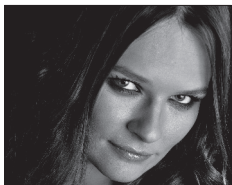


# Architektura krytego basenu pasywnego w standardzie Darmstadt – studium przypadku



mgr inż. arch.  
**ADA KOŁODZIEJCZYK-KĘSOŃ**  
Politechnika Śląska,  
Wydział Architektury  
ORCID: 0000-0003-1877-9473

Obiekty basenowe charakteryzują się wysokimi kosztami utrzymania. Budowa basenów pasywnych o niskim zapotrzebowaniu na ciepło do ogrzewania budynku odpowiada na potrzebę projektowania i budowania tanich w eksploatacji oraz ekologicznych obiektów sportowych. Artykuł przedstawia analizę wybranych rozwiązań architektonicznych przykładowego krytego basenu pasywnego wykonanego w standardzie Darmstadt.

## Wprowadzenie i cel artykułu

W Europie obiekty użyteczności publicznej projektuje się z dbałością o zrównoważony rozwój [1] oraz ekonomikę użytkownika w cyklu życia budynku. Baseny kryte są specyficznymi budynkami wymagającymi dużych nakładów finansowych związanych z kosztami:

- ogrzewania (do temp. min. 30°C) [2],
- zużycia i podgrzania wody basenowej,
- zasilania elektrycznego obiektu.

Zwiększone zapotrzebowanie na energię wpływa na koszty użytkownika oraz emisję dwutlenku węgla. Sektor budownictwa zużywa jedną trzecią globalnej energii końcowej oraz odpowiada za 40% całkowitej emisji dwutlenku węgla [3]. Aby umożliwić realizację celów Komisji Europejskiej – redukcję emisji gazów cieplarnianych do 2030 roku o min. 55% w porównaniu z rokiem 1990 [4], niezbędne jest projektowanie obiektów budowlanych o zredukowanym zapotrzebowaniu na energię. W odpowiedzi na wymagania energooszczędności stawiane budynkom instytut w Darmstadt opracował standard budownictwa pasywnego [5]. Projekt architektoniczny opracowany z uwzględnieniem wymogów tego standardu wraz z przemyślanym zagospodarowaniem terenu jest w stanie obniżyć zapotrzebowanie energii na ogrzewanie. Celem artykułu jest wskazanie rozwiązań projektowych istotnych dla osiągnięcia standardu pasywnego w krytej pływalni.

## Metody badań

Użyto następujących metod [6]: logicznej argumentacji, polegającej na analizie i logicznej konstrukcji, eksperymentalnej (badawczej) oraz studium przypadku *in situ*. Zastosowano następujące techniki: opis wraz z wyjaśnieniem, interpretację logiczną, obser-

wację *in situ*, pomiar, ogląd obiektu, studia i analizy dokumentów oraz przegląd źródeł literaturowych.

Zbadano zastosowane pasywne rozwiązania architektoniczne wpływające na energooszczędność budynku, w tym: usytuowanie budynku względem stron świata, rozmieszczenie przeszkleń – doświetlenie, formę bryły budynku – kształt obiektu, rozwiązania minimalizujące powstawanie mostków termicznych, układ przestrzenny oraz program funkcjonalny budynku. Przeprowadzono badania termowizyjne w podczerwieni kamerą termowizyjną FLIR i7 w warunkach różnicy temperatur min. 10°C.

## Standard budynku pasywnego Darmstadt

Baseny pasywne są specyficznymi obiektami, dlatego Instytut Budownictwa Pasywnego w Darmstadt określa dla każdego z nich indywidualne wymagania. Zużycie energii na ogrzewanie w badanym basenie zostało obniżone o 50% w porównaniu do analogicznych obiektów [7]. Aby osiągnąć stawiane basenom wymagania, stosuje się: dobrą izolacyjność termiczną przegród ( $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ) oraz okien ( $U \leq 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  przy  $g \approx 50\%$ ), odpowiednią lokalizację budynku względem stron świata, zyski ciepła z energii słonecznej, szczelność budynku, wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła o sprawności min. 75% oraz redukcję mostków termicznych [8].

## Wyniki badań – budynek basenu pasywnego – studium przypadku

Pasywny basen kryty Bambados (projekt biura pbr, Osnabrück, realizacja 2011 r.) jest zlokalizowany w Niemczech. Powierzchnia 13,500 m<sup>2</sup> jest użytkowana przez 1100 osób dziennie. Powierzchnia wody to 1,742 m<sup>2</sup>.

Budynek znajduje się przy parku i funkcjonującym niezależnie otwartym kąpielisku.

Frontowa elewacja jest wydłużona i zorientowana na pn.-zach., ma niewielką ilość przeszkleń, wyjątkiem jest strefa wejściowa. Przed budynkiem znajduje się plac z plamą zieleni z elementami małej architektury oraz parking. Przestrzeń frontowa to duża powierzchnia utwardzona z małą ilością zieleni – młodymi drzewami, które mają zacieniać parking. Elewacja południowa ma największą ilość przeszkleń. Synergię obiektu z otoczeniem uzyskano przez wgląd na park oraz wyjście z budynku, ze strefy saunowej, do zewnętrznego ogrodu saunowego zawierającego basen schładzający, basen z podgrzewaną wodą oraz budynek saun zewnętrznych. Zieleni wysoka parku jest zlokalizowana tak, że nie powoduje zacieniania w okresie letnim ani zimowym. W zimie jest to korzystne, gdyż otrzymujemy maksymalne zyski ciepła z energii słonecznej, latem nie wypływa na minimalizację przegrzewania obiektu. W celu uniknięcia przegrzania w pd.-zach. strefie saun i pd. strefie wypoczynkowej, na przeszkleciach sięgających od podłogi do sufitu, zastosowano żaluzje zewnętrzne. Wydzielenie elewacji wschodniej i zachodniej jest utrudnione ze względu na organiczny kształt budynku, w rzucie budynek przypomina owal.

Bryła jest zwarta i nie ma wycięć, z wyjątkiem strefy wejściowej oraz tarasu na dachu. Współczynnik zwartości obiektu  $A/V = 0,21$ . Piątą elewację stanowi dach, który jest pokryty panelami fotowoltaicznymi, na 1/6 powierzchni zorganizowano taras zewnętrzny z małym basenem otwartym. Dachy szedowe doświetlają światłem naturalnym przestrzeń hali sportowej, części rekreacyjnej i foyer. System sterowania światłem dziennym przez czujniki jasności reguluje intensywność oświetlenia.

W Europie obiekty użyteczności publicznej projektuje się z dbałością o zrównoważony rozwój oraz ekonomikę użytkowania w cyklu życia budynku. Baseny kryte są specyficznymi budynkami wymagającymi dużych nakładów finansowych.

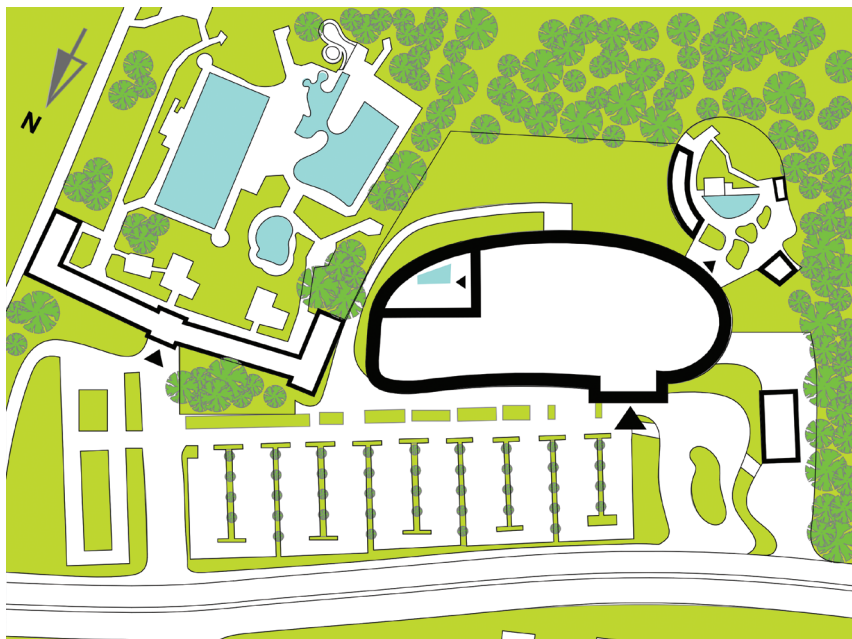
W obiekcie nie ma zjeżdżalni zewnętrznych – charakterystycznego składnika aquaparków – rozpoznawalnego elementu widocznego z daleka. Zjeżdżalnie zostały obudowane ścianami i znajdują się w całości wewnątrz bryły, dzięki czemu wyeliminowano straty ciepła oraz mostki termiczne. Wyjście z budynku do basenu zewnętrznego zlokalizowanego na tarasie dachowym odbywa się osłoniętym od wiatru tunelem termoizolacyjnym. Attyki budynku zostały wykonane w konstrukcji z płyt OSB – rozwiązanie minimalizujące występowanie mostków termicznych [9]. Badanie termowizyjne wykazało dobrą izolacyjność obiektu. Niewielkie mostki termiczne zaobserwowano na elementach okien i drzwi oraz w strefie wypływu basenu zewnętrznego.

Hala basenowa jest podzielona na strefy funkcjonalne (rys. 2.). Od północy zlokalizowano funkcje wymagające najniższej temperatury – basen sportowy, szatnie, pomieszczenia administracyjne oraz spa. Od strony pd.-wsch. zlokalizowano basen rekreacyjny oraz dydaktyczny, a od pd.-zach. strefę saun. Budynek jest częściowo podpiwniczony – podbasenie z technologią.

Podczas projektowania obiekt podzielono na strefy temperaturowe i przeprowadzono obliczenia w programie PHPP (Passive House Project Planning Package). Wymagania stref wynikają z wartości zadanej temperatury oraz z wewnętrznych zysków ciepła i lokalizacji stref. Najwyższe zużycie ciepła występuje w hali basenowej, szatniach i prysznicach, które są pośrednio dogrzewane przez sąsiednie baseny. Szatnie oraz prysznice na parterze są narażone na wychłodzenie poprzez strefę wejściową. W strefie saun występują dodatkowe zyski ciepła z kabin saunowych i przeszkleń od strony pd.-zach. [9].

Parametry przegród: ściany zewnętrzne grubości 55 cm o współczynniku  $U=0,135 \text{ W/m}^2\text{K}$ , podłoga na gruncie grubości 75 cm o współczynniku  $U=0,142 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dach z dźwigarów drewnianych grubości 38 cm o współczynniku  $U=0,097 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dach żelbetowy grubości 61 cm o współczynniku  $0,095 \text{ W/m}^2\text{K}$  [9].

Szczelność powietrzna budynku  $n_{50}=0,07 \text{ h-1}$  [9], która jest istotna w basenach, gdzie



Rys. 1. Plan sytuacyjny; źródło: opracowanie własne



Fot. 1. Basen Bamabados; źródło: fot. autorki

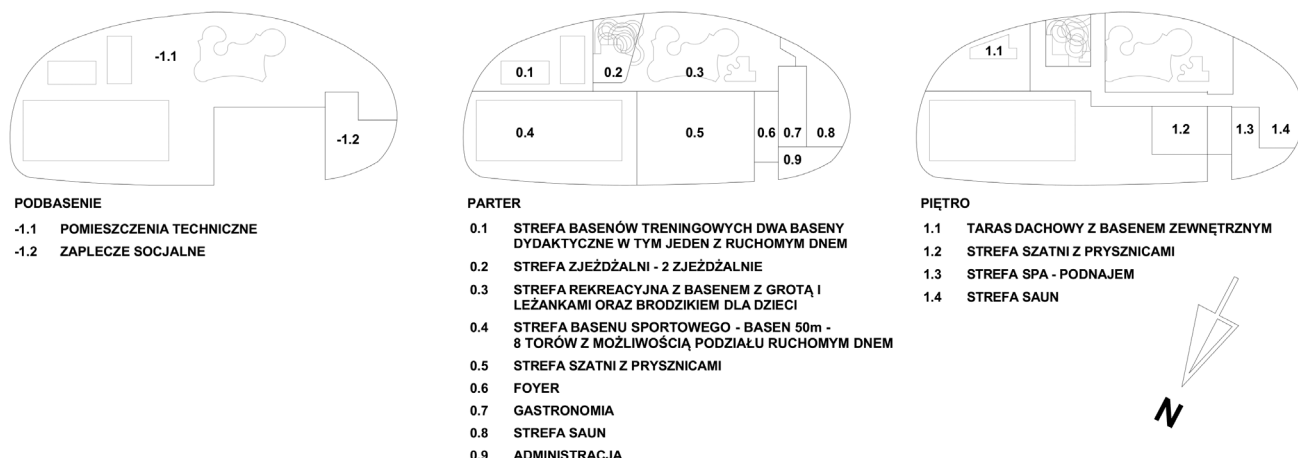
duża wilgotność, chlor oraz wysoka temperatura mogą być przyczyną niszczenia przegród budowlanych przez wykroplenie wilgoci wewnątrz struktur budowlanych (punkt rosy jest przesunięty).

Fasada słupowo-ryglowa z potrójnym szkleniem, wykonana z profili aluminiowych, pozwala na uzyskanie wysokiej temperatury na powierzchni przeszkleń oraz przy krawędzi szklenia. Średni współczynnik przenikania ciepła dla szyby  $U_g=0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$  przy  $g=0,49$  [9].

Ciepło do obiektu jest dostarczane z sąsiedniego budynku kotłowni kogeneracyjnej, energię wytwarza się z surowców odnawialnych. Zużycie energii podczas użytkowania obiektu jest tak niskie, że nie występuje ciągłe zapotrzebowanie na moc dla jednostki kogeneracyjnej. Dodatkowym źródłem ciepła są pompy ciepła powietrza wywiewanego z urządzeń wentylacyjnych. Ciepło odpa-

dowe z basenów schładzających służy do podgrzewania wody basenowej. Ogrzewanie budynku odbywa się powietrzem nawiewanym. W obiekcie znajdują się pojedyncze ławki grzewcze w hali basenu sportowego oraz w strefie saun służące okresowemu podgrzewaniu. Zrezygnowano z ogrzewania podłogowego – plaża basenowa jest podgrzewana zyskami ciepła od technologii zlokalizowanej w podbaseniu [9].

Wentylacja zapewnia jakość i osuszenie powietrza oraz ogrzewanie obiektu. Wartość wilgotności względnej w trakcie użytkowania obiektu wynosi 58% i uwzględnia komfort użytkowników. Poza godzinami otwarcia wentylacja jest wyłączana, monitorowana wilgotność wzrasta w zależności od temperatury powietrza wewnętrznego. Nie należy przekraczać wilgotności względnej 64% ze względu na ochronę konstrukcji. W razie potrzeby uruchamia się wentylację w celu osuszania.



Rys. 2. Program obiektu; źródło: opracowanie własne

### KOMPONENTY BASENU PASYWNEGO:

- DOBRZE IZOLOWANE PRZEGRODY
- BRAK MOSTKÓW TERMICZNYCH
- SZCZELNOŚĆ POWIETRZNA
- STOARKA PASYWNA

**WYSOKA JAKOŚĆ PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH**

**MOŻLIWE PODWYŻSZENIE WILGOTNOŚCI**

**WYDŁUŻONA ŻYWOTNOŚĆ BUDYNKU**

**MNIEJSZE PAROWANIE**

**ZMNIEJSZENIE ILOŚCI KONIECZNYCH REMONTÓW**

**ZMNIEJSZENIE ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA WODY BASENOWEJ I POMIESZCZEŃ**

**MNIEJSZE ZAPOTRZEBOWANIE ENERGII NA OSUSZANIE**

**OSZCZĘDNOŚCI PODCZAS EKSPLOATACJI OBIEKTU**

Rys. 3. Zależności pomiędzy założeniami budownictwa pasywnego a oszczędnościami; źródło: opracowanie własne na podstawie [10]

Wyższa wilgotność powoduje niższe zużycie energii (rys. 3.). Przegrody budowlane mają wysoką temperaturę powierzchni dzięki zastosowaniu izolacji termicznej ścian, ciepłej stolarki oraz redukcji mostków termicznych, co umożliwia uzyskanie wyższych poziomów wilgotności bez kondensacji (przejścia przez punkt rosy) pary wodnej na powierzchniach (nadmuch na przeszklone fasady nie jest konieczny) [9].

Mokrzy użytkownicy preferują wyższy, a suchy personel niższy poziom wilgotności względnej powietrza. Należy projektować oddzielne pomieszczenia dla obsługi basenu, w którym może ona odpocząć od wilgoci i ciepła, oraz sytuować stanowiska ratowników w strefie nawiewu suchego powietrza. Niższa temperatura wody zmniejsza parowanie, lecz musi być komfortowa dla użytkowników. Warstwowa wentylacja zapewnia różne warunki wilgotnościowe w pasach nad wodą

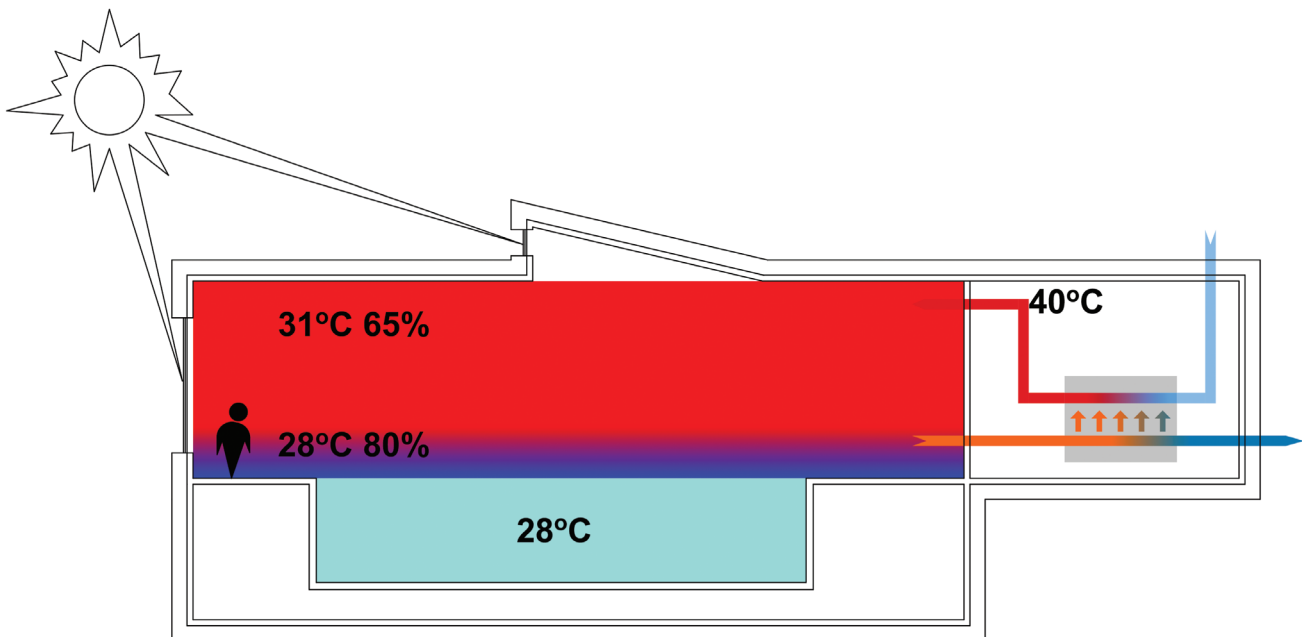
(rys. 4.). Duża wilgotność około 10 cm nad powierzchnią wody zapobiega jej parowaniu, powietrze ponad 50 cm nad poziomem wody powinno być o około 10% bardziej suche, ułatwiając przebywanie w tej strefie obsłudze basenu oraz zmniejszając ryzyko wykropleń na przegrodach zewnętrznych.

W 2014 roku Laboratorium Chemiczne Graser (CLG) przeprowadziło badania jakości powietrza – pomiary trihalometanów. Niskie lub średnie stężenia (THM) w stosunku do wartości porównawczych z literatury (publikacje Federacji Agencji Ochrony Środowiska i Eichelsdörfera) zostały odnotowane w hali niecki rekreacyjnej i szkoleniowej, natomiast wysokie stężenie odnotowano w hali niecki sportowej. Wdrożono rozwiązania naprawcze związane z korektą ustawienia nawiewu powietrza. Należy zaznaczyć, że podczas badań nie zostały przekroczone wartości maksymalne [9].

### Wnioski

Budowa zrównoważonych, pasywnych basenów krytych zapewnia komfort użytkownika, dobrą jakość powietrza przy zredukowanym zużyciu energii. Cel artykułu – wskazanie rozwiązań projektowych istotnych dla osiągnięcia standardu pasywnego w krytej pływalni – osiągnięto poprzez analizę budynku basenu krytego Bambados, spełniającego ten standard [9].

W celu zapewnienia regulacji temperatury w strefach istotne jest odpowiednie rozmieszczenie funkcji względem siebie oraz stron świata. Korzystne jest sąsiedztwo szatni z prysznicami i hali basenowej, gdzie występuje najwyższe zużycie ciepła, ale należy zapewnić oddzielenie termiczne strefy saun od administracji oraz szatni z prysznicami od strefy wejściowej. Umieszczenie od strony pd.-zach. stref wymagających najwyższych zysków ciepła jest korzystne.



Rys. 4. Wentylacja warstwowa; źródło: opracowanie własne na podstawie [10]

Izolowana termicznie, szczelna powłoka budynku bez mostków termicznych (wysoka temperatura powierzchni przegród budowlanych) eliminuje zawilgacanie przegród, a w konsekwencji konieczność remontów, czyli przedłuża żywotność obiektu (można podnieść poziom wilgotności, co zmniejsza zapotrzebowanie na energię).

Rezygnacja z zewnętrznych zjeżdżalni oraz basenów wypływowych redukuje powstawanie mostków termicznych i przekłada się na zmniejszone zapotrzebowanie na energię.

Izolacja termiczna pomiędzy halą a podbaseniem nie jest konieczna, a wręcz niekorzystna.

Poprawny projekt przeszkleń elewacji powinien uwzględniać zarówno zyski energetyczne od słońca, minimalizować przegrzewanie, jak i brać pod uwagę efekt oślenia pływających.

Oszczędność energii potrzebnej na oświetlenie należy uzyskać przez doświetlenie światłem naturalnym maksymalnej powierzchni basenu krytego oraz zastosowanie oszczędnych źródeł światła oraz czujników ruchu.

Wyniki badań są zbliżone z opracowaniem Instytutu Budownictwa Pasywnego z Darmstadt w odniesieniu do opublikowanych wytycznych do projektowania basenów pasywnych [10].

Projektowanie oraz budowanie basenów pasywnych ma duże uzasadnienie, zwłaszcza że obiekty te i tak wymagają szczelności powietrznej oraz stosowania wentylacji mechanicznej. Przemyślany projekt architektoniczny zrównoważonego, energooszczędnego basenu krytego pozwala obniżyć koszty eksploatacji, a co za tym idzie, odciążać budżet gmin.

#### Literatura

- [1] Hrivnak J., 2007, Is relative sustainability relevant?, *Architectural Research Quarterly*, 11(2).
- [2] Sokolowski C., Wymagania sanitarnohigieniczne dla krytych pływalni – Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej, Warszawa 1998.
- [3] <https://www.iea.org/topics/buildings> [dostęp: 28.05.2021].
- [4] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Ambitniejszy cel klimatyczny Europy do 2030 r. Inwestowanie w przyszłość neutralną dla klimatu z korzyścią dla obywateli, Bruksela 2020.
- [5] Schlagowski G., Podstawy budownictwa pasywnego proste, genialne, komfortowe, Wyd. Polski Instytut Budownictwa Pasywnego Gdańsk (2010).
- [6] Niezabitowska E.D., Metody i techniki badawcze w architekturze, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014
- [7] [https://passivehouse-international.org/upload/2015\\_12\\_15\\_Passive-House-Swimming-Pool\\_Bamberg\\_Press-Release.pdf](https://passivehouse-international.org/upload/2015_12_15_Passive-House-Swimming-Pool_Bamberg_Press-Release.pdf) [dostęp: 26.04.2022].
- [8] Schnieders J., Feist W., Pfluger R., Kah O., CEPHEUS Naukowa analiza i ocena Raport końcowy, IBP, Darmstadt 2001/2 wyd. 2007
- [9] Gollwitzer E., Gressier F., Peper S., Passivhaus-Hallenbad Bambados Monitoring, PHI, August 2015.
- [10] Gollwitzer E., Grove-Smith J., Peper S., Schulz T. Passivhaus-Konzept für Hallenbäder: Leitfaden, Herausgeber, PHI, AuftraggeberDBU, Darmstadt 2018.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.8547

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA  
 Kołodziejczyk-Kęsoń Ada, 2022, Architektura krytego basenu pasywnego w standardzie Darmstadt – studium przypadku, „Builder” 6 (299). DOI: 10.5604/01.3001.0015.8547

**Streszczenie:** Celem artykułu jest wskazanie rozwiązań projektowych istotnych dla osiągnięcia standardu pasywnego w krytej pływalni. Cel osiągnięto poprzez analizę budynku krytego basenu spełniającego ten standard. Metody użyte w artykule to: badania źródeł literatury i dokumentacji oraz badania *in situ* studium przypadku polegające na obserwacji i pomiarach, w tym badania termowizyjne. Omawiany basen wykazuje rozwiązania architektoniczne i techniczne obniżające zużycie energii. Autorka wysuwa wniosek, że odpowiedni projekt architekto-

niczny pozwala na wykonanie zrównoważonego budynku, który będzie energooszczędny i ekonomiczny w utrzymaniu.

**Słowa kluczowe:** kryty basen pasywny, energooszczędność, budynki zrównoważone, projektowanie architektoniczne

**Abstract:** ARCHITECTURE OF AN INDOOR PASSIVE SWIMMING POOL IN THE DARMSTADT STANDARD – A CASE STUDY. The aim of this article is to indicate the design solutions essential to obtaining Passive-House standard in an indoor swimming-pool. The aim was achieved by analyzing an indoor-swimming pool that meets this standard. The methods used in this article are: literature and documentation research, in situ case study based on observation and measurements, which includes thermovision research. The discussed swimming-pool demonstrates architectural and technical solutions to reduce energy demand. The author concludes that an appropriate architectural design makes it possible to construct a sustainable building that is energy efficient and economical to maintain.

**Keywords:** passive house indoor swimming pool, energy efficiency, sustainable buildings, architectural design