

Received: February 27, 2025; **Received in revised form:** December 5, 2025; **Accepted:** April 17, 2026

Citation: Wojtkun, G., (2026). Insolation and shading: Dependencies between solar incidence angle, window opening geometry, and façade insulation thickness/ Insolacja i zacienianie. Zależności między kątem padania promieni słonecznych a geometrią otworu okiennego i grubością termoizolacji na elewacji, *Środowisko Mieszkaniowe/ Housing Environment*, 55, pp. 86–99, e2026006. <https://doi.org/10.2478/he-2026-0006>

GRZEGORZ WOJTKUN*

Insolation and shading: Dependencies between solar incidence angle, window opening geometry, and façade insulation thickness

Insolacja i zacienianie. Zależności między kątem padania promieni słonecznych a geometrią otworu okiennego i grubością termoizolacji na elewacji

Abstract

This paper examines the research problem of insolation in architecture. The aim of this study was to determine the relationship between the angle of incidence of the sun's rays and the geometry of the window aperture and the thickness of the thermal insulation on the facade. Further, threshold values in this regard were investigated. The subject of view obstruction in architecture, in a legal sense, between the thickness of facade insulation and the architect's creative freedom, was also explored. The scope of the study included a standardised window aperture in a two-layer external wall in a temperate climate zone. Photochemical and physical aspects of solar radiation were addressed here. This was based on a research method that featured observation and measurement techniques that relate to architectural design. All of this appeared crucial to the potential of architectural design, especially housing, and to perceived housing comfort.

Streszczenie

W artykule tym podjęto analizę problemu badawczego dotyczącego różnych aspektów nasłonecznienia w architekturze. Celem badań stało się określenie zależności między kątem padania promieni słonecznych a geometrią otworu okiennego i grubością termoizolacji na elewacji. W dalszej kolejności dążono do wyznaczenia wielkości progowych w tym zakresie. Jednocześnie zwrócono uwagę na zagadnienie przesłaniania w architekturze również w aspekcie prawnym oraz zależność między grubością docieplenia elewacji a swobodą twórczą architekta. Zakres badań objął wystandaryzowany otwór okienny w dwuwarstwowej ścianie zewnętrznej w strefie klimatu umiarkowanego. Podjęto przy tym zagadnienie fotochemiczne i fizyczne promieniowania słonecznego. Powyższe działania oparto na metodzie badawczej obserwacyjnej oraz technikach pomiarowych odnoszących się do projektowania architektonicznego. Wszystko to wydało się kluczowe z punktu widzenia możliwości kształtowania architektury, w szczególności mieszkaniowej oraz poczucia komfortu zamieszkania.

Keywords: helioplastyka, dostępność światła naturalnego, insolacja pomieszczenia mieszkalnego, termoizolacja ściany zewnętrznej

Słowa kluczowe: helioplastyka, dostępność światła naturalnego, insolacja pomieszczenia mieszkalnego, termoizolacja ściany zewnętrznej

* Grzegorz WOJTKUN, dr hab. inż. arch., prof. ZUT, Wydział Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie/ Grzegorz WOJTKUN, dr hab. inż. arch., prof. ZUT, Faculty of Architecture, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, <https://orcid.org/0000-0002-8017-6238>, e-mail: drossel@zut.edu.pl

Copyright: © 2026 Wojtkun. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. WSTĘP

Wiele wskazuje na to, że kwestia energo- i materiałochłonności mieszkalnictwa wywarła znaczący wpływ na architekturę, w szczególności mieszkaniową, w trzeciej dekadzie XXI wieku.

Dostęp do światła słonecznego stał się kluczowym wyznacznikiem nowoczesności w mieszkalnictwie już w okresie rewolucji przemysłowej. Wyniknęło to przede wszystkim ze względów higienicznych i sanitarnych, ale również estetycznych i kompozycyjnych. W pierwszym wypadku chodziło o bakteriostatyczne i bakterioobójcze właściwości promieniowania słonecznego. Z kolei w drugim rzecz dotyczyła rozwiązań architektonicznych z uwzględnieniem tzw. helioplastyki. Wszystko to uznano za *conditio sine qua non* powstania nowoczesnej architektury, a tym samym prawidłowego funkcjonowania człowieka w przestrzeni zbudowanej i pomieszczeniach mieszkalnych.

Jednocześnie należałoby wskazać na destrukcyjny wpływ promieniowania słonecznego na materię nieożywioną i ożywioną, a nawet na kwestię „prześwietlenia” pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi. To ostatnie wykazuje pewne cechy wspólne ze zjawiskiem określanym jako zanieczyszczenie światłem, ale posiada odmienną naturę.

2. CEL BADAŃ

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy stało się ustalenie współzależności między kątem padania promieni słonecznych a geometrią wystandaryzowanego otworu okiennego i grubości termoizolacji na elewacji. W dalszej kolejności dążono do wyznaczenia wielkości progowych w tym zakresie. Równie istotne okazało się zagadnienie przesłaniania budynku w odniesieniu do grubości docieplenia elewacji oraz do przepisów prawnych. Obie te kwestie uznano za tożsame z kształtowaniem nowoczesnej architektury mieszkaniowej i poczuciem komfortu w pomieszczeniach mieszkalnych. Jednocześnie starano się ustalić miarodajność wyników uzyskiwanych dotychczas za pomocą powszechnie używanych przez architekta narzędzi, a służących do określenia nasłonecznienia i zacielenia pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi. Poszukiwania badawcze w tym zakresie zostały przedstawione na tle zagadnień związanych z fotochemicznymi i fizycznymi właściwościami promieniowania słonecznego. Zwrócono przy tym wszystkim uwagę na kontekst swobody twórczej architekta.

3. METODA I ZAKRES BADAŃ

Działania badawcze oparto na metodzie obserwacyjnej oraz analizie i syntezie. Badania zostały przeprowadzone za pomocą powszechnie dostępnych narzędzi analogowych (linijka słońca) oraz informatycznych („kalkulator słoneczny”, programy do wspomagania projektowania architektonicznego) i odpowiadających im parametrycznych i standardowych technik pomiarowych.

Linijkę słońca wstępnie uznano za narzędzie w niewystarczającym stopniu precyzyjne, jakkolwiek założenie to wymagało weryfikacji. W związku z tym na potrzeby pracy badawczej przekształcono ją w cyfrowy, graficzny układ wektorowy za pomocą programu komputerowego do wspomagania projektowania architektonicznego. Zakres badań objął wystandaryzowany otwór okienny w dwuwarstwowej ścianie zewnętrznej w strefie klimatu umiarkowanego. Odniesiono to do okna osadzonego w warstwie konstrukcyjnej ściany, bez podziałów pionowych i poziomych. Kwestie konstrukcyjne z tym związane podjęto w stopniu pozwalającym na odwzorowanie rzeczywistego układu w przekroju poziomym i pionowym, natomiast rozwiązania materiałowe i termoizolacyjne w zakresie umożliwiającym zastosowanie programu komputerowego do obliczania przewodności cieplnej i wilgotnościowej przegród budowlanych. Dokonane w badaniach pominięcia zostały wymienione i uzasadnione.

1. INTRODUCTION

There are many indications that energy- and material-intensive housing has had a significant impact on architecture, particularly housing architecture, in the third decade of the 21st century.

Access to sunlight became a key determinant of modernity in housing as early as the Industrial Revolution. This stemmed primarily from hygienic and sanitary considerations, as well as aesthetic and compositional ones. In the first case, it was the bacteriostatic and bactericidal properties of solar radiation. In the second, the subject was architectural solutions, including so-called helioplasticity. All of this was considered to be *a conditio sine qua non* for the emergence of modern architecture and thus for the proper functioning of human beings in built space and living spaces.

At the same time, it would be appropriate to point out the destructive effects of solar radiation on inanimate and animate matter and even the issue of ‘excessive glare’ in rooms intended for human habitation. The latter shares some features with the phenomenon known as ‘light pollution’, but its nature is different.

2. OBJECTIVE OF THE STUDY

The aim of this study was to determine the relationship between the angle of incidence of the sun's rays and the geometry of a standardised window aperture and the thickness of the thermal insulation on the facade. Further, threshold values in this regard were investigated. The issue of a building's view obstruction in relation to the thickness of a facade's insulation and legal regulations was also crucial. Both of these issues were considered synonymous with the design of modern housing and with providing a sense of comfort in living spaces.

Efforts were also made to establish the measurability of results obtained with widely used architectural tools for determining insolation and shading of spaces for human occupancy. Research on this is presented against the backdrop of issues related to the photochemical and physical properties of solar radiation. Here, the focus was primarily placed on the context of an architect's creative freedom.

3. RESEARCH METHOD AND SCOPE

The research used a method based on observation, analysis and synthesis. Widely available analogue tools (a sun ruler) and digital tools (‘solar calculator’, architectural computer-aided design software), along with corresponding parametric and standard measurement techniques, were used.

The sun ruler was initially considered insufficiently precise, which was an assumption that required verification. Therefore, for the purposes of the study, it was converted into a digital vector graphic layout using an architectural computer-aided design program.

The scope of the study included a standardised window aperture in a two-layer external wall in a temperate climate zone. The window in question was set in the wall's structural layer, without grilles or mullions. The structural issues involved were addressed to the extent that the actual layout can be reproduced in horizontal and vertical sections, while the material and thermal insulation solutions were addressed to the extent that a computer program could be used to calculate the thermal and moisture conductivity of the building envelope. The omissions and assumptions made during the research are listed and justified.

4. PRZESŁANKI TEORETYCZNE BADAŃ – FIZYCZNE I FOTOCHEMICZNE ASPEKTY ODDZIAŁYWANIA PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO

Barwy ulegają degradacji m.in. z powodu insolacji, a w tym wypadku chodzi o wpływ promieniowania ultrafioletowego (blaknięcie). Pozostaje to w ścisłym związku z czasem ekspozycji na promienie słoneczne i ilością niesionej przez nie energii (Stech, 2024). Właśnie ta „porcja” energii wywołuje reakcję fotochemiczną. Wskutek tego dochodzi do zmiany struktury fizycznej związku chemicznego, czyli utraty przez niego pierwotnych właściwości (początkowa zdolność do odbijania i pochłaniania określonej długości fal świetlnych) (TTSQC, 2024). Inaczej rzecz ujmując, oddziaływanie na związek chemiczny (barwnik) porcji energii promieniowania elektromagnetycznego (foton) powoduje jego rozpad, a w konsekwencji blaknięcie koloru.

Insolacja to również „nośnik” energii cieplnej, która powoduje odkształcenia ciała stałego. Należy przy tym rozróżnić rozszerzalność liniową i objętościową. Z architektonicznego punktu widzenia obie determinują estetykę i trwałość budowli i budynków.

W architekturze w największym stopniu podatne na odkształcenia termiczne (zmiana temperatury pod względem promieniowania słonecznego) okazały się poziome płaszczyzny wielomateriałowe, takie jak płyty balkonowe i stropodachowe. Wyniknęło to z odmiennej rozszerzalności cieplnej ich części składowych. W ten sposób dochodziło do odspojenia warstw wykończeniowych, a w wypadku stropodachu również do utraty monolitycznego połączenia z podporami. Zapobieżenie temu polega na wykonaniu dylatacji, a następnie jej zamaskowaniu. Innym sposobem może być zastosowanie specjalistycznych łączników niepowodujących przzerwania ciągłości warstwy termicznej. Jednak ich użycie nie zawsze jest możliwe, np. w odniesieniu do podparcia płyty stropodachowej.

5. INSOLACJA POMIESZCZENIA PRZEZNACZONEGO NA POBYT LUDZI A POŁOŻENIE SŁOŃCA NA NIEBOSKŁONIE

Słońce stanowi podstawę istnienia życia na Ziemi, w tym prawidłowego funkcjonowania człowieka (Kühn, Vogler, 1957). Uwarunkowania związane z insolacją i przesłanianiem zawsze determinowały sposób kształtowania środowiska antropogenicznego, a w warunkach polskich legły u podstaw powojennej legislacji dotyczącej mieszkalnictwa (Czarnecki, 1965; Korzeniewski, 1989; Zarządzenie 1951, 1974). Aspekty społeczne wykazywały z nimi silny związek (Syrkus, 1976). Jednakowa dostępność światła słonecznego wywierała niepośledni wpływ na powstanie więzi sąsiedzkich (Syrkus, 1984). Równie istotne znaczenie odgrywała ona we wnętrzach mieszkalnych, determinując sposób prowadzenia gospodarstwa domowego (Skibniewska, 1974; Włodarczyk, 2004). Zatem nasłonecznienie i nieprzesłanianie stały się wyznacznikiem humanitarnej, nowoczesnej przestrzeni zamieszkania człowieka, szczególnie w zabudowie lokatorskiej (Adamczewska-Wejchert, 1985; Eisner, Gallion, 1963; Gunßer, 2003).

Zagadnienie nadmiernego wyeksponowania pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi na promieniowanie słoneczne można uznać za subiektywne odczucie użytkownika. Jednak minimalne wielkości w tym zakresie zostały prawnie dookreślone. Mianowicie, pokoje mieszkalne w budynku wielorodzinnym powinny mieć zapewniony czas nasłonecznienia wynoszący co najmniej 3 godziny (z dopuszczeniem obniżenia wymagań w zabudowie śródmiejskiej) w dniach równonocy w godzinach od 7.00 do 17.00 (§ 60. 1.) (Rozporządzenie, 2024).

Warto byłoby przy tym wspomnieć o kwestii naświetlenia pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi światłem dziennym. Jakkolwiek w dużej mierze wykazuje ono zbieżność z nasłonecznieniem,

4. THEORETICAL RATIONALE FOR THE STUDY – PHYSICAL AND PHOTOCHEMICAL ASPECTS OF SOLAR RADIATION'S IMPACT

Colours degrade due to, among other things, insolation, in this case the effect of ultraviolet radiation (fading). This is closely related to the time of exposure to sunlight and the amount of energy it carries (Stech, 2024). It is this 'portion' of energy that triggers the photochemical reaction. This results in a change in the physical structure of a chemical compound, i.e., the compound loses its original properties (the initial ability to reflect and absorb a specific wavelength of light) (TTSQC, 2024). In other words, the impact of a portion of electromagnetic radiation's energy (photon) on a chemical compound (pigment) causes it to break down and consequently fade in colour.

Insolation is also a 'carrier' of thermal energy that causes deformation in solids. In doing so, a distinction must be made between linear and volumetric expansion. From an architectural point of view, both determine the aesthetics and durability of structures and buildings.

In architecture, horizontal multi-material planes, such as balconies and flat roof decks, have proved to be the most susceptible to thermal deformation (temperature change caused by solar radiation). This results from the different thermal expansion of their components. This leads to the separation of the finishing layers and, in the case of the flat roof, also to the loss of a monolithic connection with supports. This can be prevented by creating an expansion joint and then masking it. Another way may be to use specialised anchors that do not break the thermal layer. However, their use is not always possible, for instance, to support a flat roof deck.

5. INSOLATION OF SPACES FOR HUMAN OCCUPANCY VERSUS THE POSITION OF THE SUN IN THE SKY

The sun is the basis for life on Earth, including proper human functioning (Kühn, Vogler, 1957). Insolation and view obstruction conditions have always determined the manner in which the anthropogenic environment is planned and designed, and in Polish conditions it became the basis of legislation on housing (Czarnecki, 1965; Korzeniewski, 1989; Zarządzenie 1951, 1974). Social aspects displayed a strong relationship with them (Syrkus, 1976). Equal access to sunlight significantly contributed to the emergence of neighbourly bonds (Syrkus, 1984). It played an equally important role in residential interiors, determining how households operated (Skibniewska, 1974; Włodarczyk, 2004). Thus, insolation and the absence of view obstruction became a measure of humanitarian, modern space of human habitation, especially in multi-unit housing (Adamczewska-Wejchert, 1985; Eisner, Gallion, 1963; Gunßer, 2003).

The overexposure of a space for human occupancy to solar radiation can be considered its user's subjective sensation. However, the minimum volumes in this respect are legally defined. Namely, living rooms in a multi-family building should be insulated for at least three hours (lower requirements can be met in inner-city development), during both equinoxes between 7.00 and 17.00 § 60. 1.) (Rozporządzenie, 2024).

Here, it is worth noting the matter of daylighting spaces for human occupancy. Although this is largely conflated with insolation, it is qualified differently. The essence of a room's access to daylight is reduced to a single glazed partition irrespective of the number of panes in it, and to attaining a floor-to-window area ratio of 1:8 [...] (§ 57. 2.) (Rozporządzenie, 2024).

However, to establish insolation in a room for human occupancy, it is necessary to determine the position of the sun in

Tabela 1. Wielkości charakteryzujące położenie słońca na nieboskłonie w dniu 21 marca (2024), opracowanie: Grzegorz Wojtkun
Table 1. Values that describe the position of the sun in the sky on 21 March (2024), by Grzegorz Wojtkun

Lp. Item no.	Godzina Hour	Azymut [°] Azimuth [°]	Wysokość kątowna [°] Altitude [°]	Różnica czasu apogeum słonecznego [min.] Solar zenith time difference [min.]
1.	7.00	100,07	8,05	-7,07
2.	8.00	112,68	16,57	-7,06
3.	9.00	126,39	24,34	-7,04
4.	10.00	141,69	30,77	-7,03
5.	11.00	158,79	35,22	-7,02
6.	12.00	177,25	37,09	-7,01
7.	13.00	195,92	36,08	-6,99
8.	14.00	213,52	32,36	-6,98
9.	15.00	229,37	26,46	-6,97
10.	16.00	243,53	19,05	-6,96
11.	17.00	256,42	10,71	-6,94

Tab. 2. Wielkości charakteryzujące położenie słońca na nieboskłonie w dniu 21 września (2024), opracowanie: Grzegorz Wojtkun
Table 2. Values that describe the position of the sun in the sky on 21 September (2024), by Grzegorz Wojtkun

Lp. Item no.	Godzina Hour	Azymut [°] Azimuth [°]	Wysokość kątowna [°] Altitude [°]	Różnica czasu apogeum słonecznego [min.] Solar zenith time difference [min.]
1.	7.00	90,74	1,53	6,98
2.	8.00	102,93	10,12	6,99
3.	9.00	115,76	18,49	7,01
4.	10.00	129,82	25,97	7,02
5.	11.00	145,56	31,97	7,04
6.	12.00	163,05	35,83	7,05
7.	13.00	181,66	37,00	7,07
8.	14.00	200,14	35,29	7,08
9.	15.00	217,33	30,98	7,09
10.	16.00	232,72	24,65	7,11
11.	17.00	246,50	16,95	7,12

to jednak jest w odmienny sposób kwantyfikowane. Istota dostępu światła dziennego do pomieszczenia sprowadzona została do jednej przegrody szklanej niezależnie od znajdującej się w niej liczby szyb oraz uzyskania stosunku powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi co najmniej 1:8 [...] (§ 57. 2.) (Rozporządzenie, 2024).

Powracając jednak do zagadnienia nasłonecznienia pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi, kluczowe w tym wypadku okazało się określenie położenia słońca na nieboskłonie. W tym celu przyjęto w badaniu długość i szerokość geograficzną (Szczecin) i daty oraz posłużono się tzw. kalkulatorem słońca. Uzyskane w ten sposób wyniki zostały ujęte tabelarycznie (Tab. 1, 2 i 3) (NOAA, 2024).

Odchylenie czasowe na osi wschód-zachód, czyli różnica między czasem miejscowym w południe a apogeum słonecznym na nieboskłonie zostało nazwane analemmą. Zjawisko to z reguły badano w najdłuższym dniu w roku (21 czerwca; rzadziej 20 czerwca), najkrótszym (21 grudnia) względnie w dniach równonocy (21 marca i 21 września) w ciągu 12 miesięcy.

Słońce „porusza się” na nieboskłonie najszybciej w marcu i kwietniu (przyrost wysokości) oraz we wrześniu i październiku (spadek wysokości). W obu wypadkach dochodziło do dezorientacji

the sky. For this purpose, this study adopted a specific latitude and longitude (those of Szczecin, Poland), specific dates, and used a so-called solar calculator. The results of the study have been presented in tables (Tables 1, 2 and 3) (NOAA, 2024).

The east–west time deviation, i.e., the difference between the local time at noon and the solar zenith in the sky, is called analemma. This phenomenon is typically studied on the longest day of the year (21 June; less frequently on 20 June), the shortest (21 December) or on the days of the equinoxes (21 March and 21 September) within a twelve-month period.

The sun ‘moves’ in the sky the fastest in March and April (increase in altitude) and in September and October (decrease in altitude). In both cases, there is a temporal disorientation that disrupts the rhythm of human activity.

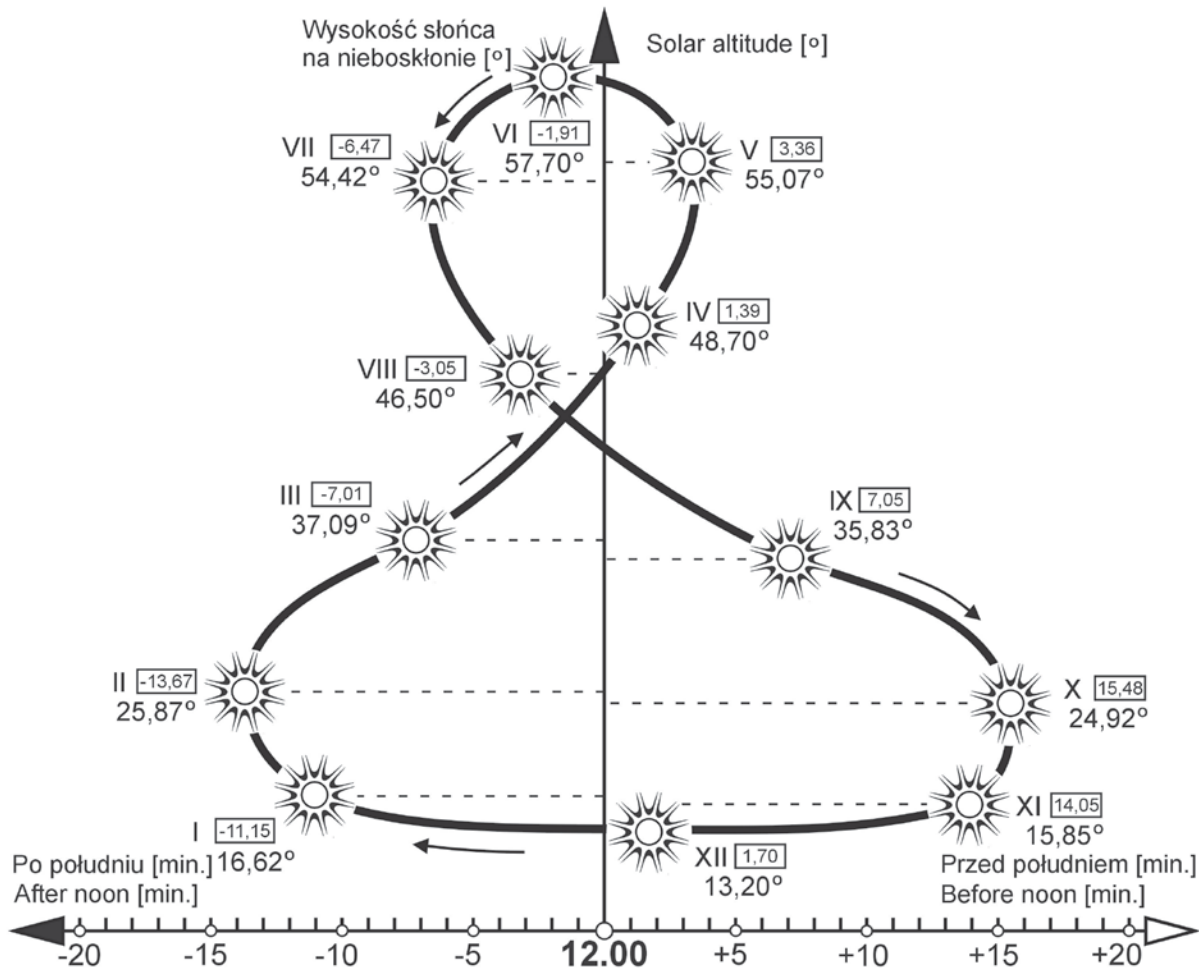
In this study, the analemma was investigated on the days of the equinoxes (2024). The shape of the analemma was found to be similar to a figure eight (Ill. 1).

The equinoxes also display different angles of incidence of solar rays. On 21 March, the angle of incidence of the sun’s rays from 7.00 to 12.00 appeared to be slightly higher than on 21 September, while from 13.00 to 17.00 it was slightly lower (Table 4).

Tab. 3. Wielkości charakteryzujące rzeczywiste apogeum słoneczne w 21 dniu miesiąca (2024), opracowanie: Grzegorz Wojtkun
Table 3. Values that describe the actual solar zenith on the 21st day of each month (2024), by Grzegorz Wojtkun

Lp. Item no.	Miesiąc Month	Azymut [°] Azimuth [°]	Wysokość kątowana nieboskłonie [°] Altitude in thesky [°]	Różnica kątowa wyso- kości miesiąc do miesiąca [°] Month-to-month angular height difference [°]	Różnica czasu apogeum słonecznego [min.] Solar zenith time difference [min.]
1.	Grudzień/December	179,99	13,20	-2,65	1,70
2.	Styczeń/January	176,84	16,62	3,42	-11.15
3.	Luty/February	175,79	25,87	9,25	-13,67
4.	Marzec/March	177,25	37,09	11,22	-7,01
5.	Kwiecień/April	179,86	48,70	11,61	1,39
6.	Maj/May	155,63	55,07	6,37	3,36
7.	Czerwiec/June	151,92	57,70	2,36	-1,91
8.	Lipiec/July	151,80	54,42	-3,28	-6,47
9.	Sierpień/August	156,63	46,50	-7,92	-3,05
10.	Wrzesień/September	163,05	35,83	-10.67	7,05
11.	Październik/October	167,49	24,92	-10,91	15,48
12.	Listopad/November	168,36	15,85	-9,07	14,05

II. 1. Analemma – położenie i kierunek ruchu słońca na nieboskłonie w ciągu roku (2024), opracowanie: Grzegorz Wojtkun
III. 1. Analemma – position and direction of the movement of the sun in the sky throughout the year (2024), by Grzegorz Wojtkun



Tab. 4. Wielkości charakteryzujące położenie słońca na nieboskłonie w dniach równonocy, opracowanie: Grzegorz Wojtkun
Table 4. Values that describe the sun's position in the sky during the equinoxes, by Grzegorz Wojtkun

Lp. Item no.	Godzina Hour	Wysokość kątowa padania promieni słonecznych w dniu 21 marca [°] Angle of incidence of the sun's rays on 21 March [°]	Wysokość kątowa padania promieni słonecznych w dniu 21 września [°] Angle of incidence of the sun's rays on 21 September [°]	Różnica kątowa padania promieni słonecz- nych między dniem 21 marca a 21 września [°] Difference in the angle of incidence between 21 March and 21 September [°]
1.	7.00	8,05	1,53	6,52
2.	8.00	16,57	10,12	6,45
3.	9.00	24,34	18,49	5,85
4.	10.00	30,77	25,97	4,80
5.	11.00	35,22	31,97	3,25
6.	12.00	37,09	35,83	1,26
7.	13.00	36,08	37,00	-0,92
8.	14.00	32,36	35,29	-2,93
9.	15.00	26,46	30,98	-4,52
10.	16.00	19,05	24,65	-5,60
11.	17.00	10,71	16,95	-6,24

czasowej zakłócającej rytm ludzkiej aktywności. W niniejszej pracy zjawisko analemy poddano badaniu w dniach równonocy (2024). Kształt analemy okazał się zbliżony do cyfry „8” (Il. 1). Nawiasem mówiąc, dni równonocy cechuje odmienna wysokość kątowa padania promieni słonecznych. W dniu 21 marca wysokość kątowa padania promieni słonecznych od godziny 7.00 do 12.00 okazała się nieznacznie większa niż w dniu 21 września, a z kolei od godziny 13.00 do 17.00 nieznacznie mniejsza (Tab. 4). Zjawisko analemy w odniesieniu do wyznaczania czasu ekspozycji słonecznej oraz obszaru zacienienia wydało się tyleż interesujące co przeceniane. W głównej mierze wyniknęło to z nieprzewidywalności zjawisk naturalnych, ale również z nasilającej się z roku na rok presji czynników antropogenicznych. Podobnie rzecz przedstawiała się w wypadku czasu deklarowanej i rzeczywistej ekspozycji pomieszczenia przeznaczonego na stały pobyt ludzi na promieniowanie słoneczne. Wstępnie przeprowadzono kilkanaście prób badawczych za pomocą „kalkulatora słonecznego”, a dotyczących określenia położenia słońca na nieboskłonie w ciągu kilku lat (2020-2023). Okazało się, że kształt geometryczny „ruchu” słońca na nieboskłonie był odmienny w każdym roku. Wyniknęło to z eliptyczności orbity ziemskiej i zmiennej prędkości poruszania się po niej. Nawiasem mówiąc skuteczność pomiaru *in situ* w tym zakresie wymagałaby w każdym dniu w roku bezchmurnego lub jedynie w niewielkim stopniu zachmurzonego nieba. Dokładność pomiaru jest uwarunkowana możliwością precyzyjnego wyznaczenia krawędzi cienia na płaszczyźnie poziomej (zakres kątowy). Jednocześnie pomiar ten miałby jedynie jednorazową przydatność, tj. tylko w danym roku. Odchylenie czasowe na osi wschód-zachód, pomimo że zmienne w latach, nigdy nie przekroczyło kilkunastu minut (1,39-15,48 minut; 2024). W ujęciu dobowym (24 godziny – 1440 minut) były to wartości znikome (~1-11%). Powyższe, jak już wspomniano, jakkolwiek interesujące z badawczego punktu widzenia nie mogło odegrać większej roli

Analemma, when investigated in relation to determining solar exposure and shading, appeared both interesting and over-rated. This was mainly due to the unpredictability of natural phenomena, but also to the yearly increasing intensity of anthropogenic factors. The same was true for the duration of the declared and actual insolation of a space for permanent human occupancy. Initially, a dozen research trials were carried out using a ‘solar calculator’ and concerned the determination of the position of the sun in the sky over several years (2020–2023). It was found that the geometric ‘movement’ of the sun in the sky was different for each year. This was due to the ellipticality of the Earth's orbit and the varying speed of movement through it. The effectiveness of an *in situ* measurement would require a clear or only slightly cloudy sky to occur each day for a year. The accuracy of the measurement is determined by the ability to accurately determine a shadow's edge on a horizontal plane (angular range). At the same time, such a measurement would be useful for only a single year. The east–west time deviation, although variable over the years, never exceeded around a quarter of an hour (1.39–15.48 minutes; 2024). For a day-long period (24 hours – 1,440 minutes), the values were negligible (~1–11%). The above, as already mentioned, however interesting from a research standpoint, could not have played a significant role in architectural design praxis. The sum of the time of actual penetration of the room by the sun's rays due to cloud cover in the sky on each day of the year compared was different. The issue was further complicated by the intensity of this radiation being closely related to the characteristics of the cloud cover. From all this arose a subjective sense of sufficient or insufficient access to sunlight and solar comfort, which did not need to display much correspondence with insolation time requirements. This is why determining the insolation time of a room intended for permanent human occupancy or the

ściennej powinna przenosić obciążenia własne i użytkowe oraz cechować się możliwie największą przewodnością cieplną; najbardziej niekorzystna właściwość termiczna materiału ściennego. W tym celu do badań przewidziano warstwę konstrukcyjną o niezmienniej grubości (0,25 m) z betonu zwykłego z kruszywa kamiennego (ciężar objętościowy $1,9\text{t/m}^3$; wartość współczynnika przewodności cieplnej $\lambda = 1,00$).

Z kolei w wyborze materiału termoizolacyjnego kierowano się przede wszystkim jego trwałością w rozumieniu niezmienności parametrów w wyniku oddziaływania czynników atmosferycznych oraz stopniem rozpowszechnienia w budownictwie (styropian). Jednocześnie okazał się to materiał budowlany charakteryzujący niewielką rozpiętością skrajnych wartości współczynnika przewodności cieplnej – zarówno w warunkach suchych, jak i wilgotnych (od 0,030 do 0,045; przyjęto $\lambda = 0,040$) oraz niezależnie od technologii wytwarzania. W ten sposób można było spodziewać się uzyskania miarodajnych wyników.

Opór cieplny wyprawy tynkarskiej od strony wewnętrznej (0,009 m) i zewnętrznej (0,005 m) przegrody pionowej ogrzewanego pomieszczenia ze względu na nikły jego wpływ na uzyskane wyniki został pominięty.

Przyjęto warunki klimatyczne charakteryzujące się niezbyt dużą amplitudą temperatury i średnią wilgotnością powietrza (szerokość geograficzna 53° , np. Hamburg, Groningen, Liverpool, Szczecin i inne). Ostatecznie do celów badawczych wybrano Szczecin. Lokalizację tę uznano za najlepszą przede wszystkim ze względów praktycznych, tzn. gdyby zaistniała konieczność dokonania weryfikacji pomiarów *in situ*.

W dotychczasowej projektowej praktyce architektonicznej w Polsce naścienna grubość termoizolacji sporadycznie przekraczała 0,30 m. Wyniknęło to przede wszystkim z przesłanek ekonomicznych, czyli z relacji ceny materiału termoizolacyjnego do czasu zwrotu poniesionych na niego nakładów oraz praktycznych, tj. z łatwości montażu. W związku z tym w przegrodzie dwuwarstwowej zazwyczaj stosowano warstwę konstrukcyjną o mniejszej od betonu przewodności cieplnej lub projektowano przegrodę wielowarstwową. Jakkolwiek w rozważaniach dotyczących tzw. architektury pasywnej grubość warstwy termoizolacyjnej przekraczająca 0,50 m nie należała do rzadkości (przede wszystkim mieszkalnictwo jednorodzinne).

W większości tzw. cyfrowych kalkulatorów służących do obliczania oporu cieplnego przegrody budowlanej ustanowiono graniczną grubość warstwy termicznej rzędu 0,35 m. W związku z tym analizę badawczą oporu cieplnego przegrody pionowej stykającej się z powietrzem atmosferycznym zdecydowano się przeprowadzić za pomocą programu pilotażowego do obliczania przewodności cieplnej i wilgotnościowej przegród budowlanych pn. Gullfiber. Umożliwiło to dokonanie obliczeń dowolnej grubości warstwy termoizolacji w przegrodzie budowlanej. Przyjęto, że minimalna jej grubość powinna spełniać wymagania określone w polskich przepisach prawa (0,20 m). Wyniknęło to z konieczności uzyskania wymaganego współczynnika przenikania ciepła przegrody ($U_c \text{ maks.}$), który nie powinien przekraczać $0,20 \text{ W/(m}^2 \times \text{K)}$ (od 2020); z wyjątkiem budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę względnie organ administracji publicznej (2019) (Załącznik nr 2, 2024). Następnie grubość warstwy termoizolacji stopniowano co 0,05 m do grubości 1,00 m. Dalsze zwiększanie grubości warstwy termoizolacji w ścianie zewnętrznej uznano za niecelowe z użytkowego i wykonawczego, a tym samym badawczego punktu widzenia. Dotyczyło to w szczególności otworów okiennych o niewielkiej szerokości w świetle ościeżnicy (0,35-0,80 m).

Uzyskane w ten sposób wyniki zostały ujęte tabelarycznie oraz

was also found to have a relatively narrow span of extreme thermal conductivity values – both under dry and humid conditions (from 0.030 to 0.045; $\lambda = 0.040$ was assumed), irrespective of manufacturing technology. This allowed meaningful results to be expected.

The thermal resistance of the plaster on the indoor side (0.009 m) and outside (0.005 m) of the vertical partition of the heated room was ignored due to its negligible influence on the results.

Climatic conditions characterised by a narrow temperature amplitude and average humidity (latitude of 53° , e.g., that of Hamburg, Groningen, Liverpool, Szczecin and others) were assumed. Ultimately, Szczecin was selected as the location to be studied. This location was considered best primarily for practical reasons, for instance, because of the potential to verify measurements on site.

In current architectural design praxis in Poland, the thickness of thermal insulation applied to walls very rarely exceeded 0.30 m. This was mostly dictated by economic reasons, namely the relation between the thermal insulation material's price to the payback time of its cost and practical considerations, such as ease of installation. Consequently, a structural layer with lower thermal conductivity than concrete was usually used in a two-layer wall or a multilayer partition was designed. However, when considering so-called passive architecture, thermal insulation thicknesses in excess of 0.50 m were not uncommon (primarily in single-family houses).

Most of the so-called digital calculators for calculating the thermal resistance of a building envelope set a limiting thermal layer thickness of 0.35 m. Therefore, an analysis of the thermal resistance of a vertical partition in contact with atmospheric air using a pilot program for calculating the thermal and moisture conductivity of building partitions called Gullfiber was performed. This made it possible to calculate any thermal insulation layer thickness. It was assumed that its minimum thickness should meet the requirements of Polish legislation (0.20 m). This is due to the need to achieve the required thermal transmittance of the partition ($U_c \text{ max.}$), which should not exceed $0.20 \text{ W/(m}^2 \times \text{K)}$ (from 2020); with the exception of a building occupied by a judicial authority, a public prosecutor's office or a public administration body (2019) (Załącznik nr 2, 2024). The thickness of the thermal insulation layer was then increased in 0.05 m increments up to a thickness of 1.00 m. Further increases in the thickness of the thermal insulation layer in the external wall were considered to be unjustified from a use and construction standpoint, and therefore also from the point of view of this study. This was particularly true of window apertures with a narrow frame width (0.35–0.80 m).

The results of this analysis have been presented in tables and as a chart, as shown below (Tab. 5) (Ill. 3).

The analysis found that after crossing a certain thermal insulation thickness threshold, its further increase lead to a diminishing of the increase in the envelope's thermal resistance. The threshold point was reached at a 0.40 m thickness of the thermal insulation layer. Further increases lead to almost unnoticeable increases in thermal resistance. At the same time, the associated material expenditure, i.e., the cost of materials, labour and equipment, increased exponentially. Structural problems would also be anticipated here, namely the risk of the thermal insulation layer decoupling from the wall and the resulting neces-

Tabela 5. Własność cieplna zewnętrznej pionowej przegrody budowlanej wyodrębniającej pomieszczenie ogrzewane w zależności od grubości warstwy termoizolacyjnej, opracowanie: Grzegorz Wojtkun

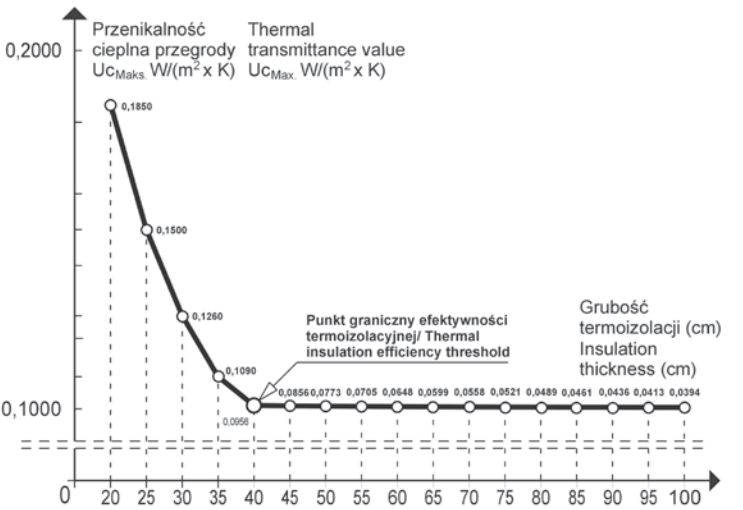
Table 5. Thermal properties of the external, horizontal building envelope that isolates a conditioned (heated) space depending on the thickness of the thermal insulation layer, by Grzegorz Wojtkun

Lp. Item no.	Grubość warstwy konstrukcyjnej [cm] Structural layer thickness [cm]	Grubość warstwy termicznej [cm] Insulation layer thickness [cm]	Współczynnik przenikania ciepła przegrody [W/(m²×K)] Thermal transmittance [W/(m²×K)]	Różnica wartości współczynnika przenikania ciepła [W/(m²×K)] Difference in thermal transmittance value [W/(m²×K)]
1.	25	20	0,1850	-
2.		25	0,1500	0,0350
3.		30	0,1260	0,0240
4.		35	0,1090	0,0170
5.		40	0,0956	0,0134
6.		45	0,0856	0,0100
7.		50	0,0773	0,0083
8.		55	0,0705	0,0068
9.		60	0,0648	0,0057
10.		65	0,0599	0,0049
11.		70	0,0558	0,0041
12.		75	0,0521	0,0037
13.		80	0,0489	0,0032
14.		85	0,0461	0,0028
15.		90	0,0436	0,0025
16.		95	0,0413	0,0023
17.		100	0,0394	0,0019

w postaci wykresu jak poniżej (Tab. 5) (Il. 3).

W wyniku przeprowadzonej analizy badawczej ustalono, że po przekroczeniu pewnej granicy grubości termoizolacji jej dalsze zwiększanie prowadzi do zmniejszania się przyrostu wielkości oporu cieplnego pionowej przegrody budowlanej. Punkt graniczny w tym zakresie został osiągnięty przy grubości warstwy termoizolacyjnej 0,40 m. Dalsze zwiększanie jej grubości sprawiło, że przyrost wartości oporu cieplnego pionowej przegrody budowlanej okazał się prawie niezauważalny. Jednocześnie lawinowo narastały związane z tym nakłady rzeczowe, tj. koszt materiałów, robocizny i sprzętu. Należałoby spodziewać się przy tym również pojawienia się problemów natury konstrukcyjnej, a mianowicie związanych z zagrożeniem utraty przyczepności termoizolacji do podłoża oraz wynikającej z tego konieczności zastosowania niestandardowych rozwiązań technicznych i technologicznych.

Naturalnie, stopniowanie grubości termoizolacji z większą dokładnością, np. co 0,01 m zapewne przyniosłoby bardziej precyzyjne wyniki. Jakkolwiek w elewacyjnych pracach termoizolacyjnych takie działanie nie jest praktykowane. Z drugiej jednak strony grubość warstwy termoizolacyjnej była jednym z dwóch kluczowych zagadnień badawczych podjętych w niniejszej pracy. W związku z tym pojawiła się możliwość doprecyzowania uzyskanych wcześniej wyników za pomocą analizy przesłaniań w kontekście uwarunkowań prawnych.



Il. 3. Krzywa oporu cieplnego ściany zewnętrznej w zależności od grubości warstwy termoizolacji, opracowanie: Grzegorz Wojtkun

III. 3. Thermal resistance curve for the external wall depending on insulation layer thickness, by: Grzegorz Wojtkun

sity to use non-standard technical and technological solutions. Naturally, finer increments in thermal insulation thickness, such as by 0,01 m, would probably produce more precise results. However, this is not practice in facade thermal insulation works. On the other hand, the thickness of the thermal insulation layer was one of the two key research issues explored

7. PRZESŁANIANIE A KWESTIA DOSTĘPU PROMIENI SŁONECZNYCH DO POMIESZCZENIA PRZEZNACZONEGO NA POBYT LUDZI – ASPEKT FIZJOLOGICZNY I PRAWNY

Dokonanie badawcze dotyczące ustalenia zależności między grubością warstwy izolacji termicznej w pionowej przegrodzie budowlanej a przesłanianiem otworu okiennego należałoby również odnieść do kwestii fizjologicznych i prawnych.

W warunkach polskich odległość budynku z pomieszczeniami przeznaczonymi na pobyt ludzi od innych obiektów powinna umożliwiać naturalne oświetlenie tych pomieszczeń. Uznaje się to za spełnione, gdy między ramionami kąta 60° , wyznaczonego w płaszczyźnie poziomej, z wierzchołkiem usytuowanym w wewnętrznym licu ściany na osi okna pomieszczenia przesłanianego, nie znajduje się przesłaniająca część tego samego budynku lub inny obiekt przesłaniający w odległości mniejszej niż wysokość przesłaniania (dotyczy obiektów przesłaniających o wysokości do 35 m) lub w odległości co najmniej 35 m (dotyczy obiektów przesłaniających o wysokości ponad 35 m) (§ 13. 1.) (Rozporządzenie, 2024).

Kąt 60° , wyznaczony w płaszczyźnie poziomej odzwierciedla pole średniej ostrości widzenia ludzkiego oka, w szczególności granicę rozróżniania barw (Fedtke, Ho, Manns, 2025; Guttag, 2025). Zatem na tej płaszczyźnie pojawiają się informacje będące podstawą orientacji człowieka w przestrzeni.

W badaniu ekspozycji na słońce pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi przyjęto wielkość otworu okiennego mieszczącego okno jednoskrzydłowe bez podziałów pionowych i poziomych o granicznej, maksymalnej szerokości, tj. uznanej za dopuszczalną pod względem bezpieczeństwa użytkowania w mieszkalnictwie wielorodzinnym. W ten sposób przyjęto okno o szerokości 0,90 m i wysokości 1,50 m ($1,30 \text{ m}^2$). Rzeczywista wielkość powierzchni okna, tj. w świetle ościeżnicy wyniosła $1,06 \text{ m}^2$ ($0,73 \times 1,45 \text{ m}$). Powyższe legło u podstaw określenia głębokości penetracji przez promienie słoneczne pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi na płaszczyźnie poziomej położonej na wysokości parapetu okiennego, tj. 0,90 m (Il. 4).

Podobnie jak w wypadku analizy badawczej oporu cieplnego przegrody pionowej stykającej się z powietrzem atmosferycznym przyjęto, że minimalna grubość warstwy termoizolacji powinna spełnić wymagania określone w polskich przepisach prawa (0,20 m). Następnie stopniowano ją co 0,20 m do grubości 1,00 m.

W ten sposób ustalono maksymalną grubość warstwy dociepleniowej w przegrodzie budowlanej stykającej się z powietrzem zewnętrznym w odniesieniu do przepisów prawa dotyczących nieprzesłaniania okien w budynkach mieszkalnych. Grubość tę należało rozumieć jako wykończoną warstwę termoizolacji (licówka ceramiczna, płyta elewacyjna, wyprawa tynkarska itp.) – 0,382 m (Il. 4; 1a.). Naturalnie wielkość ta będzie inna w wypadku szerszego, względnie węższego otworu okiennego. Jednak to właśnie najwęższy otwór okienny będzie warunkować grubość docieplenia na elewacji.

Zwiększanie grubości warstwy termicznej na elewacji przynosi zmniejszanie głębokości penetracji promieni słonecznych, skrócenie czasu ekspozycji na nie, a tym samym pogorszenie komfortu wizualnego (Glassolutions, 2025). Inaczej rzecz ujmując, straty ciepła w pomieszczeniu przeznaczonym na pobyt ludzi można byłoby zrównoważyć dłuższym i głębszym nasłonecznieniem – „[...] duże powierzchnie okna silniej oddziałują na temperaturę pomieszczenia w okresie od wiosny do jesieni niż w zimie, ponieważ przyczyniają się do bardzo silnego jego nagrzewania” (Grandjean, 1978, s. 202).

in this study. This provided an opportunity to refine the results obtained earlier with an analysis of view obstruction in the context of legal considerations.

7. VIEW OBSTRUCTION AND THE ACCESS OF ROOMS INTENDED FOR HUMAN OCCUPANCY TO SUNLIGHT – PHYSIOLOGICAL AND LEGAL ASPECTS

The research work concerning the dependency between the thermal insulation layer thickness in a vertical envelope element and the view obstruction of window openings should also feature a reference to physiological and legal matters.

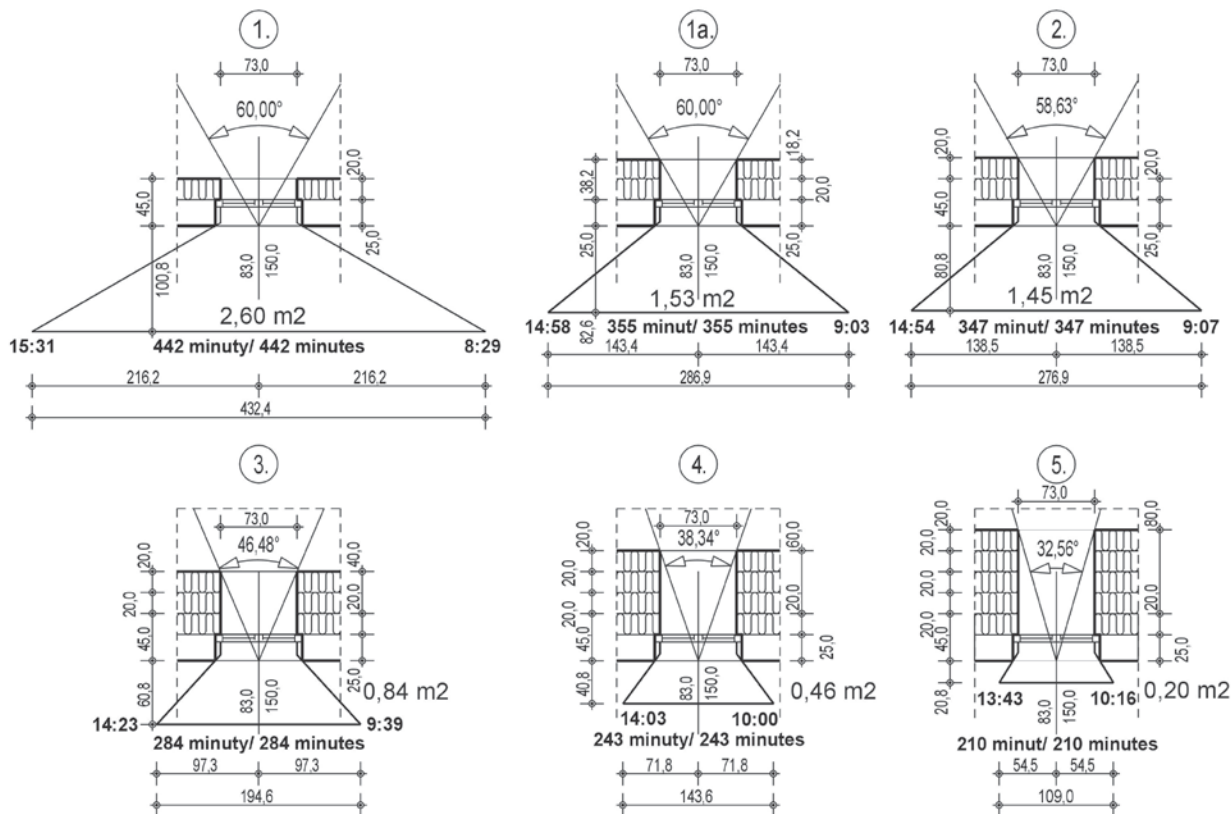
Under Polish conditions, the distance of a building with rooms intended for human occupancy from other buildings should allow the natural lighting of these rooms. This is deemed to be fulfilled if there is no obstructing part of the same building or other obstructing structure between the arms of the 60° angle, defined in the horizontal plane, with its apex located in the inner face of the wall on the axis of the window of the room, at a distance less than the height of the obstructing structure (for obstructing structures up to 35 m in height) or at a distance of at least 35 m (for obstructing structures over 35 m in height) (§ 13. 1.) (Rozporządzenie, 2024).

The 60° angle, determined in the horizontal plane, reflects the field of average visual acuity of the human eye, in particular the limit of colour perception (Fedtke, Ho, Manns, 2025), (Guttag, 2025). Thus, the information that underpins a person's orientation in space emerges at this level.

The study of the exposure of a room intended for human occupancy to sunlight assumed the size of a window aperture with a single-leaf casement window, without horizontal or vertical divisions, and with a maximum boundary width that is seen as permissible in terms of use safety in multi-unit housing. Thus, a window with a width of 0.90 m and a height of 1.50 m (1.30 m^2) was assumed. The actual size of the window area, i.e., the daylight of the frame, was 1.06 m^2 ($0.73 \times 1.45 \text{ m}$).

This was the basis for determining the depth of sunlight penetration into the room intended for human occupancy, on a horizontal plane located at the height of the window sill, i.e., 0.90 m (Il. 4). As in the case of the analysis of the thermal resistance of a vertical partition in contact with atmospheric air, it was assumed that the minimum thickness of the thermal insulation layer should meet the requirements set out in Polish law (0.20 m). The thickness was then increased in 0.20 m increments up to 1.00 m. In this way, the maximum thickness of the thermal insulation layer in the building envelope in contact with the outside air has been established with regard to the legal provisions for the non-shading of windows in residential buildings. This thickness was to be understood as the finished layer of thermal insulation (ceramic veneer, facade board, render, etc.) – 0.382 m (Il. 4; 1a.). Naturally, the size will be different in the case of wider or narrower window apertures. However, it is the narrowest window aperture that will determine the thickness of the insulation on the facade.

Increasing the thickness of the thermal layer on the facade reduces the depth of penetration of the sun's rays, the time of exposure to them, and thus visual comfort (Glassolutions, 2025). In other words, the heat loss in a room intended for human occupancy could be offset by longer and deeper insulation – “[...] large window surfaces have a stronger effect on the temperature of a room from spring to autumn than in



II. 4. Zakres penetracji promieni słonecznych przez otwór okienny oraz jego przesłanianie w zależności od grubości docieplenia ściany zewnętrznej (przekrój poziomy), opracowanie: Grzegorz Wojtkun

III. 4. Scope of solar ray penetration through a window aperture and its view obstruction depending on the thickness of the thermal insulation layer of the external wall (horizontal section), by Grzegorz Wojtkun

8. OPÓR CIEPLNY PRZEGRODY BUDOWLANEJ A ARCHITEKTURA – ASPEKT HELIOPLASTYCZNY

Zwiększanie grubości warstwy termoizolacyjnej na pionowej przegrodzie elewacyjnej siłą rzeczy spowodowało pojawienie się implikacji architektonicznych i użytkowych.

Pojawienie się głębokiego światłocienia w otworze okiennym na elewacji mogło stać się powodem ograniczenia swobody twórczej architekta (niezamierzony efekt helioplastyczny). Jednocześnie głęboko położony otwór okienny ogranicza bezpośrednie nasłonecznienie pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi.

Z drugiej strony działanie takie może być zamierzone. Mianowicie chodzi o osiągnięcie efektu tzw. przełamania promieni słonecznych w celu ochrony użytkowników pomieszczeń przed uciążliwością wynikającą z nadmiernej insolacji (biura, kuchnie, pokoje mieszkalne). Polega to w szczególności na poprzeczeniu pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi loggią lub wykonaniem na całej jego długości zadaszenia względnie na głębokim obramowaniu otworu okiennego.

Jednak obecnie dostępność różnorodnych materiałów budowlanych, rozwiązań technicznych i technologicznych w architekturze ochraniających przed promieniowaniem słonecznym, a przede wszystkim świadomość w zakresie jego destrukcyjnego oddziaływania sprawiły, że zagadnienie helioplastyki niejako w sposób samoistny znalazło się na odległym planie. Niewątpliwie pozostaje to też w związku z „uilotnym” charakterem tego zjawiska i tym samym nieprzywiązywaniem do niego większej wagi (II. 5).

„Podkreśla się często, że w naszych warunkach klimatycznych [północno- i środkowoeuropejskich], przy stosunkowo niewielkiej liczbie godzin słonecznych, nie warto dostosowywać projektowanej kompozycji do bezpośredniego oświetlenia. Takie uproszczone

winter, as they contribute to a very strong heating of the room” (Grandjean, 1978, p. 202).

8. THERMAL RESISTANCE OF THE BUILDING ENVELOPE AND ARCHITECTURE – THE HELIOPLASTICITY ASPECT

Increasing the thickness of the thermal insulation layer on the vertical facade envelope element resulted in architectural and use-related implications.

The appearance of a deep shadow in the window aperture on the facade may have restricted the architect's creative freedom (unintentional helioplasticity). At the same time, a deep-set window aperture limits direct insolation of the room intended for human occupancy.

On the other hand, this may be intentional. Namely, the aim may be to achieve the effect of the so-called sun-break effect to protect the users of a room from nuisance called by excessive insolation (offices, kitchens, rooms in an apartment unit). This involves, in particular, preceding the room intended for human occupation with a loggia or a full-length canopy or deep framing of the window aperture.

However, at present, access to a diverse range of building materials, and technical and technological solutions in architecture that protect against sunlight and, most importantly, awareness of its destructive effects have decreased the significance of helioplasticity by themselves. Undoubtedly, this also has to do with the 'ephemeral' nature of the phenomenon and thus the lack of importance attached to it (III. 5).

“It is often stressed that in our [Northern and Central European]



II. 5. Szczecin, architektura mieszkaniowa. Osiedle Polonia (po lewej) oraz zabudowa śródmiejska (po prawej). Efekt helioplastyczny o charakterze wynikowym, źródło: Grzegorz Wojtkun

III. 5. Szczecin, residential architecture. Polonia housing estate (left) and downtown development (right). Resultant helioplastic effect, source: Grzegorz Wojtkun

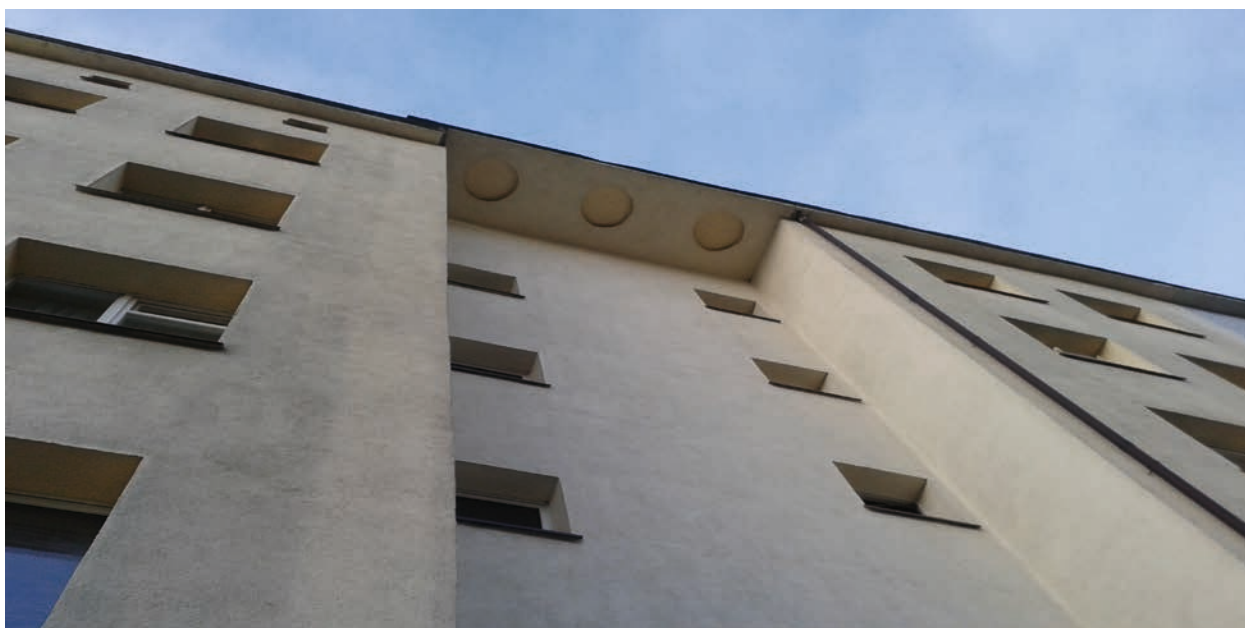
rozumowanie nie wydaje się słuszne” (Twarowski, 1996, s. 130). „W marcu i we wrześniu południowa, nie zasłonięta elewacja nasłoneczniona jest na szerokości geograficznej Warszawy, Rzymu czy Aten od wschodu do zachodu, tj. przez 12 godz. [...]. Elewacja wschodnia lub zachodnia w Polsce wiosną i jesienią jest nasłoneczniona w okresie 6 godz., latem w okresie ok. 8 godz. Te doskonale warunki oświetlenia, które wytwarza słońce na wielu elewacjach, umożliwiają zaprojektowanie wspaniałych kompozycji rzeźbiarskich wprowadzających zmieniające się układy cieni i światła. Olbrzymie możliwości, które powstają przy zastosowaniu nowych materiałów nie zostały dotychczas wykorzystane” (Twarowski, 1996, s. 138).

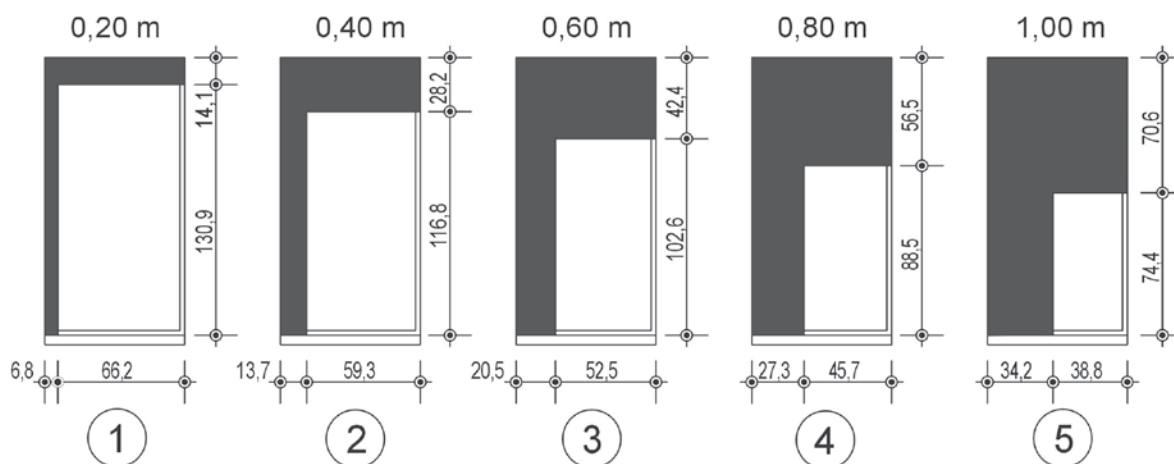
Mimo wszystko warunki nasłonecznienia o wysokich walo-
rach światłocieniowych należałoby utożsamiać przede wszyst-
kim z określoną szerokością geograficzną – „W architekturze

climatic conditions, with relatively few hours of sunshine, it is not
worth adapting a composition to direct lighting. This simplified
reasoning does not appear correct (Twarowski, 1996, p. 130).
In March and September, a south-facing, at the latitude of
Warsaw, Rome or Athens, an unshaded facade receives
sunlight from east to west, i.e., for 12 hours. [...] An east or
west-facing facade in Poland in spring and autumn receives
sunlight for 6 hours, and in summer for about 8 hours. These
excellent lighting conditions, which are produced by the sun
on many of the facades, make it possible to design magnifi-
cent sculptural compositions that introduce shifting arrange-
ments of shadow and light. The enormous opportunities that
arise with new materials have not yet been taken advantage
of” (Twarowski, 1996, p. 138).

II. 6. Szczecin, Stare Miasto. Trwale zakryte okrągłe otwory w zadaszeniu nad wejściem do klatki schodowej w budynku mieszkalnym, źródło: Grzegorz Wojtkun

III. 6. Szczecin, Old Town. Permanently covered round apertures in the roof over a stairwell entrance in an apartment building, source: Grzegorz Wojtkun





II. 7. Dynamika powiększania się zacinienia otworu okiennego w zależności od grubości warstwy termoizolacyjnej, opracowanie: Grzegorz Wojtkun

III. 7. Dynamics of the increase of shade in a window aperture depending on the thickness of the thermal insulation layer, by Grzegorz Wojtkun

starożytnej [przede wszystkim Egiptu, Grecji i Rzymu] problem ten był uwzględniany [...]” (Twarowski, 1996, s. 150).

W rzeczy samej, zdecydowanie łatwiej uzyskać długotrwały, dynamiczny i głęboki efekt helioplastyczny w architekturze wzniesionej w Afryce lub na Bliskim Wschodzie niż w Polsce względnie w Skandynawii. Paradoksalnie, niektóre rozwiązania helioplastyczne, ze względu na dużą częstotliwość występowania opadu atmosferycznego okazały się wręcz dysfunkcyjne (II. 6).

W związku z powyższym w poddanym badaniu oknie wyznaczono również głębokość zacinienia w zależności od grubości warstwy termoizolacyjnej. Przyjęto w tym wypadku dzień 21 marca i godzinę 11.00 jako czas i porę dobrze eksponujące ustalenia badawcze (II. 7).

9. WNIOSKI

Oszczędność energetyczna nie powinna stanowić imperatywu w projektowaniu architektonicznym, a jedynie jeden z czynników determinujących.

Dokonanie badawcze dotyczące ustalenia maksymalnej grubości warstwy izolacji termicznej w budowlanej przegrodzie zewnętrznej może stać się podstawą do dyskusji o relacji między architekturą, efektywnością energetyczną pomieszczenia i budynku mieszkalnego a rachunkiem ekonomicznym.

Z architektonicznego punktu widzenia chodzi w tym wypadku o optymalizację insulacji w środowisku antropogenicznym rozumianej jako komfort zamieszkania człowieka, czyli odpowiedni klimat świetlny i wizualny.

Nabiera to szczególnego znaczenia wobec spodziewanego w przyszłości dalszego zwiększania wymagań cieplnych i wilgotnościowych stawianych zewnętrznym przegrodom budowlanym w budynkach mieszkalnych. Należałoby przy tym wykluczyć możliwość złagodzenia przepisów prawnych w zakresie przesłaniania okien pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi.

W wypadku pojawienia się konieczności przekroczenia granicznej grubości zewnętrznej warstwy termoizolacyjnej należy dążyć do polepszenia jej własności, przyjęcia innych rozwiązań technicznych i technologicznych w tym zakresie, względnie zmiany rozmiaru otworu okiennego.

Równocześnie zasadne wydało się podjęcie badań dotyczących relacji między energooszczędnością pionowych przegród zewnętrznych a nasłonecznieniem i zacinieniem pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi w odniesieniu do rozwiązań znanych

Nevertheless, sunlight conditions with high shadow-forming qualities would have to be identified primarily with a specific latitude – “In ancient architecture [especially Egypt, Greece and Rome], this problem was taken into consideration [...]” (Twarowski, 1996, p. 150).

Indeed, it is far easier to achieve a long-lasting, dynamic and deep helioplastic effect in architecture built in Africa or the Middle East than in Poland or Scandinavia. Paradoxically, some helioplastic solutions, due to the high frequency of precipitation, have even proved dysfunctional (III. 6).

In light of the above, a shading depth relative to the thickness of the thermal insulation layer was calculated. In this case, the study assumed 21 March at 11.00, a period that clearly illustrates the study's findings (III. 4).

9. CONCLUSIONS

Energy saving should not be an imperative in architectural design, but only one of its determining factors.

This study on establishing the maximum thickness of the thermal insulation layer in an external envelope element can act as a basis for discussing the relationship between architecture and a room or building's energy performance and economic calculation.

From an architectural point of view, the aim here is to optimise insolation in the anthropogenic environment, understood as the comfort of human habitation, i.e., a suitable light and visual climate.

This takes on particular significance in the light of the expected future increases in hightemperature requirements to be set before external envelopes in residential buildings. Here, we should rule out the possibility of loosening regulations on the view obstruction of windows in rooms intended for human occupancy. If it is necessary to exceed the outer thickness of the thermal insulation layer, efforts should be made to improve its properties, adopt alternative technical solutions, or change the window aperture size.

Simultaneously, it was deemed justified to conduct research on the relationship between the energy efficiency of vertical external partitions and the solar exposure and shading of habitable spaces, with reference to historical architectural

z historii architektury. Chodziło w tym wypadku o skośne ukształtowanie ościeża otworu okiennego. Przyniosłoby to miejscowe pogorszenie własności termicznych przegrody budowlanej, ale jednocześnie zwiększyłoby dostępność promieni słonecznych.

W związku z powyższym w architektonicznym procesie projektowym wydaje się wręcz niezbędne każdorazowe ustalenie maksymalnej, progowej grubości izolacji termicznej na elewacji nie tyle z powodu wymagań prawnych, lecz przede wszystkim ze względu na implikacje estetyczne, kompozycyjne i użytkowe.

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] Adamczewska-Wejchert H., 1985, Kształtowanie zespołów mieszkaniowych. Wybrane współczesne tendencje europejskie, Warszawa: Arkady.
- [2] Ciburowski A., Jędraszko A., 1980, Habitat. Konferencja ONZ na temat Osiedli Ludzkich, Instytut Urbanistyki i Planowania Przestrzennego Politechniki Warszawskiej, Warszawa-Lódź: PWN.
- [3] Czarnecki W., 1965, Planowanie miast i osiedli. Miejsca pracy i zamieszkania, t. 2, Warszawa: PWN.
- [4] Eisner S., Gallion A.B., 1963, The Urban Pattern. City planning and design, London, New York, Princeton, Toronto: D. van Nostrand Company, Inc.
- [5] Grandjean E., 1978, Ergonomia mieszkania. Aspekty fizjologiczne i psychologiczne w projektowaniu, Warszawa: Arkady.
- [6] Gunßer C., 2003, Stadtquartiere. Neue Architektur für das Leben in der Stadt. Innovative Projekte aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, Stuttgart, München: Deutsche Verlag-Anstalt.
- [7] Korzeniewski W., 1989, Budownictwo mieszkaniowe. Poradnik projektanta, Warszawa: Arkady.
- [8] Kühn E., Vogler P., 1957, Medizin und Städtebau. Ein Handbuch für Gesundheitlichen Städtebaue, Berlin, München, Wien: Verlag von Urban & Schwarzenberg.
- [9] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 9 maja 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2024 r. poz. 726).
- [10] Skibniewska H., 1974, Rodzina a mieszkanie, Warszawa: PWN.
- [11] Syrkus H., 1976, Ku idei osiedla społecznego 1925-1975, Warszawa: PWN.
- [12] Syrkus H., 1984, Społeczne cele urbanizacji. Człowiek i środowisko, Warszawa: PWN.
- [13] Twarowski M., 1996, Słotice w architekturze, Warszawa: Arkady.
- [14] Włodarczyk J.A., 2004, Życie znaczy mieszkać. Dom mieszkalny na granicy stuleci, Tychy: Śląskie Wydawnictwa Naukowe.
- [15] Załącznik nr 2. Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane

solutions. Specifically, this involved using splayed (oblique) window reveals. While this would cause a localised reduction in the thermal performance of the building envelope, it would simultaneously enhance solar access.

Therefore, in the architectural design process, it seems outright necessary to establish a maximum, threshold thickness of thermal insulation on the facade in each case, not so much because of legal requirements, but primarily because of aesthetic, compositional and use-related implications.

- z oszczędnością energii. Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 9 maja 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2024 r. poz. 726).
- [16] Zarządzenie nr 68 Ministra Budownictwa Miast i Osiedli z dnia 20 czerwca 1951 r. w sprawie wprowadzenia tymczasowych normatywów urbanistycznych dla projektowania miast i osiedli (Dz.U. Ministerstwa Budownictwa Miast i Osiedli Nr 68 z dn. 20 czerwca 1951 r., poz. 70).
- [17] Zarządzenie nr 9 Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 29 stycznia 1974 r. w sprawie wskaźników i wytycznych urbanistycznych dla terenów mieszkaniowych w miastach (Dz. Bud. Nr 2 z dn. 2 lutego 1974 r., poz. 2).

ŹRÓDŁA ELEKTRONICZNE/ ONLINE SOURCES

- [1] Fedtke C., Ho A., Manns F., The entrance pupil of the human eye: a three-dimensional model as a function of viewing angle, <https://opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-18-21-22364&id=206212> (dostęp: 12.01.2025).
- [2] Glassolutions Polska, Climatop lux – więcej naturalnego ciepła, <https://oknotest.pl/szyby-i-szklo/wiecej-naturalnego-ciepla-z-climatop-lux> (dostęp: 01.02.2025).
- [3] Gutttag K., FOV: AR and The View of the Real World, <https://kgutttag.com/2019/10/21/fov-ar-and-the-view-of-the-real-world/> (dostęp: 12.01.2025).
- [4] NOAA Solar Calculator, Położenie słońca – kalkulator, https://astronomia.zagan.pl/pliki/pozycja_slonca.html (dostęp: 17.11.2024).
- [5] Stech B., Tak wygląda foton. Ten kształt widzimy pierwszy raz w historii naszej cywilizacji, <https://spidersweb.pl/2024/11/foton-wyglad.html> (dostęp: 23.11.2024).
- [6] TTSQC, *Why do dyes fade in the sun?*, <https://www.qclinking.com/news/why-do-dyes-fade-in-the-sun/> (dostęp: 03.01.2025).