

**THEORY OF  
ARCHITECTURE**  
**TEORIA ARCHITEKTURY**

---

## MOSLEH AHMADI

Doctoral student

Gdańsk University of Technology  
Faculty of Architecture and Urban Planning  
e-mail: [mosleh.ahmadi@pg.edu.pl](mailto:mosleh.ahmadi@pg.edu.pl)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3938-5895>

## NATALIA SOKÓŁ

PhD

Gdańsk University of Technology  
Faculty of Architecture and Urban Planning  
e-mail: [natalia.sokol@pg.edu.pl](mailto:natalia.sokol@pg.edu.pl)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0269-1701>

## JOANNA FRANCUZIK

Doctoral student

Gdańsk University of Technology  
Faculty of Architecture and Urban Planning  
e-mail: [joanna.francuzik@pg.edu.pl](mailto:joanna.francuzik@pg.edu.pl)  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4072-1256>

## JUSTYNA MARTYNIUK-PĘCZEK

PhD DSc

Gdańsk University of Technology  
Faculty of Architecture and Urban Planning  
e-mail: [juspecze@pg.edu.pl](mailto:juspecze@pg.edu.pl)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4232-0817>

# THE ROLE OF DAYLIGHT IN FORMING THE TRADITIONAL SPACE: CLASSIFICATION OF TRADITIONAL IRANIAN DAYLIGHTING ELEMENTS

## ROLA ŚWIATŁA DZIENNEGO W KSZTAŁTOWANIU PRZESTRZENI: KLASYFIKACJA TRADYCYJNYCH OŚWIETLENIOWYCH ELEMENTÓW ARCHITEKTONICZNYCH W BUDYNKACH W IRANIE

### ABSTRACT

Daylight character in a space can be defined as the manner in which daylight permeates and is dispersed in that space. The architectural elements related to daylighting under investigation in this study were rooted in Iranian-Isfahani heritage, considered traditional Iranian architecture (from the 16th to early 20th century). The establishment of a classification system for daylighting systems holds significant utility. This study aims to delineate the architectural components present in Isfahani-style structures that facilitate the ingress of daylight, thereby enhancing the indoors.

The methodology employed in this research relies on subjective observation and photographic documentation. Based on the findings of this study, architectural daylighting elements can be organized into four distinct categories: Controllers, Scatterers, Filterers, and Modifiers. This classification system delineated these categories based on the observed order in their complexity (in terms of both quantity and quality of daylight treatment), function (pertaining to lighting, view-out, or shading), material characteristics (including transparency, roughness, and brightness), and their impact on daylighting (such as distribution, colour rendition, and intensity). Daylight Controllers encompassed elements like the *hurno* (skylight), the *ravaq*, the *sabat*, and the *tabesh-band/sarsayeh/kharakpoush* (shading devices), while daylight Scatterers encompassed the *shabak*, the *rozan*, the *pachang* (windows and doors), and the *muqarnas* (an ornamental feature of skylight). Daylight Filterers, representing more advanced elements when compared to the previous two categories, included the *goljam* (windows) and the *jam-khaneh* (skylights). The most intricate daylight manipulation elements were the daylight Modifiers, exemplified by the *orosi* (windows) and the *roshandan* (skylight)

**Keywords:** daylighting, daylight space, heritage architecture, vernacular architecture, location-based daylighting

### STRESZCZENIE

Charakter światła dziennego można zdefiniować jako sposób, w jaki światło dzienne przenika i rozprasza się w przestrzeni. Elementy architektoniczne związane z oświetleniem dziennym, które są badane w tej pracy, mają swoje korzenie w dziedzictwie irańsko-isfahańskim, zwanym tradycyjną architekturą irańską (od XVI



wieku do początku XX wieku). Ustalenie systemu klasyfikacji dla systemów oświetlenia dziennego ma znaczące zastosowanie praktyczne. Niniejsza praca ma na celu przedstawienie elementów architektonicznych obecnych w budynkach w stylu isfahańskim, które umożliwiają przenikanie światła dziennego, poprawiając tym samym estetykę wnętrza.

Metodologia zastosowana w tej pracy opiera się na subiektywnej obserwacji i dokumentacji fotograficznej. Na podstawie wyników badania elementy architektoniczne oświetlenia dziennego można zaklasyfikować do czterech odrębnych kategorii: „kontrolery”, „rozpraszacze”, „filtry” i „modyfikatory”. System klasyfikacji został opracowany na podstawie zaobserwowanej złożoności zjawiska przenikania światła do wnętrza (zarówno pod względem ilości, jak i jakości efektu wizualnego wywołanego światłem dziennym), funkcji (dotyczących oświetlenia, widoku na zewnątrz lub przesłon), cech materiałowych (w tym przejrzystości, szorstkości i jaskrawości) oraz wpływu na oświetlenie dziennie (takie jak rozkład, odwzorowanie kolorów i intensywność). Kontrolery światła dziennego zawierają elementy takie jak *hurno* (światlik), *ravaq*, *sabat* i *tabesh-band/sarsayeh/kharakpoush* (urządzenia przesłaniające), podczas gdy rozpraszacze światła dziennego obejmują *shabak*, *rozan*, *pachang* (okna i drzwi) oraz *muqarnas* (ozdobna forma światlika). Filtry światła dziennego, reprezentujące bardziej zaawansowane elementy w porównaniu do dwóch poprzednich kategorii, obejmują *goljam* (okna) i *jam-khaneh* (światliki). Najbardziej skomplikowane elementy manipulacji światłem dziennym to modyfikatory światła dziennego, zilustrowane przez *orosi* (okna) i *roshandan* (światliki).

**Słowa kluczowe:** oświetlenie dzienne, przestrzeń oświetlona światłem dziennym, architektura dziedzictwa, architektura ludowa, lokalne oświetlenie dzienne

## 1. INTRODUCTION

Daylighting, within the realm of architecture, denotes the strategic use of architectural elements to allow access, entrance, and distribution of natural light into interior spaces. Architects often prioritize the integration of daylight provision as a fundamental design principle from the project's inception. The concept of 'daylighting in architecture' has been extensively explored from various perspectives, with particular emphasis placed on the user's visual comfort and overall well-being.

The field of daylighting in building design has seen significant research efforts. These studies encompass a broad spectrum, including examinations of the salutogenic effects of the environment, as discussed by Beute and de Kort in 2014. Researchers have delved into aspects such as the physiological impact of daylight and the role of views, as evidenced in the works of Chamilothori et al. (2022), Anderson et al. (2012), and Mardaljevic et al. (2014). Furthermore, investigations into the psychological dimensions of daylighting, as highlighted by Knoop et al. (2020) and Hourani and Hammad (2012), have shed light on its significance. Emotional responses to daylight have also been explored, as demonstrated by Baeza Moyano et al. (2020) and Woo et al. (2021). Moreover, researchers have probed into the comfort-related factors associated with daylighting, as seen in studies conducted by Pierson et al. (2022) and Chinazzo et al. (2018). Additionally, the investigation extends to the examination of user behaviour within buildings featuring integrated illumination, with insights drawn from works by Van Den Wymelenberg (2012) and Sokol et al. (2023).

To gain a more comprehensive understanding of these topics, one approach involves the identification and definition of daylighting systems within heritage buildings, offering valuable historical insights. It is important to note that this study is location-specific, focusing on Iran, both in terms of daylight conditions and the heritage buildings under scrutiny. This research investigated the architectural elements in traditional Iranian architecture that harness daylight and present it in interior spaces. It aims to not only categorize these elements systematically but also shed light on how they influence the presence of daylight. To date, scholars have approached this categorization in three distinctive manners.

Foremost among these categorizations is that of Ne'mat-Gorgani (2002), who classified these architectural features as either 'daylight catchers' or 'daylight controllers'. Additionally, two other studies have explored daylighting through the lens of control strategies, labelling them as 'daylighting elements' and 'shading devices' (Maghsoudi Nia et al., 2015), or as 'light wells' and 'daylighting controllers' (Ghouchani et al., 2023). These categorizations predominantly revolved around either facilitating the entry of daylight into a space, referred to as Lightwells, Daylighting Elements, or Daylight Catchers, or limiting the penetration of daylight into the space, termed as Daylight Controllers or Shading Devices.

However, for a more comprehensive understanding of these architectural elements, encompassing their function, form, material properties, system complexities, and, most importantly, the comfort they afford, it is prudent to propose a novel categorization system.

In his research on the traditional architecture of Iran, Ahani (2011) has elucidated five distinct categories that classify the 'role of light' based on its function. These roles encompass the climatic function of light, the psychological function of light, the aesthetic function of light, as well as the spiritual and symbolic function of light (Ahani, 2011). However, when it comes to categorizing daylighting elements, a different approach should be adopted, one that takes into account their function correlated with surface properties, complexity, and their impact on daylighting. This comprehensive perspective is essential to fully elucidate the role of daylight within traditional architecture. Consequently, the primary objective of this research is to reexamine the categorization of daylighting elements, necessitating a new approach that aligns with contemporary and postmodern interpretations of daylighting. In essence, this research aims to elucidate how architectural elements treat daylight to serve various purposes, which will be explained in this paper.

## 2. STATE OF THE ART

Traditional Iranian architecture has ingeniously addressed the dual imperative of achieving balanced illumination and controlling excessive daylight by managing both material and functional attributes. In response, an array of daylighting elements was conceived, meticulously designed to import daylight into interior spaces while orchestrating dynamic shifts in its distribution, intensity, and colour rendition.

The incoming solar rays undergo a nuanced transformation, subject to six distinct treatment methods contingent upon the intrinsic surface characteristics and, fundamentally, the architectural element employed to harness daylight (Ill. 1). These treatments not only introduce interesting daylight patterns into the space but also adeptly temper the extremes of direct daylight by reshaping its dispersion. Notably, this nuanced treatment of daylight, based on the optical behaviour of fenestration systems, has been examined solely in terms of *transmission, reflection, and scattering* (Laouadi et al., 2007).

Daylight holds not only practical value but also a sacred significance in traditional architecture. Prior to the dominance of Islam in Iran during the 7th century, an angelic deity — Mehr or Mithra — was closely associated with the sun within the context of Zoroastrianism (Boyce, 1996, p. 24). Additionally, fire held a profound symbolic role as it represented light and heat, embodying purifying attributes in the belief system of Ahura Mazda, the Zoroastrian

god (Boyce, 1996, p. 154). Consequently, fire temples were constructed to dispel darkness (Pirnia and Memarian, 2016, p. 225) and symbolize divine presence (Nasr, Aram, 2010).

In a noteworthy study, Aghaeimehr et al. (2018) endeavoured to draw parallels between the philosophical concept of illumination, as introduced by Yahya Ibn Habash Suhrawardy, and Iranian architecture. This choice stemmed from the fact that the philosophy of illumination, or the *hikmat al-Ishraq*, encompasses both the principles of the science of light and the mystical experiences rooted in Iranian tradition. Building upon Suhrawardy's works from the 12th century (Suhrawardi et al., 1999), Iranian philosophy consistently exhibits two core characteristics. Firstly, it perpetually employs symbolic allegories and codes to convey its insights. Secondly, the foundational worldview of ancient Iran hinges on the belief that everything is fundamentally structured upon the duality of light and darkness, a notion deeply embedded in their philosophy (Suhrawardi et al., 1999).

Nonetheless, it is crucial to recognize the universal significance of the sacred and the prevalent use of symbolism in various cults and religions, as highlighted by Hani in 2008. This symbolism is particularly pronounced in Christianity (Hani, 2007). Moreover, the concept of the 'two-pole' phenomenon is not solely rooted in Iranian Islamic thought but has also been elaborated upon by Western theologians like Rudolf Otto, as discussed by Sarbacker in 2016. Otto introduced the idea of the 'Numinous', an extension of the value category, which is manifested in Western art through elements like 'darkness' and 'silence' (Otto, 1958). These elements exert mystical influences in architectural and musical expressions, exemplified in the construction of churches, mosques, and temples, as Otto elucidates in his work (Otto, 1958, p. 70). In addition, the significance of light holds sway not only within the realm of Iranian philosophy but also stands as a prominent motif in various religions, spanning ancient, Oriental, and other monotheistic traditions such as Judaism and Christianity. Romanian historian Mircea Eliade introduces the term 'Mystical Light' and elaborates on its widespread presence across both space and time in his article titled *Spirit, Light, and Seed* (Eliade, 1971).

However, it is important to note that delving into the theological, symbolic, and theoretical aspects of traditional lighting falls beyond the purview of this research. We mention these elements solely to underscore the significance of lighting as perceived by architects and the occupants of these edifices.

The Isfahani architectural style, spanning from the 16th to the early 20th century, stood out as one of the most advanced styles among the six primary Iranian architectural styles (Ill. 2). It served as a quintessential representation of vernacular architecture, adhering to fundamental principles such as humanistic proportions (*mardomvari*), the avoidance of superfluous elements (*parhiz az bihoodegi*), the importance of structural stability (*niaresh*), utilization of locally sourced materials (*khod-basandegi*), and the emphasis on inward architectural design (*daroon-garaie*), as outlined by Pirnia (2008, pp. 26–36).

This architectural style was profoundly influenced by the philosophical contributions of notable Iranian thinkers, including Avicenna, a representative of the masha philosophy, and Suhrawardy, who championed the philosophy of Illumination (Shekarchi et al., 2020). Over the course of the 16th to the 20th century, their ideas played a pivotal role in the development of Islamic aesthetics within the Isfahani architectural style (Majidi et al., 2020). This amalgamation of philosophical ideologies lent a distinctly religious character to the Isfahani style.

Consequently, the Isfahani style was moulded by two significant factors: Iranian vernacular architecture on the one hand and the influence of Iranian Islamic schools of thought on the other. Of particular relevance to this paper, the ‘philosophy of illumination’, closely aligned with the theme of daylighting, exerted a profound impact on the art and architecture of this era.

The architectural design influenced by the Isfahani style is prominent in regions characterized by a semi-arid climate. These areas share similarities in terms of day length, global irradiation, and humidity levels. During the summer solstice, the sun’s rays are nearly perpendicular, with an angle of approximately 80°. Conversely, during the winter solstice, the solar elevation angle can drop to as low as 36°. June stands out as the peak month for global irradiation, reaching 1300 W/m<sup>2</sup>. Shiraz and Isfahan exhibit a consistent pattern of solar irradiation in summertime. Meanwhile, the average humidity levels across all these cities remain relatively stable, hovering between 20 to 30% throughout the year. According to data from Worldwide Weather Forecasts and Climate Information (2022), these four cities collectively experience an average of approximately 300 sunny days annually.

According to Ching (2014, p. 34), the form’s properties, when interacting with light, encompass shape, orientation, size, colour, texture, visual inertia, and position. However, the incorporation of daylight in Iranian vernacular architecture extended

beyond functional and decorative aspects; it delves into spiritual contexts as well (Kamalifard, Assadi Langroudi, 2018). This spiritual perspective has shed light on the symbolic and metaphorical dimensions of light (Ardalan and Bakhtiar, 1973; Ahani, 2011), along with the strategies employed for its utilization (Panahi et al., 2013).

In a comprehensive analysis of openings in traditional Iranian architecture, Navabi et al. (2012) identified building orientation, building form, daylighting sequences, and room and opening proportions as crucial factors for effective daylighting. Given the unique form characteristics, Iranian architecture has adapted and innovated numerous forms and characteristics to enhance the interaction with daylight, going beyond mere functionality. Various studies have categorized Iranian daylighting elements based on their specific contexts (see Table 1). Notably, Ne’mat-Gorgani’s (2002) categorization is widely accepted as the most comprehensive (Bemani and Nikoudel, 2014).

In addition to daylighting elements and materials, Iranian traditional architecture employed specific forms and techniques to enhance comfort in hot climates. However, these were considered built spaces rather than daylighting elements, as exemplified by the *shavadun* (a type of courtyard) (Rezaee et al., 2009). Consequently, they are not within the scope of this study.

To effectively categorize the architectural daylight elements within the Isfahani style, it is imperative to classify them not solely by their function but also by considering their material properties, impact on daylighting, and level of complexity. The unique character of light is a result of its interaction with the materials it encounters. Surfaces, in this regard, can be classified as either reflectors or transmitters based on their behaviour towards daylight (Ill. 1). Furthermore, surfaces can possess characteristics such as roughness, gloss or matte finishes, which in turn influence the quality of daylight.

Moreover, to better understand the role of each element in this classification, it necessitates a precise definition in terms of their intended impact on daylighting, whether it is about intensity, distribution, or alterations in colour appearance. Therefore, we introduce a new categorization comprising four types: ‘Controllers’, ‘Scatterers’, ‘Filterers’ and ‘Modifiers’. Each of these categories is thoroughly discussed and defined in the subsequent sections.

For a detailed inventory of the skylights, wall openings, and shading devices found in Isfahani architecture, please refer to Table 2, which provides a descriptive list of these elements.

Table 1. Iranian traditional daylighting strategies as categorized by different researchers.

Row	Source	Categorization	Context
1.	Nemat-Gorgani (2002)	<b>Daylighting elements</b> <b>Daylight catchers:</b> <i>rozan/pachang, shabak, moshabak, orosi, jam-khaneh, roshandan, hurno, fariz, khoon, karbandi/muqarnas;</i> <b>Daylight controllers:</b> <b>Ornamental or decorative:</b> Curtain, Canopy; <b>Affixed:</b> <i>ravaq, sabat, tabesh-band.</i>	Introduction of the traditional daylighting elements so as to classify them in the context of the central cities in Iran.
2.	Maghsoudi Nia et al. (2015)	<b>Daylighting strategies</b> <b>Daylighting devices:</b> <i>tabesh-band, sarsayeh, kharakpoush, orosi;</i> <b>Daylighting elements:</b> Roof openings, <i>rozan, goljam, Door/Window, moshabak.</i>	Classification of daylighting strategies in the hot arid climate of Iran with the intent to investigate energy efficiency and visual comfort in buildings with traditional daylighting elements and shading devices.
3.	Ghouchani et al. (2022)	<b>Daylighting elements</b> <b>Lightwell:</b> Lattice, Latticed door/window, Aperture, Shah window, <i>hurno, roshandan, goljam;</i> <b>Daylighting controller:</b> <b>Affixed shader:</b> Porch, <b>Ornamental shader:</b> Curtain.	Classification of daylighting elements in tabular form, intended to evaluate elements and methods of illumination in historical and contemporary mosques in Iran.
4.	Moghaddasi et al. (2021)	<b>Daylighting elements:</b> <i>iwana, Hurno, shabak, rozan, window.</i>	Classification of daylighting elements and their function, intended to evaluate the use of various lighting techniques in Iranian mosques.

Source: original work.

### 3. METHODOLOGY

Thirty-four cases were included in our investigation, as documented in Table 3.


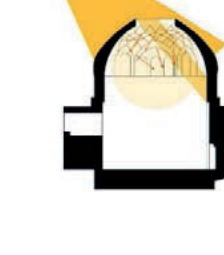
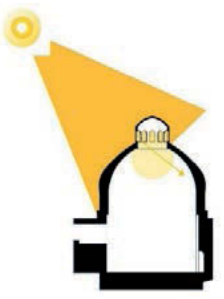

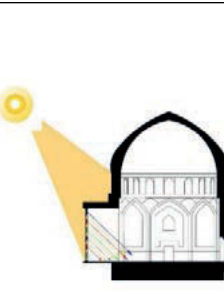

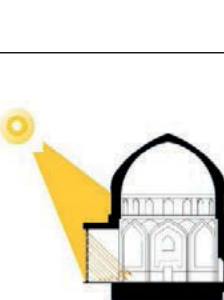

The selection of these particular cases was guided by their recognized significance in the realm of architectural design, a consensus held by prominent Iranian architectural theoreticians like Pirnia. Within this paper, we delve into twelve of these cases, offering a more comprehensive examination of three among them.

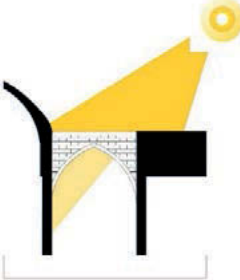
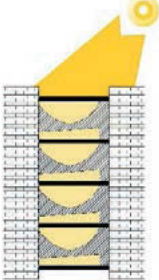
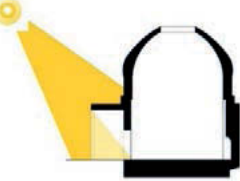
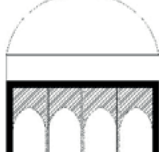
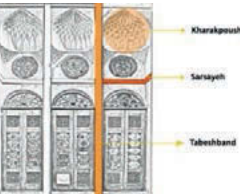
In the course of the research, over 2000 images were meticulously captured in RAW format. These images artfully depict the various architectural facets related to daylighting in four prominent cities: Isfahan, Kashan, Yazd, and Shiraz. These cities have been distinguished as showcases of Isfahani-style architecture. It is noteworthy that the images were meticulously captured under pristine, clear skies during the month of October for Kashan, Yazd, and Shiraz. In contrast, the city of Isfahan was documented under the ever-changing canvases of dynamic skies in the month of January.

The way in which space takes shape through its form plays a pivotal role in dictating how light infiltrates that space. In simpler terms, as Hauge (2015) has eloquently expressed, the way daylight is broken or reflected determines the character of the daylight. In the pursuit of comprehending this character, a categorization of the elements that contribute to daylighting was made. The classification framework presented in this paper is structured along the following dimensions:

- **Function:** This dimension revolves around the intended purpose of the daylighting element, which may encompass illumination, providing views to the outside, or shading.
- **Surface Properties:** In this context, the surface characteristics that influence daylight were observed. These characteristics encompass transparency, roughness, and brightness.
- **Complexity:** The degree of intricacy involved in the design and implementation of daylighting strategies is another crucial facet. It encompasses both the quantity and quality of daylight treatments, shedding light on the sophistication of the element.

Table 2. The list of daylighting elements of the Isfahani style of architecture based on the position of the element installed in the building.

Type	Element	Reference in table 4	Daylighting effect	Schematic representation	Description of the form and function
Skylights	<i>hurno</i>	C1	Light intensity		Size: depending on the proportion of the space Material: subtraction in the form Usage: central spaces without window
	<i>muqarnas</i>	S3	Light distribution		Size: particles have square proportions with different shapes Material: plaster and mosaics (in sacral, residential, and public buildings) and sometimes mirrors (in sacral buildings and palaces) Usage: domes and entrances
	<i>roshandan, jam-khaneh</i>	For <i>roshandan</i> : M2 For <i>jam-khaneh</i> : F2	Light intensity; light distribution		Size: dependent on the size of the dome and the lighting need Material: openings could be wooden, metallic, or made of plaster. While its components could also be made of mirrors, plaster, or mosaic. Usage: the <i>roshandan</i> is used in central spaces. The <i>jam-khaneh</i> is used in the public baths.
Wall openings	<i>rozan, pachang</i>	S2	Light intensity; light distribution		Size: dependent on the height of the drum Material: wood, plaster, or metal Usage: in the dome
	<i>orosi, goljam</i>	For <i>goljam</i> : F1 For <i>orosi</i> : M1	Colour appearance of light; light intensity; light distribution		Size: varies according to the width and height of the wall Material: coloured obscured or patterned glasses with wooden framework Usage: on the exterior walls 
	<i>shabak, moshabak</i>	S1	Light intensity, and Light distribution		Size: varies according to the width and height of the wall Material: wood or plaster Usage: on the exterior walls 

Type	Element	Reference in table 4	Daylighting effect	Schematic representation	Description of the form and function
Shaders	<i>sabat</i>	C3	Light intensity		Size: Dependent on the dimensions of a corridor Material: masonry Usage: corridors or alleys   Plan
	<i>ravaq</i>	C2	Light intensity		Size: proportional Material: masonry Usage: facade   Facade
	<i>tabeshban/ sarsayeh/ kharakpoush</i>	C4	Light intensity		Size: dependent on the size of the window Material: plaster or wood Usage: as external blinds

Source: original work, adapted from Nemat Gorgani (2002) and Pirmia (2008).

Table 3. List of the studied daylighting elements.

Row	Type of the building	Name of the place	City	Visit date	Visit duration	Daylighting elements studied
1	Bazaar	Aminoddoleh Caravanserai	Kashan	20 October — 9 a.m.	3 hours	<i>hurno, muqarnas</i>
2		Yazd Bazar	Yazd	25 October — 5 p.m. 26 October — 9 a.m.	Two visits — 3 hours	<i>hurno</i>
3	Mosque	Agha Bozorg Mosque	Kashan	21 October — 9 a.m. and 6 p.m.	Two visits — 3 hours	Shaders, <i>shabak</i>



Row	Type of the building	Name of the place	City	Visit date	Visit duration	Daylighting elements studied	
4	Mosque	Zavareh Mosque	Zavareh	24 October — 10 a.m.	2 hours	<i>shabak, rozan</i>	
5		Yazd Jameh Mosque	Yazd	25 October — 11 a.m.	2 hours	<i>muqarnas, roshandan, shabak, Shaders</i>	
6		Nasir-ol-molk mosque	Shiraz	28 October — 8 a.m. and 10 a.m.	3 hours	<i>orosi, muqarnas</i>	
7		Jameh mosque of Atigh		29 October — 4 p.m.	2 hours	Shaders, <i>shabak, muqarnas</i>	
8		Shah mosque	Isfahan	13 January — 11 a.m.	2 hours	Shaders, <i>rozan, muqarnas</i>	
9		Sheikh lotfollah mosque		13 January — 3 p.m. 14 January — 8 a.m.	Two visits — 3 hours	<i>shabak, rozan, Shaders</i>	
10		Jameh mosque of Isfahan		15 January — 12 p.m.	2 hours	Shaders, <i>muqarnas</i>	
11		House	Abbasian House	Kashan	20 October — 12 p.m.	1 hour	<i>roshandan</i>
12			Tabatabaian House		21 October — 11 a.m.	2 hours	<i>orosi, goljam, roshandan</i>
13			Ameriha House		22 October — 2 p.m.	3 hours	<i>roshandan, orosi, goljam, Shaders</i>
14	Borojerdis house		23 October — 9 a.m.		3 hours	<i>muqarnas, hurno, shabak, rozan, roshandan</i>	
15	Moshir Al Mamalek House		Yazd	25 October — 9 a.m.	2 hours	<i>roshandan, orosi, goljam</i>	
16	Zinat-ol-molk house		Shiraz	28 October — 11 a.m. to 1 p.m.	3 hours	<i>orosi, Shaders, goljam</i>	
17	Qavam house			28 October — 1 p.m.	2 hours	<i>orosi, Shaders, goljam</i>	
18	Forough Al-Molk house			29 October — 12 p.m.	2 hours	<i>roshandan, orosi, goljam</i>	
19	Mollabashi house	Isfahan	14 January — 3 p.m. 15 January — 9 a.m.	4 hours	<i>shabak, orosi, roshandan, goljam</i>		
20	Mausoleum	Mausoleum of Shah Abbas I	Kashan	21 October — 8 a.m.	1 hour	<i>rozan, muqarnas</i>	
21		Khajeh Taj Ad-din		22 October — 8 a.m.	1 hour	<i>rozan</i>	

Row	Type of the building	Name of the place	City	Visit date	Visit duration	Daylighting elements studied
22	Mausoleum	Shah-cheragh	Shiraz	29 October — 2 pm	2 hours	<i>roshandan, muqarnas</i>
23		Sadieh		29 October — 9 a.m.	2 hours	Shaders
24	Palace	Hasht Behesht Palace	Isfahan	12 January — 12 p.m.	2 hours	<i>rozan, shabak, roshandan, muqarnas, Shader</i>
25		Chehel Sotoon Palace		13 January — 9 a.m.	3 hours	Shaders, <i>muqarnas</i>
26		Ali Qapu palace		14 January — 10 a.m.	3 hours	shaders, <i>shabak</i>
27		Church		Vank church	12 January — 8 a.m.	2 hours
28	Public bath	Soltan Ahmad Bath	Kashan	22 October — 10 a.m.	2 hours	<i>jam-khaneh</i>
29		Khan bath	Shiraz	28 October — 5 p.m.	2 hours	<i>jam-khaneh</i>
30	Garden (Pavilion)	Fin Garden	Kashan	23 October — 4 p.m.	2 hours	<i>shabak</i>
31		Pahlavan-pour Garden	Mehriz, Yazd	26 October — 4 p.m.	2 hours	<i>roshandan, muqarnas</i>
32		Dawlat-Abad Garden	Yazd	27 October — 9 a.m. and 4 pm	Two visits — 5 hours	<i>roshandan, muqarnas, orosi</i> , Shaders, <i>goljam</i>
33		Eram Garden	Shiraz	29 October — 9 a.m.	2 hours	<i>ravaq, orosi</i>
34	School	Alexander's prison	Yazd	27 October — 12 p.m.	2 hours	<i>rozan</i> , Shaders
35		Khan School	Shiraz	28 October — 3 p.m.	2 hours	Shaders, <i>shabak</i>

Source: original work.

- **Daylighting Effect:** Lastly, we investigate the specific effects targeted by daylighting strategies. These effects span a wide spectrum, including the distribution of light, the colour appearance, and the intensity of illumination.

The chosen cases provided a comprehensive exploration of daylighting elements within a variety of architectural contexts, including mosques, mansions, gardens (pavilions or the *kooshk*), resorts (the *caravansera*), and even bazaars. These architectural places are situated in the four cities of Kashan, Yazd, Shiraz, and Isfahan, where the Isfahani style of daylighting elements predominantly thrived. Our descriptions in this study focused on elucidating the

unique characteristics of these daylighting elements in traditional Iranian buildings.

Moving forward to Section 4, three specific case studies were selected for an in-depth comparative analysis. These selected buildings served diverse functions, and the primary objective of this section was to elucidate how the daylighting elements have been ingeniously harnessed to cater to distinct purposes.

Lastly, a classification system for Isfahani-style daylighting parameters has been proposed. This classification is derived from subjective descriptions and narratives, offering a structured framework to understand and analyse these elements in greater detail.

## 4. RESULTS

Daylighting elements can be systematically categorized into four primary groups, based on their functionality, complexity, material (surface) properties, and their impact on daylighting effects. These categories are Controllers, Scatterers, Filterers, and Modifiers. As illustrated in Table 3, Scatterers and Controllers emerged as the more prevalent elements in our observations, while Modifiers and Filterers were relatively rarer in occurrence.

For instance, the *muqarnas*, a striking architectural feature, has been documented and captured in a substantial 34 cases, attesting to its prevalence. In stark contrast, the *jam-khaneh*, another architectural element, has made a more modest appearance, being observed in just three instances among the selected cases.

In the ensuing subsections, we delve into each of these categories, adhering to the established hierarchy. This discussion unfolds with a narrative tone, allowing for a more comprehensive exploration of the nuances and significance associated with each category.

To offer a comprehensive perspective on the interplay of daylighting elements, three notable architectural places have been presented: the Dawlat-Abad Garden (a pavilion), the Sheikh-Lotfollah Mosque, and the Brujerdis House (a pavilion within a garden, a mosque, and a house). These examples served as illustrations of how daylighting elements operate in conjunction with one another.

In the Brujerdis House, the daylighting design employed a deliberate strategy of gradually infusing light into the structure. This is achieved through a meticulous combination of controllers and scatterers (the *ravaq* and the *shabak*) at the entrance, coupled with a blend of modifiers and scatterers (the *roshandan* and the *muqarnas*) in the main hall (as depicted in Ill. 3a).

On the other hand, the Dawlat-Abad Pavilion showcased an exquisite harmony among its daylighting elements. The *orosi*, the *roshandan*, and the *karbandi* components worked in near-perfect unison, crafting the vibrant daylighting ambiance envisioned by the designer (Ill. 3b).

Finally, within the Sheikh-Lotfollah Mosque, the flow of daylight orchestrated through daylight scatterers and filterers, such as *shabak* and *rozan*, assumes a pivotal role. These elements serve as visual cues for orientation and contemplation (Ill. 3c).

### 4.1. Allowing or blocking the entry of daylight: Daylight controllers

Controllers in this context refer to the *hurno* and shades. In the Avestic language, the *hurno* is composed of two words, *hur* (sun) and *noor* (light). In a mystical

interpretation, being under the *hurno* had the capacity to immerse the user of the space in exuberant illumination (Ill. 4d). Consequently, daylight flew through the *hurno* into a space, akin to a waterfall, and was further enhanced by the surrounding *muqarnas*. *Hurno* also serves as a traditional clock, indicating the sun's direction in the sky (Habib et al., 2013).

Shades, also known as blinds, came in three primary forms: the *ravaq*, the *sabat* (Ill. 4a and 4b), and external blinds, known as the *tabeshband* (vertical blinds), the *sarsayeh* (horizontal blinds), and the *kharakpoush* (curved blinds). These distinctions are based on their shape and positioning, as illustrated in Ill. 5c. A *ravaq*, similar to a portico, has been defined as a *semi-open colonnade in a courtyard* (Kamali-fard, Assadi Langroudi, 2018). While the concept of the *ravaq* originated in pre-Islamic Iran, a new iteration emerged during the Isfahani period with modifications to column width, making them narrower, and the incorporation of the vibrant *eslimi* or arabesque patterns on the facade. In contrast, a *sabat* took on a different form but served a similar function, featuring a series of arches within a corridor. This arrangement resulted in a distinct pattern of lighting.

### 4.2. Changing the quality of daylight (Intensity and Distribution) by reflection: Daylight scatterer

A scatterer could take the form of a *muqarnas* (stalactites), a *shabak*, or a *rozan*.

Originating in the 11th century, these intricate structures featured multiple intersecting arches and were often placed on the upper surfaces of openings or domes for their aesthetic appeal. These ornamental designs were a reflection of heavenly geometry and God's creation (Ching, 2011, p. 385). Beyond their aesthetic significance, these distinctive elements of the dome served a practical purpose by diffusing light throughout the space, creating a uniformly illuminated environment during daylight hours (Ne'mat Gorgani, 2002, p. 321). It is worth noting that Iranian *muqarnas* were crafted in alignment with the skylight's direction, incorporating not only functional qualities but also mystical and symbolic aspects (Habibi et al., 2019).

To gain a deeper understanding of the role of the *muqarnas* in scattering daylight, two cases involving two houses were studied (Ill. 5a and 5b).

When illuminated by daylight, this ornament, thanks to multiple reflections off its matte surface, generated a glare-free environment. Conversely, when a polished surface was employed (as seen in mirrors within religious buildings), the mitigated glare served as a focal point for the entrance and

intensified the contrast between shadow and light. Consequently, this effect resulted in a more pronounced visual engagement with the *muqarnas* particles. To build upon this experienced phenomenon, it is worth noting that reflective surfaces within interiors could alter sight lines while intensifying interactions with objects (Yang, 2020).

The *shabak*, often referred to as a lattice, comprises a gridded surface, typically found in windows. It consisted of alternating empty and full spaces, enabling views from the interior to the exterior (San'ati, 2006, p. 25). The *shabak* offered a connection to the outside world, natural light, and reduced glare for the interior and ensured privacy (Pirnia, 2001). A study conducted by Mahdavinejad and Kia in 2019 emphasized the significance of the placement and geometry of these perforations in a *shabak* in terms of controlling entrance illuminance and harnessing daylight energy. The research also classified the *shabak* into four distinct types based on its geometry. These elements contribute to privacy, offering views, and creating visually comfortable, glare-free environments.

Barred windows and doors served a dual function, serving as a means to not only mitigate glare but also to facilitate the entry of daylight and enhance thermal comfort, especially in hot and arid regions. A notable architectural feature designed for this very purpose is the *sardab*, a specific type of cellar found in traditional houses (Ill. 5c).

The *rozan* is a small window or opening typically positioned above the main entrance door or at the cylindrical base of a dome to facilitate the entry of daylight into a space (Ne'mat Gorgani, 2002, p. 319). As a customary practice, the *rozan* enhanced the central dome area by imbuing it with symbolism and aesthetic appeal. In the Hasht Behesht Palace (Ill. 5d), daylight streamed onto the ceiling through stained glass mirrors, resulting in a distinctive play of light.

Tamleh and Chutarat (2013) elucidated that light is channelled through the *rozan* and diffused into the room in two distinctive manners. Firstly, it illuminated the dome itself, and secondly, it generated captivating light patterns by bouncing off the intricate openings, akin to ethereal clouds moving within the space (Tamleh, Chutarat, 2013).

### **4.3. Changing the quality of daylight (intensity, distribution, and colour appearance) by transmission: daylight filterer**

The filterers can be categorized into two main types: the *goljam* and the *jam-khaneh*. The *goljam* found widespread use in almost every traditional home due to its ability to create a comfortable living environment (Ill. 5e). In order to form distinct daylight

patterns within the room, the *goljam* was frequently paired with latticed windows and a strategically positioned *ravaq*. This arrangement effectively scattered incoming daylight before it could reach the *goljam* surface, as depicted in Ill. 5f. This design approach effectively reduced the intense sunlight while ensuring that the interior is illuminated with efficient and comfortable luminosity.

To introduce daylight into public baths, an element known as the *jam-khaneh* was incorporated. This feature consisted of a smaller dome or cupola situated above the main dome, featuring multiple openings to facilitate the entry of natural light (Ill. 5h). Nevertheless, for practical purposes, specifically retaining heat within the space, the dome had to be glazed to prevent energy loss. This architectural adaptation gave rise to the *jam-khaneh*, characterized by a spherical mini-dome adorned with glass panels, primarily employed in public baths (Ill. 5g).

### **4.4. A combination of daylight filterers and scatterers: daylight modifier**

Daylight modifiers encompass two distinct types: the *orosi* (Ill. 6a) and the *roshandan*. The ambiance crafted through the interplay of daylight with the *orosi* is time-sensitive. Given that this *shabistan* (Ill. 6a) was situated on the west side of the central courtyard of the mosque, the captivating atmospheric display unfolded between 8:00 a.m. and 10:00 a.m.

In residential buildings, the *orosi* took the form of the *se-dari* or the *panj-dari*, which translates to 'multiple doors'. A study conducted by Hosseini et al. (2018) has corroborated that the use of latticed coloured glass in the structure of the *orosi* can significantly enhance the visual comfort of occupants. Furthermore, the specific hues of blue and red incorporated into the *orosi* served to mitigate the adverse effects of solar radiation, while yellow and green hues allowed for maximum penetration of natural daylight (Hosseini et al., 2018). Additionally, it is argued that the judicious utilization of this daylight element effectively alleviated eye strain, fatigue, and stress (Habib et al., 2013).

The *noh-dari* room within the Mollabashi Mansion took a step further in crafting its own distinctive ambiance. The combination of a carefully selected carpet, a mirrored ceiling, reflective walls, and framed windows introduced variations in colour and geometry, elevating the quality of daylight within this space. While Hosseini et al. (2018) characterized the stained glass in the window as a daylight deflector, it became evident that this element served as a modifier, imparting multiple transformations in daylight quality, as expounded upon in this article.

In specific buildings where the installation of conventional windows was not feasible, such as in Bazaars or the *hashti* (entrance) structures, architects turned to the creation of the *roshandan* on the ceilings as an alternative solution (Bozorg-Mehri, 1981, p. 8). Nevertheless, the most intricately designed *roshandan* are found in garden pavilions and palaces referred to as the *kooshk*. The *roshandan*, which literally translates to ‘place of light’ in Persian, typically took the form of a cylindrical or polygonal pergola with windows positioned above the dome (Ill. 6c and 6e).

In practice, the *roshandan* could achieve a dual diffusion of incident daylight before it enters the interior, resulting in nearly uniform illumination within the space. The interior under the dome received its illumination in two distinct ways: through direct sunlight streaming in via the latticed windows and diffused light that permeates the room. Often, architects included a small pond under the *roshandan* to enhance the reflection of the incoming light throughout the area (Ill. 6d). The inner surface at the top of the *roshandan* may exhibit simplicity, be adorned with small *muqarnas*, or feature mirrors for increased light reflection. This unique characteristic was exemplified in the Hasht-Behesht Palace, where reflected daylight effectively illuminated one side of the main dome, situated opposite to the reflective surface (Ill. 6b). As Ill. 6d illustrates, a *roshandan* devoid of reflection would distribute daylight more evenly across the space.

## 5. DISCUSSION

The classification outlined in this article is based on location and takes into account not just form and function but also surface characteristics, complexity, and the impact of daylighting associated with each element. The following are more coherent definitions for the categories introduced in this article.

Controlling daylight can be defined as the capacity to guide or obstruct a consistent and ample amount of natural light into or away from a specific space as required. Consequently, daylight controllers encompass architectural elements that either harness natural light or provide shading. The daylight managed or obstructed by such architectural features can be termed as direct emitters or specular reflectors. In this context, the *hurno* and Shaders (including *ravaq*, *sabat*, *kharakpoush*, *tabeshband*, and *sarsayeh*) are considered daylight control devices.

When a beam of daylight or skylight undergoes changes in its distribution or intensity, it can be referred to as scattered daylight. Daylight-reflecting

spreaders or diffusers fall into this category. The *muqarnas*, the *shabak*, and the *rozan* excel in the scattering of daylight within a space. These elements alter the direction of incoming daylight and create intricate patterns of light.

Considering the explanations provided, a transmissive filterer can be defined as a material that absorbs certain wavelengths while transmitting others (Yu et al., 2014). In a study investigating lighting in Isfahani-style houses (Gorji Mahlabani and Boushehri, 2016), the term ‘daylight infiltration’ was employed to describe the use of windows to achieve a balanced distribution of light. For instance, when it is undesirable to have full solar radiation in certain areas of an interior, light rays are moderated through architectural elements like specialized sashed windows known as *goljam*, which literally translates to ‘flower glass’. Furthermore, skylights featuring glazed openings are referred to as the *jam-khaneh*, which means ‘glass house’.

A daylight modifier can be characterized as a sophisticated architectural element that, in alignment with specific requirements, enhances the quality of daylight by dispersing it through various methods, or by combining filtering and scattering techniques. In this context, a daylight modifier represents the most intricate among traditional daylighting elements, and it encompasses elements like the *orosi* and the *roshandan*.

Based on these observations, a comprehensive classification has been developed and presented in the form of Table 4. This classification aims to establish the relationship between daylighting elements and their effects on daylight (including intensity, distribution, and colour appearance). It takes into consideration the complexity and material characteristics of the architectural elements, along with the comfort they provide.

These comfort factors are further categorized into visual comfort components, encompassing glare reduction, illumination, and thermal comfort, as well as view-out. This classification offers a comprehensive overview of traditional daylighting systems within Iranian architecture. Furthermore, it serves as a valuable tool for conducting both quantitative and qualitative subjective studies.

Additionally, this classification allows for the arrangement of daylighting elements in a specific order, from those with the least impact on daylight quality to those causing the most significant changes. Consequently, this sequence begins with controllers, followed by scatterers, filterers, and ultimately, modifiers, which introduce the most substantial alterations in daylight quality within a space.

Table 4. The classification of Iranian traditional daylighting systems is based on the character of daylight. The targeted comforts are subjectively assessed in terms of visual comfort (sufficient illuminance, glare-free environment, and view out) and thermal comfort.

Order in terms of the Increasing number or quality of the targeted types of comfort, complexity, and daylighting effects →			
C. Daylight Controllers	S. Daylight Scatterers	F. Daylight Filterers	M. Daylight Modifier
<b>1. hurno</b>	<b>1. shabak</b>	<b>1. goljam</b>	<b>1. orosi</b>
<b>Controller — hurno.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Direct illumination from the skylight</li> </ul>	<b>Scatterer-shabak.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Direct illumination from the wall</li> <li>Reflective spread of daylight from the gridded surface: <i>Glare reduction and view out</i></li> </ul>	<b>Filterer — goljam.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Transmissive illumination from the window</li> <li>Transmissive diffusion of daylight from the coloured glass: <i>Glare reduction and mental comfort</i></li> </ul>	<b>Modifier — orosi.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Transmissive illumination from the window</li> <li>Transmissive diffusion of daylight through the coloured glass: <i>Glare reduction and mental comfort</i></li> <li>Reflective spread of the daylight from the wooden marquetry of the frame</li> <li>Transmissive change in the colour of the light (through the coloured glasses): <i>Thermal comfort</i></li> </ul>
<b>2. ravaq</b>			
<b>Controller — ravaq.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vertical and horizontal shading: Thermal and visual comfort</li> </ul>			
<b>3. sabat</b>	<b>2. rozan/pachang</b>	<b>2. jam-khaneh</b>	<b>2. roshandan</b>
<b>Controller — sabat.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Horizontal shading: Thermal comfort</li> </ul>	<b>Scatterer — rozan/pachang.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Direct illumination from the wall</li> <li>Reflective spread of the daylight through Gridded windows: <i>Glare reduction and view out</i></li> </ul>	<b>Filterer — jam-khaneh.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Transmissive illumination from the skylight</li> <li>Transmissive diffusion of daylight from the skylight: <i>Glare reduction</i></li> </ul>	<b>Modifier — roshandan.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reflective illumination from the skylight</li> <li>Reflective diffusion of daylight distribution in the space when a <i>roshandan</i> is windowed: <i>Glare reduction</i></li> <li>Transmissive diffusion of daylight from the skylight: <i>thermal comfort</i></li> <li>Transmissive change in the colour of the light (when <i>Roshandan</i> has the colored glasses): <i>Thermal comfort</i></li> </ul>
<b>4. tabesh — band/sarsayeh/kharakpoush</b>			
<b>Controller — tabeshBand/sarsayeh/kharakpoush.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Horizontal, vertical, or arched blinds that are placed externally: Glare reduction and thermal comfort</li> </ul>	<b>3. muqarnas</b>		
	<b>Scatterer — muqarnas.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reflective illumination from the skylight</li> <li>The reflective diffusion of daylight into the space: <i>Glare reduction</i></li> </ul>		

Source: original work.

## 6. LIMITATIONS OF THE STUDY

This study faced a significant limitation due to the absence of daylight measurements. A more comprehensive analysis could have been achieved if each case had undergone a year-long examination involving meticulous measurements, detailed observations, and

interviews with users to attain a more precise and comprehensive outcome.

Another constraint pertains to time. The research was conducted through brief visits to the case sites, whereas a more thorough understanding of the daylight character in daylit spaces would have benefited from extended, firsthand experiences within these environments.

## 7. CONCLUSION

Building upon the descriptions and subjective observations detailed in this article, a classification of daylighting elements has been proposed to enhance the comprehension of daylighting elements within the traditional architectural style. This classification of daylight character establishes links between the effects of light within a space and the most prevalent Iranian architectural daylight elements, including the *roshandan*, the *hurno*, the *muqarnas*, the *orosi*, the *rozan*, the *shabak*, the *ravaq*, the *goljam*, the *jam-khaneh*, the *tabeshband*, the *sarsayeh*, the *kharakpoush*, and the *sabat*. Furthermore, this classification takes into account the role of each element in shaping specific visual aesthetics.

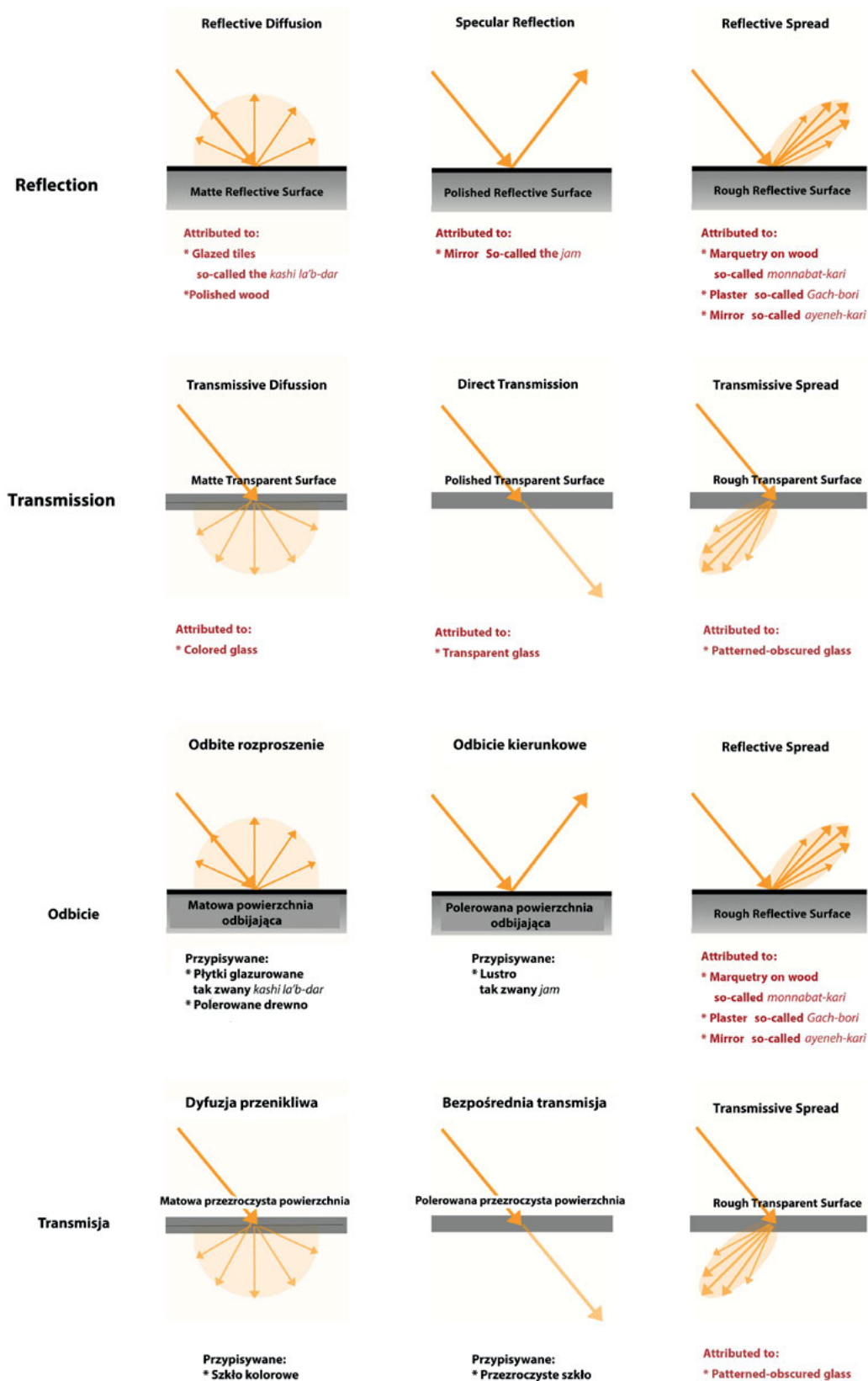
Drawing from observations pertaining to function, form, material (reflective or translucent), and complexity of these architectural elements, they have been categorized into four distinct groups: Controllers, Scatterers, Filterers, and Modifiers. This

comprehensive approach has been informed by the analysis of thirty-eight cases, which contribute to a richer understanding of the daylit spaces in question.

In summary, Iranian traditional architecture approaches daylight in four distinct yet complementary manners.

Firstly, daylight control is achieved through elements like the *hurno*, the *ravaq*, the *sabat*, and various blinds (the *tabesh-band*, the *sarsayeh*, and the *kharakpoush*). Secondly, scattering daylight is made possible by employing architectural features such as the *shabak*, the *muqarnas*, and the *rozan*. Thirdly, daylight is filtered using elements like the *goljam* and the *jam-khaneh*. Lastly, modifying daylight is accomplished through the use of the *orosi* and the *roshandan*.

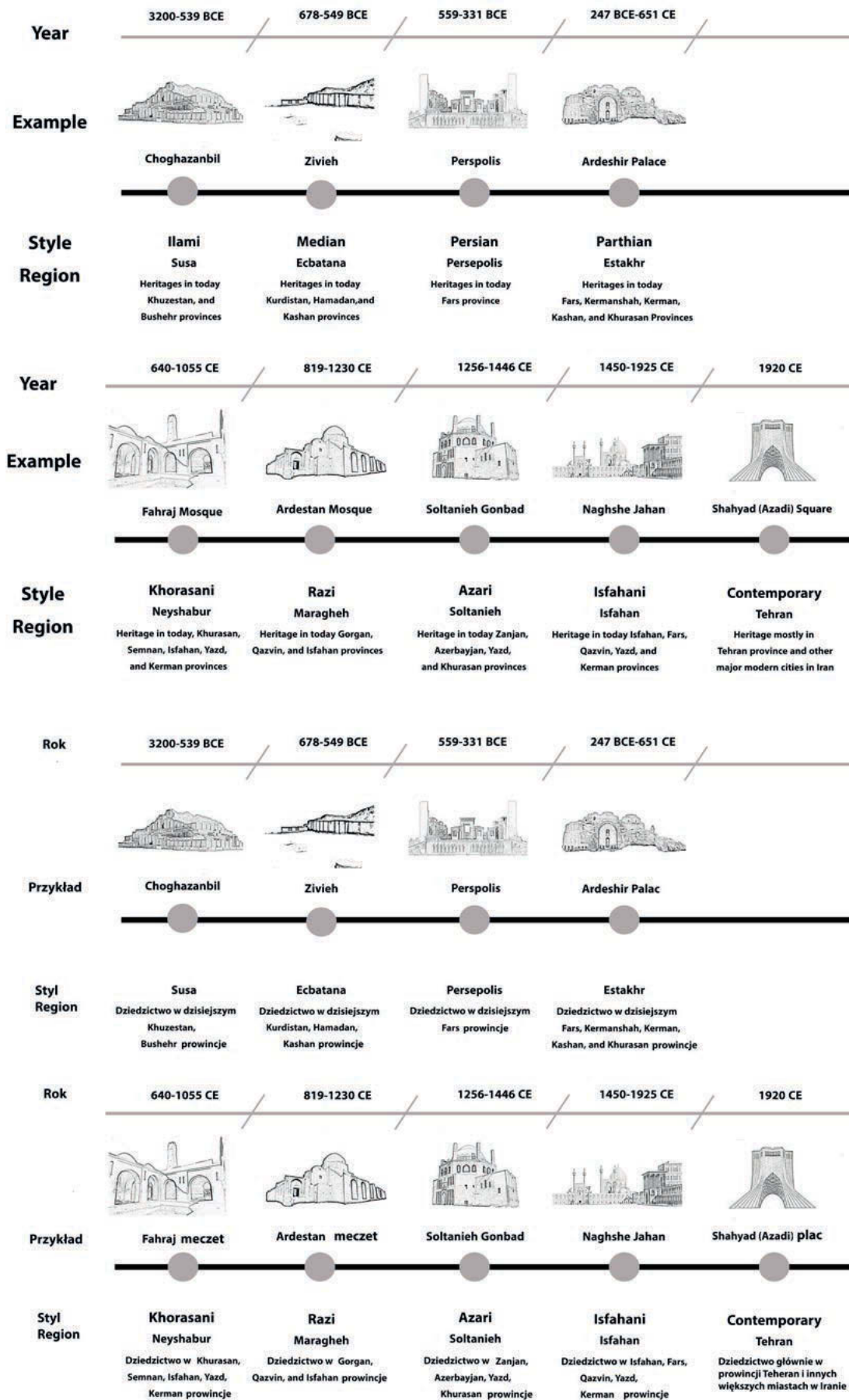
For future studies and to enhance our comprehension of the function, form, and user experience offered by contemporary architectural daylighting elements, it appears essential to establish a classification for these elements.



Ill. 1. The behaviour of an incident beam of daylight on different surfaces (adapted from Dubois et al. (2019), and Taylor (2000)). These properties of surfaces have been used in analysing the architectural daylighting elements of the Iranian traditional (Isfahani) style (Gorji Mahlabani, Boushehri, 2016; Ghofrani et al., 2020).

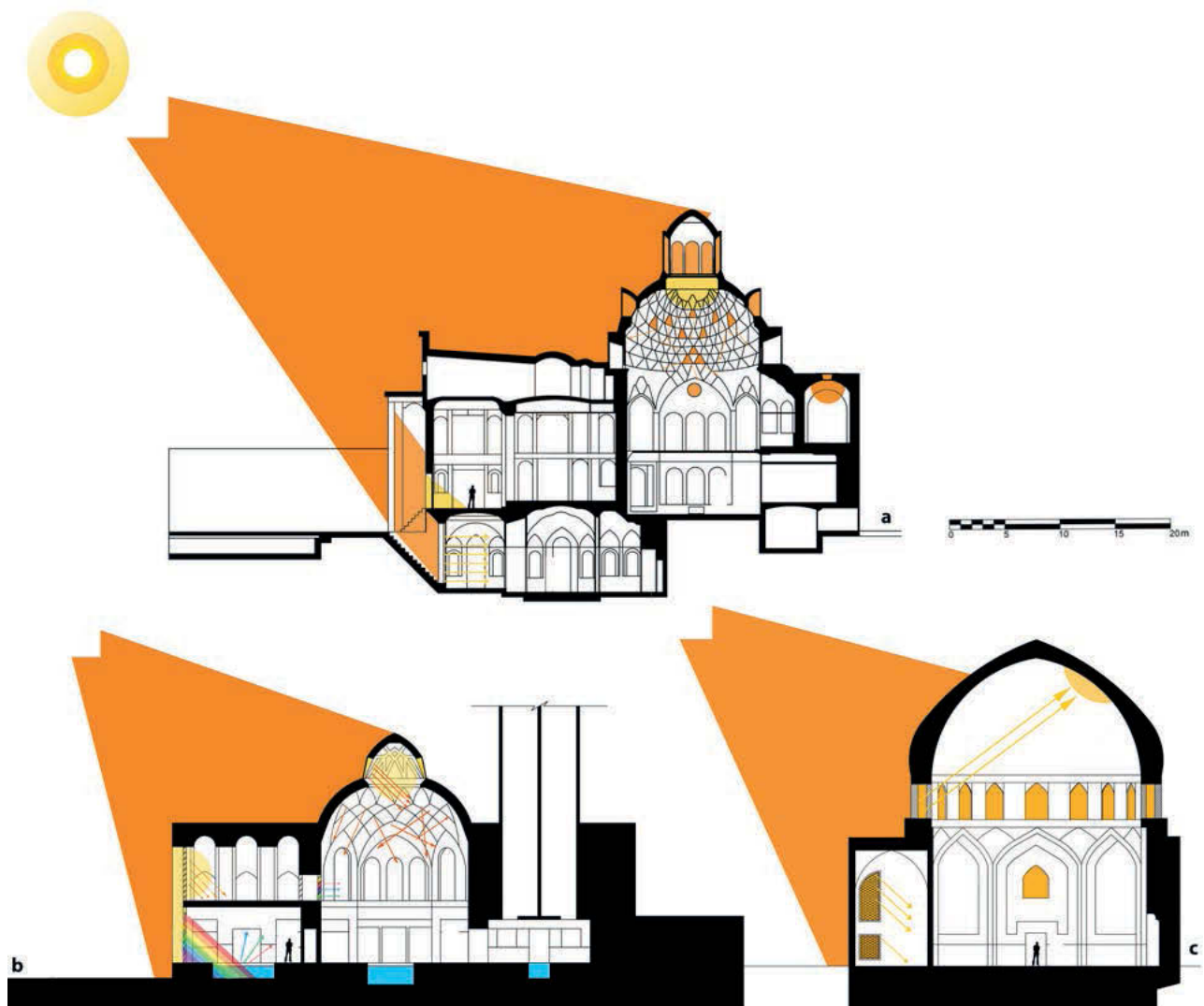
Il. 1. Zachowanie wiązki światła dziennego padającej na różne powierzchnie (zaadaptowane z Dubois i in., 2019 i Taylor, 2000). Właściwości powierzchni zostały wykorzystane w analizie architektonicznych elementów oświetlenia dziennego irańskiego tradycyjnego stylu (Isfahani) (Gorji Mahlabani, Boushehri, 2016; Ghofrani i in., 2020).





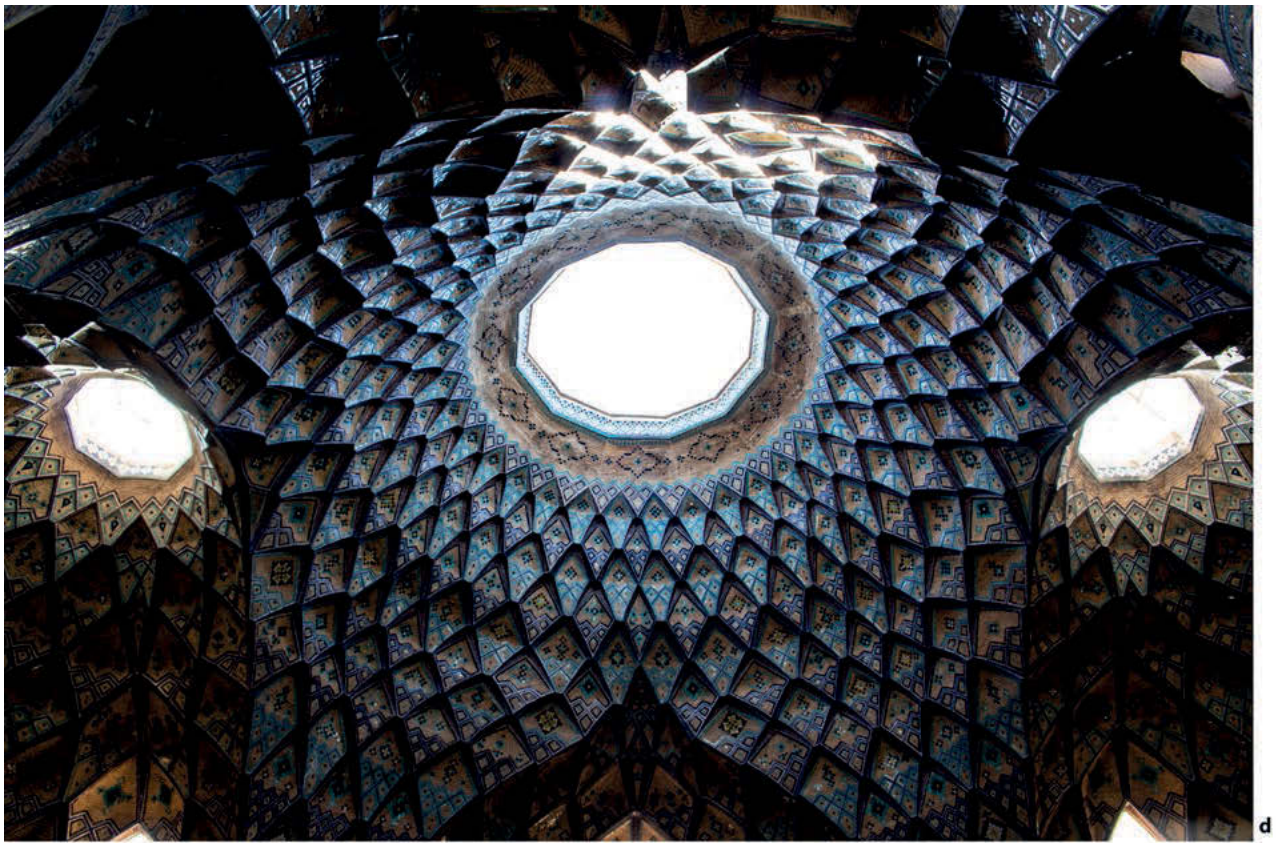
III. 2. Timeline of Iranian architectural styles. Source: Pimia, 2008, Pictures by M. Ahmadi.

II. 2. Oś czasu irańskich stylów architektonicznych. Źródło: Pimia, 2008. Opracowanie: M. Ahmadi.



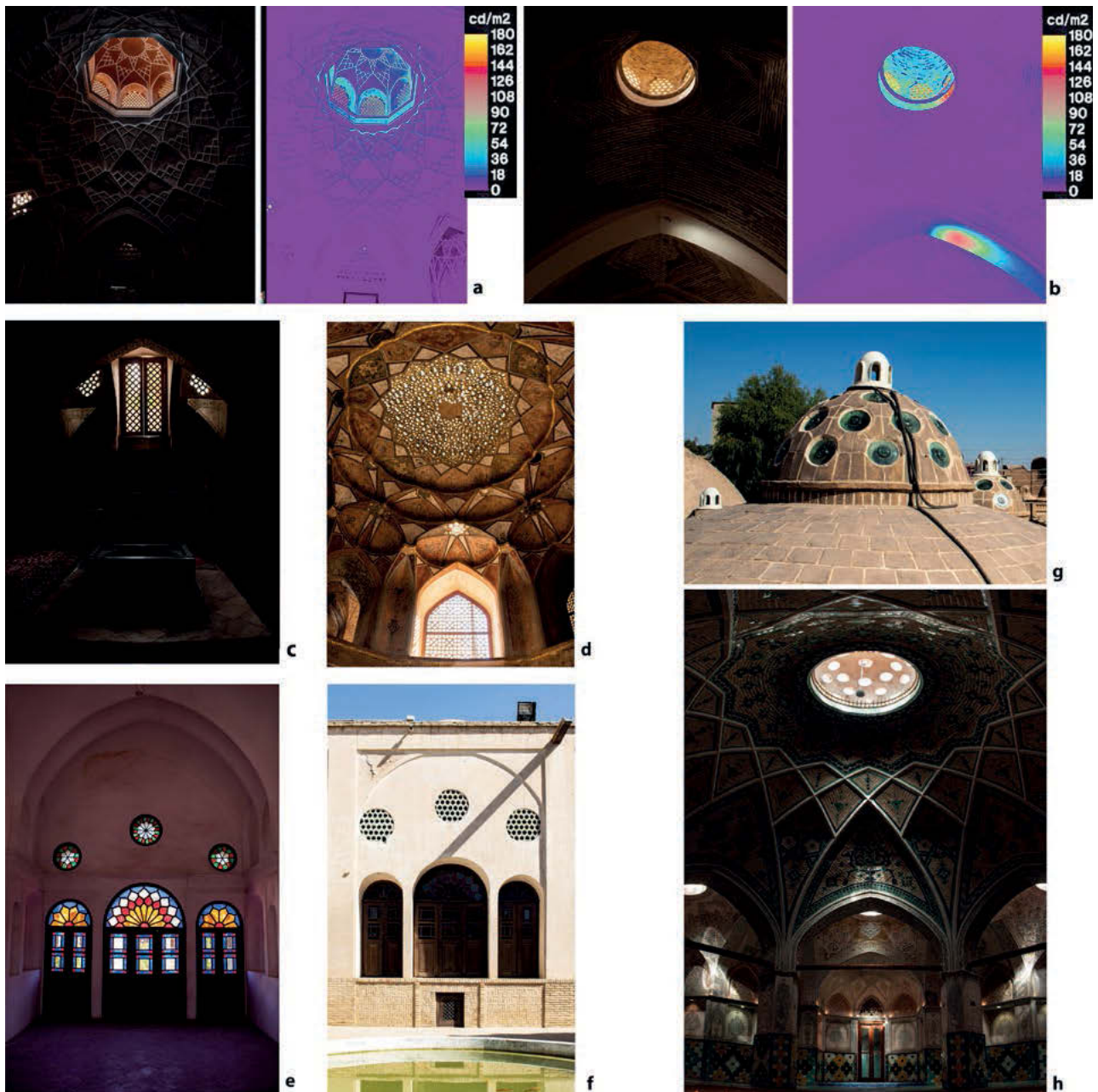
III. 3. a) Character of daylight in Borujerdis Mansion b) using *roshandan*, *muqarnas*, *rozan*, *hurno*, and *shobak*; Dawlat-Abad Garden c) using *roshandan*, *muqarnas*, *pachang*, and *orosi*, and Sheikh Lotfollah Mosque. Source: original work.

Il. 3: a) Schemat padania światła dziennego w Borujerdis Mansion; b) z wykorzystaniem *roshandan*, *muqarnas*, *rozan*, *hurno*, *an ds hobak*, Dawlat-Abad Garden; c) z wykorzystaniem *roshandan*, *muqarnas*, *pachang* i *orosi*, Sheikh Lotfollah Mosque. Źródło: opracowanie własne.



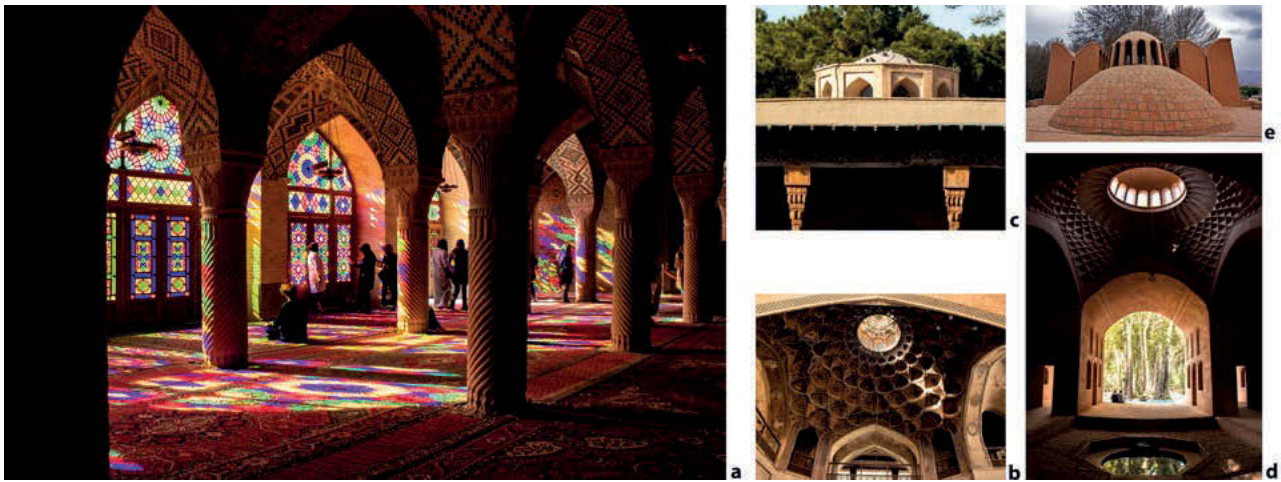
III. 4. Daylight Controllers: a) *ravaq* in the old fabric of Shiraz (30 October 2021, 4:00 p.m., geographical location: 29.6136, 52.5378, clear sky). b) *Sabat* in the old context of Yazd (25 October 2021, 12:00 p.m., geographical location: 31.9014, 54.3677). c) External shading system including a *tabeshband* (vertical fin), a *sarsayeh* (horizontal fin), and a *kharakpoush* (arched fin) in the Ameriha House in Kashan (22 October, 2:00 p.m., geographical location: 33.9754, 51.4416, clear sky). A *hurno* as a skylight in the Aminoddoleh Caravanserai in Kashan. (20 October 2021, 9:00 a.m, geographical location: 33.9843, 51.4488, clear sky type). Source: photos by Mosleh Ahmadi).

II. 4. Kontrolery światła dziennego: a) *ravaq* w starym mieście Shiraz (30.10.2021 r., godz. 16:00, położenie geograficzne: 29.6136, 52.5378, nieboskłon bezchmurny); b) *Sabat* w starym mieście Yazd (25.10.2021 r., godz. 12:00, położenie geograficzne: 31.9014, 54.3677); c) zewnętrzny system zacielenia obejmujący *tabeshband* (pionowa pletwa), *sarsayeh* (pozioma pletwa) i *kharakpoush* (łukowa pletwa) w domu Ameriha H w Kaszanie (22.10.2021 r., 14:00, położenie geograficzne: 33.9754, 51.4416, nieboskłon bezchmurny). *Hurno* jako świetlik w *karawanseraju* Aminoddoleh w Kaszanie (20.10.2021 r., godz. 9:00, położenie geograficzne: 33.9843, 51.4488, nieboskłon bezchmurny). Fot M. Ahmadi.



Ill. 5. Daylight Scatterers: a) Skylight with *Muqarnas* at the entrance space of Abbasian House (20 October 2021, 12:00 p.m., geographical location: 33.9764, 51.4405, clear sky type). b) Skylight without *muqarnas* at the corridor of Ameriha House (22 October 2021, 2:00 p.m., geographical location: 33.9754, 51.4416, clear sky) (The False-colour images are created with Honeybee Plugin). c) Sardab room in the Mollabashi house, Isfahan with the grided door and windows (14 January 2021, 3:00 p.m., geographical location: 32.6534, 51.6859, partly cloudy sky). d) Daylight Filterers: *Rozan (Pachang)* is accompanied by the mirroring at the centre of the dome in Hasht Behest palace (12 January 2021, 12:00 p.m., geographical location: 32.6535, 51.6701, clear sky). e) *Goljam* in one of the rooms of the Tabatabaian house interior, f) exterior view in Kashan (21 October 2021, 11:00 a.m., geographical location: 33.9752, 51.4394, clear sky). h) Soltan Ahmad Bath in Kashan; g) and its *Jam-Khaneh* on the roof (22 October 2021, 10:00 a.m., geographical location: 33.9752, 51.4410, clear sky). Source: photos by Mosleh Ahmadi.

Il. 5. Rozpraszacze światła dziennego: a) świetlik z *muqarnami* przy wejściu do domu Abbasian (20.10.2021 r., godz. 12:00, położenie geograficzne: 33.9764, 51.4405, nieboskłon bezchmurny); b) świetlik bez *muqarnas* na korytarzu Domu Ameriha (22.10.2021 r., godz. 14:00, położenie geograficzne: 33.9754, 51.4416, nieboskłon bezchmurny (zdjęcia w kolorze false zostały utworzone za pomocą wtyczki Honeybee)); c) Pokój Sardab w domu Mollabashi, Isfahan z kratowanymi drzwiami i oknami (14.01.2021 r., godz. 15:00, położenie geograficzne: 32.6534, 51.6859, niebo częściowo zachmurzone); d) filtry światła dziennego: *Rozan (Pachang)* towarzyszy odbicie lustrzane w centrum kopuły w pałacu Hasht Behest (12.01.2021 r., godz. 12:00, położenie geograficzne: 32.6535, 51.6701, nieboskłon bezchmurny); e) *Goljam* w jednym z pomieszczeń wnętrza domu Tabatabaian; f) widok z zewnątrz w Kaszanie (21.10.2021 r., godz. 11:00, położenie geograficzne: 33.9752, 51.4394, nieboskłon bezchmurny); h) łaźnia Soltan Ahmad w Kaszanie; g) i jej *Jam-Khaneh* na dachu (22.10.2021 r., godz. 10:00, położenie geograficzne: 33.9752, 51.4410, nieboskłon bezchmurny). Fot. M. Ahmadi.



Ill. 6. Daylight Modifiers: a) Nasir Al-Molk Mosque in Shiraz city. (28 October 2021, 9:00 a.m., geographical location: 29.6087, 52.5484, clear sky). b) a *roshandan* of Hasht-Behesht Palace in Isfahan, interior, c) and exterior, d) (12 January 2021, 12:00 p.m., geographical location: 32.6535, 51.6701, clear sky). Pahlavan-Poor Garden in Yazd, e) and its *roshandan* (26 October 2021, 4:00 p.m., geographical location: 31.5602, 54.4406, clear sky). Source: photos by Mosleh Ahmadi.

Il. 6. Modyfikatory światła dziennego: a) Meczet Nasir Al-Molk w mieście Shiraz (28.10.2021 r., godz. 9:00, położenie geograficzne: 29.6087, 52.5484, nieboskłon bezchmurny); b) *roshandan* pałacu Hasht-Behesht w Isfahanie — wewnątrz; c) na zewnątrz; d) Pahlavan-Poor Garden w Yazd (12.01.2021 r., godz. 12:00, położenie geograficzne: 32.6535, 51.6701, nieboskłon bezchmurny); e) *roshandan* (26.10.2021 r., godz. 16:00, położenie geograficzne: 31.5602, 54.4406, nieboskłon bezchmurny). Źródło: M. Ahmadi.

## 1. WPROWADZENIE

W architekturze projektowanie oświetlenia dziennego służy do efektywnego wykorzystania elementów architektonicznych w celu umożliwienia dostępu i dystrybucji światła do przestrzeni wewnętrznych. Architekci często priorytetowo traktują integrację zmiennego światła dziennego z bryłą budynku jako podstawową zasadę. Koncepcja „światła dziennego w architekturze” była szeroko badana z różnych perspektyw, ze szczególnym naciskiem na komfort wizualny i ogólne samopoczucie użytkowników.

W ostatnich latach w znaczący sposób rozwinęły się badania nad oświetleniem dziennym w projektowaniu budynków i jego wpływem na użytkowników. Badania te obejmują szerokie spektrum zagadnień, w tym oddziaływanie na środowisko, co omówili Beute i de Kort w 2014 roku. Naukowcy zagłębili się w takie aspekty jak wpływ światła dziennego na odbiór przestrzeni przez użytkownika i rolę widoków z otworów okiennych w percepcji przestrzeni wewnętrznych, o czym świadczą prace Chamilothoni i in. (2022), Anderson i in. (2012) oraz Marđaljević i in. (2014). Ponadto badania nad wpływem oświetlenia dziennego na psychikę człowieka, jak podkreślili Knoop i in. (2020) oraz Hourani i Hamad (2012), wykazały jego znaczenie w kształtowaniu przestrzeni wewnątrz budynków. Analizie poddano również reakcje emocjonalne na światło dzienne (Baeza Moyano i in., 2020 oraz Woo i in., 2021). Naukowcy przestudiowali czynniki wpływające na komfort związany z oświetleniem dziennym, co ilustrują badania przeprowadzone przez Pierson i in. (2022) oraz Chinazzo i in. (2018). Inne badania obejmują analizy zachowań użytkowników w budynkach ze zintegrowanym oświetleniem i przedstawione są w pracach Van Den Wymelenberg (2012) i Sokół i in. (2023).

W celu pogłębienia wiedzy i zrozumienia tematów związanych z projektowaniem oświetlenia dziennego w architekturze, w niniejszej pracy przeanalizowano rolę oświetlenia dziennego w kształtowaniu tradycyjnej architektury irańskiej. W wyniku analizy zidentyfikowano i zdefiniowano elementy wykorzystywane do wprowadzenia i rozproszenia oświetlenia dziennego w historycznych budynkach. Należy zauważyć, że niniejsze badanie odnosi się do warunków oświetlenia dziennego, jak i wyszczególnionych cech zabytkowych budynków, charakterystycznych dla klimatu podzwrotnikowego i zwrotnikowego Iranu. Badania te obejmowały elementy architektoniczne w tradycyjnej architekturze irańskiej, które wprowadzają, rozpraszają światło dzienne do oświetlenia, ale także powo-

dują efekty świetlne poprawiające estetykę wnętrz. Celem badań była systematyczna kategoryzacja tych elementów, ale także zwrócenie uwagi na to, jak wpływają one na percepcję i komfort wizualny użytkowników.

Do tej pory naukowcy podchodzili do tej kategoryzacji na trzy różne sposoby:

Najważniejszą jest kategoryzacja, którą zaproponował Nemat-Gorgani (2002). Sklasyfikował on cechy wybranych elementów architektonicznych jako „łapacze światła dziennego” lub „kontrolery światła dziennego”. Ponadto w dwóch innych badaniach przeanalizowano elementy przetwarzające oświetlenie dzienne przez pryzmat strategii kontroli ilości światła, oznaczając je jako „elementy oświetlenia dziennego” i „urządzenia zacieniające” (Maghsoudi Nia i in., 2015) lub jako „oczka świetlne” i „sterowniki oświetlenia dziennego” (Ghouchani i in., 2023).

Jednak w celu kompleksowego zrozumienia tych elementów architektonicznych, w tym ich funkcji, formy, właściwości materiałowych, złożoności systemu i — co najważniejsze — komfortu, jaki zapewniają, rozsądne jest zaproponowanie nowego systemu kategoryzacji.

W swoich badaniach nad tradycyjną architekturą Iranu, Ahani (2011) wyjaśnił pięć odrębnych kategorii, które klasyfikują „rolę światła” w oparciu o jego funkcję. Role te obejmują funkcje: klimatyczną, psychologiczną, estetyczną, jak również duchową i symboliczną (Ahani, 2011). Jednakże, biorąc pod uwagę kategoryzację elementów do oświetlenia dziennego należy przyjąć inne podejście, uwzględniające ich funkcję skorelowaną z właściwościami powierzchni, ich złożonością oraz wpływem na oświetlenie dzienne. Ta kompleksowa perspektywa jest niezbędna do pełnego wyjaśnienia roli światła dziennego w tradycyjnej architekturze. W związku z tym głównym celem tych badań jest ponowne przeanalizowanie kategoryzacji elementów do oświetlenia dziennego, co wymaga nowego podejścia, które jest zgodne ze współczesnymi i postmodernistycznymi teoriami dotyczącymi oświetlenia dziennego w architekturze. Zasadniczo badania te mają na celu przedstawienie, w jaki sposób elementy architektoniczne wykorzystują światło dzienne, aby służyć różnym funkcjom, które zostaną wyjaśnione w tym artykule.

## 2. AKTUALNY STAN WIEDZY

Tradycyjna irańska architektura od początku uwzględniała osiągnięcie zrównoważonego oświetlenia oraz kontrolowanie we wnętrzach nadmiaru

światła dziennego poprzez wprowadzanie odpowiednich materiałów wykończeniowych, jak i elementów funkcjonalnych. Stworzono zestaw elementów architektonicznych do oświetlenia dziennego, które były skrupulatnie zaprojektowane, tak aby wprowadzać światło dzienne do przestrzeni wewnętrznych, jednocześnie tworząc dynamiczne zmiany w jego rozkładzie, intensywności i odwzorowaniu kolorów.

Wpadające do wnętrza promienie słoneczne przechodzą różnorodną transformację, podlegając sześciu różnym fizycznym sposobom reakcji materii i światła, które zależą od właściwości powierzchni, a także od geometrii elementu architektonicznego zastosowanego w celu wykorzystania światła dziennego (il. 1). Zabiegi te nie tylko wprowadzają do wnętrza interesujące efekty światła dziennego, ale także umiejętnie łagodzą skutki nadmiernego oświetlenia światłem dziennym poprzez zmianę jego rozproszenia. Warto zauważyć, że te efekty są oparte na właściwościach optycznych form detali architektonicznych. Zostały — jak dotąd — zbadane wyłącznie pod względem transmisji, odbicia i rozproszenia (Laouadi i in., 2007).

W tradycyjnej architekturze światło dzienne ma nie tylko wartość praktyczną, ale także wartości znaczeniowe. Przed dominacją islamu w Iranie w VII wieku anielskie bóstwa — Mehr lub Mithra — które obrazowały religię zaratusztrianizmu, były ściśle związane z wizerunkiem słońca (Boyce, 1996, s. 24). Ponadto ogień odgrywał głęboką rolę symboliczną, ponieważ reprezentował światło i ciepło, uosabiając oczyszczające atrybuty w systemie wierzeń Ahura Mazda, zoroastrijskiego boga (Boyce, 1996, s. 154). W związku z tym wybudowane zostały świątynie ognia, aby rozproszyć ciemność (Pirnia i Memarian, 2016, s. 225) i symbolizować boską obecność (Nasr, Aram, 2010).

W ważnym badaniu Aghaeimehr i in. (2018) starali się nakreślić podobieństwa pomiędzy filozoficzną koncepcją iluminacji, którą wprowadził Yahya Ibn Habash Suhrawardi, a irańską architekturą. Wybór ten wynikał z faktu, że filozofia iluminacji, czyli *hikmat al-Ishraq*, obejmuje zarówno zasady nauki o świetle, jak i mistyczne doświadczenia zakorzenione w tradycji irańskiej. Opierając się na pracach Suhrawardiego z XII wieku (Suhrawardi i in., 1999), irańska filozofia konsekwentnie wykazuje dwie podstawowe cechy. Po pierwsze, trwale wykorzystuje symboliczne alegorie i kody do przekazywania znaczenia. Po drugie, fundamentalny światopogląd starożytnego Iranu opiera się na przekonaniu, że wszystko jest zasadniczo zbudowane na dwoistości światła i ciemności, co

jest pojęciem głęboko zakorzenionym w filozofii (Suhrawardi i in., 1999).

Niemniej jednak kluczowe jest uznanie uniwersalnego znaczenia *sacrum* i powszechnego stosowania symboliki w różnych kultach i religiach, jak podkreślił Hani w 2008 roku. Symbolika ta jest szczególnie widoczna w chrześcijaństwie (Hani, 2007). Co więcej, koncepcja „dwubiegunowego” zjawiska nie jest zakorzeniona wyłącznie w irańskiej myśli islamskiej, ale została również rozwinięta przez zachodnich teologów, takich jak Rudolf Otto, jak omówił Sarbacker w 2016 roku. Otto wprowadził ideę „Numinous” — rozszerzenia kategorii wartości, która przejawia się w sztuce zachodniej poprzez elementy takie jak „ciemność” i „cisza” (Otto, 1958). Elementy te wywierają mistyczny wpływ na ekspresję architektoniczną i muzyczną, czego przykładem jest budowa kościołów, meczetów i świątyń, jak wyjaśnia Otto w swojej pracy (Otto, 1958, s. 70). Ponadto znaczenie światła ma wpływ nie tylko w sferze filozofii irańskiej, ale także stanowi ważny motyw w różnych religiach, obejmujących starożytne, orientalne i inne tradycje mono-teistyczne, takie jak judaizm i chrześcijaństwo. Rumuński historyk Mircea Eliade w swoim artykule zatytułowanym *Duch, światło i nasienie* (Eliade, 1971) wprowadza termin „mistyczne światło” i rozwija jego powszechną obecność zarówno w przestrzeni, jak i czasie.

Należy jednak zauważyć, że zagłębianie się w teologiczne, symboliczne i teoretyczne aspekty tradycyjnego oświetlenia wykracza poza zakres tego badania. Wspominamy o tych elementach wyłącznie w celu podkreślenia znaczenia oświetlenia postrzeganego przez architektów i mieszkańców tych budynków.

Styl architektoniczny Isfahani, obejmujący okres od XVI do początku XX wieku, wyróżniał się jako jeden z najbardziej zaawansowanych spośród sześciu podstawowych irańskich stylów architektonicznych (il. 2). Służył jako kwintesencja architektury tradycyjnej, przestrzegając podstawowych zasad, takich jak proporcje dostosowane do skali człowieka (*mardomvari*), unikanie zbędnych elementów (*parhiz az bihoodegi*), znaczenie stabilności strukturalnej (*niaresh*), wykorzystanie lokalnych materiałów (*khod-basandegi*) i nacisk na projekt architektoniczny wnętrz (*daroon-garaie*), jak nakreślił Pirnia (2008, s. 26–36).

Na jego kształt głęboki wpływ miał wkład filozoficzny wybitnych irańskich myślicieli, w tym Awicenny Suhrawardiego, który był orędownikiem filozofii iluminacji (Shekarchi i in., 2020). Na przestrzeni od XVI do XX wieku ich idee odegrały klu-

czową rolę w rozwoju islamskiej estetyki w ramach stylu architektonicznego Isfahani (Majidi i in., 2020). To połączenie ideologii filozoficznych nadało stylowi Isfahani wyraźnie religijny charakter.

W rezultacie został on ukształtowany przez dwa istotne czynniki: irańską architekturę wernakularną oraz wpływ irańskich islamskich szkół myślenia. Szczególnie istotna dla niniejszego artykułu jest „filozofia oświetlenia”, ściśle powiązana z tematem światła dziennego, która wywarła głęboki wpływ na sztukę i architekturę tej epoki.

Projekty architektoniczne inspirowane stylem Isfahani są widoczne w regionach charakteryzujących się klimatem półpustynnym. Obszary te są podobne pod względem długości dnia, całkowitej energii promieniowania słońca i poziomów wilgotności. Podczas przesilenia letniego promienie słoneczne są prawie prostopadłe, a ich kąt wynosi około 80 stopni. Z kolei podczas przesilenia zimowego kąt padania słońca może spaść nawet do 36 stopni. Czerwiec wyróżnia się jako szczytowy miesiąc dla promieniowania globalnego, osiągając  $1300 \text{ W/m}^2$ . Miasta Shiraz i Isfahan posiadają podobne warunki dotyczące stopnia promieniowania słonecznego w okresie letnim. Tymczasem średnie poziomy wilgotności we wszystkich tych miastach pozostają względnie stabilne, oscylując między 20% a 30% przez cały rok. Według danych z Worldwide Weather Forecasts and Climate Information (2022), średnio około 300 słonecznych dni (nieboskłon bezchmurny) można zaobserwować w tych miastach.

Według Chinga (2014, s. 34), właściwości formy architektonicznej takie jak kształt, orientacja, rozmiar, kolor, tekstura, bezwładność wzroku i położenia, są kluczowymi elementami decydującymi o reakcji światła i materii oraz percepcji tego zjawiska. Jednak wykorzystanie światła dziennego w irańskiej architekturze wernakularnej wykracza poza aspekty funkcjonalne i dekoracyjne. Co istotne, wprowadza również aspekty duchowe (Kamalifard, Assadi Langroudi, 2018). Ta duchowa perspektywa zwraca uwagę na symboliczne i metaforyczne wymiary światła (Ardalan, Bakhtiar, 1973; Ahani, 2011), co dalej wpływa na strategię stosowania efektów światła dziennego we wnętrzach i ich wykorzystania (Panahi i in., 2013).

W kompleksowej analizie elementów do wprowadzania światła dziennego do wnętrza w tradycyjnej architekturze irańskiej, Navabi i in. (2012) zidentyfikowali: orientację budynku, formę budynku, sekwencje oświetlenia dziennego oraz proporcje pomieszczeń i otworów, jako kluczowe czynniki skutecznego oświetlenia. Kształtując unikalne formy

w budynku, irańska architektura zaadaptowała i wprowadziła innowacyjne rozwiązania polegające na wykorzystaniu interakcji materiałów ze światłem dziennym, wykraczając przy tym poza zwykłą funkcjonalność. Różne badania sklasyfikowały irańskie elementy oświetlenia dziennego w oparciu o ich specyficzne konteksty (patrz: tabela 1). W szczególności kategoryzacja, o której mówi Nemat-Gorgani (2002), jest powszechnie uznawana za najbardziej wszechstronną (Bemanian, Nikoudel, 2014).

Aby skutecznie sklasyfikować architektoniczne elementy wykorzystujące światło dzienne w stylu Isfahani, konieczne jest ich rozróżnienie nie tylko ze względu na ich funkcję, ale także biorąc pod uwagę ich właściwości materiałowe, wpływ na oświetlenie wnętrz i poziom złożoności formy detalu architektonicznego. Unikalny charakter we wnętrzach jest wynikiem interakcji światła dziennego z materiałami, z którymi się styka. Pod tym względem powierzchnie można sklasyfikować jako odbłyśniki odbijające światło lub je emitujące (il. 1). Co więcej, powierzchnie mogą posiadać cechy takie jak chropowatość, połyskliwość lub matowe wykończenia, które z kolei wpływają na reakcję odbicia światła dziennego.

Ponadto, aby lepiej zrozumieć rolę każdego elementu w tej klasyfikacji, konieczne jest dokładne opisanie cech zamierzonego efektu kształtowania nastroju we wnętrzach, niezależnie od tego, czy mowa o intensywności, dystrybucji, czy zmianie w wyglądzie koloru — w przypadku, gdy wprowadzone jest światło dzienne do budynku. Dlatego proponujemy nową kategoryzację, obejmującą cztery typy tych elementów: „kontrolery”, „rozpraszacze”, „filtry” i „modyfikator”. Każda z tych kategorii jest dokładnie omówiona i zdefiniowana w kolejnych częściach artykułu.

Szczegółowy wykaz okien, otworów ściennych i urządzeń zacieniających występujących w architekturze Isfahani można znaleźć w tabeli 2, która zawiera opisową listę tych elementów.

### 3. METODOLOGIA

W przeprowadzonym badaniu uwzględniono trzydzieści cztery przypadki, które udokumentowano w tabeli 3.

Wyboru tych konkretnych przypadków dokonano na podstawie analizy znaczenia obiektu w kontekście projektowania architektonicznego, który był także uznawany przez wybitnych irańskich teoretyków architektury, takich jak Pirnia. W niniejszym artykule przedstawiono dwanaście przypadków, uszczegółowiono trzy z nich.



Tabela 1. Tradycyjne irańskie strategie oświetlenia dziennego sklasyfikowane przez różnych badaczy.

Lp.	Źródło	Kategoryzacja	Kontekst
1.	Nemat-Gorgani (2002)	<b>Elementy oświetlenia dziennego</b> <b>łapacze światła dziennego:</b> <i>rozan/pachang, shabak, moshabak, orosi, jam-khaneh, roshandan, hurno, fariz, khoon, karbandi/muqarnas;</i> <b>kontrolery światła dziennego:</b> <b>zdobienie lub dekoracja:</b> zasłona, namiot; <b>przyczepione:</b> <i>ravaq, sabat, tabesh-band.</i>	Wprowadzenie tradycyjnych elementów oświetlenia dziennego w celu ich klasyfikacji w kontekście centralnych miast w Iranie.
2.	Maghsoudi Nia i in. (2015)	<b>Strategie oświetlenia dziennego</b> <b>urządzenia oświetlenia dziennego:</b> <i>tabesh-band, sarsayeh, kharakpoush, orosi;</i> <b>elementy oświetlenia dziennego:</b> otwory dachowe, <i>rozan, goljam, drzwi/okno, moshabak.</i>	Klasyfikacja strategii oświetlenia dziennego w gorącym, suchym klimacie Iranu w celu badania efektywności energetycznej i komfortu wizualnego w budynkach z tradycyjnymi elementami oświetlenia dziennego i urządzeniami zacienienia.
3.	Ghouchani i in. (2022)	<b>Elementy oświetlenia dziennego</b> <b>szacht świetlny:</b> krata, okno z kratą, apertura, <i>Shah okno, hurno, roshandan, goljam;</i> <b>kontroler oświetlenia dziennego:</b> <b>przymocowany osłonec:</b> weranda; <b>osłona ozdobna:</b> zasłona.	Klasyfikacja elementów oświetlenia dziennego w formie tabeli do oceny elementów i metod oświetlenia w historycznych i współczesnych meczetach w Iranie.
4.	Moghaddasi et al. (2021)	<b>Elementy oświetlenia dziennego:</b> <i>iwan, hurno, shabak, rozan,</i> okno	Klasyfikacja elementów oświetlenia dziennego i ich funkcja w celu oceny zastosowania różnych technik oświetleniowych w irańskich meczetach.

Źródło: opracowanie własne.



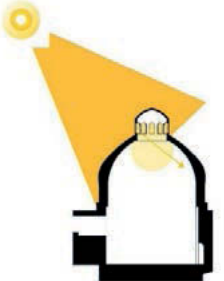

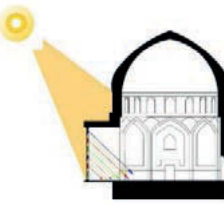

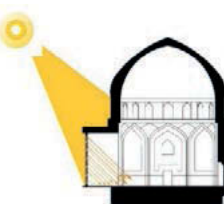

W trakcie badań skrupulatnie wykonano ponad 2000 zdjęć w formacie RAW. Obrazy te przedstawiają różne aspekty architektoniczne związane z oświetleniem dziennym w obiektach zlokalizowanych w czterech miastach: Isfahan, Kashan, Yazd i Shiraz, które określane są mianem wizytówek architektury w stylu Isfahanu. Warto zauważyć, że zdjęcia wykonano przy bezchmurnym niebie, w październiku, w Kaszanie, Yazd i Shiraz. Dla kontrastu, miasto Isfahan zostało udokumentowane pod dynamicznie zmieniającym się nieboskłonem w styczniu.


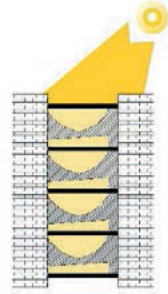
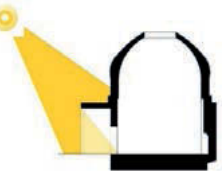
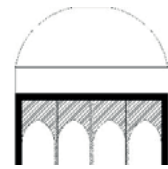
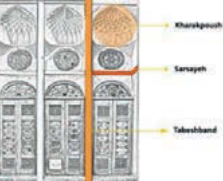
Sposób, w jaki przestrzeń nabiera wyrazu poprzez swoją formę, odgrywa kluczową rolę w dyktowaniu metody, w jaki światło może do niej przenikać. Mówiąc prościej, jak wymownie wyraził to Hauge (2015), sposób, w jaki światło dzienne jest załamywane lub odbijane, określa charakter tego światła. Dążąc do jego zrozumienia, dokonano kategoryzacji elementów, które mają wpływ na oświetlenie dzienne. Klasyfikacje przedstawione w niniejszym

artykule mają strukturę opartą na następujących aspektach:

- funkcja — ten wymiar odpowiada za spełnienie zamierzonego celu oświetlenia i zapewnienia widoków na zewnątrz lub zacienienie, które wywoływane jest przez element architektoniczny oświetlenia dziennego;
- właściwości powierzchni — to cechy, które wpływają na reakcję światła dziennego (fali elektromagnetycznej) z materią. Mogą się one odnosić do aspektów takich jak przenikanie, odbicie lub pochłonięcie. Obejmują takie kategorie jak: przezroczystość, chropowatość, połysk, jasność czy kolor powierzchni;
- złożoność — stopień złożoności obejmuje zarówno ilość, jak i jakość wprowadzanych zabiegów związanych z wykorzystaniem światła dziennego;
- efekt oświetlenia dziennego — obejmuje szerokie spektrum, w tym dystrybucję światła, odwzorowanie kolorów oraz intensywność oświetlenia.

Tabela 2. Lista elementów doświetleniowych w stylu architektury isfahańskiej w oparciu o położenie zainstalowanego elementu w budynku.

Typ	Element	Odnosnik w tabeli 4	Efekt doświetlenia	Reprezentacja schematyczna	Opis formy i funkcji
Świetliki	<i>hurno</i>	C1	intensywność światła		rozmiar: w zależności od proporcji przestrzeni; materiał: odejmowanie w formie; zastosowanie: przestrzenie centralne bez okien
	<i>muqarnas</i>	S3	dystrybucja światła		rozmiar: cząstki mają kwadratowe proporcje o różnych kształtach; materiał: gips i mozaiki (w budynkach sakralnych, mieszkalnych i publicznych) oraz czasami lustra (w budynkach sakralnych i pałacach); zastosowanie: kopuły i wejścia
	<i>roshandan, jam-khaneh</i>	dla <i>roshandan</i> : M2; dla <i>jam-khaneh</i> : F2	intensywność światła; dystrybucja światła		rozmiar: zależny od rozmiaru kopuły i potrzeby oświetlenia; materiał: otwory mogą być drewniane, metalowe lub z gipsu. Cząstki mogą również być wykonane z luster, gipsu lub mozaiki; zastosowanie: <i>roshandan</i> jest używany w przestrzeniach centralnych. <i>Jam-khaneh</i> jest używany w publicznych łaźniach
Otwory ścienne	<i>rozan, pachang</i>	S2	intensywność światła; dystrybucja światła		rozmiar: zależny od wysokości bębna (kopuły); materiał: drewno, gips lub metal; zastosowanie: w kopule
	<i>orosi, goljam</i>	dla <i>goljam</i> : F1; dla <i>orosi</i> : M1	barwny wygląd światła; intensywność światła; dystrybucja światła		rozmiar: zmienia się w zależności od szerokości i wysokości ściany; materiał: kolorowe, matowe lub wzorzyste szkło z drewnianą ramą; zastosowanie: na ścianach zewnętrznych 
	<i>shabak, moshabak</i>	S1	intensywność światła; dystrybucja światła		rozmiar: zmienia się w zależności od szerokości i wysokości ściany; materiał: drewno lub gips; zastosowanie: na ścianach zewnętrznych 

Typ	Element	Odnosnik w tabeli 4	Efekt doświetlenia	Reprezentacja schematyczna	Opis formy i funkcji
Żaluzje	<i>sabat</i>	C3	intensywność światła		rozmiar: zależny od wymiarów korytarza; materiał: mur; zastosowanie: korytarze lub alejki  Plan
	<i>ravaq</i>	C2	intensywność światła		rozmiar: proporcjonalny; materiał: mur; zastosowanie: fasada  Fasada
	<i>tabeshban/ sarsayeh/ kharakpoush</i>	C4	intensywność światła		rozmiar: zależny od wielkości okna; materiał: gips lub drewno; zastosowanie: jako zewnętrzne rolety

Źródło: opracowanie własne, zaadaptowane od Nemat Gorgani (2002) i Pirnia (2008).

Tabela 3. Lista badanych elementów doświetleniowych.

Wiersz	Typ budynku	Nazwa miejsca	Miasto	Data i godzina wizyty	Czas trwania wizyty	Badane elementy doświetleniowe
1.	bazar	Aminoddoleh Caravanserai	Kashan	20.10., 9.00	3 godziny	<i>hurno, muqarnas</i>
2.		Yazd Bazar	Yazd	25.10., 17.00; 26.10., 9.00	3 godziny (dwukrotna wizyta)	<i>hurno</i>
3.	meczet	Agha Bozorg Meczet	Kashan	21.10., 9.00 i 18.00	3 godziny (dwukrotna wizyta)	żaluzje, <i>shabak</i>
4.		Zavareh Meczet	Zavareh	24.10., 10.00	2 godziny	<i>shabak, rozan</i>

Wiersz	Typ budynku	Nazwa miejsca	Miasto	Data i godzina wizyty	Czas trwania wizyty	Badane elementy doświetleniowe
5.	meczet	Yazd Jameh Meczet	Yazd	25.10., 11.00	2 godziny	<i>muqarnas, roshandan, shabak</i> , żaluzje
6.		Nasir-ol-molk Meczet	Shiraz	28.10., 8.00 i 10.00	3 godziny	<i>orosi, muqarnas</i>
7.		Jameh Meczet of Atigh		29.10., 16.00	2 godziny	żaluzje, <i>shabak, muqarnas</i>
8.		Shah Meczet	Isfahan	13.01., 11.00	2 godziny	żaluzje, <i>rozan, muqarnas</i>
9.		Sheikh lotfollah Meczet		13.01., 15.00 14.01., 8.00	3 godziny (dwukrotna wizyta)	<i>shabak, rozan</i> , żaluzje
10.		Jameh Meczet of Isfahan		15.01., 12.00	2 godziny	żaluzje, <i>muqarnas</i>
11.	dom	Abbasian Dom	Kashan	20.10., 12.00	1 godzina	<i>roshandan</i>
12.		Tabatabaian Dom		21.10., 11.00	2 godziny	<i>orosi, goljam, roshandan</i>
13.		Ameriha Dom		22.10., 14.00	3 godziny	<i>roshandan, orosi, goljam</i> , żaluzje
14.		Borojerdis Dom		23.10., 9.00	3 godziny	<i>muqarnas, hurno, shabak, rozan, roshandan</i>
15.		Moshir Al Mamalek Dom	Yazd	25.10., 9.00	2 godziny	<i>roshandan, orosi, goljam</i>
16.		Zinat-ol-molk Dom	Shiraz	28.10., 11.00 do 13.00	2 godziny	<i>orosi</i> , żaluzje, <i>goljam</i>
17.	Qavam Dom	28.10., 13.00		2 godziny	<i>orosi</i> , żaluzje, <i>goljam</i>	
18.	Forough Al-Molk Dom	29.10., 12.00		2 godziny	<i>roshandan, orosi, goljam</i>	
19.	Mollabashi Dom	Isfahan	14.01., 15.00; 15.01., 9.00	4 godziny	<i>shabak, orosi, roshandan, goljam</i>	
20.	mauzoleum	Mauzoleum Shah Abbas I	Kashan	21.10., 8.00	1 godzina	<i>rozan, muqarnas</i>
21.		Khajeh Taj Ad-din		22.10., 8.00	1 godzina	<i>rozan</i>
22.		Shah-cheragh	Shiraz	29.10., 14.00	2 godziny	<i>roshandan, muqarnas</i>
23.		Sadieh		29.10., 9.00	2 godziny	żaluzje

Wiersz	Typ budynku	Nazwa miejsca	Miasto	Data i godzina wizyty	Czas trwania wizyty	Badane elementy doświetleniowe
24.	pałac	Hasht Behesht Pałac	Isfahan	12.01., 12.00	2 godziny	<i>rozan, shabak, roshandan, muqarnas</i> , żaluzje
25.		Chehel Sotoon Pałac		13.01., 9.00	3 godziny	żaluzje, <i>muqarnas</i>
26.		Ali Qapu Pałac		14.01., 10.00	3 godziny	żaluzje, <i>shabak</i>
27.	kościół	Vank Kościół		12.01., 8.00	2 godziny	<i>rozan</i> , żaluzje
28.	łaźnia publiczna	Soltan Ahmad	Kashan	22.10., 10.00	2 godziny	<i>jam-khaneh</i>
29.		Khan	Shiraz	28.10., 17.00	2 godziny	<i>jam-khaneh</i>
30.	ogród (pawilon)	Fin Ogród	Kashan	23.10., 16.00	2 godziny	<i>shabak</i>
31.		Pahlavan-pour Ogród	Mehriz, Yazd	26.10., 16.00	2 godziny	<i>roshandan, muqarnas</i>
32.		Dawlat-Abad Ogród	Yazd	27.10., 9.00 i 16.00	5 godzin (dwukrotna wizyta)	<i>roshandan, muqarnas, orosi, żaluzje, goljam</i>
33.		Eram Ogród	Shiraz	29.10., 9.00	2 godziny	<i>ravaq, orosi</i>
34.	szkoła	Alexander's prison	Yazd	27.10., 12.00	2 godziny	<i>rozan</i> , żaluzje
35.		Khan	Shiraz	28.10., 15.00	2 godziny	żaluzje, <i>shabak</i>

Źródło: opracowanie własne.

Wybrane przypadki stanowią przegląd elementów oświetlenia dziennego w budynkach o różnych formach i funkcjach, tj. meczetach, rezydencjach, ogrodach (pawilonach lub *kooshk*), kurortach (*kara-wanserajach*), a nawet bazarach. Obiekty te zlokalizowane są w miastach: Kaszan, Yazd, Shiraz i Isfahan. Na ich podstawie starano się wyjaśnić, w jaki sposób elementy oświetlenia dziennego zostały pomysłowo wykorzystane do różnych celów.

Finalnie zaproponowano system klasyfikacji parametrów oświetlenia dziennego w stylu Isfahani. Klasyfikacja ta wywodzi się z subiektywnych opisów i narracji, oferując ustrukturyzowane ramy do zrozumienia i bardziej szczegółowej analizy tych elementów.

#### 4. WYNIKI

Jak wcześniej wspomniano, elementy oświetlenia dziennego można podzielić na cztery podstawowe kategorie, w oparciu o ich funkcjonalność, złożoność, właściwości materiału (powierzchni) i wpływ

na wywoływane efekty oświetlenia dziennego. Kategorie te to kontrolery, rozpraszacze, filtry i modyfikatory. Jak pokazano w tabeli 3, rozpraszacze i kontrolery okazały się bardziej rozpowszechnionymi elementami stosowanymi w tradycyjnej architekturze irańskiej, podczas gdy modyfikatory i filtry występowały rzadziej.

Na przykład *muqarnas* (efektowny element architektoniczny) został udokumentowany i uchwycony w 34 przypadkach, co świadczy o jego powszechności. W przeciwieństwie do *jam-khaneh*, który występował w zaledwie trzech przypadkach wśród wybranych przykładów.

Aby zaoferować kompleksowe spojrzenie na wzajemne oddziaływanie elementów oświetlenia dziennego przedstawiono trzy przykłady: Dawlat-Abad (pawilon w ogrodzie), Sheikh-Lotfollah (meczet) i Brujerdis (dom).

W projekcie Brujerdis House zastosowano przemyślaną strategię stopniowego wpuszczania światła do wnętrza budynku. Osiągnięto to poprzez skrupu-

latne połączenie regulatorów i rozpraszaczy (*ravaq* i *shabak*) przy wejściu z mieszanką modyfikatorów i rozpraszaczy (*roshandan* i *muqarnas*) w holu głównym (il. 3a).

Pawilon Dawlat-Abad prezentuje wyjątkową harmonię między elementami oświetlenia dziennego. Elementy *orosi*, *roshandan* i *karbandi* współpracują w niemal idealnej harmonii, tworząc tętniącą życiem atmosferę światła dziennego przewidzianą przez projektanta (il. 3b).

W meczecie Sheikh-Lotfollah przepływ światła dziennego zaaranżowany przez rozpraszacze i filtry, takie jak *shabak* i *rozan*, odgrywa kluczową rolę. Elementy te służą jako wizualne wskazówki do orientacji w przestrzeni oraz kontemplacji (il. 3c).

#### 4.1. Wpuszczanie lub blokowanie dostępu światła dziennego: kontrolery światła dziennego

Kontrolery w tym kontekście odnoszą się do *hurno*. W języku awestyjskim *hurno* składa się z dwóch słów: *hur* (słońce) i *noor* (światło). W mistycznej interpretacji przebywanie pod *hurno* miało za zadanie zanurzyć użytkownika przestrzeni w obfitej iluminacji (il. 4d). W rezultacie światło dzienne wpadało przez *hurno* do przestrzeni przypominając wodospad i było dodatkowo wzmacniane przez otaczające *muqarnas*. *Hurno* służy również jako tradycyjny zegar, wskazujący położenie słońca na niebie (Habib i in., 2013).

Zasłony, znane również jako żaluzje, występowały w trzech podstawowych formach: *ravaq*, *sabat* (il. 4a i 4b) oraz żaluzje zewnętrzne, znane jako *tabeshband* (żaluzje pionowe), *sarsayeh* (żaluzje poziome) i *kharakpoush* (żaluzje zakrzywione). Rozróżnienia te opierają się na ich kształcie i położeniu, jak pokazano na ilustracji 5c. *Ravak*, podobny do portyku, został zdefiniowany jako *pólotwarta kolumnada na dziedzińcu* (Kamalifard, Assadi Langroudi, 2018). Podczas gdy koncepcja *ravaq* wywodzi się z przedislamskiego Iranu, nowa odmiana pojawiła się w okresie Isfahani z modyfikacjami szerokości kolumn, czyniąc je węższymi i włączając tętniące życiem *eslimi* lub arabeskowe wzory na fasadzie. Z kolei *sabat* przybrał inną formę, ale pełnił podobną funkcję, obejmując szereg łuków w korytarzu. Taki układ zaowocował wyraźnym wzorem oświetlenia.

#### 4.2. Zmiana jakości światła dziennego (natężenie i dystrybucja) poprzez odbicie: rozpraszacze światła dziennego

Rozpraszacz może przybrać formę *muqarnas* (stalaktotów), *shabak* lub *rozan*.

Pochodzące z XI wieku skomplikowane struktury charakteryzowały się wieloma przecinającymi się łukami i często były umieszczane na górnych

powierzchniach otworów lub kopuł ze względu konstrukcję i estetyczny wygląd. Ozdobne wzory były odzwierciedleniem niebiańskiej geometrii i boskiego dzieła (Ching, 2011, s. 385). Oprócz znaczenia estetycznego, charakterystyczne elementy kopuły służyły praktycznemu celowi, rozpraszając światło w całej przestrzeni, tworząc jednolicie oświetloną przestrzeń w ciągu dnia (Nemat-Gorgani, 2002, s. 321). Warto zauważyć, że irańskie *muqarnas* zostały wykonane w odniesieniu do kierunku padania światła, łącząc w sobie nie tylko cechy funkcjonalne, ale także ukazując aspekty mistyczne i symboliczne (Habibi i in., 2019).

Aby uzyskać głębsze zrozumienie roli *muqarnas* w rozpraszaniu światła dziennego, przeanalizowano dwa przypadki dotyczące dwóch domów (III. 5a i 5b).

Przy oświetleniu światłem dziennym ornament, dzięki wielokrotnym odbiciom od matowej powierzchni, tworzył środowisko jednolicie oświetlone i wolne od olśnień. I odwrotnie, gdy zastosowano polerowaną powierzchnię (jak widać w lustrach w budynkach religijnych), złagodzony blask służył jako centralny punkt wejścia i zintensyfikował kontrast między cieniem a światłem. W rezultacie efekt ten spowodował wyraźniejsze wizualne skupienie na cząsteczkach *muqarnas*. Opierając się na tym wyczuwanym zjawisku warto zauważyć, że odbłaskowe powierzchnie we wnętrzach mogą zmieniać kierunki widzenia, jednocześnie intensyfikując interakcje z obiektami (Yang, 2020).

*Shabak*, często określane jako siatka, tworzy kratkowaną powierzchnię, zwykle spotykaną w oknach. Składa się z naprzemiennych pustych i pełnych przestrzeni, umożliwiając widok z wnętrza na zewnątrz (San 'ati, 2006, s. 25). *Shabak* zapewniał połączenie ze światem zewnętrznym, naturalne światło i zmniejszone odbłaski we wnętrzu, dodatkowo dawał poczucie prywatności (Pirnia, 2001).

Badanie przeprowadzone przez Mahdavinajada i Kia w 2019 roku podkreśliło znaczenie rozmieszczenia i geometrii tych perforacji w *shabak pod* względem kontrolowania natężenia oświetlenia i wykorzystania energii światła dziennego. Badania sklasyfikowały również *shabak* na cztery różne typy w oparciu o jego geometrię. Elementy te zapewniają prywatność, oferują widoki i tworzą wizualnie komfortowe wnętrza, wolne od przykrego doznania wywołanego jaskrawymi powierzchniami występującymi w polu widzenia.

Zakratowane okna i drzwi pełniły podwójną funkcję, służąc nie tylko jako środek łagodzący odbłaski, ale także ułatwiający dostęp światła dziennego i poprawiający komfort termiczny, szczególnie w gorących i suchych regionach. Godnym uwagi ele-

mentem architektonicznym zaprojektowanym właśnie w tym celu jest *sardab*, specyficzny rodzaj piwnicy występujący w tradycyjnych domach (il. 5c).

*Rozan* to małe okno lub otwór, zwykle umieszczony nad głównymi drzwiami wejściowymi lub u cylindrycznej podstawy kopuły, aby ułatwić dostęp światła dziennego do przestrzeni (Nemat-Gorgani, 2002, s. 319). Zgodnie ze zwyczajową praktyką, *rozan* wzmacniał centralny obszar kopuły, nadając mu symbolikę i estetyczny wygląd. W pałacu Hasht Behesht (il. 5d) światło dzienne padało na sufit przez witrażowe lustra, tworząc charakterystyczną grę światła.

Tamleh i Chutarat (2013) wyjaśnili, że światło jest kierowane przez *rozan* i rozpraszane w pomieszczeniu na dwa różne sposoby. Po pierwsze — oświetla samą kopułę, a po drugie — generuje urzekające wzory świetlne. Odbijając się od skomplikowanych otworów, tworzy jakby subtelne chmury poruszające się w przestrzeni (Tamleh, Chutarat, 2013).

#### **4.3. Zmiana jakości światła dziennego (natężenia, rozkładu i odwzorowania kolorów) poprzez transmisję: filtr światła dziennego**

Filtry można podzielić na dwa główne typy: *goljam* i *jam-khaneh*. *Goljam* znalazł szerokie zastosowanie w prawie każdym tradycyjnym domu ze względu na jego właściwości tworzenia komfortowego środowiska życia (il. 5e), był często łączony z oknami kratowymi i strategicznie rozmieszczonym *ravaq*. Taki układ skutecznie rozpraszał wpadające światło dzienne, zanim mogło ono dotrzeć do powierzchni *goljam*, jak pokazano na ilustracji 5f. Takie podejście projektowe znacznie ograniczyło dostęp intensywnego światła słonecznego, zapewniając jednocześnie wydajne i komfortowe oświetlenie wnętrza.

Aby wprowadzić światło dzienne do łaźni publicznych, zastosowano element znany jako *jam-khaneh*. Składał się on z mniejszej kopuły lub kopuły umieszczonej nad główną kopułą, z wieloma otworami ułatwiającymi dostęp naturalnego światła (il. 5h). Niemniej jednak, ze względów praktycznych, w szczególności zatrzymywania ciepła w przestrzeni, kopuła musiała być przeszlona. Ta adaptacja architektoniczna dała początek *jam-khaneh*, charakteryzującej się sferyczną mini-kopułą ozdobioną szklanymi panelami, stosowaną głównie w łaźniach publicznych (il. 5g).

#### **4.4. Połączenie filtrów światła dziennego i rozpraszaczy: modyfikator światła dziennego**

Modyfikatory światła dziennego obejmują dwa różne typy: *orosi* (il. 6a) i *roshandan*. Atmosfera stworzona przez interakcję światła dziennego z *orosi*

jest uzależniona od czasu. Biorąc pod uwagę, że *shabistan* (il. 6a) znajdował się po zachodniej stronie centralnego dziedzińca meczetu, urzekający pokaz gry światła i nastrojowości rozwijał się między 8:00 a 10:00 rano.

W budynkach mieszkalnych *orosi* przybrały formę *se-dari* lub *panj-dari*, co tłumaczy się na „wiele drzwi”. Badanie, które przeprowadzili Hosseini i in. (2018) potwierdziło, że zastosowanie kratownicowego kolorowego szkła w strukturze *orosi* może znacznie poprawić komfort wizualny mieszkańców. Co więcej, specyficzne odcienie niebieskiego i czerwonego włączone do *orosi* służyły złagodzeniu niekorzystnych skutków promieniowania słonecznego, podczas gdy żółte i zielone odcienie pozwoliły na maksymalną penetrację naturalnego światła dziennego (Hosseini i in., 2018). Ponadto stwierdzono, że rozsądne wykorzystanie tego elementu do światła dziennego skutecznie złagodziło zmęczenie oczu, uczucie przemęczenia oraz objawy stresu (Habib i in., 2013).

Pokój *noh-dari* w rezydencji Mollabashi prezentuje wyższy poziom w aspekcie tworzenia własnej, charakterystycznej atmosfery. Połączenie starannie dobranego dywanu, lustrzanego sufitu, ścian z materiałów odblaskowych i obramowanych okien wprowadziło zmiany w kolorze i geometrii, podnosząc wrażenie jakości światła dziennego w owej przestrzeni. Podczas gdy Hosseini i in. (2018) scharakteryzowali witraż w oknie jako urządzenie do zmiany kierunku padania światła dziennego, oczywistym stało się, iż element ten posłużył jako modyfikator, wprowadzając liczne zmiany jakości światła dziennego — kwestię tę autorzy starają się wyjaśnić w niniejszym artykule.

W określonych budynkach, w których instalacja typowych okien nie była możliwa, takich jak bazyry lub struktury *hashti* (wejściowe), architekci zastosowali *roshandan* w sufitach jako alternatywne rozwiązanie (Bozorg-Mehri, 1981, s. 8). Niemniej jednak najbardziej misternie zaprojektowane *roshandan* można znaleźć w pawilonach ogrodowych i pałacach zwanych *kooshk*. *Roshandan*, który dosłownie tłumaczy się z perskiego jako „miejsce światła”, zazwyczaj przybierał formę cylindrycznej lub wielokątnej pergoli z oknami umieszczonymi nad kopułą (il. 6c i 6e).

W praktyce *roshandan* mógł osiągnąć podwójną zdolność dyfuzji wpadającego światła dziennego do wnętrza, co skutkowało niemal jednolitym oświetleniem przestrzeni. Wnętrze pod kopułą uzyskało oświetlenie na dwa różne sposoby: poprzez bezpośrednie światło słoneczne wpadające przez kratowane okna oraz rozproszone światło przenikające do pomieszczenia. Często architekci umieszczali mały zbiornik wodny pod *roshandanem*, aby wzmocnić odbicie wpadającego światła w całym

pomieszczeniu (il. 6d). Wewnętrzna powierzchnia na szczycie *roshandanu* mogła być prosta, ozdobiona małymi *muqarnami* lub wyposażona w lustra zwiększające odbicie światła. Ta wyjątkowa cecha została zilustrowana w pałacu Hasht-Behesht, gdzie odbite światło dzienne skutecznie oświetlało jedną stronę głównej kopuły, znajdującą się naprzeciwko powierzchni refleksyjnej (il. 6b). Jak pokazuje ilustracja 6d, *roshandan* pozbawiony odbicia rozpraszalby światło dzienne bardziej równomiernie w całej przestrzeni.

## 5. DYSKUSJA

Klasyfikacja przedstawiona w artykule uwzględnia lokalizację prezentowanych obiektów, obejmuje nie tylko formę i funkcję, ale także charakterystykę powierzchni, złożoność i wpływ oświetlenia dziennego związanego z każdym elementem. Poniżej przedstawiono bardziej spójne definicje kategorii wprowadzonych w niniejszym opracowaniu.

Kontrolowanie światła dziennego można zdefiniować jako zdolność do kierowania nim lub blokowania go zgodnie z wymaganiami. W związku z tym kontrolery światła dziennego obejmują te elementy architektoniczne, które wykorzystują w różny sposób naturalne światło lub zapewniają zacienienie. Wówczas światło dzienne można traktować jako pośredni strumień świetlny emitujący światło lub jako odbłyśnik, czyli element kierujący promień świetlny. W tym kontekście *hurno* i zasłony (w tym *ravaq*, *sabat*, *kharakpoush*, *tabeshband* i *sarsayeh*) są uważane za elementy kontrolujące światło dzienne.

Gdy wiązka światła dziennego ulega zmianom w rozkładzie lub intensywności, można ją określić jako rozproszoną. Do tej kategorii należą rozpraszacze lub dyfuzory odbijające światło dzienne. *Muqarnas*, *shabak* i *rozan* przodują w rozpraszaniu światła dziennego w przestrzeni. Zmieniają kierunek wpadającego światła dziennego i tworzą skomplikowane wzory świetlne.

Biorąc pod uwagę przedstawione wyjaśnienia, filtr transmisyjny można zdefiniować jako materiał, który pochłania pewne długości fal, jednocześnie przepuszczając inne (Yu i in., 2014). W badaniu dotyczącym oświetlenia w domach w stylu Isfahanu (Gorji Mahlabani, Boushehri, 2016), termin „infiltracja światła dziennego” został użyty do opisu wykorzystania okien w celu osiągnięcia zrównoważonego rozkładu światła. Na przykład, gdy niepożądane jest pełne promieniowanie słoneczne w niektórych obszarach wnętrza, promienie świetlne są modyfikowane za pomocą elementów architek-

tonicznych, takich jak specjalistyczne okna skrzydłowe, znane jako *goljam*, co dosłownie tłumaczy się jako „szkło kwiatowe”. Co więcej, świetliki z przeszklonymi otworami są określane jako *jam-khaneh*, co oznacza „szklany dom”.

Modyfikator światła dziennego można scharakteryzować jako wyrafinowany element architektoniczny, który zgodnie z określonymi wymaganiami poprawia jakość światła dziennego, rozpraszając je na różne sposoby lub łącząc techniki filtrowania i rozpraszania. W tym kontekście stanowi on najbardziej skomplikowany spośród tradycyjnych elementów oświetlenia dziennego i obejmuje elementy takie jak *orosi* i *roshandan*.

Na podstawie tych obserwacji opracowano kompleksową klasyfikację przedstawioną w tabeli 4. Klasyfikacja ta ma na celu ustalenie związku między elementami oświetlenia dziennego a ich wpływem na efekt światła dziennego we wnętrzach (w tym intensywność, dystrybucję i wygląd kolorów). Uwzględnia ona złożoność i właściwości materiałowe elementów architektonicznych, a także komfort, jaki zapewniają.

Czynniki komfortu są dalej podzielone na komponenty komfortu wizualnego, obejmujące redukcję olśnienia, oświetlenie i komfort termiczny, a także zapewniające widok na zewnątrz. Klasyfikacja ta oferuje kompleksowy przegląd tradycyjnych systemów do wykorzystania oświetlenia dziennego w irańskiej architekturze. Ponadto służy jako cenne narzędzie jakościowych badań subiektywnych. Pozwala także na usystematyzowanie wiedzy na temat elementów wykorzystujących oświetlenie dzienne — od tych, które mają najmniejszy wpływ na jakość światła dziennego, po takie, które powodują najbardziej znaczące zmiany w percepcji przestrzeni. Reasumując: od kontrolerów, poprzez rozpraszacze i filtry do — ostatecznie — modyfikatorów.


## 6. OGRANICZENIA BADANIA

Badanie napotkało istotne ograniczenie ze względu na brak pomiarów światła dziennego. Kompleksowa analiza byłaby możliwa, gdyby każdy przypadek został poddany rocznym badaniom obejmującym skrupulatne pomiary, szczegółowe obserwacje i wywiady z użytkownikami w celu uzyskania precyzyjnych i kompleksowych wyników.

Kolejne ograniczenie dotyczyło czasu. Badanie przeprowadzono podczas krótkich wizyt w obiektach, podczas gdy dokładniejsze zrozumienie charakteru światła dziennego w oświetlonych przestrzeniach wymaga dłuższych, bezpośrednich doświadczeń w tym otoczeniu.



Tabela 4. Klasyfikacja irańskich tradycyjnych systemów doświetleniowych w oparciu o charakter światła dziennego. Docelowy komfort jest subiektywnie oceniany pod względem komfortu wizualnego (wystarczające oświetlenie, środowisko bez odbłasków i widok na zewnątrz) oraz komfortu termicznego.

Kolejność względem rosnącej liczby lub jakości docelowych rodzajów komfortu, złożoności i efektów doświetlenia. 			
D. Kontrolery światła dziennego	T. Rozpraszacze światła	G. Filtrator światła	N. Modyfikatory światła dziennego
<i>1. hurno</i>	<i>1. shabak</i>	<i>1. goljam</i>	<i>1. orosi</i>
<b>Kontroler — <i>hurno</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>bezpośrednie oświetlenie ze świetlika</li> </ul>	<b>Rozpraszacz — <i>shabak</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>bezpośrednie oświetlenie ze ściany;</li> <li>refleksyjne rozpraszanie światła dziennego z powierzchni w kratkę: redukcja odbłasków i widok na zewnątrz</li> </ul>	<b>Filtrator — <i>goljam</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>przepuszczalne oświetlenie z okna;</li> <li>przepuszczalna dyfuzja światła dziennego z kolorowego szkła: redukcja odbłasków i komfort psychiczny</li> </ul>	<b>Modyfikator — <i>orosi</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>przenikliwe oświetlenie z okna;</li> <li>przenikliwa dyfuzja światła dziennego przez kolorowe szkło: redukcja odbłasków i komfort psychiczny;</li> <li>odbicie rozproszonego światła dziennego od drewnianej intarsji ramy;</li> <li>przenikliwa zmiana koloru światła (przez kolorowe szkło): komfort ciepły</li> </ul>
<b>Kontroler — <i>ravaq</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>zasłony pionowe i poziome: komfort termiczny i wizualny</li> </ul>			
<i>3. sabat</i>	<i>2. rozan/pachang</i>	<i>2. jam-khaneh</i>	<i>2. roshandan</i>
<b>Kontroler — <i>sabat</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>poziome zacienienie: komfort ciepły</li> </ul>	<b>Rozpraszacz — <i>rozan/pachang</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>bezpośrednie oświetlenie ze ściany;</li> <li>odbicie rozproszonego światła dziennego przez okna z siatką: redukcja odbłasków i widok na zewnątrz</li> </ul>	<b>Filtrator — <i>jamkhaneh</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>przenikliwe oświetlenie ze świetlika;</li> <li>przenikliwa dyfuzja światła dziennego ze świetlika: redukcja odbłasków</li> </ul>	<b>Modyfikator — <i>roshandan</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>dobite oświetlenie ze świetlika;</li> <li>odbite rozproszenie dystrybucji światła dziennego w przestrzeni, gdy <i>Roshandan</i> jest okienkowy: redukcja odbłasków;</li> <li>przenikliwa dyfuzja światła dziennego ze świetlika: komfort ciepły;</li> <li>przenikliwa zmiana koloru światła (gdy <i>Roshandan</i> ma kolorowe szkło): komfort ciepły</li> </ul>
<b>Kontroler — <i>tabeshBand/sarsayeh/kharakpoush</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>poziome, pionowe lub łukowe żaluzje umieszczone na zewnątrz: redukcja odbłasków i komfort ciepły</li> </ul>			
	<i>3. muqarnas</i>		
	<b>Rozpraszacz — <i>muqarnas</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>odbite oświetlenie ze świetlika;</li> <li>odbite dyfuzje światła dziennego do przestrzeni: redukcja odbłasków</li> </ul>		

Źródło: opracowanie własne.

## 7. WNIOSKI

Opierając się na opisach i subiektywnych obserwacjach wyszczególnionych w niniejszym artykule, zaproponowano klasyfikację elementów wykorzystywanych w oświetleniu dziennym irańskich zabytkowych

obiektów w celu lepszego zrozumienia ich wpływu na kształtowanie tradycyjnego stylu architektonicznego. Klasyfikacja charakteru rozsyłu światła dziennego pokazuje powiązania między jego percepcją w przestrzeni a najbardziej rozpowszechnionymi irańskimi architektonicznymi elementami światła dziennego,

w tym *roshandan*, *hurno*, *muqarnas*, *orosi*, *rozan*, *shabak*, *ravaq*, *goljam*, *jam-khaneh*, *tabeshband*, *sarsayeh*, *kharakpoush* i *sabat*. Ponadto klasyfikacja ta uwzględnia rolę każdego elementu w kształtowaniu określonej estetyki wizualnej.

Opierając się na obserwacjach dotyczących funkcji, formy, materiału (odblaskowego lub półprzezroczystego) i złożoności budowy tych elementów, podzielono je na cztery odrębne grupy: kontrolery, rozpraszacze, filtry i modyfikatory. Analizie poddano 38 przypadków, które przyczyniają się do bogatszego zrozumienia omawianych przestrzeni oświetlonych przez światło dzienne.

Podsumowując, tradycyjna architektura irańska prezentuje cztery różne, ale uzupełniające się sposoby podejścia do światła dziennego:

Po pierwsze — kontrola światła dziennego jest osiągnięta dzięki elementom takim jak *hurno*, *ravaq*, *sabat* i różnym żaluzjom (*tabesh-band*, *sarsayeh* i *kharakpoush*). Po drugie — rozpraszanie światła dziennego jest możliwe dzięki zastosowaniu następujących elementów architektonicznych: *shabak*, *muqarnas* i *rozan*. Po trzecie — światło dzienne jest filtrowane za pomocą elementów takich jak *goljam* i *jam-khaneh*. Po czwarte — modyfikacja światła dziennego odbywa się poprzez zastosowanie *orosi* i *roshandan*.

Dla przyszłych badań i lepszego zrozumienia funkcji, formy i doświadczenia użytkownika oferowanego przez współczesne architektoniczne elementy oświetlenia dziennego konieczne wydaje się ustalenie klasyfikacji tych elementów.

## REFERENCES

- Aghaeimehr, M. et al. (2018), 'Comparison of Light Effects in Sohrevardi's Opinion and Safavid Architecture', *Naqshejahan — Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*, 8(2), pp. 123–131. Available at: <https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-30714-en.html> (accessed:16.10.2023).
- Ahani, F. (2011), 'Natural light in traditional architecture of Iran: lessons to remember', *WIT Transactions on the Built Environment*, 121, pp. 25–36. Available at: <https://doi.org/10.2495/LIGHT110031> (accessed:16.10.2023).
- Andersen, M., Mardaljevic, J., Lockley, S. (2012), 'A framework for predicting the non-visual effects of daylight — Part I: photobiology — based model', *Lighting Research & Technology*, 44(1), pp. 37–53. Available at: <https://doi.org/10.1177/1477153511435961> (accessed:16.10.2023).
- Ardalan, N., Bakhtiar, L. (1973), *The Sense of Unity: The Sufi Tradition in Persian Architecture* (First Edition), University of Chicago Press.
- Baeza Moyano, D., San Juan Fernández, M., González Lezcano, R.A. (2020), 'Towards a Sustainable Indoor Lighting Design: Effects of Artificial Light on the Emotional State of Adolescents in the Classroom', *Sustainability*, 12(10), 4263. Available at: <https://doi.org/10.3390/su12104263> (accessed:16.10.2023).
- Bemania, M.R., Nikoodel, F. (2014/1393), 'barresi-e anva'e noorgiri va ravesh-ha-ye ta'min-e noor dar masajed-e dowre-ye Qajar-e Tehran' / 'Evaluation of daylight-catching and daylight providing methods in mosques', *Majaleh-ye pazhoohesh-ha-ye memari-e eslami, shomareh-ye 3*, 1(3), pp. 60–74.
- Beute, F., de Kort, Y.A.W. (2014), 'Salutogenic Effects of the Environment: Review of Health Protective Effects of Nature and Daylight', *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 6(1), pp. 67–95. Available at: <https://doi.org/10.1111/aphw.12019> (accessed:16.10.2023).
- Bozorg-Mehri, Z. (1981/1360), *Hendeseh dar memari-e Irani (Geometry in Iranian architecture)*. Majaleh-ye Asar. Shomareh-ye 6, 7.
- Boyce, M. (1996), *A History of Zoroastrianism, The Early Period*. BRILL. Available at: <https://doi.org/10.1163/9789004294004> (accessed:16.10.2023).
- Brittain-Catlin, T. (2016), 'Architecture and Movement: The Dynamic Experience of Buildings and Landscapes', *The Journal of Architecture*, 21(3), pp. 465–468. Available at: <https://doi.org/10.1080/13602365.2016.1181840> (accessed:16.10.2023).
- Chamilothori, K. et al. (2022), 'Subjective and physiological responses towards daylight spaces with contemporary façade patterns in virtual reality: Influence of sky type, space function, and latitude', *Journal of Environmental Psychology*, 82(101839). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101839> (accessed:16.10.2023).
- Chinazzo, G., Wienold, J., Andersen, M. (2018), 'Combined effects of daylight transmitted through coloured glazing and indoor temperature on thermal responses and overall comfort', *Building and Environment*, 144, 583–597. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.045> (accessed:16.10.2023).
- Ching, F.D.K. (2011), *A global history of architecture* (2nd ed., pp. 778), Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Ching, F.D.K. (2014), *Architecture, form space and order* (4th ed.), Hoboken, NJ: John Wiley and sons, ink.
- Dubois, M. C. et al. (2019), *Daylighting and lighting under a Nordic sky* (Vol. 1), Studentlitteratur AB.
- Eliade, M. (1971), 'Spirit, Light, and Seed', *History of Religions*, 11(1), pp. 1–30. Available at: <http://www.jstor.org/stable/1061780> (accessed:16.10.2023).
- Ghofrani, M. et al. (2020), *Daylight Analysis in Qajar Era Houses of Tabriz, Iran*, 5th International Conference on Applied Research in Science and Engineering, Institution of Engineering and Technology of London, Amsterdam: University of Amsterdam.
- Ghouchani, M., Taji, M., Yaghoubi Roshan, A.H. (2023), 'Spirituality of Light in the Mosque by Exploring Iranian-Islamic Architectural Styles', *Gazi University Journal of Science*, 36(1), pp. 39–51. Available at: <https://doi.org/10.35378/gujs.1016554> (accessed:16.10.2023).
- Gorji Mahlabani, Y., Mofrad Boushehri, A. (2017), 'The analysis of daylight factor and illumination in Iranian

- traditional architecture, Case Studies: Qajar era houses, Qazvin, Iran', *Armanshahr Architecture & Urban Development Journal*, 10(18), pp. 35–45.
- Habib, F., Alborzi, F., Etesam, I. (2013), 'Light Processing in Iranian Houses; Manifestation of Meanings and Concepts', *International Journal of Architecture and Urban Development*, 3(3), pp. 11–20.
- Habibi, A., Sharif, H.R., Kamali, M. (2019), 'Studying Light-Catching Elements of Qajar Mosques in Shiraz', *European Journal of Science and Theology*, 15(3), pp. 233–243.
- Hani, J. (2007), *The Symbolism of the Christian Temple*, Sophia Perennis, San Rafael, CA.
- Hani, J. (2008), *Divine Liturgy: Insights Into Its Mystery*, Sophia Perennis et Universalis.
- Hauge, B. (2015), 'Lives under the Sun', *The Senses and Society*, 10(1), pp. 71–91. Available at: <https://doi.org/10.2752/174589315X14188214015705> (accessed:16.10.2023).
- Hekmat, N., Haji-Zadeh, M. (2012/1391), *noor dar falsafeh-ye suhrawardi / Light in the philosophy of Suhrawari, nashrieh-ye shenakht (Pazhooheshnameh-ye oloom-e ensani)*. 1/66, pp. 7–25.
- Hosseini, S.M. et al. (2018), 'Quantitative Investigation Through Climate-based Daylight Metrics of Visual Comfort Due to Colorful Glass and Orosi Windows in Iranian Architecture', *Journal of Daylighting*, 5(2), pp. 21–33. Available at: <https://doi.org/10.15627/jd.2018.5> (accessed:16.10.2023).
- Hourani, M.M., Hammad, R.N. (2012), 'Impact of daylight quality on architectural space dynamics', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), pp. 3579–3585. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.074> (accessed:16.10.2023).
- Kamalifard, S., Assadi Langroudi, A. (2018), 'A Conceptual Model for Climatic-responsive Vernacular Architectural Forms' [in:] *Second International Conference for Sustainable Design of the Built Environment: Research in Practice*, pp. 575–588, International Conference for Sustainable Design of the Built Environment (SDBE 2018).
- Knoop, M. et al. (2020), 'Daylight: What makes the difference?', *Lighting Research & Technology*, 52(3), pp. 423–442. Available at: <https://doi.org/10.1177/1477153519869758> (accessed:16.10.2023).
- Laouadi, A., Reinhart, C.F., Bourgeois, D. (2007, September), 'The daylight coefficient method and complex fenestration' [in:] *11th International Building Simulation Conference*, Beijing, China.
- Maghsoudi Nia, E. et al. (2015), 'Daylighting Strategies in Iranian Vernacular Residential Buildings in Hot and Dry Climate', *Applied Mechanics and Materials*, 747, pp. 329–332. Available at: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.747.329> (accessed:16.10.2023).
- Mahdavinejad, Mohammad Javad, Kia, Anoosha (2019/1398), *mo'aser sazi-e poosteha-ye sonnati-e (shabak) memari-e Irani / Contemporization of traditional façade skins (lattice) in Iranian architecture for optimization of daylight and energy; case study: Tehran office buildings*, Nashri-ye memari-e eqlim-e garm va khosk, Yazd.
- Mardaljevic, J. et al. (2014), 'A framework for predicting the non-visual effects of daylight — Part II: The simulation model', *Lighting Research & Technology*, 46(4), pp. 388–406. Available at: <https://doi.org/10.1177/1477153513491873> (accessed:16.10.2023).
- Majidi, M., Saberi-Moghadam, M., Habib, F. (2020/1399), *arzesh-ha va gerayesh-ha-ye falsafe-ye eslami bar memari-e maskooni-e safavi (motale'e-ye mowredi: khane-ha-ye jolfa-ye now-e safavi) / The values and approaches of Islamic philosophy on the Safavi residential architecture (case study: Safavi houses of the New Jolfa, Nashri-ye elmi pazhooheshi-e motale'ate honare eslami, sal-e 16 shomare-ye 37*.
- Maleki, M.R. et al. (2021/1400), *motale'e-ye tatbiqi-e ehsa ma'naviat dar faza-ye dakheli-e masajed-e gozashteh va ma'aser ba rooykard-e oloom-e a'asab / 'Adaptive Study of Spirituality in the Interior of Past and Contemporary Mosques with a Neuroscience Approach and EEG-VR Method'*, *Journal of Research in Islamic Architecture*, 32.
- Moghaddasi, A., Moghaddasi, M.H., Hosseini, S.B. (2021). 'Iranian innovations in mosque lighting techniques: A historical survey', *Architecture Papers of the Faculty of Architecture and Design STU*, 26(4), 18–26. Available at: <https://doi.org/10.2478/alfa-2021-0021> (accessed:16.10.2023).
- Nasr, S.H., Leaman, O. (2013), *History of Islamic philosophy*, Routledge.
- Nasr, S.H. (Author), Aram, A. (Translator) (2010/1389), *se hakim-e mosalman / Three Muslim Sages*, Sherkat-e entesharat-e elmi va farhangi, Teheran.
- Navabi, F., Yahaya, A., Goh, A.T. (2012, November). 'Daylight and opening in traditional houses in Yazd, Iran' [in:] *28th International PLEA Conference*, Lima, Peru. Available at: <http://www.plea2012.pe/pdfs/T08-20120129-0036.pdf> (accessed:16.10.2023).
- Nemat-Gorgani, Om Al-Banin (2002/1381), *pishine-ye noor dar memari va vasa'ele roshana'ie dar honar-e eslami-e iran / The history of light in architecture and the tools of lighting in Iranian-Islamic art*, Magale-ye asar. Shomare 35, pp. 323–316.
- Otto, R. (1958), *The Idea of the Holy* (2nd ed.), Oxford University Press.
- Panahi, S., Mirzaei, Q., Mohammadikia, M. (2013), 'Comparative Analysis of Natural Elements in the Architecture of Tabriz and Kashan Houses (During Qajar Era)', *Middle East Journal of Scientific Research*, 13, pp. 507–517. Available at: <http://dx.doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.13.4.2763> (accessed:16.10.2023).
- Pierson, C. et al. (2022), 'Is there a difference in how people from different socio-environmental contexts perceive discomfort due to glare from daylight?', *Lighting Research & Technology*, 54(1), 5–32. Available at: <https://doi.org/10.1177/1477153520983530> (accessed:16.10.2023).
- Pirnia, Mohammad Karim (2001/1380), *ashnaie ba memari-e eslami-e Iran / An introduction to Iranian-Islamic architecture*, Entesharat-e danehsgah-e elm va san'at, Tehran.
- Pirnia, Mohammad Karim, Memarian, Gholamhossein (ed.) (2016/1395), *memari-e Irani / Iranian Architecture* (sixth edition), Moa'lef, Tehran.

- Pirnia, Mohammad Karim (2008/1387), *sabk shenasi-e me-mari-e Irani / Iranian architecture styles*, Entesharat-e Soroosh-e Danesh, Tehran.
- Rezaee, R., Vakilinejad, R., Shahzadeh, M. (2009), *The 'Shavadun' as an ecological solution for architecture in a hot climate*, pp. 303–313. Available at: <https://doi.org/10.2495/SDP090301> (accessed:16.10.2023).
- Rockcastle, S.F. (2017), *Perceptual dynamics of daylight in architecture* (No. THESIS), EPFL.
- Russell, J.A., Weiss, A., Mendelsohn, G.A. (1989), 'Affect Grid: A single-item scale of pleasure and arousal', *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(3), pp. 493–502. Available at: <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.3.493> (accessed:16.10.2023).
- San'ati, L. (2006/1385), *panjare va khorshid: osool-e tarahi-e panjere bar asas-e tanzim-e noor vas aye / Window and sun: the principles of window design based on the regulation of light and shadow*, Payan name-ye Arshad, Daneshgah-e shahid Beheshti, Tehran.
- Sarbacker, S. (2016), 'Rudolf Otto and the Concept of the Numinous' [in:] *Oxford Research Encyclopedia of Religion*, Oxford University Press. Available at: <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199340378.013.88> (accessed:16.10.2023).
- Shekarchi, F., Shamshiri, M., Gholestani, H. (2020), 'The Relation of soul and Knowledge (Critique of Acquired Knowledge) with an Emphasis on Suhrawardi's Criticism of Mashayean', *Journal of Philosophical Investigations*, 13(29), pp. 261–278.
- Sokól, N. et al. (2023), '»Personas for lighting«. Three methods to develop personas for the indoor lighting environment', *Energy and Buildings*, 278, 112580. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112580> (accessed:16.10.2023).
- Suhrawardi, Shihab al-Din (Author), Walbridge, J. (Translator), Ziai, H. (Translator) (2000), *The Philosophy of Illumination* (Hekmat Al-Eshragh), Brigham Young University Press.
- Tamleh, H., Chutarat, A. (2013), 'Poetry of daylight in Islamic architecture in Iran', *Proc. Lux Pacifica*, 7.
- Taylor, A.E. (2000), *Illumination fundamentals*, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, 22.
- van den Wymelenberg, K. (2012), 'Patterns of occupant interaction with window blinds: A literature review', *Energy and Buildings*, 51, pp. 165–176. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.05.008> (accessed:16.10.2023).
- Yang, J. (2020), 'The Ambiguity of Visual Perception and Cloudiness in SANAA's Architecture', *Architecture and Culture*, 8(2), pp. 236–253. Available at: <https://doi.org/10.1080/20507828.2020.1766859> (accessed:16.10.2023).
- Yu, Y. et al. (2014), 'Transmissive/Reflective Structural Color Filters: Theory and Applications', *Journal of Nanomaterials*, 1–17. Available at: <https://doi.org/10.1155/2014/212637> (accessed:16.10.2023).
- Worldwide weather forecasts and climate information (2022). Available at: <https://weather-and-climate.com/> (accessed: 15.12.2022).
- Woo, M. et al. (2021), 'Access to Daylight and Views Improves Physical and Emotional Wellbeing of Office Workers: A Crossover Study', *Frontiers in Sustainable Cities*, 3. Available at: <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.690055> (accessed:16.10.2023).