. Kentleşme ve toprakta özel mülkiyet devam ettiği sürece ülkemizde ve Dünya’da kentsel toprak rantı güncel bir sorun olmaya devam edecektir. Kentsel toprak rantlarının kamuya kazandırılması konusunda çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akalın, M. (2018). Kentsel rantlara kamusal müdahale: rant vergisi. İksat Yayınları.
- Akın, E. (2007). Kentsel Gelişme ve Kentsel Rantlar. Ankara Üniversitesi. Doktora tezi.
- Akseki, H., Meşhur, M.Ç. 2013. Kentsel Yayılma Sonucu Yapılaşmaya Açılan Verimli Tarım Alanları: Konya Kenti Deneyimleri. *Megaron*. 8 (3), 165-174.
- Aktan, C. (1983). Politikada rant kodlama. *Amme İdaresi Dergisi*, 4, 119-136.
- Alberty, C. A., Pellett, H. M., & Taylor, D. H. (1984). Characterization of soil compaction at construction sites and woody plant response. *Journal of Environmental Horticulture*, 2 (2), 48-53.
- Aslan, M. (2004). Kentsel Rantların Vergilendirilmesi. *Ankara Barosu Dergisi*, 3, 117-134.
- Aslan, M. (2014). Kentsel rantların vergilendirilmesi. *Ankara Baroları Dergileri*, 72 (3), 115-134.
- Bassuk, N., & Whitlow, T. (1985). Evaluating street tree microclimates in New York City. In *Proceedings of the Fifth Conference of Metropolitan Tree Improvement Alliance (METRIA)*, pp. 18-27.
- Baştürk, F. (2009). Planlama ile taşınmaz değerine getirilen rant. Riva örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi. Yüksek lisans tezi.
- Blume, H-P. (1986). Characteristics of urban soils. In *Man and the Biosphere*, edited by the German National Committee. International scientific workshop on soils and soil zoology in urban systems as a basis for management and use of green/open spaces. Berlin: UNESCO, pp. 23-46.
- Bockheim, J. G. (1974). Nature and properties of highly disturbed urban soils, Philadelphia, Pennsylvania. Paper presented before Div. S-5 Soil Science Society of America Journal., Chicago, Illinois.
- Brown, D.G., Johnson, K. M., Loveland, T. R., & Theobald, D. M. (2005) Rural land use trends in the coterminous United States, 1950–2000. *Ecological Applications*, 15, 1851–1863.
- Brown, S.L., Chaney, R. L., & Hettiarachchi, G. M. (2016). Lead in urban soils: A real or perceived concern for urban agriculture? *Journal of Environmental Quality*, 45, 26-36.
- Bryan, E. H. (1972). Quality of stormwater drainage from urban land. *Water Resources Bulletin*, 8 (3): 578-588.
- Burghardt, W. (2017). Main characteristics of urban soils. In: Levin, M. J., KHJ K, Morel JL. (eds) Soils within cities-global approaches to their sustainable management—composition, properties, and functions of soils of the urban environment. Schweizerbart Soil Sciences, Stuttgart, pp 19–26
- Butler, S. M., Melillo, J. M., & Johnson, J. E. (2012). Soil warming alters nitrogen cycling in a New England forest: implications for ecosystem function and structure. *Oecologia*, 168, 819-828.
- Capra, G. F., Ganga, A., & Grilli, E. (2015). A review on anthropogenic soils from a worldwide perspective. *Journal of Soils Sediments*, 15, 1602-1618.
- Chen, Y., Day, S. D, & Wick, A. F. (2013). Changes in soil carbon pools and microbial biomass from urban land development and subsequent post-development soil rehabilitation. *Soil Biology Biochemistry*, 66, 38–44.
- Chen, Y., Wang, X., Jiang, B., Yang, N., & Li, L. (2016). Pavement induced soil warming accelerates leaf budburst of ash trees. *Urban For Urban Greening*, 16, 36-42.
- Clark, H.F., Brabander, D. J., & Erdil, R. M. (2006). Sources, sinks, and exposure pathways of lead in urban garden soil. *Journal of Environmental Quality*, 35, 2066-74.
- Craine, J. M., Fierer, N., & McLaughlan, K. K. (2010) Widespread coupling between the rate and temperature sensitivity of organic matter decay. *Nature Geoscience*, 3, 854–857.
- Craul, J. P. (1992). Urban Soils. Application and Practices. p. 396. John Wiley and Sons, New York.
- Craul, P. J., & Klein, C. F. (1980). Characterization of streetside soils in Syracuse, New York. *METRIA* 3:88-101.

- Effland, W.R., & Pouyat, R. V. (1997). The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas. *Urban Ecosyst*, 1, 217–228.
- Ehrenfeld, J. G. (2010). Ecosystem consequences of biological invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41, 59–80.
- Ertürk, H., & Sam, N. 2009. Kent Ekonomisi. Ekim Yayınları. Bursa.
- Evans, C. V., Fanning, D. S., & Short, J. R. (2000). Human-influenced soils. *Agronomy Monographs : - ACSESS*, 39, 33-67.
- Foley, J. A. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309, 570–574.
- Gilman, E. F., Leone, I. A., & Flower, F. B. (1987). Effect of soil compaction and oxygen content on vertical and horizontal root distribution. *Journal of Environmental Horticulture*, 5 (1), 33-36.
- Güler, M., & Parlıyan, B.S. (2022). Türkiye de toprak ve konut rantı: Ruşen Keleş okumaları üzerinden değerlendirme. *Kent Araştırmaları Dergisi*, 37 (13), 1269-1301.
- Halverson, H. G., & Heisler, G. M. (1981). Soil temperatures under urban trees and asphalt. USDA Forest Serv. Res. Pap. NE-481.
- Halverson, H. G., DeWalle, D. R. Sharpe, W. E., & Wirries, D. G. (1982). Runoff contaminants from natural and man-made surfaces in a nonindustrial urban area. In *Proc. 1982 Intern. Symposium on Urban Hydrology, Hydraulics and Sediment Control*. Lexington: Univ. of Kentucky, pp. 233-238.
- Hillel, D. (1980). *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press, New York.
- Himelick, E. B. (1986). Root development of trees growing in an urban environment. Illinois Natural History Survey Report No. 262.
- Hobbs, R. J., Arico, S., Aronson, J., Baron, J. S., Bridgewater, P., Cramer, V. A., & Zobel, M. (2006). Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global ecology and biogeography*, 15 (1), 1-7.
- <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yapi-Izin-Istatistikleri-IV.-Ceyrek:-Ekim—Aralik.-2021-45828>
- <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>
- Huot, H., Simonnot, M. O., & Morel, J. L. (2015). Pedogenetic trends in soils formed in technogenic parent materials. *Soil Science*, 180(4/5), 182-192.
- Jex, G. W., Bleakley, B. H., Hubbell, D. H., & Munro, L. L. (1985). High humidity-induced increase in water repellency in some sandy soils. *Soil Science Society of America Journal*, 49 (5), 1177-1182.
- Jochner, S., & Menzel, A. (2015). Urban phenological studies–Past, present, future. *Environmental Pollution*, 203, 250-261.
- Karasu, M.A., & Karakaş, M. (2012). Belediyelerin emlak vergisindeki gelir kaybı: Şanlıurfa Belediyesi Örneği. *Maliye Dergisi*, 163, 431-448.
- Keleş, R. (1998). Kent Bilim Terimleri Sözlüğü. İmge Kitabevi Ankara.
- Keleş, R. (2001). Kentleşme politikası. Ankara. İmge Kitabevi Yayınları.
- Keleş, R. (2004). Kentsel dönüşüm tüzel altyapısı. Editör: H.B. Tuna. Mimarist Dergisi. TMMOB Mimarlar Odası. İstanbul Büyükşehir Şubesi. Sayı 4 (12).
- Keleş, R., & Mengi, A. (2014). İmar Hukukuna Giriş. Ankara. İmge Kitabevi Yayınları.
- Kılıçaslan, H., & Yavan, S. (2017). Rant vergisi: Avusturya ve İsviçre örnekleri ve Türkiye'ye ilişkin bir değerlendirme. *AKÜ İİBF Dergisi*, 18 (1), 47-60.
- Kırar, B. (2008). Taşınmazlarda emlak vergisine esas değer, tapu değeri ve piyasa değeri arasındaki farklılıkların incelenmesi: Beşiktaş Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi. Yüksek lisans tezi.

- Lehmann, A., & Stahr, K. (2007). Nature and significance of anthropogenic urban soils. *Journal of Soils and Sediments*, 7, 247-260.
- Liao, C., Peng, R., Luo, Y., Zhou, X., Wu, X., Fang, C., ... & Li, B. (2008). Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: a meta-analysis. *New phytologist*, 177 (3), 706-714.
- Lorenzi, D., Entwistle, J. A., Cave, M., & Dean, J. R. (2011). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban street dust: implications for human health. *Chemosphere*, 83 (7), 970-977.
- Lourenço, R. W., Landim, P. M. B., Rosa, A. H., Roveda, J. A. F., Martins, A. C. G., & Fraceto, L. F. (2010). Mapping soil pollution by spatial analysis and fuzzy classification. *Environmental earth sciences*, 60, 495-504.
- Lovett, G., Tranor, M., Pouyat, & R. V. (2000). N deposition along an urban-rural gradient in the New York City metropolitan area. *Environmental Science & Technology*, 34, 4294-4300.
- Martin, A.P., Lim, C., Kah, M., Rattenbury, M.S., Rogers, K.M., Sharp, E.L., Turnbull, R.E., (2023). Soil Pollution Driven by Duration of Urbanisation and Dwelling Quality in Urban Areas: An Example from Auckland, New Zealand. *Applied Geochemistry*, 148, 105518.
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological conservation*, 127 (3), 247-260.
- MEA, (2005). Millennium ecosystem assessment: ecosystems and human well-being: synthesis. Island Press.
- Meydan, S.G. (2013). Kent planlama sürecinde çevre bilinci ve kentsel rant ilişkisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1), 175-179.
- Meydan, S.G., & Emür, S.H. (2013). Kentleşme ve kentsel rant ilişkisi: Kayseri Örneği. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 4 (22), 51-73.
- Mitchell, R., & Popham, F. (2007). Greenspace, urbanity and health: relationships in England. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 61 (8), 681-683.
- Morel, J. L., Chenu, C., & Lorenz, K. (2015). Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas (SUITMAs). *Journal of soils and sediments*, 15, 1659-1666.
- Nadaroğlu, H. (1996). Mahalli idarelerin yeniden yapılandırılması. *TOBB Yayınları*. İstanbul.
- Ökmen, M., & Yurtsever, H. (2010). Kentsel planlama sürecinde oluşan kamusal vergilendirilmesi. *Maliye Dergisi*. 158, 58-74.
- Özkul, C. (2019). Kütahya Şehir Merkezinde Yer Alan Çocuk Parklarındaki Toprakların Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. *AKÜ FEMÜBİD*, 19, 226-240.
- Pataki, D. E., Carreiro, M. M., Cherrier, J., Grulke, N. E., Jennings, V., Pincetl, S., & Zipperer, W. C. (2011). Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9 (1), 27-36.
- Patterson, J.C., & Mader, D. L. (1982). Soil compaction. In Craul, P.J. ed. *Urban Forest Soils: A Reference Workbook*. USDA Forest Service Consortium for Environmental Forestry Studies.
- Pérez-de-Mora, A., Burgos, P., Madejón, E., Cabrera, F., Jaekel, P., & Schloter, M. (2006). Microbial community structure and function in a soil contaminated by heavy metals: effects of plant growth and different amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 38 (2), 327-341.
- Perry, T. O. (1982). The ecology of tree roots and the practical significance thereof. *Arboriculture & Urban Forestry (AUF)*, 8 (8), 197-211.
- Piotrowska-Długosz, A., & Charzyński, P. (2015). The impact of the soil sealing degree on microbial biomass, enzymatic activity, and physicochemical properties in the Ekranic Technosols of Toruń (Poland). *Journal of Soils and Sediments*, 15, 47-59.
- Plieninger, T., Höchtl, F., & Spek, T. (2006). Traditional land-use and nature conservation in European rural landscapes. *Environmental Science & Policy*, 9 (4), 317-321.

- Pouyat, R.V., Day, S.D., Brown, S., Schwarz, K., Shaw, R. E., Szlavecz, K., Trammell, T.L.E. & Yesilonis, I.D. (2020). Urban Soils. In: Pouyat, R., Page-Dumroese, D., Patel-Weynand, T., Geiser, L. (eds) *Forest and Rangeland Soils of the United States Under Changing Conditions*. Springer, Cham.
- Pouyat, R. V., Setälä, H., Szlavecz, K., Yesilonis, I. D., Cilliers, S., Hornung, E., & Whitlow, T. H. (2017). Introducing GLUSEEN: a new open access and experimental network in urban soil ecology. *Journal of Urban Ecology*, 3 (1), jux002.
- Pouyat, R. V., Szlavecz, K., Yesilonis, I. D., Groffman, P. M., & Schwarz, K. (2010). Chemical, physical, and biological characteristics of urban soils. In: Aitkenhead-Peterson J, Volder A (eds) *Urban ecosystem ecology*. Agronomy Monograph 55, pp 119–152
- Pouyat, R. V., Yesilonis, I. D., Russell-Anelli, J., & Neerchal, N. K. (2007). Soil chemical and physical properties that differentiate urban land-use and cover types. *Soil Science Society of America Journal*, 71 (3), 1010-1019.
- Rao, P., Hutyra, L. R., Raciti, S. M., & Templer, P. H. (2014). Atmospheric nitrogen inputs and losses along an urbanization gradient from Boston to Harvard Forest, MA. *Biogeochemistry*, 121, 229-245.
- Rose, C. W. (1966). *Agricultural Physics*. Oxford: Pergamon Press.
- Rossiter, D. G. (2007). Classification of urban and industrial soils in the world reference base for soil resources (5 pp). *Journal of Soils and Sediments*, 7, 96-100.
- Sağır, A. (2009). Kentsel dönüşümlerden sosyal değişmelere: Pendik Belediyesi Örneği. *Akademik İncelemeler Dergisi*, 4 (2), 57-80.
- Saraçoğlu, F., Çakar, E.P., & Çakır, M. (2015). Rant vergisi ve ülkemizdeki tartışmalar. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 17 (3), 83-99.
- Scalenghe, R., & Marsan, F. A. (2009). The anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landscape and urban planning*, 90 (1-2), 1-10.
- Schwartz, S. S., & Smith, B. (2016). Restoring hydrologic function in urban landscapes with suburban subsoiling. *Journal of Hydrology*, 543, 770-781.
- Setälä, H., Bardgett, R. D., Birkhofer, K., Brady, M., Byrne, L., De Ruiter, P. C., ... & Van der Putten, W. H. (2014). Urban and agricultural soils: conflicts and trade-offs in the optimization of ecosystem services. *Urban Ecosystems*, 17, 239-253.
- Seyidoğlu, H. (2002). *Ekonomik Terimler Ansiklopedik Sözlük* (3. Baskı). İstanbul. Güzem Can.
- Sezik, M. (2020). Türkiye de yerel yönetimlerin güncel kentsel sorunlara yaklaşımı. *Uluslararası Toplum Araştırma Dergisi*, 15 (22), 1542-1562.
- Smith, A. (1996). *Milletlerin Zenginliği*. Haldun Derin (çev.). İstanbul. Türkiye İş Bankası Yayınları.
- Szlavecz, K., Yesilonis, I., & Pouyat, R. (2018). Soil as foundation for urban biodiversity. In: Ossola, A., Niemelä, J., (eds) *Urban biodiversity: from research to practice*. Taylor and Francis, London, pp 18–36
- Şen, H., & Sağbaş, İ. (2016). *Vergi Teorisi ve Politikası*. Ankara.
- Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy Buildings*, 25, 99-103.
- Theobald, D. M. (2005). Landscape patterns of exurban growth in the USA from 1980 to 2020. *Ecology and society*, 10 (1).
- Torlak, S. (2003). Gecekondulaşmanın gelişimi, imar afları ve islah imar planları. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 12 (1), 64-73.
- Trammell, T. L. E., Pataki, D. E., Cavender-Bares, J., Groffman, P. M., Hall, S. J., Heffernan, J. B., ... & Nelson, K. C. (2016). Plant nitrogen concentration and isotopic composition in residential lawns across seven US cities. *Oecologia*, 181, 271-285.

- Tuncer, M., & Rakıcı, C. (2014). Rant vergisi üzerine. 1. Yaklaşım. 22 (258), 231-238.
- Turbé, A., De Toni, A., Benito, P., Lavelle, P., Lavelle, P., Camacho, N. R., & Mudgal, S. (2010). Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers.
- TÜİK, Yapı İzin İstatistikleri, IV. Çeyrek: Ekim- Aralık 2021 erişim: 28.08. 2024
- Türk Dil Kurumu. 2009. tdk.gov.tr.
- United Nations (2015). World population prospects: the 2015 revision, key findings and advance tables. Working Paper ESA/P/WP.241. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York.
- Washbourne, C. L., Lopez-Capel, E., Renforth, P., Ascough, P. L., & Manning, D. A. (2015). Rapid removal of atmospheric CO<sub>2</sub> by urban soils. *Environmental science & technology*, 49 (9), 5434-5440.
- Wessolek, G. (2008) Sealing of soils. In: Marzluff, J., Shulenberger, E., Endlicher, W. (eds) *Urban ecology, an international perspective on the interaction between humans and nature*. Springer, New York, pp 161–179.
- Yırtıcı, H. (2011). Kentleşme: Türkiye’de bir sermaye birikim aracı olarak toprak rantı ve kent mekanının dönüşümü. *Mimarlık*. 362. Kasım-Aralık.
- Youngsteadt, E., Henderson, R. C., Savage, A. M., Ernst, A. F., Dunn, R. R., & Frank, S. D. (2015). Habitat and species identity, not diversity, predict the extent of refuse consumption by urban arthropods. *Global change biology*, 21 (3), 1103-1115.
- Zemlyanitskiy, L. T. (1963). Characteristics of the soils in the cities. *Soviet Soil Science*, 5, 468–475.
- Zhao, L., Lee, X., Smith, R. B., & Oleson, K. (2014). Strong contributions of local background climate to urban heat islands. *Nature*, 511 (7508), 216-219.



# DOĞAL ÇEVRENİN SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE ÇEVRESEL YOKSUNLUĞUN GÖZ ARDI EDİLMESİ

Prof. Dr. Yıldız AKSOY

İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü  
ORCID 0000-0002-8804-8337

## ÖZET

Bu araştırmada, doğayla temasın insan sağlığı üzerindeki potansiyel ve somut faydaları detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Araştırmada, doğa ve sağlık arasındaki ilişkiyi anlamak için çevre psikolojisi, psikiyatri, tıp, ekoloji, peyzaj tasarımı, kent planlaması, halk sağlığı politikası, tamamlayıcı tıp, rekreasyon gibi çok disiplinli alanlarda geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Özellikle parkların sağlık üzerindeki rolü vurgulanmıştır. Şehirleşmenin giderek arttığı günümüzde, parklar yalnızca doğal ekosistemlerin korunmasında değil, aynı zamanda kentsel bölgelerde yaşayan insanların doğayla temasını sağlayarak sağlıklarını iyileştirmede önemli bir araçtır. Parklar, kentsel alanlarda yaşayan insanlar için doğayla temasa geçebileceği en kolay alanlardır. Bu durum, insanların stresle başa çıkmasına yardımcı olmak, fiziksel aktivitelerini artırmak ve genel sağlığına katkı sağlamak için parkları kullanmalarını teşvik etmektedir. Örneğin, kentte yaşayan bir birey, yeşil alanlarda yürüyüş yaparak stresini azaltabilir veya bir çocuk, parkta oynayarak fiziksel aktivitelerini artırabilir. Bu tür somut örnekler, doğanın sağlık üzerindeki faydalarını gözler önüne sermektedir. Araştırma, doğayla temasın insan sağlığı üzerindeki potansiyel ve somut faydalarını derleyerek bu alanda daha fazla ampirik araştırma yapılmasını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak, bu araştırma, parkların doğayla temas sağlayarak fiziksel ve ruhsal sağlığı nasıl desteklediğini anlamaya yönelik kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu bağlamda, şehirlerde yaşayanların doğaya erişimini artırmak, sağlıklarını iyileştirmek ve sosyal dayanışmayı teşvik etmek için parkların önemi bir kez daha vurgulanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Doğal Çevre, Parklar, Sağlık

## THE IMPACT OF THE NATURAL ENVIRONMENT ON HEALTH AND THE NEGLECT OF ENVIRONMENTAL DEPRIVATION

### ABSTRACT

In this study, the potential and tangible benefits of contact with nature on human health are discussed in detail. In order to understand the relationship between nature and health, an extensive literature review was conducted in multidisciplinary fields such as environmental psychology, psychiatry, medicine, ecology, landscape design, urban planning, public health policy, complementary medicine and recreation. Especially the role of parks on health is emphasised. In today's world of increasing urbanisation, parks are an important tool not only for the protection of natural ecosystems but also for improving the health of people living in urban areas by providing contact with nature. Parks are the easiest places for people living in urban areas to get in touch with nature. This encourages people to use parks to help them cope with stress, increase their physical activity and contribute to their overall health. For example, an urban dweller can reduce stress by walking in green spaces, or a child can increase physical activity by playing in a park. Such concrete examples illustrate the health benefits of nature. By compiling the potential and tangible benefits of contact with nature on human health, the research aims to encourage further empirical research in this field. As a result, this research provides a comprehensive framework for understanding how parks promote physical and mental health through contact with nature. In this context, the importance of parks for increasing urban dwellers' access to nature, improving their health and promoting social solidarity is once again emphasised.

**Keywords:** Natural Environment, Parks, Health

## 1. GİRİŞ

Doğal çevrenin, bireylerin ve toplumların sağlığını belirleyen temel faktörlerden biri olduğu konusunda genel bir fikir birliği bulunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütüne göre çevresel faktörler, küresel hastalık yükünün yaklaşık dörtte birine ve çocuklarda görülen hastalık yükünün üçte birinden fazlasına neden olmaktadır. Bu gerçek, çevresel koşulların sağlık üzerindeki önemini ortaya koymaktadır. Ancak, DSÖ'nün bu hastalık yükünü çevresel faktörlerle ilişkilendirme çabalarında, daha çok çevresel bozulmanın etkilerine odaklanıldığı görülmektedir. Bu yaklaşım, çevresel bozulmanın sağlık üzerindeki belirgin etkilerini ele almak açısından önemlidir; ancak çevresel yoksunluğun sonuçlarına çok az veya hiç dikkat edilmemiştir (Prüss-Üstün ve Corvalan, 2006),

Çevresel yoksunluk, bireylerin sağlıklı bir yaşam sürebilmeleri için ihtiyaç duydukları doğal kaynaklara veya çevresel hizmetlere erişememesi anlamına gelir. Bu durum, özellikle dezavantajlı topluluklarda, fiziksel ve zihinsel sağlık üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratabilir. Ne yazık ki, çevresel yoksunluk konusundaki bu eksiklik, yalnızca DSÖ'nün raporlarında değil, aynı zamanda "çevre sağlığı" disiplini ve mesleğinde de yaygın bir şekilde görülmektedir. Çevre sağlığı çalışmaları genellikle büyük ölçekte çevresel risk faktörlerine odaklanmakta, bireylerin ve toplulukların çevresel yoksunluktan kaynaklanan uzun vadeli sağlık sorunlarına gereken önemi vermemektedir. Bu durum, çevresel faktörlerin sağlık üzerindeki çok boyutlu etkilerini anlamayı ve çözüm üretmeyi zorlaştırmaktadır. Daha kapsayıcı bir yaklaşım, hem çevresel bozulmayı hem de çevresel yoksunluğu ele alarak sağlık ve çevre ilişkisini daha bütüncül bir şekilde ele almayı gerektirmektedir.

Araştırmalar, insanların yalnızca temel fiziksel ihtiyaçlarını (gıda, su, barınma gibi) karşılamak için değil, aynı zamanda psikolojik, duygusal ve ruhsal ihtiyaçları açısından da doğaya derin bir bağımlılık içinde olduğunu ortaya koymaktadır (Katcher ve Beck, 1987; Frumkin, 2001). Doğaya duyulan bu bağımlılık ve doğayla etkileşim sonucunda elde edilen faydalar, hâlâ araştırılmaya devam eden bir alan olmakla birlikte, mevcut çalışmalar, doğal ortamların insan sağlığı ve yaşam kalitesi üzerindeki olumlu etkilerini açıkça göstermektedir. Bu bulgular, parklar ve doğal alanlar gibi mekânların, bireylere doğayla bağ kurma imkânı sunarak fiziksel ve zihinsel sağlığı desteklediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, doğal alanların sadece fiziksel ihtiyaçlar için değil, bütüncül bir sağlıklı yaşam için kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Son birkaç yüzyılda, insanlar doğal çevreden belirgin bir şekilde uzaklaşmıştır (Axelrod ve Suedfeld, 1995). Bu durumun temel nedeni, insanların kırsal alanlardan büyük ölçüde kentlere göç etmesidir. Şehir yaşamında doğayla temas genellikle sadece parklar gibi sınırlı alanlar aracılığıyla sağlanabilmektedir. Günümüzde insanlar, bitkiler ve hayvanlarla fiziksel temas halinde hiç olmadığı kadar az zaman geçirmekte, bunun uzun vadeli etkileri ise tam anlamıyla bilinmemektedir. Ayrıca, modern toplum yapısı insanları, dış çevresel uyaranlardan ve doğayla düzenli temas fırsatlarından büyük ölçüde soyutlamaktadır. Bazı araştırmacılar, sürekli yapay çevrelerde bulunmanın ve doğadan kopuk bir yaşam sürdürmenin, yorgunluğa veya enerji ve sağlık kaybına yol açabileceğini öne sürmektedir (Stilgoe, 2001).

Doğal dünyadan uzaklaşmanın sağlık üzerinde olumsuz etkileri olabileceği fikri, yalnızca bilim insanları ve araştırmacılar tarafından değil, aynı zamanda bireylerin günlük seçimlerinde de açıkça görülmektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde halkın yaklaşık %42'sinin bir tür tamamlayıcı tıp kullandığı tahmin edilmektedir. Dahası, dünya genelinde tamamlayıcı tıp kullanımı son yıllarda iki katına çıkmıştır (Clark, 2000). Astım tedavisinde tamamlayıcı ve alternatif tıp kullanımını inceleyen araştırmaya göre astımı olan yetişkinlerin %20-30'u ve çocukların %50-60'ı herhangi bir zamanda tamamlayıcı tıp yöntemlerini kullanmaktadır (Al-Mahdi ve diğ., 2020). Bu artış yalnızca modern tıbbi tekniklere yönelik bir memnuniyetsizlikten kaynaklanmamaktadır; aynı zamanda, bireylerin sağlıkları için daha doğal bir yaklaşım arzusunun bir yansıması olarak da değerlendirilebilir (Clark, 2000).

## 2. PARKLARIN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ: DOĞAYLA TEMASIN ROLÜ

19. yüzyılda parkların tasarlanması, şehir yetkililerinin açık alanların sağlık üzerinde olumlu etkileri olacağına dair güçlü bir inanç taşımasıyla şekillenmiştir. Bu dönemde, parkların hastalık oranlarını azaltacağı, suç ve sosyal bozulmayı engelleyeceği, aynı zamanda şehirlere “yeşil akciğerler” sağlayarak temiz hava ve rekreasyon imkânları sunacağı düşünülüyordu. Ayrıca, doğayla temasın bireylerin psikolojik refahını artırdığı, kent yaşamının neden olduğu stresi azalttığı ve fiziksel sağlığı teşvik ettiği yönünde yaygın bir kanaat vardı (Ulrich, 1993). Örneğin, Londra'da 19. yüzyılda inşa edilen Hyde Park ve Victoria Park gibi büyük yeşil alanlar, sadece estetik bir unsur değil, aynı zamanda halkın fiziksel ve ruhsal sağlığını desteklemek için tasarlandı. Bu yaklaşımlar, şehirlere parklar ve diğer doğal alanların oluşturulması için gerekçe oluştururken, aynı zamanda şehir dışındaki vahşi doğa alanlarının da kamuya açılmasını teşvik etti. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde 1872'de kurulan Yellowstone Ulusal Parkı, doğal alanların korunması ve halkın kullanımına sunulması fikrinin erken bir örneğidir (Parsons, 1991). Bu tarihsel adımlar, günümüzde şehir planlamasında parkların sağlık ve sosyal faydaları açısından neden bu kadar önemli görüldüğünü anlamak için temel bir bağlam sağlar.

Modern dönemde parklar, sağlıkla olan bağlantılarını tamamen yitirmemiş olsa da, genellikle boş zaman ve spor aktiviteleri için birer mekân olarak ön plana çıkmaktadır. Fiziksel aktivitenin sağlık üzerindeki önemi artık yaygın bir şekilde kabul görmektedir, ancak fiziksel hareketsizlik, özellikle gelişmiş ülkelerde hastalık yüküne önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Parkların fiziksel aktiviteyle ilişkisi üzerine yapılan araştırmalar bu bağlantıyı desteklemektedir.

Lee ve diğ. (2005) tarafından yapılan araştırmada parkların etkin bir şekilde kullanılabilmesi için fiziksel varlığının yanı sıra bakımının düzenli olarak yapılması ve kentsel iyileştirmelerle desteklenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Araştırmaya göre, kötü durumda olan, bakımsız veya yeterince güvenlik hissi sağlamayan parklar, bulunduğu bölge ne kadar ihtiyaç duyarsa duysun, hedeflenen topluluk tarafından kullanılmayabilir. Bu durum, parkların görsel çekiciliğini ve güvenilirliğini artırmaya yönelik sürekli yatırımların önemini ortaya koymaktadır. Örneğin, araştırma bulguları, iyi bakımlı yeşil alanların sadece fiziksel aktiviteyi teşvik etmekle kalmayıp aynı zamanda sosyal etkileşimi de artırdığını göstermiştir. Bu nedenle, Lee ve ekibi, park tasarımı ve yönetiminde sürdürülebilir bakım politikalarının ve toplulukla iş birliğinin önemine dikkat çekmektedir.

Park kullanımını etkileyen diğer faktörler arasında güvenlik algısı ve estetik çekicilik de bulunmaktadır. Evenson ve diğ. (2006), güvenliğin ve görsel cazibenin bir parkın tercih edilmesinde kritik roller oynadığını belirtmiştir. Örneğin, temiz, iyi aydınlatılmış, güvenlik hissi veren parklar daha fazla insanı çekmektedir. Yapılmış olan araştırmalarda ortaya çıkan genel sonuca göre parklar yalnızca fiziksel aktivite için bir mekân değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel koşulları iyileştirmek için de stratejik olarak değerlendirilen alanlardır.

Parklar günümüzde fiziksel aktivite mekânları olarak ön plana çıksa da, genellikle kentsel ve kırsal altyapının temel bileşenlerinden ziyade isteğe bağlı olanaklar olarak değerlendirilmektedir (Kaplan ve Kaplan, 1989). Özellikle ulusal parklar gibi geniş doğal alanların sağlık açısından sunduğu fırsatlar konusunda yeterli farkındalık bulunmamaktadır. Bu durum, erken dönem peyzaj tasarımcılarının, parkların sağlık ve refah üzerindeki olumlu etkilerini nasıl fark ettikleri veya öngördüklerinin günümüzde neden yeterince dikkate alınmadığını açıklamayı zorlaştırmaktadır. Daha açık bir ifade ile geçmişte parkların önemini anlamış olan peyzaj tasarımcıların görüşlerinin, modern bakış açısında neden yeterince değerlendirilmediği konusuna cevap aranmaktadır.

Ancak son 20 yılda yapılan araştırmalar, bu öncü tasarımcıların görüşlerini doğrular niteliktedir. Örneğin, "yeşil doğa"nın suç oranlarını azaltabildiği (Kuo, 2001), psikolojik refahı artırdığı, stresi azalttığı (Parsons, 1991) ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği araştırmalarda ortaya çıkmıştır. Ayrıca, doğanın üretkenliği artırabileceği (Tennessee ve Cimprich, 1995), psikiyatrik hastaların ve diğer hastaların iyileşme süreçlerini destekleyebileceği ve insan gelişimi ile uzun vadeli sağlık ve refah için büyük bir gereklilik olduğu belirtilmiştir. Bu bulgular, parkların yalnızca rekreasyon alanları değil, aynı zamanda insan sağlığını destekleyen ve toplumsal faydalar sunan vazgeçilmez unsurlar olduğunu bir kez daha kanıtlamaktadır.

## 2. 1. Parklar, Halk Sağlığı ve Refah

Ekosistem, tüm yaşamın sürdürülebilmesi için temel bir sermaye olarak kabul edilmektedir (Suzuki 1990). Su ve hava kalitesinden, ekonomik canlılık ve kişisel refahımıza kadar pek çok faktör, ulaşım, iletişim ve kamu güvenliği sistemlerinin yanı sıra doğal kaynaklara da bağlıdır. Bu bağlamda parklar, doğaya erişim sağlayarak ve ekosistemleri koruyarak, şehirlerimizin ve topluluklarımızın altyapısının vazgeçilmez bir parçasıdır. Ancak, koruma faaliyetlerinde kaydedilen ilerlemelere rağmen, "modern şehirde sağlıklı ve çeşitliliği olan bir doğal çevreye" duyulan ihtiyacın planlayıcılar, karar vericiler ve geliştiriciler arasında henüz tam anlamıyla kabul görmediği ifade edilmektedir. Kentsel çevrede, doğaya erişimin en kolay yolu genellikle park alanlarıdır, çünkü bu alanlar evdeki bahçeler dışında şehirde doğayla temas kurmanın en etkili yoludur (Siftova ve Fialova, 2023). Parklar, büyüklükleri, şekilleri, kaliteleri ve karakterleri bakımından farklılık gösterir ve bu çeşitlilik, insanların doğayla çeşitli seviyelerde bağlantı kurmasına olanak tanır.

İnsanlar, evrimsel süreç içinde doğayla iç içe yaşamaya alışkındılar; ancak son birkaç yüzyılda büyük şehirlerde yaşadıkları kısa süre zarfında bu uyum sağlama süreci kısıtlanmıştır. Bu da, modern şehirlerin fiziksel ihtiyaçlarımızı karşılamakta başarılı olmasına rağmen, içsel psikolojimizin bozulmasına neden olabilir (Gullone 2000).

19. yüzyıl Amerikalı peyzaj mimarı Frederick Law Olmsted şehirlerdeki beton ve yapay ortamların insanlarda stres, gerilim ve olumsuz etkiler yarattığını savunuyordu. Bu olumsuz etkilerden kurtulmak için doğanın, özellikle parklar ve yeşil alanlar gibi doğal unsurların, insanların ruh halini iyileştirici bir etkisi olduğunu düşünüyordu. Olmsted, bu etkiyi "bilinçsiz" bir süreç olarak tanımlıyor, yani insanlar doğayla etkileşimde bulunurken bu iyileştirici gücün farkında olmasalar bile, doğanın onları sakinleştirip rahatlatmaya yardımcı olduğunu ifade ediyordu. Olmsted, parkların sağlığı ve canlılığı artırdığına, ayrıca insanların yaşam beklentilerini uzattığına da vurgu yapıyordu (Katzenstein, (t.y.) Parklar ve doğa, insanlara sağlıklarını bütüncül bir şekilde yeniden kurma ve sürdürme fırsatı sunduğundan, önemli bir sağlık potansiyeline sahiptir. Sağlık sistemlerinin sağlıktaki en büyük belirleyicilerle sınırlı bir ilişkisi olduğu, dolayısıyla halk sağlığının çevresel ve sosyal yönlerine de odaklanması gerekmektedir (Bentley, 2014). Bu bağlamda, parklar, insanların sağlık ve refahını artırmaya yönelik çeşitli faktörleri ele almak için ideal mekânlar olarak öne çıkmaktadır.

## 2. 2. Doğayla Temasın Psikolojik Refah Üzerindeki Etkisi ve Kentsel Stresin Azaltılması

Doğayla temasın psikolojik refahı desteklediği ve kentsel yaşamın stresini azalttığı fikri, şehirleşmenin tarihine kadar uzanır ve ilk parkların tasarlanmasındaki ana fikirlerden biridir. İnsanların doğayla etkileşim kurma şekilleri çeşitlidir; bunlar arasında doğal manzaraları izlemek, doğal alanlarda vakit geçirmek ya da bitki ve hayvanlarla karşılaşmak yer alır. Bu etkileşimlerin bazıları günlük rutinler haline gelirken, diğerleri daha derin bir psikolojik etki yaratacak şekilde özel deneyimler sunar (Frumkin, 2001).

### 2. 2. 1. Doğal Manzaralar ve Sağlık

Son yıllarda, peyzaj araştırmacıları, insanların doğal manzaraları tercih etme eğilimlerini incelemek için çeşitli çalışmalar yapmıştır. Talbot ve Kaplan'ın (1984) çalışmalarında insanların doğal manzaraları yapay çevrelere tercih ettiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, doğal manzaraları görmenin insan sağlığı üzerinde olumlu etkiler yarattığına dair önemli miktarda ampirik ve teorik kanıt bulunmaktadır. Doğal manzaraların, özellikle parklar gibi yeşil alanların iyileştirici etkileri, son yıllarda stresli ve kapalı ortamlarda önemli bir araştırma konusu olmuştur. Özellikle hastaneler, huzurevleri, askeri üsler ve penceresiz ofisler gibi stresli çevrelerde, doğayla temasın ruhsal ve fiziksel sağlık üzerindeki olumlu etkileri giderek daha iyi anlaşılmalıdır. Bu tür ortamlarda, doğal manzaralar, kişilerin stres seviyelerini azaltmak, iyileşme süreçlerini hızlandırmak ve genel refahı artırmak için etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Araştırmalar, doğaya bakmanın zihinsel yorgunluğu azalttığını, duygusal dengeyi sağladığını ve kişilerin genel sağlığını iyileştirdiğini göstermektedir. Bu bulgular, şehir planlamasında parkların ve doğal alanların önemini vurgulayarak, kentsel alanlarda daha fazla yeşil alan oluşturulması gerektiğini ortaya koymakta ve parkların kentsel alanlarda nasıl yerleştirileceği ve planlanacağı konusunda önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Yapılmış olan başka bir araştırmada safra kesesi ameliyatı geçiren hastaların iyileşme oranları incelenmiş ve doğal manzara gören hastaların daha hızlı iyileştiği, hastanede daha az zaman geçirdiği, hemşireler tarafından daha olumlu bir şekilde değerlendirildiği, daha az ağrı kesiciye ihtiyaç duyduğu ve daha az ameliyat sonrası komplikasyon yaşadığı bulunmuştur (Ulrich 1984). Bu bulgular, doğanın iyileştirici etkilerinin hastaların fiziksel iyileşme süreçlerini hızlandırabileceğini göstermektedir. Ulrich'in çalışmasında, doğal bir manzaraya bakan hastaların iyileşme sürelerinin daha kısa olduğu, bununla birlikte psikolojik ve fizyolojik iyileşmenin de daha hızlı gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

Hapishane ortamlarında yapılan bir araştırma, mahkûmların hücre pencerelerinden doğa manzarası görebilmesinin, stresin fizyolojik belirtilerini azalttığını ortaya koymuştur. Moore (1981) tarafından yapılan bu araştırmada, doğa manzarası gören mahkûmların sindirim hastalıkları ve baş ağrısı gibi stres kaynaklı rahatsızlıkların daha düşük sıklıkta olduğu ve bu mahkûmların genel olarak daha az hasta oldukları tespit edilmiştir. Bu bulgular, doğanın, özellikle stresli ve kapalı alanlarda, insanların fiziksel ve psikolojik sağlıklarını iyileştiren bir etki yaratabileceğini göstermektedir.

Tennessee ve Cimprich (1995), doğanın bilişsel performans üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, üniversite öğrencilerinin dikkat gerektiren görevlerdeki performansını incelemeyi hedeflemiştir. Araştırma, doğal ve doğal olmayan manzaraların öğrencilerin bilişsel becerileri üzerindeki etkisini karşılaştırmak için tasarlanmıştır. Araştırmada, öğrencilere bir dikkat testi verilmiştir. Bu test, öğrencilerin bilişsel becerilerini ölçen, dikkat ve odaklanma gerektiren görevlerden oluşmuştur. Öğrenciler, doğal manzaralarla çevrili bir ortamda test edilirken, bir grup öğrenci de doğal olmayan manzaralarla (örneğin, kentsel manzaralar veya penceresiz bir odada) çevrili bir ortamda test edilmiştir. Çalışma sırasında öğrencilerin testlerdeki puanları ve başarı oranları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, doğal manzaralarla çevrili olan öğrencilerin testte daha yüksek puanlar aldığını göstermektedir. Bu durum, doğanın bilişsel performansı artırıcı bir etkiye sahip olabileceğini ortaya koymaktadır. Doğal çevrelerin, bireylerin dikkat ve odaklanmalarını geliştirmede önemli bir rol oynayabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, doğanın, özellikle stresli veya dikkat gerektiren durumlarda, bilişsel performansı iyileştiren bir etkisi olabileceğini vurgulamaktadır. Bu tür araştırmalar, doğayla teması artırmanın eğitim ve iş ortamlarında performansı nasıl etkileyebileceğini anlamamıza yardımcı olabilir.

Ayrıca, Heerwagen ve Orians (1986) tarafından yapılan çalışmada, pencere ve penceresiz ofislerde çalışan kişilerin görsel tercihlerine odaklanmıştır. Çalışma, penceresiz ofislerde çalışan kişilerin, pencere ve penceresiz ofislerde çalışanlara göre dış mekân veya doğa manzaralarını içeren fotoğraf veya posterleri dört kat daha fazla tercih ettiklerini ortaya koymuştur. Özellikle, penceresiz ofislerde seçilen doğa manzaralarının %75'inden fazlasında bina veya insan yapımı öğelere yer verilmediği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, doğanın görsel temsilinin bile, insanlar üzerinde rahatlatıcı ve iyileştirici bir etki yarattığını ve doğa ile olan görsel bağlantının çalışanların ruh hali ve verimliliği üzerinde olumlu bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, işyerlerinde doğaya erişimin çalışanların iş stresini azaltmaya ve iş memnuniyetini artırmaya yardımcı olduğunu göstermektedir. Kaplan ve Kaplan (1989), işyerinde ağaç ve diğer bitki örtüsüne sahip manzaralar görebilen çalışanların, işlerini daha az stresli bulduklarını ve işlerinden daha fazla memnun olduklarını belirlemişlerdir. Ayrıca, doğa manzarası görebilen çalışanlar, daha az hastalık ve baş ağrısı yaşadıklarını bildirmiştir. Başka bir araştırmada ise (Leather ve diğ. 1998), ofislerde bulunan bitkilerin işyerindeki stresin olumsuz etkilerini azalttığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, doğayla daha fazla temas etmenin işyerindeki ruh hali ve sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Parsons ve diğ. (1998), araba sürücülerindeki stres ve yol kenarı çevrelerinin bu stresi nasıl azalttığını araştıran bir literatür incelemesi yapmıştır. Araştırmada, dört farklı manzara tipi (orman/kırsal manzaralar, golf sahaları dışındaki alanlar, kentsel manzaralar (binalar) ve karışık yol kenarı manzaraları) deneklere simüle edilerek, stres iyileşmesi ve bağışıklık üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, doğa ağırlıklı manzaralarla yapılan sürüşlerin ardından katılımcıların stresinin daha hızlı azaldığını ve daha fazla bağışıklık kazandığını göstermiştir. Bu bulgular, doğanın stresi azaltmada ve bağışıklığı güçlendirmede önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Kaplan (2001) tarafından yapılan bir araştırmada, apartman sakinlerinin doğal manzaralara bakabilmesinin, onların refah seviyelerini ve mahalle memnuniyetini artırdığını ortaya koymuştur.

Ancak, bu memnuniyetin yalnızca büyük açık alanlardan değil, aynı zamanda birkaç ağaç görebilme durumunda çok daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum, doğal unsurların daha küçük ölçekte bile büyük bir psikolojik fayda sağladığını göstermektedir. Kaplan (1985) tarafından gerçekleştirilen bir başka araştırmada ise, bahçeleri görebilen kentsel sakinlerin, komşularının daha arkadaş canlısı olduklarını ve topluluklarının daha güçlü bir bağa sahip olduğunu belirtmiş, bunun da mahalle memnuniyetine olumlu katkı sağladığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Kearney (2006) tarafından yapılan bir araştırmada, doğal ortamlara, özellikle ormanlar ve peyzaj gibi doğal manzaralara bakmanın sakinlerin mahalle memnuniyetini artırdığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca, daha yüksek yoğunluklu yaşam alanları, örneğin yüksek katlı binalarda yaşayan kişiler için doğal bir manzaranın varlığının, bu yaşam biçiminin kabul edilebilirliğini artırabileceği ortaya çıkmıştır. Bu araştırmalar, doğayla temasın, hem bireysel hem de toplumsal düzeyde yaşam kalitesini iyileştirebileceğini göstermektedir.

### 3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kentsel yaşam, genellikle mekanik zamanla, yani dakiklik, son tarihler gibi dışsal baskılarla şekillenirken, bedenlerimiz ve zihinlerimiz biyolojik zamanla, yani doğal döngülerle etkileşim içindedir. Bu iki zamanın çatışması, sinirlilik, huzursuzluk, depresyon, uykusuzluk, baş ağrısı ve hazımsızlık gibi psikosomatik sorunlara yol açabilir. Eğer bu sorunlar ele alınmazsa, daha ciddi sağlık problemlerine dönüşme potansiyeline sahiptirler. Doğada geçirilen zaman, beynin sağ yarım küresinin aktivitelerini artırarak zihinsel yenilenmeye yardımcı olur ve sinir sistemi üzerindeki baskıyı azaltır. Bu, insanların parkta yürüyüş yaparak zihinsel yorgunluktan kurtulmalarını ve stresle başa çıkmalarını bilimsel olarak açıklamaktadır. Bu süreç, yönlendirilmiş dikkatin dinlenmesine ve zihnin rahatlamasına olanak tanır, böylece kişinin genel psikolojik ve fizyolojik sağlığını iyileştirir. Ayrıca, doğayı gözlemlemek, beynin fazla aktivitesini azaltabilir ve sinir sistemi üzerindeki stresi hafifletebilir (Thompson, 2002).

Parklar, dinlendirici deneyimler için ideal mekânlardır. Hartig ve Marcus (2006), bir parkta yürümeyi, kentsel bir ortamda yürümeyi ve bir koltukta dinlenmeyi karşılaştırarak, zihinsel yorgunluğun en etkin şekilde bir parkta yürüyüş yaparak giderildiğini bulmuşlardır.

İnsanlar uzun bir süre doğayı kendilerinden ayrı, hatta üstün bir güç olarak görmüştür (Martin 1996). Ancak zamanla, insanın çevresel sistemler üzerindeki etkileri gözlemlendikçe ve doğayı anlama düzeyi arttıkça, bu görüş yerini daha kapsamlı bir anlayışa bırakmıştır. İnsan ile doğal dünya arasındaki ilişki, hem bilinçli hem de bilinçaltı düzeyde derin bir bağ içerir. Bu bağ, bireylerin çevreyle olan etkileşimlerini ve doğanın insan üzerindeki etkilerini anlamayı zorlaştırır. Doğa ile olan bu ilişki, bireyin düşüncelerine, duygularına ve davranışlarına sızarak, çoğu zaman fark edilmesi güç bir hale gelir. Örneğin, bir birey doğal bir ortamda huzur bulduğunu hissederken, bu durumun ardında yatan psikolojik ve biyolojik süreçler genellikle bilinç düzeyine çıkmaz. Bu karmaşıklığa rağmen, son yıllarda doğa ve insan ilişkisini daha iyi anlamak için disiplinler arası araştırmalara büyük önem verilmiştir. Özellikle ekoloji, biyoloji, çevre psikolojisi ve psikiyatri gibi alanlarda yapılan çalışmalar, insanın doğal çevreyle olan bağlantısının derinliğini ve bu ilişkinin sağlık, refah ve davranış üzerindeki etkilerini ortaya koymaya odaklanmıştır. Ekoloji ve biyoloji disiplinlerinde yapılan araştırmalar, ekosistem hizmetlerinin insan sağlığı üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini incelemiştir. Örneğin, biyolojik çeşitliliğin azalması, insanların sağlıklı gıdaya erişimini tehdit edebilirken, ekosistemlerin bozulması temiz su ve hava kaynaklarını olumsuz etkileyebilir. Çevre psikolojisi alanında yapılan çalışmalar ise, doğal alanlarda vakit geçirmenin stres seviyelerini azalttığını, zihinsel sağlığı iyileştirdiğini ve genel yaşam memnuniyetini artırdığını göstermiştir. Psikiyatri alanında ise, doğayla temasın depresyon, anksiyete ve diğer ruhsal sağlık sorunlarını azaltmada önemli bir araç olduğu bulunmuştur. Örneğin, doğal ortamlarda yürüyüş yapmanın veya yeşil alanlara düzenli erişimin insanların zihinsel iyilik hali üzerindeki olumlu etkileri, sayısız çalışmayla desteklenmiştir. Bu disiplinler arası çabalar, insan ile doğal dünya arasındaki ilişkiyi hem teorik hem de uygulamalı düzeyde daha iyi anlamamızı sağlamaktadır. Bu bağlamda, hem bireylerin hem de toplumların doğayla olan bağlarını güçlendirmeye yönelik stratejiler geliştirilmesi gerektiği açıktır. Örneğin, şehirlerde yeşil alanların artırılması veya doğa temelli terapilerin yaygınlaştırılması, insan ve doğa arasındaki ilişkinin daha sağlıklı bir düzeye taşınmasına yardımcı olabilir.

Bu doğrultuda, parkların ve doğal alanların yönetimi, toplumların ve hükümetlerin bu mekânlara bakış açısını yeniden gözden geçirmesi gerektiğini işaret etmektedir. Doğanın ve yeşil alanların, toplum sağlığını artırmaya

yönelik politika ve planlamalarda daha merkezi bir konuma oturtulması gerektiği açıktır. Bu tür bir yaklaşım, şehir planlamasında yeşil alanların önceliklendirilmesi, erişilebilirliğin artırılması ve doğal alanların korunmasını içerebilir.

Doğayla temasın insan sağlığı ve refahı üzerindeki etkileri, giderek artan bir şekilde bilimsel araştırmaların odak noktası haline gelmiştir. Fiziksel sağlık üzerindeki doğrudan faydalarının yanı sıra, zihinsel ve duygusal iyilik haline katkıları da geniş bir yelpazede değerlendirilmektedir. Araştırmalar, doğayla iç içe olmanın kan basıncını düşürmek, bağışıklık sistemini güçlendirmek ve stres düzeylerini azaltmak gibi fiziksel faydalar sunduğunu ortaya koymaktadır. Aynı zamanda, yeşil alanlarda geçirilen zamanın ruhsal iyilik hali, odaklanma yeteneği ve bilişsel performansı artırdığı; depresyon, kaygı gibi zihinsel sağlık sorunlarının riskini azalttığı vurgulanmaktadır. Doğayla etkileşim, bireysel düzeyde faydalar sağlamanın ötesinde, toplumsal refahı artırıcı bir role de sahiptir. Şehirlerde bulunan yeşil alanların, bireyler arasında sosyal bağların güçlenmesine ve toplumun genel dayanıklılığının artmasına katkı sağladığı ortadadır. Çevre psikolojisi, çevre sağlığı, psikiyatri, biyoloji, ekoloji, halk sağlığı politikaları ve tıp da bu konuyu kapsamlı bir şekilde araştırmaktadır. Ortak bir fikir, doğayla temasın yalnızca faydalı değil, aynı zamanda insan sağlığı ve yaşam kalitesi için temel bir gereklilik olabileceğidir. Bu iddianın dayandığı kanıtlar, yapılan çalışmaların metodolojik sınırlamaları nedeniyle zaman zaman değişiklik göstermekle birlikte, doğanın sağlık üzerindeki etkilerinin genel kabulü giderek artmaktadır. Doğanın insan refahını nasıl iyileştirdiğine dair biyolojik veya psikolojik mekanizmalar her zaman tam olarak açıklanamasa da, doğal ortamların stres azaltıcı etkileri, ruh sağlığını desteklemesi ve fiziksel aktiviteleri teşvik etmesi gibi faydaları sıklıkla vurgulanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Al-Mahdi, A.Y., Saad, N.R., Alabed, A.A.A., Abdulsalam, R. (2020) Complementary and Alternative Medicines (CAM) Used Among Children and Adolescents with Asthma in Benghazi, Libya. *Asian Journal of Scientific Research*, 13 (4), 253-258.
- Axelrod, L. J., Suedfeld, P. (1995) Technology, capitalism, and Christianity: Are they really the three horsemen of the eco-collapse? *Journal of Environmental Psychology*, 15 (3), 183-195.
- Bentley, M. (2014) An ecological public health approach to understanding the relationships between sustainable urban environments, public health and social equity. *Health Promotion International*, 29 (3), 528-537.
- Clark, P.A. (2000) The ethics of alternative medicine theories. *Journal of Public Health Policy*, 21 (4), 447-470.
- Evenson, K.R., Birnbaum, A.S., Bedimo-Rung, A.L., Sallis, J.F., Voorhees, C.C., Ring, K., Elder, J.P. (2006) Girls' perception of physical environmental factors and transportation: reliability and association with physical activity and active transport to school. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 3 (28), 1-16.
- Frumkin, H. (2001) Beyond toxicity: Human health and the natural environment. *AJPM American Journal of Preventive Medicine*, 20 (3), 234-240.
- Gullone, E. (2000). The Biophilia Hypothesis and Life in the 21st Century: Increasing Mental Health or Increasing Pathology? *Journal of Happiness Studies*, 1 (3), 293-321.
- Hartig, T., Marcus, C.C. (2006) Essay: Healing gardens--places for nature in health care. *The Lancet* 368, 536-537.
- Heerwagen, J. H., Orians, G. H. (1986) Adaptations to windowlessness: A study of the use of visual decor in windowed and windowless offices. *Environment and Behavior*, 18 (5), 623-639.
- Katzenstein, P.J. (t.y.) *Of Gardens, Forests, and Parks*.  
[https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/D7D7A94459E65E743C71A548027ADE1B/9781316512661c10\\_279-352.pdf/of-gardens-forests-and-parks.pdf](https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/D7D7A94459E65E743C71A548027ADE1B/9781316512661c10_279-352.pdf/of-gardens-forests-and-parks.pdf)

- Kaplan, R. (1985) Nature at the doorstep: Residential satisfaction and the nearby environment. *Journal of Architectural and Planning Research*, 2, 115-127.
- Kaplan, R., S. Kaplan. (1989) *The Experience of Nature. A Psychological Perspective*. Cambridge University Press, New York.
- Kaplan, S. (2001) Meditation, Restoration, and the Management of Mental Fatigue. *Environment and Behavior*, 33 (4), 480-506.
- Katcher, A. H., Beck, A. M. (1987). Health and caring for living things. *Anthrozoös*, 1 (3), 175-183.
- Kearney, A. R. (2006) Residential Development Patterns and Neighborhood Satisfaction: Impacts of Density and Nearby Nature. *Environment and Behavior*, 38 (1), 112-139.
- Kuo, F.E. (2001) Coping with Poverty: Impacts of Environment and Attention in the Inner City. *Environment and Behavior*, 33 (1), 5-34.
- Lee, R., Heinrich, K.M., Reese-Smith, J.Y., Regan, G., Howard, H.H. (2005) The Physical Activity Resource Assessment (PARA) instrument: Evaluating features, amenities and incivilities of physical activity resources in urban neighborhoods. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2 (13), 1-9.
- Leather, P., Pyrgas, M., Beale, D., Lawrence, C. (1998) Windows in the Workplace: Sunlight, View, and Occupational Stress. *Environment and Behavior*, 30 (6), 739-762.
- Martin, P. (1996) New perspectives of self, nature and others. *Journal of Outdoor and Environmental Education*, 1 (3), 3-9.
- Moore, E. O. (1981) A Prison Environment's Effect on Health Care Service Demands. *Journal of Environmental Systems*, 11 (1), 17-34.
- Parsons, R. (1991) The potential influences of environmental perception on human health. *Journal of Environmental Psychology*, 11 (1), 1-23.
- Parsons, R., Tassinary, L.G., Ulrich, R.S. Hebl, M.R., Grossman-Alexander, M. (1998) The View from the Road: Implications for Stress Recovery and Immunization. *Journal of Environmental Psychology*, 18 (2), 113-140.
- Prüss-Üstün, A., C. Corvalan (2006) Preventing Disease through Healthy Environments Towards an estimate of the environmental burden of disease, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, France.
- Stilgoe, J.R. (2001) Gone barefoot lately? *AJPM American Journal of Preventive Medicine*, 20 (3), 243-244.
- Siftova, J., Fialova, D. (2023) Play it light: the role of gardens and gardening in the lives of latter-day urbanites. *Leisure Studies*, 42 (4), 568-580
- Talbot, J. F., Kaplan, R. (1984) Needs and Fears: The Response to Trees and Nature in the Inner City. *Journal of Arboriculture*, 10 (8), 222-228.
- Tennessen, C. M., Cimprich, B. (1995) Views to nature: Effects on attention. *Journal of Environmental Psychology*, 15 (1), 77-85.
- Thompson, C. W. (2002) Urban open space in the 21st century. *Landscape and Urban Planning*, 60 (2), 59-72.
- Ulrich, R.S. (1993) Biophilia, Biophobia, Natural Landscapes. In: Kellert, S.R. and Wilson, E.O., Eds., *The Biophilia Hypothesis*, Island Press, Washington DC, 73-137.
- Ulrich, R.S. (1984) View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224, 420-421.



