

ARCHITECTURE

ARCHITEKTURA

KAROLINA ŻYCZKOWSKA

PhD Eng. Arch.

Gdańsk University of Technology
Department of Housing and Architecture of Public Buildings
e-mail: karzyczk@pg.edu.pl
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3332-0003>

WIKTORIA KALIŃSKA

M.Eng. Arch.

Independent Researcher
graduate of the Faculty of Architecture at Gdańsk University of Technology
Master's thesis under the supervision of Dr. K. Życzkowska
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8768-4527>

INVISIBLE ARCHITECTURE: FROM AESTHETICS TO SUSTAINABLE SOLUTIONS

ARCHITEKTURA NIEWIDOCZNA — OD ESTETYKI PO ROZWIĄZANIA ZRÓWNOWAŻONE

ABSTRACT

This study explores the concept of invisible architecture — designs that seamlessly integrate with their surroundings — and aims to categorize representative solutions, identify material trends, and examine the relationships between function and form. Two main categories of visually invisible architecture were distinguished based on the surrounding landscape, including natural landscapes, such as lowland and highland ones, as well as urban landscapes: next to the buildings and next to green spaces. Further classification is based on the forms' connection to the ground. This study also assessed the degree of ecological invisibility achieved through sustainable solutions, including the prevention of bird collisions against glass facades. In total, 24 examples of projects from the 21st century were analysed. It was found that cultural (50%) and recreational (42%) uses were predominant among these structures, with most being compact, low-rise forms. Reflective panels, most often made of steel, were used in 46% of the buildings, mirrored glass — in 17%, and green infrastructure solutions were implemented in 33% of the buildings. Only 17% of cases provided information on measures implemented to prevent bird collisions with facades. Overall, 71% of the cases incorporated ecological solutions, indicating that aesthetic (visual) invisibility does not always align with ecological considerations. Integrating these aspects, however, should be a key priority in landscape design.

Keywords: urban landscape, natural landscape, invisible architecture, aesthetics in architecture, sustainability, visual invisibility, ecological invisibility

STRESZCZENIE

Celem artykułu jest przybliżenie pojęcia architektury niewidocznej, rozumianej jako architektura wtapiająca się w otoczenie, a także kategoryzacja reprezentatywnych rozwiązań, rozpoznanie trendów materiałowych i zależności w zakresie funkcji i formy obiektów. Wyróżniono dwie główne kategorie wizualnie niewidocznej architektury ze względu na otaczający krajobraz: 1) obiekty w krajobrazie naturalnym, w tym: nizinnym i wyżynnym, 2) obiekty w krajobrazie miejskim: na tle zabudowy i na tle zieleni miejskiej. Systematykę obiektów poszerzono o podział obiektów wizualnie niewidocznych ze względu na ich powiązanie z gruntem. Rozpoznano także stopień ekologicznej niewidoczności obiektów, wynikający z udziału rozwiązań zrównoważonych, w tym ochrony ptaków przed kolizjami z elewacjami szklanymi. W pracy przeanalizowano łącznie 24 przykłady realizacji z XXI wieku z zakresu architektury niewidocznej, jako podstawę do analizy porównawczej przypadków i analizy cech w kategoriach. Zauważono, iż najczęściej występującą funkcją



obiektów architektury niewidocznej jest funkcja kulturowa (50%) i rekreacyjna (42%). Dominują obiekty niskie, o zwartej formie. Refleksyjne panele, najczęściej stalowe, zostały wykorzystane w 46% obiektów, szkło lustrzane — w 17% obiektów, a w obrębie 33% obiektów zastosowano rozwiązania z zakresu infrastruktury zielonej. Jedynie 17% obiektów posiadało informacje dotyczące zabezpieczeń przed kolizjami ptaków z fasadami. Łącznie 71% obiektów uwzględniło rozwiązania proekologiczne, co wskazuje, że estetyczna (wizualna) niewidoczność nie zawsze pokrywa się z podejściem proekologicznym. W projektowaniu krajobrazowym integracja tych aspektów powinna być jednak priorytetem.

Słowa kluczowe: krajobraz miejski, krajobraz naturalny, architektura niewidoczna, estetyka w architekturze, zrównoważony rozwój, wizualna niewidoczność, ekologiczna niewidoczność

1. INTRODUCTION

This work focuses on the issue of architecture that harmoniously blends into its surroundings through spatial and material elements, as well as green infrastructure (Liberalesso et al., 2020), becoming invisible architecture as an alternative to architecture that operates with dominant forms. Visual invisibility is understood here as a perceptual effect, achieved through the deliberate application of architectural solutions designed to minimize the visual presence of a structure within the landscape. In turn, ecological invisibility refers to minimizing the environmental impact of a structure through the use of sustainable solutions.

Architecture integrated with the landscape, a key feature of green architecture, has taken on various forms over the centuries — from prehistoric caves and medieval fortifications, through Romanticist gardens, Wright's Modernist ideas, to contemporary environmentally friendly buildings (Wines, 2000). Invisible architecture can also be defined as camouflage architecture (Dojlitko, 2017) or stealthy architecture (Wróbel, 2017), with the aim of concealing visual design values, using masking techniques in natural landscape, employed in hunting or military operations. In this article, the issue of illusionary absence is considered within the context of contemporary architecture.

1.1. Goal of the paper

The goal of this article is the categorization of visually invisible architecture into two main categories — in the context of natural landscape, including lowland and highland landscapes, as well as in urban landscape, considering structures next to the building development and next to green spaces. In the article, green infrastructure solutions will be one of the trends in the development of invisible architecture. Spatial aspects were also considered, namely potential for a structure's harmonious integration into a natural and urban landscape — from the way the structure's form is connected to the ground, to material solutions, including transparent, reflective, and mirrored ones. Beyond the aesthetic perspective, this article analyses

ecological invisibility in the structures examined. The study was conducted on 24 representative examples of visually invisible architecture, and main dependencies between structure categories and their aesthetic, form, size, function are presented, as well as the scope of sustainable solutions within this group.

1.2. Methods

A literature review and comparative analysis of 24 representative examples of contemporary projects of visually invisible structures were conducted (Tab. 1). In the analysed cases, tabular summaries and original schemes were utilized. For each project, the use and size of the structure, including surface area and its height, were considered. In terms of visual aspects, the type of form (compact or composed of parts) and external materials were analysed. Additionally, the connection of the form to the ground was considered, distinguishing six types of building-to-ground relationships: type 1 — elevated structure with an open ground floor, type 2 — structure placed directly on the ground, type 3 — structure partially embedded in the terrain, type 4 — structure fully embedded in the terrain (underground form), type 5 — structure partially integrated with the terrain, type 6 — structure fully integrated with the terrain (Ill. 1).

Additionally, the degree of visual invisibility of the structures was determined, distinguishing two groups: those partially or fully invisible due to material solutions like reflective or transparent materials (often accompanying types 1 (Ill. 3), 2 (Ill. 6), and 3), and those defined by form — for example, shaped to visually continue the terrain (types 5 — Ill. 2 and 6 — Ill. 4) or to take an underground form (type 4 — Ill. 5). Ecological invisibility was assessed through the analysis of sustainable solutions, including optimal location, energy efficiency, water management, green roofs, and measures to protect birds from collisions with reflective or transparent facades.

1.3. Scope

As part of research on invisible architecture, 24 representative examples of completed contemporary buildings from the first decades of the 21st century

were analysed. The selection of case studies was based on information from architectural portals such as: <https://www.dezeen.com>, <https://www.archdaily.com>, <https://architizer.com>, <https://www.world-architects.com>, and <https://www.milimet.com>. The selected buildings met the criterion of invisibility and represented a wide variety of forms and landscape contexts. The list of sources is presented at the bottom of the references list, starting with the symbol of each building.

The structures were categorized by their location in natural landscapes of varying elevations: upland (Category A) and lowland (Category B), as well as urban context — next to buildings (Category C) and next to green spaces (Category D). The selection ensured an equal number of examples in each category, maintaining diversity in form: simple,

archetypal (with sloped roofs), dynamic (including high-rise), and landform-based — with at least three representatives of each form type within every category. The initial database was characterized by providing the name of the project, its designer, location, year of completion, and form type (Tab. 1).

1.4. Invisible architecture in relation to landscape and nature — literature review

Landscape design involves harmoniously integrating architectural forms into their surroundings, considering both natural and urban landscapes (Nyka, 2012). In the natural landscape, it is crucial to assess the site's landscape values and genuinely evaluate the necessity for new construction. With technological advancements enabling construction in increasingly

Tab. 1. Characterization of the initial database of architectural realisations in the field of invisible architecture.

CATEGORY	SYMBOL	NAME	AUTHOR	LOCATION	YEAR	FORM TYPE	
NATURAL LANDSCAPE	UPLAND (CATEGORY A)	A.1	Monte Rosa Hut	Bearth & Deplazes Architekten	Alps, Switzerland	2009	archetypal
		A.2	Mirrorcube – house for 2 persons	Tham & Videgard Arkitekter	Harads, Sweden	2010	simple
		A.3	Mirage Gstaad – conceptual pavilion	Doug Aitken	Gstaad, Switzerland	2017	archetypal
		A.4	Maraya Concert Hall	Giò Forma	Al. – ul, Saudi Arabia	2019	simple
		A.5	NCaved house	Mold Architects	Serifos, Greece	2020	landform-integrated
		A.6	Eystur Town Hall	Henning Larsen - Osbjørn Jacobsen	Eysturkommuna, Faroe Islands	2018	landform-integrated
	LOWLAND (CATEGORY B)	B.1	PALÄON Center	Holzer Kobler Architecture	Schöningen, Germany	2013	dynamic
		B.2	Jung Gil-Young's house	Yoon Space Design	Cheongdo, South Korea	2015	dynamic
		B.3	Juniper House	Murman Arkitekter	Katthammarsvik, Sweden	2007	simple
		B.4	White Arbor, Maezawa Garden House	APL	Kurdobe, Japan	2019	simple
		B.5	Tripitz Bunker Museum	BIG	Blaavand, Denmark	2017	landform-integrated
		B.6	Moesgaard Museum	Henning Larsen	Aarhus, Denmark	2014	landform-integrated

CATEGORY	SYMBOL	NAME	AUTHOR	LOCATION	YEAR	FORM TYPE	
URBAN LANDSCAPE	NEXT TO THE BUILDINGS (CATEGORY C)	C.1	Mark's house	Two islands	Michigan, United States	2013	archetypal
		C.2	Apple Store	Bohlin Cywinski Jackson	New York, United States	2006	simple
		C.3	Tower Infinity	GDS Architects	Seoul, South Korea	in progress	dynamic (high-rise)
		C.4	Cira Center	Cesar Pelli Filadelfia	Pennsylvania, United States	2005	dynamic (high-rise)
		C.5	Ballhaus- Broken mirror house	HoG architectur	Graz, Austria	2013	archetypal
		C.6	Danish National Maritime Museum	BIG	Helsingor, Denmark	2013	landform-integrated
	NEXT TO GREEN SPACES (CATEGORY D)	D.1	Williams Park Fieldhouse	STLarchitects	Chicago, United States	2019	simple
		D.2	Cairns Botanic Gardens	Charles Wright Architects	Far North Queensland, Australia	2011	dynamic
		D.3	Mirror house	MLRP	Denmark, Copenhagen	2011	archetypal
		D.4	Castle Downs Park Pavilion	GH3	Edmonton, Canada	2015	dynamic
		D.5	Earthquake Museum	Cai Yongjie	Sichuan, China	2015	landform-integrated
		D.6	Museum of the Holocaust	Belzberg Architects	Los Angeles, United States	2010	landform-integrated

Source: own elaboration.

challenging terrains and transport conditions, the ethical aspect of transforming cultural landscapes becomes highly significant (Stelmach and Salata, 2024; Wines, 2000). When determining the necessity of constructing architectural structures within natural landscapes, it is advisable to foster interaction between architecture and nature through sustainable solutions (Maltseva, Kaganovich and Lorentz, 2018). For high-altitude locations, factors such as the availability of water and renewable energy sources, waste processing capabilities, rainwater utilization, and access to natural materials like stone and wood, are particularly important (Kronowski, 2003).

The urban landscape it is currently undergoing significant transformations. These changes are driven

by the increase in urban populations, and the rapid development of high-rise buildings has significantly impacted the urban landscape (Czyńska, Rubinowicz and Marzęcki, 2024). This expansion leads to a reduction in biologically active areas, adversely affecting air quality and residents' health (Katowicz-Kowalewski, 2012). Nowadays, new strategies are emerging that aim to dematerialize structures through media solutions, altering the nighttime cityscape, however, these do not affect its actual building density (Życzkowska, 2019).

An alternative to intensive development strategies involves designing structures in harmony with greenery, providing users with a friendly living space. Such initiatives aim for a symbiosis between architecture

and flora through the use of green roofs, vertical gardens, and natural materials like stone, wood, and clay (Wróbel, 2017). To integrate architecture with the landscape and minimize the negative environmental impact of buildings, biophilic design and Net-Zero Energy Buildings (NZEBs) are employed, along with the implementation of circular economy principles and the promotion of green roofs (Nasrullah and Syafri, 2024). Green facade design is an effective sustainable planning tool in high-density urban areas, reducing air pollution and noise while improving microclimate, aesthetics, and residents' quality of life (Hamling, Van Dam and Dubbeldee, 2024).

Urban green infrastructure combines aesthetics with environmental approaches to counteract climate change effects, urban overheating, and biodiversity loss. The use of eco-friendly solutions is crucial not only at the individual building level but also in spatial planning to achieve environmental balance in urban areas (Grochulska-Salak, Zielonko-Jung and Zinowiec-Cieplik, 2018). Therefore, a holistic approach that merges aesthetic and ecological benefits is essential for maximizing the effectiveness of urban green spaces (Vasiliev et al., 2023). The development of invisible architecture should follow this direction (Ill. 2).

1.5. Invisible architecture and bird threats — a literature review

Another important aspect of visually invisible architecture is the use of reflective and transparent materials to achieve the effect of visual disappearance (Elmoghazy and Afify, 2023) (Ill. 2). In natural landscapes, it enables integration with greenery, while in urban landscapes, it allows for the blurring the boundaries of the structure against the sky or the preservation of context. Glass facades, however, pose a lethal threat to birds (Sheppard, 2019; Szurlej-Kielańska, Pilacka and Górecki, 2020). This results from the mirror effect, transparency, and the lighthouse effect, which cause bird disorientation due to reflections and artificial lighting, and consequently lead to collisions with glass surfaces (Tomalka-Sadownik and Zyśk-Gorczyńska, 2017). Minimizing the risk for birds can occur by reducing the amount of glass and window size, giving up high-reflective glass, or using coloured or milk glass screens (Szurlej-Kielańska, Pilacka and Górecki, 2020). However, these methods are contradictory to the principles of invisible architecture.

In this case, a more justified method is the use of screen-printed glass, which requires research into effective patterns, as it has been found that increasing the coverage area of glass does not correlate with bird

deterrence effectiveness in changing flight direction (Sheppard, 2019).

The most common patterns include graphic markers in shades of white, orange, or black, applied to horizontal, vertical lines, or dots (Knioła and Pakuła, 2012) or covering glass surfaces invisible to human eyes but visible to birds with an ultraviolet coating (Etherington, 2011).

Polish and EU regulations do not directly indicate the need for protecting animals against glassy or transparent structures. However, considering the mortality of birds in this context should already be a reason to apply appropriate solutions minimizing the probability of such collisions (Szurlej-Kielańska, Pilacka and Górecki, 2020).

2. RESULTS OF THE STUDY OF INVISIBLE ARCHITECTURE

The primary element analysed among visually invisible architecture was the aspect of structure functions. In natural landscapes, the dominant group among the analysed buildings consists of those with a cultural use (58%), followed by recreational (33%) and residential uses (33%) (Tab. 2). In urban landscapes, 50% of structures represented recreational uses, while 42% are structures with cultural function. Important groups also include structures dedicated to office spaces and services (both at 33%) (Tab. 2). In both area types, there were multi-functional structures where the main use was accompanied by additional uses such as gastronomy or services — in natural landscapes, this accounted for 33% of the structures, while in urban landscapes, 42% (Tab. 2). Analysing both categories together, the most frequently occurring uses were culture (50%) and recreation (42%), while multi-functionality characterized 38% of the structures (Tab. 2).

Another element subjected to analysis was the area of the structures. In natural landscapes, half of the cases consisted of small-scale structures — with 25% falling within the range of 15–100 m² and another 25% between 100–500 m² (Tab. 2). In urban landscapes, the majority of buildings had a surface area exceeding 500 m², although their sizes varied significantly. The collected results also show that camouflage was employed in both settings, regardless of the building's scale or volume (Tab. 2).

The important element of the analysis was also the height of invisible architecture. In both groups of structures, low-rise buildings (up to 12 m in height) predominated — 75% cases in natural landscapes, 67% structures in urban landscapes, forming 71% of the structures altogether (Tab. 2). Middle-sized

Tab. 2. Invisible Architecture – Function and Dimensions of the Object.

Symbol / Categories	FUNCTION						AREA (m ²)							HEIGHT (m)			
	Housing	Culture	Recreation	Office	Services	Multifunctional	15–100	>100–500	>500–1000	>1000–5000	> 5000–10000	10000& more	no data	up to 12	>12–25	>25–54	55 & more
A.1	x		x			x		x							x		
A.2	x													x			
A.3			x				x							x			
A.4		x		x		x					x					x	
A.5	x							x						x			
A.6		x	x		x	x			x					x			
B.1		x								x					x		
B.2		x					x							x			
B.3	x						x							x			
B.4		x						x						x			
B.5		x									x			x			
B.6		x	x			x						x		x			
Number of objects in categories A – B	4	7	4	1	1	4	3	3	1	1	2	1	0	9	2	1	0
% of objects in categories A – B	33	58	33	8	8	33	25	25	8	8	17	8	0	75	17	8	0
C.1			x				x							x			
C.2					x		x							x			
C.3			x	x	x	x							x				x
C.4				x								x					x
C.5	x							x							x		
C.6		x		x		x					x			x			
D.1			x			x					x				x		
D.2		x	x	x	x	x					x			x			

Symbol / Categories	FUNCTION						AREA (m ²)							HEIGHT (m)			
	Housing	Culture	Recreation	Office	Services	Multifunctional	15–100	>100–500	>500–1000	>1000–5000	> 5000–10000	10000& more	no data	up to 12	>12–25	>25–54	55 & more
D.3			x					x						x			
D.4		x	x			x			x					x			
D.5		x			x						x			x			
D.6		x										x		x			
Number of objects in categories C – D	1	5	6	4	4	5	2	2	1	2	2	2	1	8	2	0	2
% of objects in categories C – D	8	42	50	33	33	42	17	17	8	17	17	17	8	67	17	0	17
Number of objects in categories A – D	5	12	10	5	5	9	5	5	2	3	4	3	1	17	4	1	2
% of objects in categories A – D	21	50	42	21	21	38	21	21	8	13	17	13	4	71	17	4	8

Source: own elaboration.

structures (>12–25 m) were the second-most numerous — 17% cases in both scenarios. Additionally, 17% of the analysed buildings in urban landscapes were high-rise structures (>55 m), while in the natural landscape, 8% were tall buildings (>25–54 m) (Tab. 2). However, this represented only a small portion of the overall sample.

One of the factors analysed was also the form of the structure. Both in natural and urban landscapes, the prevailing number of structures with a compact form (71% cases) was observed (Tab. 3). It is worth emphasizing that this parameter has a positive impact on a building's energy efficiency.

Another characteristic feature subjected to analysis was the type of finishing material. The effect of visual invisibility was often achieved through reflective panels — most commonly steel (46% of buildings in both groups), and less frequently through mirrored glass (17% of buildings). The choice of reflective material also serves to highlight the surroundings — either nature or historic architecture

in the vicinity. However, the visible elements of the building mass were often the entrances, for which different materials were used, such as metal, wood, concrete, or natural glass. In natural landscapes, concrete and wood were often used due to their colour properties similar to sand or rocks (25% of cases each). Green infrastructure solutions were also significant (33% of all structures), including 42% of buildings in natural landscapes and 25% in urban contexts, serving to integrate the structure with the natural landscape. Natural glass is used in 75% of the analysed structures, but most often as single openings or fragments of the facade.

It is worth highlighting interesting facade solutions that produced mirrored surfaces. In the case of the PALÄON Centre (B.1, Tab. 3), the facade consists of mirrored aluminium composite panels that reflect the surroundings, giving the building a changing appearance depending on the time of day. In the Castle Downs Park Pavilion (D.4, Tab.1), wavy mirror plates were used. In the case of the

Williams Park Fieldhouse (D.1 Tab. 3), the building is clad with flat stainless steel panels in shades of gold and bronze (flat-lock type), which, reflecting the surrounding trees, change colour depending on the season. At Cairns Botanic Gardens (D.2, Tab. 3), the facade consists of a series of flat polished metal panels, arranged at different angles to create non-uniform reflections surrounding the garden. In the case of Tower Infinity (C.3, Tab. 3), media solutions were used to display dynamic views of the surrounding landscape, captured by cameras.

While connectivity with the landscape is considered, it is also important to note the inclusion of green infrastructure solutions. The most common practice was using green roofs in landform-integrated forms (Tab. 1), as in the case of the Earthquake Museum (D.5, Tab. 3), but for example, at White Arbor (B.4, Tab. 3), seventeen real trees — oaks and cedars — were used: supporting the roof of an outdoor garden with a steel structure, which allowed hiding the form in the landscape. In

the Juniper House (B.3, Tab. 3), a leaf pattern was printed on facades using photoreproduction.

An important aspect of the analysis was also the exploration of the idea accompanying invisible architecture (Tab. 3). In both natural and urban landscape contexts, the aesthetic and landscape-related aspect was of key importance (successively 100% and 67% structures, combined 83% structures). The symbolic dimension played an important role in shaping the concept of the structure — for example, relating to social issues or commemorative functions — 33% structures in natural landscapes, 42% in urban landscapes, combined 38% structures. In urban landscape cases, invisible architecture was also used to emphasize the recreational function of the surroundings (33% structures).

The Mark's house pavilion (C.1, Tab. 3) presents an interesting example of a symbolic idea. Its 'floating', mirrored, archetypal form emphasizes the problem of demolishing thousands of homes, creating at the same time new integrative space.

Tab. 3. Invisible architecture – characteristics of form, material solutions, and idea of the project.

Symbol / Categories	FORM		EXTERNAL MATERIAL									FIELD of IDEA				
	COMPACT FORM	MADE OF PARTS	GLASS (* glass façade)	MIRROR GLASS (* glass façade)	REFLECTIVE METAL PANELS / *MYLAR	CONCRETE	METAL	WOOD	STONE	MEDIA SOLUTION	GREEN SOLUTIONS	AESTHETIC, LANDSCAPE	ENVIRONMENTAL ASPECT	SYMBOLIC DIMENSION	MARKETING ROLE	RECREATION
A.1	x		x		x							x		x		
A.2	x			x								x				
A.3	x		x		x							x				
A.4	x		x		x							x				
A.5	x		x					x		x	x	x				
A.6		x	x			x	x	x			x	x				x
B.1	x		x		x						x		x			
B.2		x	x		x						x					
B.3	x		x*					x			x					
B.4	x						x	x			x	x		x		

Symbol / Categories	FORM		EXTERNAL MATERIAL									FIELD of IDEA				
	COMPACT FORM	MADE OF PARTS	GLASS (* glass façade)	MIRROR GLASS (* glass façade)	REFLECTIVE METAL PANELS /*MYLAR	CONCRETE	METAL	WOOD	STONE	MEDIA SOLUTION	GREEN SOLUTIONS	AESTHETIC, LANDSCAPE	ENVIRONMENTAL ASPECT	SYMBOLIC DIMENSION	MARKETING ROLE	RECREATION
B.5		x	x			x	x				x	x		x		
B.6	x		x			x					x	x				x
Number of objects in categories A – B	9	3	10	1	5	3	3	3	1	0	5	12	1	4	0	2
% of objects in categories A – B	75	25	83	8	42	25	25	25	8	0	42	100	8	33	0	17
C.1		x			x*									x		x
C.2	x		x*												x	
C.3	x		x*							x		x		x		
C.4	x			x*								x				
C.5	x			x	x									x		
C.6	x		x			x					x	x			x	
D.1	x		x		x							x				x
D.2		x	x		x							x				
D.3	x			x	x			x				x	x			x
D.4		x	x		x							x				x
D.5		x	x				x				x			x		
D.6	x		x			x					x	x		x		
Number of objects in categories C – D	8	4	8	3	6	2	1	1	0	1	3	8	1	5	2	4
% of objects in categories C – D	67	33	66	25	50	17	8	1	0	8	25	67	8	42	17	33
Number of objects in categories A – D	17	7	18	4	11	5	4	4	1	1	8	20	2	9	2	6
% of objects in categories A – D	71	29	75	17	46	21	17	17	4	4	33	83	8	38	8	25

Source: own elaboration.

The PALÅON Research and Experience Centre (B.1, Tab. 3), partially embedded in the ground, serves as a metaphor for a weapon unearthed in an archaeological site. In the Earthquake Museum (D.5, Tab. 3), the primary purpose of using camouflage architecture was to commemorate the victims through a form that resembles cracks in the earth caused by seismic tremors.

Another area analysed in the study of invisible structures, is the connection between the structure and the ground, based on the 6 types identified in Section 1.2, concerning the research methodology. In both categories, the most frequently occurring type of connection was type 2 (50% structures in natural landscapes, 67% structures in urban landscapes, and overall 58%), which represents forms placed directly on the ground. The second most frequent occurrence is type 5, representing structures whose form is partially integrated with the terrain, so that not the entire structure is visible, for example, through a green roof integrating one facade into a slope or mountainous landscape (17% structures in natural landscape, 17% structures in urban landscape, and overall 17%). An example of such a structure is the Eystur Town Hall (A.6, Tab. 3).

In the study, the degree of visual invisibility of the structures was also examined. Structures that were completely invisible accounted for 58% of the examples, while partially invisible structures — which often featured highlighted entrances using different materials or recesses in the form intended for pedestrian access — made up 42% of the examples.

The last element subjected to analysis was the scope of sustainable solutions, understood as ecological invisibility (Tab. 4). In natural landscapes, the most frequently used pro-ecological solution was a green roof as a new habitat for plants and animals (33% structures), as well as optimal location of the structure to make use of the plot's qualities, orientation of the mass, care for natural lighting of spaces, or minimizing wind resistance (25% structures) and protecting birds by means of glass panels (25% structures). In urban landscapes, the most frequently used pro-ecological solutions included high energy efficiency (42% structures), the use of green roofs, the optimal location of structures, and water management solutions, including collecting rainwater and its reuse for building maintenance (all 25%). Analysing the use of pro-ecological solutions in both groups — urban and natural landscapes — the most frequently used solutions are: care for energy efficiency of buildings (29% structures), green roofs (29%), optimal location of structures (25%), reuse of rainwater (17%) and activities for protecting birds (17%) (Tab. 4).

In the context of pro-ecological solutions, it is worth noting the Cairns Botanic Gardens (D.2, Tab. 4, Ill. 6) project, which provides retention ponds and rainwater reuse, sustainable materials, mixed climate control systems, natural ventilation in corridors, window placement based on solar analysis, and energy-efficient lighting. Regarding the Williams Park Fieldhouse (D.1 Tab.4), the key role of laminated wooden beams in the construction of the roof is crucial. The use of this material also reduced the carbon footprint of the structure, while its compact form contributed to energy efficiency. The Moesgaard Museum (B.6, Tab. 4) features the optimal orientation and geometry of the building, maximizing energy efficiency, which confirms its Energy Class 1 status. The green roof reduces cooling needs and serves as a retention pond for rainwater, while strategic use of natural light minimizes the need for artificial lighting.

Regarding solutions aimed at preventing bird collisions, for example at Mirrorcube (A.2, Tab. 3, Ill. 3), the mirror glass facade was covered with an invisible ultra-violet coating. At Mirage Gstaad (A.3, Tab. 3), aluminium composite plates were used with vertical black lines spaced apart to allow birds to see and avoid obstacles.

Overall, 71% of the structures included individual pro-ecological elements but did not cover the full range of sustainable solutions, indicating that visual invisibility does not always align with ecological approach.

3. CONCLUSIONS AND DISCUSSION

Invisible architecture is an important trend that enables a building's integration with the surrounding landscape. Conducted research allows us to note that the dominant group of structures in visually invisible architecture are compact, low-rise forms dedicated to cultural or recreational functions. The most common type 2 represented a form placed directly on the ground, which is mainly associated with flat topography design. The possibility of applying types 5 and 6 often results from elevation differences on the site, such as escarpments or slopes, which offer interesting compositional opportunities.

In integrating a building into the landscape, materials are employed to blend the structure seamlessly with its surroundings. These materials include mirrored surfaces, steel panels, concrete, and those mimicking natural elements like the colours of rock. Incorporating green infrastructure solutions and media further enhances this integration. However, it is always important to assess the solutions from

Tab. 4. Degree of visual invisibility and scope of sustainable solutions.

Symbol / Category	TERRAIN INTEGRATING TYPE						DEGREE OF INV.		SUSTAINABLE SOLUTIONS						
	TYPE1	TYPE2	TYPE3	TYPE4	TYPE 5	TYPE6	FULLY INVISIBLE	PARTIALLY INVISIBLE	OPTIMAL LOCATION	ENERGY SAVING	WATER MANAGEMENT	GREEN ROOF	BIRD PROTECTION	EDUCATIONAL VALUES	NO DATA
A.1		x					x			x	x				
A.2	x						x						x		
A.3		x					x						x		
A.4		x					x								x
A.5				x				x	x			x			
A.6					x			x				x			
B.1			x					x					x	x	
B.2		x					x								x
B.3		x					x								x
B.4		x					x								x
B.5						x		x	x			x			
B.6					x		x		x	x		x			
Number of objects in categories A – B	1	6	1	1	2	1	8	4	3	2	1	4	3	1	4
% of objects in categories A – B	8	50	8	8	17	8	67	33	25	17	8	33	25	8	33
C.1		x					x				x		x		
C.2			x					x	x						
C.3		x					x								x
C.4		x					x								x
C.5		x					x								x
C.6				x			x					x			
D.1		x					x		x	x					

Symbol / Category	TERRAIN INTEGRATION TYPE						DEGREE OF INV.		SUSTAINABLE SOLUTIONS						
	TYPE1	TYPE2	TYPE3	TYPE4	TYPE 5	TYPE6	FULLY INVISIBLE	PARTIALLY INVISIBLE	OPTIMAL LOCATION	ENERGY SAVING	WATER MANAGEMENT	GREEN ROOF	BIRD PROTECTION	EDUCATIONAL VALUES	NO DATA
D.2		x						x		x	x				
D.3		x						x		x					
D.4		x						x		x	x				
D.5					x			x				x			
D.6					x			x	x	x		x			
Number of objects in categories C – D	0	8	1	1	2	0	6	6	3	5	3	3	1	0	3
% of objects in categories C – D	0	67	8	8	17	0	50	50	25	42	25	25	8	0	25
Number of objects in categories A – D	1	14	2	2	4	1	14	10	6	7	4	7	4	1	7
% of objects in categories A – D	4	58	8	8	17	4	58	42	25	29	17	29	17	4	29

Source: own elaboration.

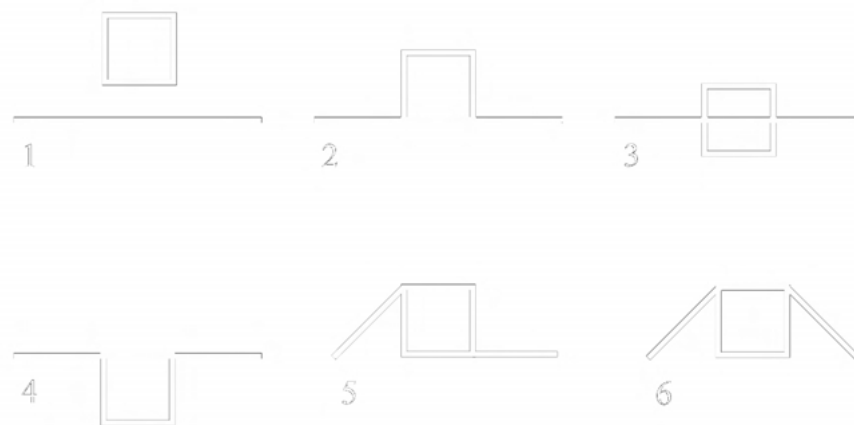
an environmental perspective. In the case of glass facades and reflective elements, it is essential to mark the elevations with a UV coating or screen printing, for the purpose of protecting birds from collisions with the facade surface.

Visually invisible architecture structures often use eco-friendly elements related to energy harvesting and conservation, water management, or green infrastructure solutions.

Incorporating pro-environmental solutions should be the primary goal of invisible architecture, moving beyond mere visual invisibility in the landscape toward achieving ecological invisibility in relation to the environment. This opens up space for

further research into invisible architecture, considering not only material solutions but also autonomous, self-sufficient features. Future studies could also examine structures in aquatic landscapes, including floating structures.

Continuing the discussion on green architecture (Wines, 2000), it is worth noting that although innovative materials and technologies can support achieving building invisibility as defined by the set of features proposed in this article, they do not always ensure satisfactory aesthetic or environmental outcomes. Architecture resists rigid frameworks — it requires sensitivity, a nuanced approach and responsibility.



III. 1. Types of building-to-ground relationships: type 1 — elevated form with an open ground floor, type 2 — form placed directly on the ground, type 3 — form partially embedded in the terrain, type 4 — form fully embedded in the terrain (underground form), type 5 — form partially integrated with the terrain, type 6 — form fully integrated with the terrain. Source: original work.

II. 1. Typy związania bryły z terenem: typ 1 — bryła wyniesiona ponad teren, z uwolnionym parterem; typ 2 — bryła osadzona na terenie; typ 3 — bryła częściowo zagłębiona w terenie; typ 4 — bryła całkowicie zagłębiona w terenie, forma podziemna; typ 5 — bryła częściowo zintegrowana z terenem; typ 6 — bryła całkowicie zintegrowana z terenem. Źródło: opracowanie własne.



III. 2. Master's thesis project entitled *Invisible Architecture as Architecture Integrated with the Surrounding Landscape. A Cultural and Recreational Facility in Chrobry Park in Bydgoszcz*, by W. Kalińska under the academic supervision of K. Życzkowska, type 5 (III. 1).

II. 2. Projekt dyplomowy magisterski pt. *Architektura niewidoczna jako architektura zintegrowana z otaczającym krajobrazem. Obiekt kulturalno-rekreacyjny w Parku Chrobrego w Bydgoszczy*, autorstwa W. Kalińskiej, pod opieką promotorską K. Życzkowskiej, typ 5 (II. 1).



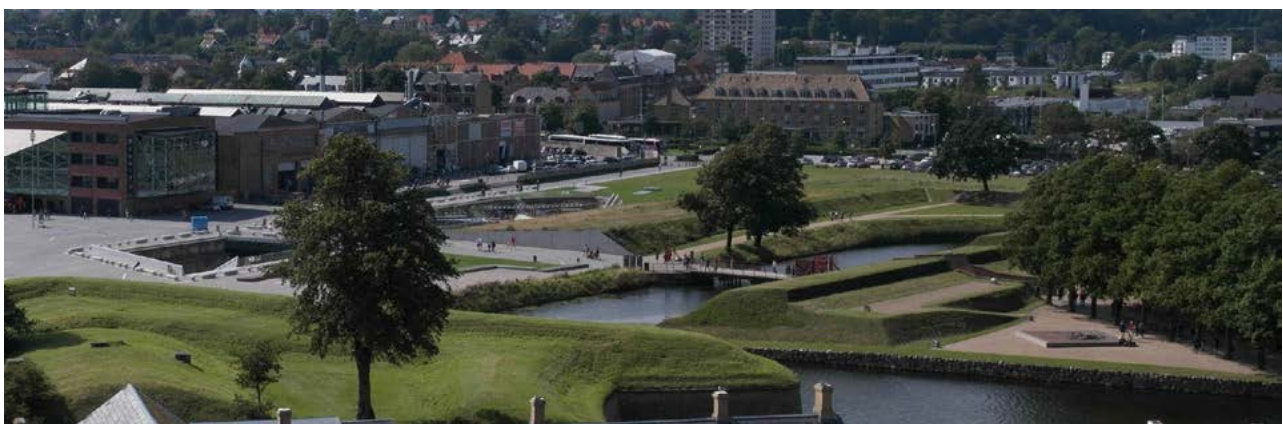
Ill. 3. Mirrorcube (A.2, Tab. 1), type 1 (Ill. 1), simple form. Source: original work — W. Kalińska.

Il. 3. Mirrorcube (A.2, Tab. 1), typ 1 (Il. 1), prosta forma. Źródło: opracowanie własne — autor W. Kalińska.



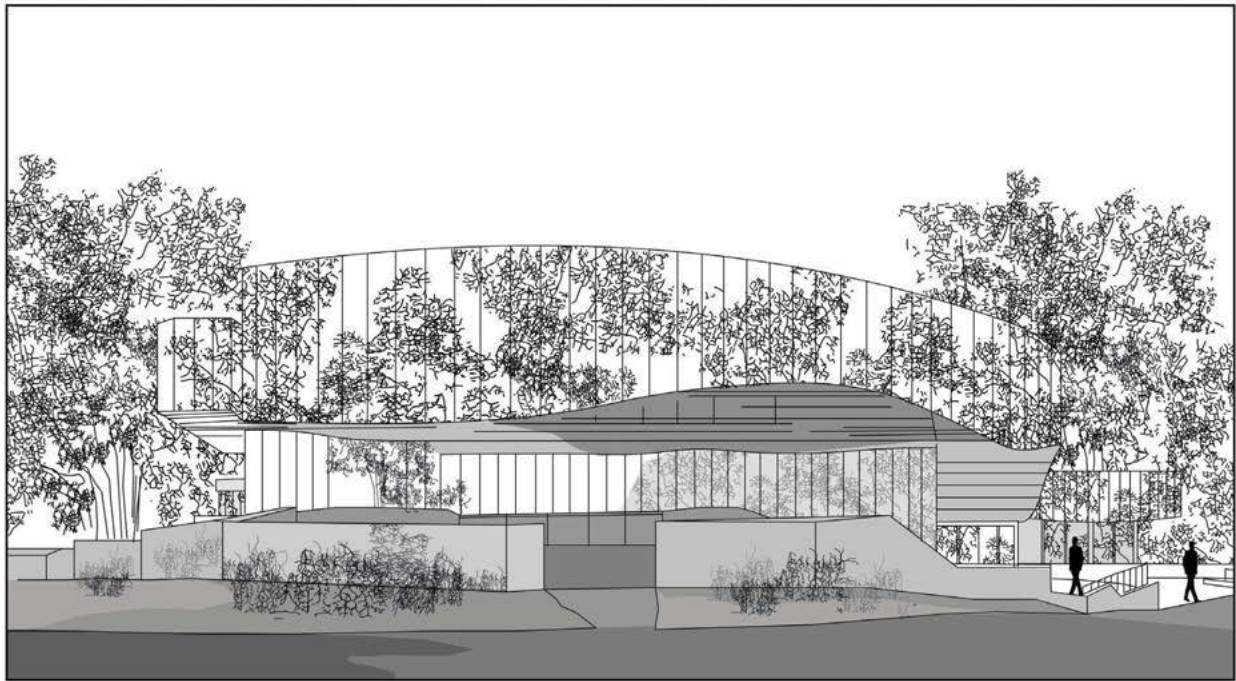
Ill. 4. Tripitz Bunker Museum (B.5, Tab. 1), type 6 (Ill. 1), landform-integrated form. Photo by E. Marczak.

Il. 4. Muzeum Tripitz Bunker (B.5, Tab. 1), typ 6 (Il. 1), forma terenowa. Fot. E. Marczak.



Ill. 5. Danish National Maritime Museum — underground structure on the left (C.6, Tab. 1), type 4 (Ill. 1), landform-integrated form. Photo by E. Marczak

Il. 5. Morskie Muzeum Narodowe Danii — podziemna forma po lewej stronie (C.6, Tab. 1), typ 4 (Il. 1), forma terenowa. Fot. E. Marczak.



Ill. 6 Cairns Botanic Garden (D.2, Tab.1), type 2 (Ill. 1), dynamic form. Source: original work — W. Kalińska.

Il. 6. Ogród Botaniczny Cairns (D.2, Tab. 1), typ 2 (Il. 1), dynamiczna forma. Źródło: opracowanie własne — autor W. Kalińska.

1. WPROWADZENIE

Praca koncentruje się na problematyce architektury, która poprzez rozwiązania przestrzenne, materiałowe oraz elementy zielonej infrastruktury (Liberalesso et al., 2020), harmonijnie wpisuje się w kontekst miejsca, stając się architekturą niewidoczną, stanowiącą alternatywę dla architektury operującej krzykliwymi formami architektonicznymi. Ta wizualna niewidoczność rozumiana jest jako efekt percepcyjny, osiągnąć poprzez świadome zastosowanie rozwiązań architektonicznych w celu maksymalnego ograniczenia widoczności obiektu na tle otoczenia. Pojęcie niewidoczności ekologicznej powiązane z kolei z ograniczeniem wpływu obiektu architektonicznego na środowisko, poprzez wdrażanie rozwiązań zrównoważonych.

Architektura zintegrowana z krajobrazem, będąca istotną cechą architektury zielonej, przyjmowała na przestrzeni wieków różnorodne formy — od prehistorycznych grot i średniowiecznych budowli obronnych, poprzez romantyczne ogrody, modernistyczne idee Wrighta, aż po współczesne obiekty przyjazne środowisku (Wines, 2000). Architektura niewidoczna może być też definiowana jako architektura kamuflażu (Dojlitko, 2017) lub architektura podstęp (*stealth architecture*) (Wróbel, 2017), mająca na celu ukrycie wizualnych walorów projektu, wykorzystując technikę maskowania w krajobrazie naturalnym, tak jak w myślistwie lub w działaniach wojskowych. W artykule kwestia iluzji braku widoczności jest rozpatrywana w kontekście architektury współczesnej.

1.1. Cel artykułu

Celem artykułu jest kategoryzacja obiektów z zakresu wizualnie niewidocznej architektury w dwóch głównych kategoriach 1) w kontekście krajobrazu naturalnego, w tym nizinnego i wyżynnego, 2) w scenarii krajobrazu miejskiego, uwzględniając obiekty na tle zabudowy oraz na tle miejskiej przestrzeni zielonej. Rozwiązania z zakresu zielonej infrastruktury stanowią jeden z trendów w rozwoju architektury niewidocznej omówionych w artykule. Kolejny aspektem są kwestie przestrzenne, czyli możliwości harmonijnego wkomponowania obiektu w krajobraz miejski i naturalny, począwszy od sposobu powiązania bryły obiektu z gruntem, aż po rozwiązania materiałowe — transparentne, lustrzane, odbijające.

Poza ujęciem estetycznym, artykuł skupia się na analizie niewidoczności ekologicznej analizowanych obiektów. Badania przeprowadzone zostały w odniesieniu do 24 reprezentatywnych przykładów z zakresu wizualnie niewidocznej architektury, a ich celem jest zaprezentowanie

głównych zależności pomiędzy kategoriami obiektów a ich estetyką, formą, gabarytami, funkcją, a także zakresem rozwiązań zrównoważonych w rozpatrywanej grupie.

1.2. Metody

Wykonano przegląd literaturowy oraz analizę porównawczą 24 reprezentatywnych przykładów współczesnych realizacji obiektów wizualnie niewidocznych (Tabela 1). W przeprowadzonych analizach wykorzystano zestawienia tabelaryczne oraz autorskie schematy. W analizach dla każdej z realizacji uwzględniono funkcję i gabaryty obiektu, w tym powierzchnię i wysokość. W zakresie aspektów wizualnych przeanalizowano typ formy (zwarta lub złożona z części) oraz materiały elewacyjne. Pod uwagę wzięto także sposób związania bryły z gruntem, wyróżniając 6 typów zabudowy względem terenu: typ 1 — bryła wyniesiona ponad teren, z uwolnionym parterem; typ 2 — bryła osadzona na terenie; typ 3 — bryła częściowo zagłębiona w terenie; typ 4 — bryła całkowicie zagłębiona w terenie, forma podziemna; typ 5 — bryła częściowo zintegrowana z terenem; typ 6 — bryła całkowicie zintegrowana z terenem (Il. 1).

Ponadto określono stopień wizualnej niewidoczności obiektów, wyróżniając dwie grupy: obiekty częściowo lub całkowicie niewidoczne ze względu na zastosowane materiały, takie jak materiały refleksyjne lub przezroczyste (najczęściej towarzyszące typom: 1 (Il. 3), 2 (Il. 6) i 3) oraz ze względu na sposób ukształtowania bryły, umożliwiający wizualną kontynuację terenu (typy: 5 (Il. 2) i 6 (Il. 4)) lub przyjmujący formę podziemną (typ 4 (Il. 5)). Niewidoczność ekologiczną obiektów oceniono poprzez analizę zrównoważonych rozwiązań w ich obrębie, obejmujących optymalne usytuowanie budynków, efektywność energetyczną, gospodarkę wodną, zielone dachy oraz środki ochrony ptaków przed kolizjami z elewacjami refleksyjnymi lub przezroczystymi.

1.3. Zakres

W ramach badań nad architekturą niewidoczną przeanalizowano 24 reprezentatywne przykłady zrealizowanych obiektów pochodzących z pierwszych dekad XXI wieku. Doboru przypadków dokonano na podstawie analizy projektów opublikowanych na prestiżowych portalach branżowych, takich jak: <https://www.dezeen.com>, <https://www.archdaily.com>, <https://architizer.com>, <https://www.world-architects.com>, <https://www.milimet.com>. Wybrane obiekty spełniały kryterium niewidoczności wizualnej i cechowały się różnorodnością pod względem

formy oraz lokalizacji w krajobrazie. Listę źródeł zaprezentowano na końcu listy literatury, rozpoczynając od symbolu przypisanego danemu obiektowi. Obiekty zostały skategoryzowane ze względu na lokalizację w krajobrazie naturalnym: wyżynnym (kategoria A) i nizinnym (kategoria B) oraz miejskim — w kontekście zabudowy (kategoria C) i w sąsiedztwie zieleni miejskiej (kategoria D). Doboru dokonano w taki sposób, aby zapewnić równą liczbę obiektów w każdej kategorii, przy zachowaniu różnorodności form: prostych, archetypowych (ze skośnymi dachami), dynamicznych (w tym wysokościowych) i terenowych — z co najmniej trzema przedstawicielami każdego typu w każdej kategorii. Wyjściową bazę danych scharakteryzowano podając nazwę obiektu, projektanta, lokalizację, rok realizacji oraz typ formy (Tab. 1).

1.4. Architektura niewidoczna wobec krajobrazu i natury — przegląd literaturowy

Projektowanie krajobrazowe polega na harmonijnym dopasowaniu formy do otoczenia, w którym będzie odbierana. Pojęcie to najczęściej utożsamiane jest z krajobrazem naturalnym, ale może być także rozpatrywane w kontekście krajobrazu miejskiego (Nyka, 2012).

W zakresie krajobrazu naturalnego istotna jest świadomość walorów krajobrazowych miejsca i rzeczywista diagnoza potrzeby nowej zabudowy. Wobec rozwoju technologii umożliwiających realizację obiektów w coraz trudniejszych warunkach gruntowych czy komunikacyjnych, bardzo istotny jest etyczny wymiar przekształcania krajobrazu kulturowego (Stelmach, Salata, 2024; Wines, 2000). W przypadku decyzji o niezbędności wzniesienia

Tab. 1. Charakterystyka wyjściowej bazy realizacji z zakresu architektury niewidocznej.

KATEGORIA	SYMBOL OBIEKTU	NAZWA	AUTOR	LOKALIZACJA	ROK	TYP FORMY	
KRAJOBRAZ NATURALNY	WYŻYNNY (KATEGORIA A)	A.1	Schronisko Monte Rosa	Bearth & Deplazes Architekten	Alpy, Szwajcaria	2009	archetypowa
		A.2	Mirrorcube – dom dla 2 osób	Tham & Videgård Arkitekter	Harads, Szwecja	2010	prosta
		A.3	Mirage Gstaad – pawilon konceptualny	Doug Aitken	Gstaad, Szwajcaria	2017	archetypowa
		A.4	Sala Koncertowa Maraya	Giò Forma	Al-Ula, Arabia Saudyjska	2019	prosta
		A.5	NCaved House	Mold Architects	Serifos, Grecja	2020	terenowa
		A.6	Urząd Miejski Eystur	Henning Larsen, Ósbjörn Jacobsen	Eystur, Wyspy Owcze	2018	terenowa
	NIZINNY (KATEGORIA B)	B.1	Centrum PALÄON	Holzer Kobler Architekturen	Schöningen, Niemcy	2013	dynamiczna
		B.2	Dom ceramika Jung Gil-Young	Yoon Space Design	Cheongdo, Korea Południowa	2015	dynamiczna
		B.3	Dom Jałowca	Murman Arkitekter	Katthammarsvik, Szwecja	2007	prosta
		B.4	Biała Altana, Maezawa Garden House	APL	Kurobe, Japonia	2019	prosta
		B.5	Muzeum Tirpitz Bunker	BIG	Blåvand, Dania	2017	terenowa
		B.6	Muzeum Moesgaard	Henning Larsen	Aarhus, Dania	2014	terenowa

KATEGORIA	SYMBOL OBIEKTU	NAZWA	AUTOR	LOKALIZACJA	ROK	TYP FORMY	
KRAJOBRAZ MIEJSKI	OBOK ZABUDOWY (KATEGORIA C)	C.1	Mark's House	Two Islands	Michigan, Stany Zjednoczone	2013	archetypowa
		C.2	Sklep Apple	Bohlin Cywinski Jackson	Nowy Jork, Stany Zjednoczone	2006	prosta
		C.3	Tower Infinity	GDS Architects	Seul, Korea Południowa	w trakcie realizacji	dynamiczna (wysokościowa)
		C.4	Cira Center	César Pelli Filadelfia	Pensylwania, Stany Zjednoczone	2005	dynamiczna (wysokościowa)
		C.5	Ballhaus – Broken mirror house	HoG Architektur	Graz, Austria	2013	archetypowa
		C.6	Morskie Muzeum Narodowe Danii	BIG	Helsingør, Dania	2013	terenowa
	OBOK MIEJSKICH TERENÓW ZIEŁONYCH (KATEGORIA D)	D.1	Williams Park Fieldhouse	STLarchitects	Chicago, Stany Zjednoczone	2019	prosta
		D.2	Ogrody Botaniczne Cairns	Charles Wright Architects	Far North Queensland, Australia	2011	dynamiczna
		D.3	Mirror House / Dom lustrzany	MLRP	Kopenhaga, Dania	2011	archetypowa
		D.4	Castle Downs Park Pavilion	GH3	Edmonton, Kanada	2015	dynamiczna
		D.5	Muzeum Trzęsienia Ziemi	Cai Yongjie	Syczuan, Chiny	2015	terenowa
		D.6	Muzeum Holocaustu	Belzberg Architects	Los Angeles, Stany Zjednoczone	2010	terenowa

Źródło: opracowanie własne.

struktury architektonicznej w krajobrazie naturalnym wskazane jest dążenie do interakcji pomiędzy architekturą a naturą z wykorzystaniem rozwiązań zrównoważonych (Maltseva, Kaganovich, Lorentz, 2018). Przy lokalizowaniu obiektów wysokogórskich istotna jest dostępność wody i źródeł energii odnawialnej, a także możliwości przetwarzania odpadów, wykorzystywania wody deszczowej i dostępność naturalnych materiałów, jak kamień czy drewno (Kronowski, 2003).

Krajobraz miejski współcześnie ulega istotnym transformacjom. Wpływa na to wzrost liczby mieszkańców miast oraz intensywny przyrost zabudowy, w tym zabudowy wysokościowej (Czyńska, Rubi-

nowicz, Marzęcki, 2024). Powoduje to zanikanie powierzchni biologicznie czynnych, co ma negatywny wpływ na jakość powietrza i zdrowie mieszkańców (Katowicz-Kowalewski, 2012). Pojawiają się strategie związane z próbą dematerializacji obiektów poprzez rozwiązania medialne, które zmieniają nocny obraz miasta, to jednak nie wpływa na realną intensywność zabudowy (Życzkowska, 2019).

Alternatywą dla strategii promującej rozwój intensywnej zabudowy jest projektowanie obiektów w harmonii z zielenią, oferujących użytkownikowi przyjazną przestrzeń do życia. Takie działania mają na celu symbiozę architektury i flory poprzez udział zielonych dachów, pionowych ogrodów czy też natu-

ralnych materiałów, jak kamień, drewno oraz glina (Wróbel, 2017). W celu integracji architektury z krajobrazem oraz ograniczenia negatywnego wpływu obiektów na środowisko, stosuje się projektowanie biofiliczne i budynki zeroenergetyczne (Net-Zero Energy Buildings — NZEBs), a także wdraża zasady gospodarki cyrkularnej i upowszechnia zielone dachy (Nasrullah, Syafrı, 2024). Projektowanie zielonych elewacji to z kolei skuteczne narzędzie zrównoważonego planowania w gęsto zabudowanych obszarach miejskich, które redukuje zanieczyszczenie powietrza i hałas oraz poprawia mikroklimat, estetykę i jakość życia mieszkańców (Hamling, Van Dam, Dubbeldee, 2024). Zielona infrastruktura miejska łączy estetykę z podejściem prośrodowiskowym przeciwdziałając skutkom zmian klimatu, przegrzewaniu miast i utracie bioróżnorodności. Stosowanie rozwiązań proekologicznych jest istotne nie tylko w skali pojedynczego obiektu, lecz także w obszarze planowania przestrzennego — w celu osiągnięcia środowiskowej równowagi przestrzeni miejskich (Grochulska-Salak, Zielonko-Jung, Zinowicz-Cieplik, 2018). Dla maksymalizacji efektywności miejskich przestrzeni zielonych istotne jest więc podejście holistyczne, łączące korzyści estetyczne i ekologiczne (Vasiliev et al., 2023). W tym samym kierunku powinien podążać rozwój architektury niewidocznej (Il. 2).

1.5. Architektura niewidoczna a zagrożenia dla ptaków — przegląd literaturowy

Kolejnym istotnym aspektem z zakresu wizualnie niewidocznej architektury są odbijające i transparentne rozwiązania materiałowe, służące uzyskaniu efektu zaniku widoczności obiektu (Elmoghazy, Afify, 2023) (Il. 2). W krajobrazie naturalnym umożliwiają integrację z zielenią, a w krajobrazie miejskim pozwalają na zacieranie granic obiektu na tle nieba lub pozwalają na uszanowanie kontekstu miejsca. Fasady szklane stanowią jednak śmiertelne zagrożenia dla ptaków (Sheppard, 2019; Szurlej-Kiełańska, Pilacka, Górecki, 2020). Wynika to z efektu lustra, przezroczystości oraz efektu latarni morskiej, które powodują dezorientację ptaków wskutek odbić i sztucznego oświetlenia, a w konsekwencji prowadzą do kolizji z powierzchniami szklanymi (Tomalka-Sadownik, Zyśk-Gorczyńska, 2017). Minimalizacja ryzyka dla ptaków wystąpić może w wyniku zmniejszenia ilości szkła oraz wielkości otworów okiennych, rezygnacji z wysoko refleksyjnego szkła i zastosowanie szkła kolorowego lub szyb mlecznych (Szurlej-Kiełańska, Pilacka, Górecki, 2020). Powyżej wskazane metody są jednak sprzeczne z założeniami architektury niewidocznej.

W tym wypadku bardziej zasadną metodą jest stosowanie szkła z sitodrukiem, co wymaga badań w zakresie skutecznych wzorów, gdyż stwierdzono, iż zwiększenie pokrycia powierzchni szkła nie koreluje ze skutecznością odstraszania ptaków w celu zmiany kierunku lotu (Sheppard, 2019). Najczęściej stosowane są markery graficzne w odcieniach bieli, pomarańczowego lub czerni w postaci linii poziomych, pionowych lub kropek (Knioła, Pakuła, 2012) lub pokrycie tafli szklanych niewidoczną dla ludzkiego oka, lecz widoczną dla ptaków, powłoką ultrafioletową (Etherington, 2011).

Polskie oraz unijne przepisy bezpośrednio nie wskazują konieczności ochrony ptaków przed kolizjami ze szklanymi czy przezroczystymi obiektami, jednakże wiedza na temat śmiertelności ptaków w tym kontekście powinna być już przesłanką do stosowania odpowiednich rozwiązań, minimalizujących prawdopodobieństwo podobnych zagrożeń (Szurlej-Kiełańska, Pilacka, Górecki, 2020).

2. WYNIKI STUDIUM ARCHITEKTURY NIEWIDOCZNEJ

Wyjściowym elementem studium była analiza architektury niewidocznej pod względem funkcji obiektów. W krajobrazie naturalnym dominującą grupę przebadanych obiektów stanowią budynki o funkcji kulturalnej (58%), następnie o funkcji rekreacyjnej (33%) oraz mieszkaniowej (33%) (Tab. 2). W krajobrazie miejskim 50% obiektów reprezentuje funkcję rekreacyjną, a 42% stanowią obiekty o funkcji kulturalnej. Istotne grupy stanowią też obiekty dedykowane przestrzeniom biurowym i usługowym (obie po 33%) (Tab. 2). W obu obszarach występują obiekty o charakterze wielofunkcyjnym, gdzie podstawowej funkcji towarzyszą funkcje dodatkowe, jak gastronomia czy usługi. W krajobrazie naturalnym jest to 33% obiektów, w miejskim — 42% (Tab. 2). Analizując obie kategorie łącznie, najczęściej występującą funkcją jest funkcja kulturalna (50%) i rekreacyjna (42%), a wielofunkcyjność charakteryzuje grupę 38% obiektów (Tab. 2).

Elementem poddanym analizie była również powierzchnia obiektów. W krajobrazie naturalnym można zaobserwować, że połowę przypadków stanowią obiekty o niewielkiej powierzchni — w przedziale 15–100 m² (25%) oraz 100–500 m² (25%) (Tab. 2). W krajobrazie miejskim przeważają obiekty o powierzchni powyżej 500 m², a ich rozmiary są bardzo zróżnicowane. Zebrane wyniki wskazują, że technikę kamuflażu stosuje się w obu sceneriach, niezależnie od wielkości kubatury obiektów (Tab. 2).

Tab. 2. Architektura niewidoczna — funkcja i gabaryty obiektu.

Symbol obiektu	FUNKCJA						POWIERZCHNIA (m ²)						WYSOKOŚĆ (m)					
	Mieszaniowa	Kulturalna	Rekreacyjna	Biurowa	Usługowa	Wielofunkcyjna	15–100	>100–500	>500–1000	>1000–5000	>5000–10000	10000 i więcej	brak danych	do 12	>12–25	>25–54	55 i więcej	
A.1	x		x			x		x							x			
A.2	x													x				
A.3			x				x							x				
A.4		x		x		x					x					x		
A.5	x							x						x				
A.6		x	x		x	x			x					x				
B.1		x								x					x			
B.2		x					x							x				
B.3	x						x							x				
B.4		x						x						x				
B.5		x									x			x				
B.6		x	x			x						x		x				
Liczba obiektów w kategoriach A – B	4	7	4	1	1	4	3	3	1	1	2	1	0	9	2	1	0	
% obiektów w kategoriach A – B	33	58	33	8	8	33	25	25	8	8	17	8	0	75	17	8	0	
C.1			x				x							x				
C.2					x		x							x				
C.3			x	x	x	x							x				x	
C.4				x								x					x	
C.5	x							x							x			
C.6		x		x		x					x			x				
D.1			x			x				x					x			
D.2		x	x	x	x	x					x			x				

Symbol obiektu	FUNKCJA						POWIERZCHNIA (m ²)						WYSOKOŚĆ (m)					
	Mieszaniowa	Kulturalna	Rekreacyjna	Biurowa	Usługowa	Wielofunkcyjna	15–100	>100–500	>500–1000	>1000–5000	>5000–10000	10000 i więcej	brak danych	do 12	>12–25	>25–54	55 i więcej	
D.3			x					x						x				
D.4		x	x			x			x					x				
D.5		x			x						x			x				
D.6		x										x		x				
Liczba obiektów w kategoriach C – D	1	5	6	4	4	5	2	2	1	2	2	2	1	8	2	0	2	
% obiektów w kategoriach C – D	8	42	50	33	33	42	17	17	8	17	17	17	8	67	17	0	17	
Liczba obiektów w kategoriach A – D	5	12	10	5	5	9	5	5	2	3	4	3	1	17	4	1	2	
% obiektów w kategoriach A – D	21	50	42	21	21	38	21	21	8	13	17	13	4	71	17	4	8	

Źródło: opracowanie własne.

Istotnym elementem analizy była także wysokość architektury niewidocznej. W obu kategoriach obiektów dominują obiekty niskie (do 12 m) — 75% przypadków w krajobrazie naturalnym, 67% obiektów w krajobrazie miejskim, łącznie 71% obiektów (Tab. 2). Na drugim miejscu plasują się obiekty średniowysokie (>12–25 m) — po 17% przypadków w obu kategoriach. Dodatkowo 17% analizowanych obiektów w krajobrazie miejskim stanowią obiekty wysokościowe (>55 m), a w krajobrazie naturalnym 8% stanowią budynki wysokie (>25–54m) (Tab. 2). Jest to jednak niewielka grupa obiektów.

Jednym z analizowanych czynników była też forma obiektu. Zarówno w krajobrazie naturalnym, jak i miejskim zauważyć można przeważającą liczbę obiektów o formie zwartej (71% przypadków) (Tab. 3). Warto podkreślić, iż jest to parametr pozytywnie wpływający na energooszczędność budynków.

Kolejną cechą poddaną analizie był rodzaj materiału wykończeniowego. Efekt wizualnej niewidoczności często uzyskiwany jest poprzez refleksyjne panele — najczęściej stalowe (46% obiektów

w obu kategoriach), rzadziej poprzez szkło lustrzane (17% obiektów). Wybór materiału odbijającego służy także wyeksponowaniu otoczenia — przyrody lub historycznej architektury w sąsiedztwie. Widocznymi elementami bryły są często jednak wejścia do budynków, dla których używa się odmiennych materiałów, takich jak metal, drewno, a także beton czy szkło naturalne. W krajobrazie naturalnym beton oraz drewno są za to często wykorzystywane ze względu na właściwości kolorystyczne — upodabniające do piasku oraz skał (po 25% przypadków). Istotne są też rozwiązania z zakresu infrastruktury zielonej (33% wszystkich obiektów), w tym 42% obiektów w krajobrazie naturalnym i 25% w krajobrazie miejskim, służące integracji z naturalnym otoczeniem. Szkło naturalne wykorzystane jest w 75% analizowanych obiektów, ale najczęściej są to pojedyncze otwory lub fragmenty elewacji.

Warto podkreślić interesujące rozwiązania fasadowe zapewniające powierzchnie lustrzane. W przypadku Centrum PALÄON (B.1, Tab. 3) zastosowano elewację z lustrzanych, aluminiowych płyt kompo-

zytowych, które odbijają otoczenie, nadając obiektowi zmienny wizerunek w zależności od pory dnia. W Castle Downs Park Pavilion (D.4, Tab. 3), zastosowano pofalowane tafle lustrzane. W przypadku Williams Park Fieldhouse (D.1 Tab. 3) budynek został pokryty płaskimi panelami stalowymi w odcieniach złota i brązu (typu *flat-lock*), które odbijając okoliczne drzewa, zmieniają barwę w zależności od pory roku. W przypadku obiektu Ogrodu Botanicznego Cairns (D.2, Tab. 3) elewacja składa się z serii płaskich polerowanych metalowych paneli, które ułożone są pod różnymi kątami, tworząc niejednorodne odbicia otaczającego ogrodu. W przypadku Tower Infinity (C.3, Tab. 3) wykorzystano rozwiązania medialne do wyświetlania zmiennych widoków otaczającego krajobrazu obiektu, zarejestrowanych w kamerach.

W kwestii łączności z krajobrazem istotny jest też udział rozwiązań z zakresu infrastruktury zielonej. Najczęstszym zabiegiem są zielone dachy w formach terenowych (Tab. 1), jak na przykład w przypadku Muzeum Trzęsienia Ziemi (D.5, Tab. 3), ale w przypadku Białej Altany (B.4, Tab. 3) wykorzystano siedemnaście prawdziwych drzew — dębów oraz cedrów — podtrzymujących dach struktury wraz z pomocą elementów stalowej konstrukcji, co umożliwiło na ukrycie formy w krajobrazie. W Juniper House (B.3, Tab. 3) na elewacjach nadrukowano zaś jałowce metodą sitodruku.

Ważnym elementem analiz było także rozpoznanie obszaru idei towarzyszącej architekturze niewidocznej (Tab. 3). Zarówno w kontekście krajobrazu naturalnego, jak i miejskiego, kluczowy był aspekt estetyczno-krajobrazowy (kolejno 100% i 67% obiektów, łącznie 83% obiektów). Istotną rolę odgrywał także wymiar symboliczny w kreowaniu idei obiektu, na przykład dotyczący kwestii społecznych lub potrzeby upamiętnienia wydarzeń: 33% obiektów w krajobrazie naturalnym, 42% — w krajobrazie miejskim, łącznie 38% obiektów. Wśród scenerii miejskiej architektura niewidoczna wykorzystywana była także do podkreślenia funkcji rekreacyjnej otoczenia (33% obiektów).

Przykładem interesującej idei o wymiarze symbolicznym z zakresu architektury niewidocznej jest pawilon Mark's House (C.1, Tab. 3). Jego „lewitująca” lustrzana forma podkreśla problematykę związaną z wyburzaniem tysięcy domów, tworząc przy tym nową przestrzeń integracyjną. Centrum Badań i Doświadczeń PALAON (B.1, Tab. 3) poprzez częściowe zagłębienie w gruncie stanowi metaforę formy broni odkrytej w obszarze archeologicznym. W Muzeum Trzęsien Ziemi (D.5, Tab. 3) głównym celem architektury kamuflażu było upamiętnienie ofiar poprzez formę przypominającą pęknięcia ziemi powstałe w wyniku drgań sejsmicznych.

Tab. 3. Architektura niewidoczna — charakterystyka formy, rozwiązań materiałowych i idei projektu.

SYMBOL OBIEKTU / KATEGORIA	FORMA					MATERIAŁ ZEWNĘTRZNY					OBSZAR IDEI					
	FORMA ZWARTA	FORMA ZŁOŻONA Z CZĘŚCI	SZKŁO (*fasada szklana)	SZKŁO LUSTRZANE (*fasada szklana)	LUSTRZANY METAL / *MYLAR	BETON	METAL	DREWNO	KAMIEŃ	ROZWIĄZANIA MEDIALNE	ZIELEŃ	ESTETYKA, KRAJOBRAZ	ASPEKT ŚRODOWISKOWY	WYMIAR SYMBOLICZNY	ROLA MARKETINGOWA	REKREACJA
A.1	x		x		x							x		x		
A.2	x			x								x				
A.3	x		x		x							x				
A.4	x		x		x							x				
A.5	x		x					x		x	x	x				
A.6		x	x			x	x	x		x	x					x

SYMBOL OBIEKTU / KATEGORIA	FORMA					MATERIAŁ ZEWNĘTRZNY					OBSZAR IDEI					
	FORMA ZWARTA	FORMA ZŁOŻONA Z CZĘŚCI	SZKŁO (*fasada szklana)	SZKŁO LUSTRZANE (*fasada szklana)	LUSTRZANY METAL / *MYLAR	BETON	METAL	DREWNO	KAMIEŃ	ROZWIĄZANIA MEDIALNE	ZIELEŃ	ESTETYKA, KRAJOBRAZ	ASPEKT ŚRODOWISKOWY	WYMIAR SYMBOLICZNY	ROLA MARKETINGOWA	REKREACJA
B.1	x		x		x						x		x			
B.2		x	x		x						x					
B.3	x		x*					x			x					
B.4	x						x	x			x	x		x		
B.5		x	x			x	x				x	x		x		
B.6	x		x			x					x	x				x
Liczba obiektów w kategoriach A – B	9	3	10	1	5	3	3	3	1	0	5	12	1	4	0	2
% obiektów w kategoriach A – B	75	25	83	8	42	25	25	25	8	0	42	100	8	33	0	17
C.1		x			x*									x		x
C.2	x		x*												x	
C.3	x		x*							x		x		x		
C.4	x			x*								x				
C.5	x			x	x									x		
C.6	x		x			x					x	x			x	
D.1	x		x		x							x				x
D.2		x	x		x							x				
D.3	x			x	x			x				x	x			x
D.4		x	x		x							x				x
D.5		x	x				x				x			x		
D.6	x		x			x					x	x		x		
Liczba obiektów w kategoriach C – D	8	4	8	3	6	2	1	1	0	1	3	8	1	5	2	4
% obiektów w kategoriach C – D	67	33	66	25	50	17	8	1	0	8	25	67	8	42	17	33
Liczba obiektów w kategoriach A – D	17	7	18	4	11	5	4	4	1	1	8	20	2	9	2	6
% obiektów w kategoriach A – D	71	29	75	17	46	21	17	17	4	4	33	83	8	38	8	25

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym analizowanym obszarem niewidocznych obiektów jest sposób powiązania bryły z gruntem w oparciu o 6 typów wskazanych w rozdziale 1.2, dotyczącym metody badań. W obydwu kategoriach najczęściej występuje typ 2 (50% obiektów w krajobrazie naturalnym, 67% obiektów w krajobrazie miejskim, a łącznie 58% obiektów), czyli obiekty o bryle osadzonej na terenie. Drugim z kolei w zakresie częstości występowania jest typ 5, reprezentujący obiekty, których bryły są częściowo zintegrowane z terenem, przez co nie widać całej formy obiektu, na przykład poprzez dach zielony wtapiający się jedną elewacją w skarpe lub zbocze górskie (17% obiektów w krajobrazie naturalnym, 17% obiektów w krajobrazie miejskim, czyli łącznie 17% obiektów). Przykładem takiego obiektu jest Urząd Miejski miasta Eystur (A.6, Tab. 3). W studium przeanalizowano również stopień wizualnej niewidoczności obiektów. Obiekty niewidoczne w całości stanowiły 58% przykładów, a obiekty częściowo niewidoczne, które posiadały często podkreślone wejścia do obiektów za pomocą odmiennego materiału lub za pomocą przecięć w bryle służących dojściu pieszemu, stanowiły 42% przykładów.

Ostatnim elementem poddanym analizie był zakres rozwiązań zrównoważonych, rozumianych

jako ekologiczna niewidoczność obiektu (Tab. 4.). W krajobrazie naturalnym najczęściej wykorzystywanym rozwiązaniem środowiskowym był dach zielony jako nowe siedlisko roślin oraz zwierząt (33% obiektów). Istotne były również: optymalna lokalizacja obiektu umożliwiająca wykorzystanie walorów działki, orientacja bryły, dbałość o naturalne doświetlenie pomieszczeń oraz minimalizowanie oporu wiatru (dotyczy 25% obiektów), a także ochrona ptaków poprzez oznaczenie tafli szklanych (również 25% obiektów).

W krajobrazie miejskim najczęstszymi rozwiązaniami proekologicznymi były: dbałość o energooszczędność obiektu (42% obiektów), wykorzystanie zielonego dachu, optymalna lokalizacja obiektu oraz zainteresowanie gospodarką wodną, w tym gromadzenie wody deszczowej i powtórne użycie jej w obsłudze obiektu (po 25% obiektów). Z analizy wykorzystania proekologicznych rozwiązań w obu kategoriach obiektów wynika, że najczęściej stosowane rozwiązania to dbałość o energooszczędność budynku (29% obiektów), zielony dach (29%) oraz optymalna lokalizacja obiektów (25%), powtórne zagospodarowanie wody deszczowej (17%) oraz działania w ochronie ptaków (17%) (Tab. 4).

Tab. 4. Stopień wizualnej niewidoczności obiektów i zakres rozwiązań zrównoważonych.

SYMBOL OBIEKTU	STOPIEŃ INTEGRACJI Z TERENEM						STOPIEŃ NIEWIDOCZ- NOSCI		ROZWIĄZANIA ZRÓWNOWAŻONE						
	TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 4	TYP 5	TYP 6	CAŁKOWICIE NIEWIDOCZNY	CZĘŚCIOWO NIEWIDOCZNY	OPTYMALNA LOKALIZACJA	Z ZAKRESU ENERGII	GOSPODARKA WODNA	ZIELONY DACH	OCHRONA PTAKÓW	WARTOŚĆ EDUKACYJNA	BRAK DANYCH
A.1		x					x			x	x				
A.2	x						x						x		
A.3		x					x						x		
A.4		x					x								x
A.5				x				x	x			x			
A.6					x			x				x			

SYMBOL OBIEKTU	STOPIEŃ INTEGRACJI Z TERENEM						STOPIEŃ NIEWIDOCZ- NOSCI		ROZWIĄZANIA ZRÓWNOWAŻONE						
	TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 4	TYP 5	TYP 6	CAŁKOWICIE NIEWIDOCZNY	CZĘŚCIOWO NIEWIDOCZNY	OPTYMALNA LOKALIZACJA	Z ZKARESUSU ENERGII	GOSPODARKA WODNA	ZIELONY DACH	OCHRONA PTAKÓW	WARTOŚĆ EDUKACYJNA	BRAK DANYCH
B.1			x					x					x	x	
B.2		x					x								x
B.3		x					x								x
B.4		x					x								x
B.5						x		x	x			x			
B.6					x		x		x	x		x			
Liczba obiektów w kategoriach A – B	1	6	1	1	2	1	8	4	3	2	1	4	3	1	4
% obiektów w kategoriach A – B	8	50	8	8	17	8	67	33	25	17	8	33	25	8	33
C.1		x					x				x		x		
C.2			x					x	x						
C.3		x					x								x
C.4		x					x								x
C.5		x					x								x
C.6				x			x					x			
D.1		x					x		x	x					
D.2		x						x		x	x				
D.3		x						x		x					

SYMBOL OBIEKTU	STOPIEŃ INTEGRACJI Z TERENEM						STOPIEŃ NIEWIDOCZ- NOSCI		ROZWIĄZANIA ZRÓWNOWAŻONE						
	TYP 1	TYP 2	TYP 3	TYP 4	TYP 5	TYP 6	CAŁKOWICIE NIEWIDOCZNY	CZĘŚCIOWO NIEWIDOCZNY	OPTYMALNA LOKALIZACJA	Z ZKARESUSU ENERGII	GOSPODARKA WODNA	ZIELONY DACH	OCHRONA PTAKÓW	WARTOŚĆ EDUKACYJNA	BRAK DANYCH
D.4		x						x		x	x				
D.5					x			x				x			
D.6					x			x	x	x		x			
Liczba obiektów w kategoriach C – D	0	8	1	1	2	0	6	6	3	5	3	3	1	0	3
% obiektów w kategoriach C – D	0	67	8	8	17	0	50	50	25	42	25	25	8	0	25
Liczba obiektów w kategoriach A – D	1	14	2	2	4	1	14	10	6	7	4	7	4	1	7
% obiektów w kategoriach A – D	4	58	8	8	17	4	58	42	25	29	17	29	17	4	29

Źródło: opracowanie własne.

W kontekście rozwiązań proekologicznych warto wskazać obiekt w Cairns Botanic Gardens (D.2, Tab. 4, Il. 6) zapewniający zbiorniki retencyjne i ponowne wykorzystanie wody deszczowej, zrównoważone materiały, mieszane systemy klimatyzacji oraz naturalne przewietrzanie korytarzy, rozmieszczenie okien na podstawie analizy nasłonecznienia oraz energooszczędnego oświetlenia. W przypadku Williams Park Fieldhouse (D.1 Tab. 4) kluczowa jest rola laminowanych belek drewnianych do konstrukcji dachu. Zastosowanie tego materiału obniżyło również ślad węglowy obiektu, a zwarta forma sprzyja energooszczędności. Moesgaard Museum (B.6, Tab. 4) uwzględnia optymalną orientację i geometrię budynku, maksymalizując efektywność energetyczną, co potwierdza status Energy Class 1. Zielony dach zmniejsza zapotrzebowanie na chłodzenie i odpowiada za

retencję wody deszczowej, a strategiczne wykorzystanie światła dziennego minimalizuje potrzebę sztucznego oświetlenia.

W zakresie rozwiązań służących ochronie przed kolizjami z ptakami, na przykład w obiekcie Mirrorcube (A.2, Tab. 3, Il. 3) lustrzane szkła elewacyjne pokryto niewidoczną dla ludzkiego oka powłoką ultrafioletową. W przypadku Mirage Gstaad (A.3, Tab. 3) zastosowano aluminiowe, lustrzane płyty kompozytowe z pionowymi czarnymi liniami w odstępach umożliwiającym ptakom zauważenie oraz ominięcie przeszkody.

Łącznie 71% obiektów wykazywało pojedyncze elementy proekologiczne, jednak nie obejmowały one pełnego spektrum rozwiązań zrównoważonych, co wskazuje, iż dążenie do wizualnej niewidoczności nie zawsze pokrywa się z podejściem prośrodowiskowym (Tab. 4).

3. PODSUMOWANIE I DYSKUSJA

Architektura niewidoczna stanowi istotny trend umożliwiający integrację z otaczającym krajobrazem. Przeprowadzone badania pozwalają zauważyć, iż dominującą grupą obiektów z zakresu architektury niewidocznej są obiekty o formie zwartej, niskie, dedykowane funkcji kulturalnej bądź rekreacyjnej. W ramach sposobu powiązania bryły z terenem dominuje typ 2 — o formie osadzonej na terenie, co wiąże się głównie z płaskim ukształtowaniem terenu projektowego. Możliwość zastosowania typów 5 i 6 najczęściej wynika z różnic wysokościowych działek, takich jak skarpy czy zbocza, które stwarzają ciekawe możliwości kompozycyjne.

W celu zintegrowania bryły z krajobrazem wykorzystuje się także materiały upodabniające obiekt do otoczenia, takie jak: powierzchnie lustrzane, refleksyjne panele stalowe, beton wtapiający się w koloryt skał, elementy zielonej infrastruktury czy rozwiązania medialne. Istotna jest jednak zawsze ocena rozwiązań pod kątem środowiskowym. W przypadku fasad szklanych i odbijających istotne jest oznaczenie elewacji powłoką UV lub sitodrukiem w celu ochrony ptaków przed kolizjami z płaszczyzną fasady.

Obiekty wizualnie niewidocznej architektury często wykorzystują rozwiązania z zakresu pozyskiwania i oszczędzania energii, gospodarki wodnej czy elementy zielonej infrastruktury. Włączanie rozwiązań środowiskowych powinno być nadrzędnym celem architektury niewidocznej, by nie ograniczać się do poziomu wizualnej niewidoczności w krajobrazie, ale podążać w kierunku ekologicznej niewidoczności wobec środowiska. Otwiera to pole do dalszych badań nad architekturą niewidoczną, nie tylko z zakresu rozwiązań materiałowych, ale także z zakresu autonomicznych rozwiązań, służących samowystarczalności obiektów. Badania można by także rozszerzyć o analizy obiektów w krajobrazie wodnym, w tym obiekty pływające.

Kontynuując rozważania o zielonej architekturze (Wines, 2000) warto zauważyć, że choć nowoczesne materiały i technologie wspierają osiągnięcie niewidoczności obiektów, zgodnie z zaproponowanym wachlarzem cech, nie zawsze zagwarantują jednak satysfakcjonujący efekt estetyczny lub środowiskowy. Architektura wymyka się bowiem sztywnym schematom — wymaga wyczucia, wrażliwości i odpowiedzialności.

REFERENCES

Block, I. (2020), *Watch Doug Aitken's mirrored Mirage Gstaad pavilion change with the seasons*. Available at: <https://www.dezeen.com/2020/09/25/doug-aitken-mira->

[ge-art-installation-mirrored-building-video/](https://www.dezeen.com/2020/09/25/doug-aitken-mira-ge-art-installation-mirrored-building-video/) (accessed: 03.12.2024).

Czyńska, K., Rubinowicz, P., Marzęcki, W. (2024), 'Impact of a Planned Tall Building on the Historical Cityscape: A Study Based on the Application of Digital Techniques — the Example of Toruń', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, LIII/1, pp. 327–346. Available at: <https://doi.org/10.24425/tkuia.2024.152197> (accessed: 23.10.2025).

Dojlitko, M. (2017), *Teoria dekonstrukcji komunikatu wizualnego*, Gdańsk: Akademia Sztuk Pięknych.

Elmoghazy, Z., Afify, H. (2023), 'Reflective facades: revisiting a neglected trait of modernism in contemporary architecture with new implications and significance', *Buildings*, 13(11), 2740. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings13112740> (accessed: 23.10.2025).

Etherington, R. (2011), *Mirrorcube by Tham & Videgård Arkitekt*. Available at: <https://www.dezeen.com/2011/01/12/tree-hotel-by-tham-videgard-arkitekter> (accessed: 05.01.2025).

Grochulska-Salak, M., Zielonko-Jung, K., Zinowicz-Cieplik, K. (2018), 'Kształtowanie zabudowy i systemów zieleni na terenach miejskich', *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 504, pp. 54–63.

Hamling, A., Van Dam, C., Dubbeldee, V. (2024), 'Vertical Green Landscape Facades as a Reducer of Pollution in High Density Cities: A Review', *Urban Planning and Construction*, 2(1), pp. 20–27. Available at: <https://doi.org/10.55121/upc.v2i1.128> (accessed: 23.10.2025).

Katowicz-Kowalewski, H. (2012), 'Technika architektonicznego kamuflażu w pracach projektantów miejskich krajobrazów trzeciego tysiąclecia', *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Budownictwo*, 18, pp. 50–61.

Kniola, T., Pakuła, M. (2012), 'Sposoby minimalizacji kolizji ptaków z powierzchniami przezroczystymi – wyniki badań naukowych a polska praktyka', *Przegląd Przyrodniczy*, 23, pp. 121–135.

Kronowski, D. (2003), *Kształtowanie formy architektonicznej w krajobrazie górskim: zagadnienia wybrane*, doctoral dissertation, Politechnika Krakowska. Available at: <https://repozytorium.biblos.pk.edu.pl/resources/26268> (accessed: 23.10.2025).

Liberalesso, T. et al. (2020), 'Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives', *Land use policy*, 96, 104693. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104693> (accessed: 23.10.2025).

Maltseva, I.N., Kaganovich, N.N., Lorentz, T.A. (2018), 'The integrating of architecture and nature into environmental structures in mountainous terrain', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 365(2), pp. 022048. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/2/022048> (accessed: 23.10.2025).

Nasrullah, N., Syafri, S. (2024), 'Innovative Sustainable Design Approaches in Urban Architecture: Balancing Aesthetics and Environmental Impact', *Global International Journal of Innovative Research*, 2(9), pp. 2007–2024. Available at: <https://doi.org/10.59613/global.v2i9.290> (accessed: 23.10.2025).

Nyka, L. (2012), 'Przestrzeń miejska jako krajobraz', *Czasopismo techniczne. Architektura*, 109(1), 1-A2, pp. 50–58.

- Sheppard, C.D. (2019), 'Evaluating the relative effectiveness of patterns on glass as deterrents of bird collisions with glass', *Global Ecology and Conservation*, 20(3):e00795. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00795> (accessed: 23.10.2025).
- Stelmach, B., Salata, O.O. (2024), 'The Ethical Dimension of the Landscape in an Innovative World', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, LII/1, pp. 193–201. Available at: <https://doi.org/10.24425/tkuia.2024.152191> (accessed: 23.10.2025).
- Szurlej-Kielańska, A., Piłacka, L., Górecki, D. (2020), *Ochrona ptaków przed kolizjami ze szklanymi budynkami. Praktyczne i skuteczne rozwiązania*, Wrocław: PTacom.
- Tomalka-Sadownik, A., Zysk-Gorczyńska, E. (2017), 'Szkłane szyby przystanków – śmiertelne zagrożenie dla ptaków', *Głos przyrody*, 3, pp. 24–26.
- Wines, J. (2000), *Green Architecture: The Art of Architecture in the Age of Ecology*, Köln: Taschen.
- Wróbel, P. (2017), 'Eksperyment w architekturze. Wolny wybór czy konieczność i obowiązek?', *Państwo i Społeczeństwo*, 5 (1) pp. 95–114.
- Vasiliev, D. et al. (2023), 'The role of landscape design and urban nature-based solutions in addressing global challenges', *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 23(6.2), pp. 721–728. Available at: <https://doi.org/10.5593/sgem2023V/6.2/s27.88> (accessed: 23.10.2025).
- Życzkowska, K. (2019), 'Uniqueness or Uniformity – Studies of Media Architecture', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(7), pp. 072040. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/7/072040> (accessed: 23.10.2025).
- A.1 Monte Rosa Hut / Bearth & Deplazes. Available at: <https://www.archdaily.com/802453/monte-rosa-hut-bearth-and-deplazes-architekten> (accessed: 14.01.2025).
- A.2 Tree Hotel / Tham & Videgård. Available at: <https://www.archdaily.com/103393/TREE-HOTEL-THAM-VIDEGARD-ARKITEKTER> (accessed: 14.01.2025).
- A.2 Etherington, R. (2011), *Mirrorcube by Tham & Videgård Arkitekter*. Available at: <https://www.dezeen.com/2011/01/12/tree-hotel-by-tham-videgard-arkitekter> (accessed: 14.01.2025).
- A.3 Block, I. (2020), *Watch Doug Aitken's mirrored Mirage Gstaad pavilion change with the seasons*. Available at: <https://www.dezeen.com/2020/09/25/doug-aitken-mirage-art-installation-mirrored-building-video/> (accessed: 3.12.2024).
- A.4 Maraya. Available at: <https://www.archdaily.com/913006/maraya-gio-forma-studio-associato-srl> (accessed: 12.11.2024).
- A.5 Ncaved House. Available at: <https://www.archdaily.com/955138/ncaved-house-mold-architects> (accessed: 12.11.2024).
- A.6 Town Hall Eysturkommuna. Available at: <https://www.archdaily.com/899699/town-hall-eysturkommuna-henning-larsen> (accessed: 12.11.2024).
- B.1 PALÄON Research and Experience Center Schöningen Spears. Available at: <https://www.milimet.com/palaon-research-and-experience-center-schoningen-spears-design-by-holzer-kobler-architekturen-in-collaboration-with-pbr-ag-generalplaner-braunschweig/> (accessed: 5.10.2024).
- B.2 Jung Gil-Young Gallery. Available at: <https://www.archdaily.com/770648/art-2-jung-gil-young-gallery-yoon-space-design> (accessed: 4.11.2024).
- B.3 Juniper House. Available at: <https://www.archdaily.com/624169/juniper-house-murman-arkitekter> (accessed: 5.11.2024).
- B.4 White Arbor and Open Air Theater. Available at: <https://www.archdaily.com/935774/white-arbor-and-open-air-theater-apl-design-workshop> (accessed: 5.11.2024).
- B.5 TIRPITZ. Available at: <https://www.archdaily.com/875965/tirpitz-big> (accessed: 6.10.2024).
- B.6 Moesgaard Museum. Available at: https://stateofgreen.com/en/solutions/moesgaard-museum/?utm_source=chatgpt.com (accessed: 4.10.2024).
- C.1 *two islands' award winning mark's house complete in Michigan*. Available at: <https://www.designboom.com/architecture/two-islands-award-winning-marks-house-complete-in-michigan/> (accessed: 5.11.2024).
- C.2 *Foster + Partners restores "iconic" glass Apple Fifth Avenue*. Available at: <https://www.dezeen.com/2019/09/26/apple-fifth-avenue-foster-partners-new-york/> (accessed: 3.10.2024).
- C.3 Baldwin, E. (2013), *Invisible Skyscraper Unveiled for Seoul*. Available at: <https://www.archdaily.com/431042/invisible-skyscraper-unveiled-for-seoul> (accessed: 14.09.2024).
- C.4 McManus, D. (2013), *Tower Infinity, Seoul*. Available at: <https://www.e-architect.com/korea/tower-infinity> (accessed: 10.09.2024).
- C.5 Ballhaus. Available at: <https://www.archdaily.com/773638/ballhaus-hope-of-glory> (accessed: 16.10.2024).
- C.6 Danish National Maritime Museum. Available at: <https://www.archdaily.com/440541/danish-national-maritime-museum-big> (accessed: 13.11.2024).
- D.1 Williams Park Fieldhouse. Available at: <https://www.archdaily.com/929602/williams-park-fieldhouse-stlarchitects> (accessed: 09.11.2024).
- D.2 Frearson, A. (2013), *Cairns Botanic Gardens Visitors Centre by Charles Wright Architects*. Available at: <https://www.dezeen.com/2013/03/11/cairns-botanic-gardens-visitors-centre-by-charles-wright/> (accessed: 5.03.2025).
- D.3 Mirror House. Available at: <https://www.archdaily.com/200735/mirror-house-mlrp> (accessed: 12.10.2024).
- D.4 Castle Downs Park Pavilion. Available at: <https://www.gh3.ca/work/castle-downs-park-pavilion> (accessed: 5.10.2024).
- D.5 Earthquake Memorial in Sichuan. Available at: <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/reviews/earthquake-memorial-in-sichuan-1> (accessed: 7.11.2024).
- D.6 Los Angeles Museum of the Holocaust. Available at: <https://www.archdaily.com/467894/los-angeles-museum-of-the-holocaust-belzberg-architects> (accessed: 8.11.2024).