

NUMER SPECJALNY

BUDOWNICTWO i PRAWO



NR 2/2026

www.pocen24.pl ■ NR 2 (118)/2026 rok XXIX ■ e-ISSN: 2956-8587 ■ Cena 44 zł (w tym 8% VAT) ■ Kwartałnik

- ✓ PRZYSZŁOŚĆ AI
W BUDOWNICTWIE
- ✓ REWITALIZACJA
- ✓ PROJEKTY
ŚRODOWISKOWE

BUDOWNICTWO
OGÓLNE

Nowość

BUDUJ ZGODNIE Z PRAWEM



BUDOWNICTWO OGÓLNE 2026

dr hab. inż.
Janusz Sobieraj

Najnowszy, kompleksowy podręcznik dla studentów I i II stopnia, politechnik, studiów podyplomowych oraz początkujących menedżerów budownictwa.

W 2026 roku budownictwo ogólne to nie tylko wznoszenie budynków – to odpowiedzialność za zrównoważony rozwój, bezpieczeństwo i przyszłość miast. Ta książka w praktyczny i nowoczesny sposób łączy wiedzę techniczną z aktualnymi wymogami prawnymi, środowiskowymi i ekonomicznymi.

Co znajdziesz w środku?

- Wymogi projektowe dla kluczowych obiektów: baseny i SPA, hotele, domy opieki, DPS-y, kina, teatry, żłobki, przedszkola, urzędy, kościoły, sanatoria i obiekty sportowe
- Nowoczesne zabezpieczenia przeciwpożarowe – od szpitali i bibliotek po przedszkola, akademiki i kościoły
- Prawo zamówień publicznych w budownictwie (PZP) z modelem procesowym i aktualnymi wyzwaniami 2026 r.
- ESG w praktyce budowlanej – jak zdobywać finansowanie i budować wartość firmy
- Pełny model procesu inwestycyjnego w procedurze PZP (swimlane)
- Termomodernizacja, Krajowy Plan Renowacji Budynków i obliczenia śladu węglowego
- Gospodarka odpadami z rozbiórek i uwarunkowania środowiskowe

Plus trzy obszerne case study:

1. Obiekty biurowo-magazynowe z garażem podziemnym
2. Szpitale z lądowiskiem dla helikopterów medycznych
3. Budynek administracyjno-garażowy z lądowiskiem dla śmigłowców ratunkowych

Dla kogo? Dla studentów kierunków budowlanych i architektonicznych, projektantów, kierowników budowy, inwestorów oraz wszystkich, którzy chcą znać aktualne przepisy i najlepsze praktyki budownictwa ogólnego w Polsce w 2026 roku.

Budownictwo Ogólne 2026 – nie podręcznik, a praktyczny przewodnik po współczesnym budownictwie zrównoważonym, bezpiecznym i zgodnym z prawem.

O d redakcji

- 2 | Słowo wstępne

A I w budownictwie

- 3 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Sztuczna inteligencja w budownictwie – od systemów ekspertowych do systemów autonomicznych**
- 9 | DR DOMINIK METELSKI, DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Ewolucja AI w budownictwie – od systemów ekspertowych do autonomicznych robotów – wywiad**

T urystyka – Rewitalizacja

- 15 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Rozwój turystyki w Europie oraz jej wpływ na mieszkańców miast**
- 20 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Rewitalizacja Zona Velha w Funchal stolicy portugalskiej Madery**
- 25 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Rewitalizacja miasta Bilbao – projekty urbanistyczne i transformacyjne**
- 30 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Rewitalizacja miasta Walencja**

P rojekty środowiskowe

- 34 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Rewitalizacja dworca Warszawa Wileńska poprzez integrację z funkcją handlowo-usługową (1998–2002)**
- 38 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Centrum Handlowo-Rozrywkowe Arkadia w Warszawie (2002–2004)**
- 42 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Arkadia Shopping and Entertainment Centre in Warsaw (2002–2004) (wersja angielska)**
- 46 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Relokacja dzikiego wysypiska i rekultywacja wyrobiska piasku w gminie Łomianki**
- 50 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Rozbiórka obiektów i zagospodarowanie odpadów w świetle regulacji UE i Polski**

B udownictwo

- 53 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Domy modułowe – najważniejsze rzeczy, które należy wiedzieć o tego rodzaju domach**
- 65 | DR HAB. INŻ JANUSZ SOBIERAJ **Budownictwo drewniane w konstrukcji litej i szkieletowej – informacje ogólne**

20 PUNKTÓW DLA ARTYKUŁÓW NAUKOWYCH

Całkowita wartość punktowa dla artykułów naukowych zamieszczonych w czasopiśmie „Budownictwo i Prawo” wynosi 20 pkt. zgodnie z listą zamieszczoną w Komunikacie Ministra Nauki z dnia 05 stycznia 2024 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych. Zapraszamy do publikowania na łamach „Budownictwa i Prawa”, artykułów naukowych, informacyjnych i wypowiedzi dyskusyjnych oraz prenumerowania „Budownictwa i Prawa”.

Czasopismo jest indeksowane w bazach: BazTech i Index Copernicus

RADA NAUKOWO-PROGRAMOWA

dr hab. Joanna Smarż
– przewodnicząca
dr Ewelina Badura
prof. dr hab. inż. Jozef Kriš – Słowacja
prof. dr inż. Miroslav Kyncl – Czechy
inż. Frank Frössel – Niemcy
dr inż. Jarosław Szulc
prof. Houari Ameur – Algieria
dr hab. inż. Arkadiusz Węglarz
prof. Andrzej S. Nowak – USA

PREZES I REDAKTOR NACZELNY

Ryszard Sobolewski
prezes@polcen.com.pl

REDAKTOR PROWADZĄCY

dr hab. inż. Janusz Sobieraj
Visiting Professor
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Warszawska

REDAKTOR JĘZYKOWY

TŁUMACZ JĘZYKA ANGIELSKIEGO

Jacek Sobolewski
info@polcen.com.pl

REDAKTOR JĘZYKOWY

Anna Bogdańska
redakcja@polcen.com.pl

REDAKTOR STATYSTYCZNY

dr hab. inż. Anna Głowacka

SEKRETARZ REDAKCJI

Aneta Radziszewska
wydawnictwo@polcen.com.pl

OPRACOWANIE GRAFICZNE

ARTKOM Tomasz Drązek

ADRES REDAKCJI

POLCEN Sp. z o.o.
00-511 Warszawa, ul. Nowogrodzka 31
tel. 601 885 039
e-mail: wydawnictwo@polcen.com.pl

www.polcen24.pl

(księgarnia internetowa)

WYDAWCA

Oficyna Wydawnicza POLCEN Sp. z o.o.

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności merytorycznej za treść artykułów i reklam. Wszystkie materiały objęte są prawem autorskim.

Zdjęcie na okładce: Chroma Stock

Nakład: 3700 egz.

Szanowni Państwo!

Oddaję do rąk Czytelników zbiór artykułów i studiów przypadku, które powstały w ciągu ostatnich lat w wyniku mojej wieloletniej pracy naukowo-dydaktycznej oraz praktyki inżynierskiej i zarządczej w branży budowlanej.

Tematem przewodnim tomu jest **transformacja budownictwa i przestrzeni miejskiej** – od rewolucji technologicznej po głębokie zmiany społeczno-gospodarcze i środowiskowe. Artykuły łączą trzy pozornie odległe, a w rzeczywistości ściśle ze sobą powiązane obszary:

- **Cyfryzację i sztuczną inteligencję** w projektowaniu, realizacji i zarządzaniu procesami budowlanymi (od systemów ekspertowych lat 80., przez uczenie maszynowe, aż po generatywną AI i cyfrowe bliźniaki);
- **Studia przypadków** wielkich inwestycji i rewitalizacji – zarówno tych zrealizowanych w Polsce (Arkadia, Warszawa Wileńska, Łomianki, WZL-4), jak i tych, które stały się światowymi ikonami sukcesu (Bilbao, Walencja, Funchal na Maderze);
- **Zrównoważony rozwój i odpowiedzialność** – od budownictwa drewnianego i modułowego, przez gospodarkę odpadami i rekultywację terenów zdegradowanych, po wpływ masowej turystyki na życie mieszkańców miast.

Każdy tekst łączy perspektywę inżyniera, kierownika wielkich kontraktów „design & build” oraz wykładowcy akademickiego. Dzięki temu Czytelnik otrzymuje nie tylko rzetelną analizę teoretyczną i przegląd literatury, lecz przede wszystkim praktyczną wiedzę „z pierwszej ręki” – z placu budowy, sali narad inwestorskich i sal wykładowych Politechniki Warszawskiej oraz uczelni zagranicznych, na których miałem zaszczyt gościć jako visiting professor.

Mam nadzieję, że publikacja ta będzie przydatna zarówno studentom kierunków budowlanych, architektury i zarządzania projektami, jak i praktykom – inżynierom, projektantom, deweloperom, urzędnikom oraz wszystkim, którzy na co dzień kształtują przestrzeń, w której żyjemy. Wierzę, że połączenie najnowszych technologii z szacunkiem dla dziedzictwa, środowiska i człowieka jest jedyną drogą, aby budownictwo XXI wieku było jednocześnie efektywne, zrównoważone i po prostu... ludzkie.

Życzę inspirującej lektury i wielu konstruktywnych refleksji.

Z wyrazami szacunku
dr hab. inż. Janusz Sobieraj
Visiting Professor
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Warszawska

Sztuczna inteligencja w budownictwie – od systemów ekspertowych do systemów autonomicznych

Artykuł stanowi kompleksową analizę zastosowania sztucznej inteligencji (AI) w branży budowlanej, jednym z największych sektorów gospodarczych odpowiadającym za około 13% światowego produktu krajowego brutto. Mimo swojej znaczącej roli gospodarczej, budownictwo od dekad zmagają się z chroniczną luką produktywności – wzrost wydajności w ostatnich 20 latach wyniósł zaledwie 10%, podczas gdy globalna gospodarka osiągnęła wzrost ponad 50%. Artykuł analizuje ewolucję AI w budownictwie od systemów ekspertowych z lat 80. i 90. XX wieku, poprzez uczenie maszynowe, aż do współczesnych rozwiązań opierających się na głębokim uczeniu, sieciach neuronowych i integracji z technologią BIM oraz cyfrowymi bliźniakami. Omówiono praktyczne zastosowania AI w projektowaniu, planowaniu i harmonogramowaniu, automatyzacji procesów wykonawczych, zarządzaniu bezpieczeństwem oraz optymalizacji zasobów. Wskazano kluczowe korzyści, takie jak redukcja kosztów, skrócenie harmonogramów i poprawa bezpieczeństwa, jednocześnie analizując istotne bariery wdrożeniowe. We wnioskach podkreślono, że pełne wykorzystanie potencjału AI w budownictwie wymaga nie tylko dalszego rozwoju technologicznego, ale przede wszystkim zmian organizacyjnych i przystosowania kompetencji pracowników.

Słowa kluczowe: AI w budownictwie, digital twins, druk 3D, rozwój AI, wyzwania AI, bariery AI.

Artificial Intelligence in Construction – From Expert Systems to Autonomous Systems. This article provides a comprehensive analysis of the application of artificial intelligence (AI) in the construction industry, one of the largest sectors of the economy, responsible for approximately 13% of global gross domestic product. Despite its major economic role, construction has for decades struggled with a chronic productivity gap – productivity growth over the last 20 years has been only 10%, while the global economy achieved growth of more than 50%. The article analyses the evolution of AI in construction from expert systems of the 1980s and 1990s, through machine learning, to contemporary solutions based on deep learning, neural networks, and integration with BIM technology and digital twins. Practical applications of AI in design, planning and scheduling, automation of execution processes, safety management, and resource optimisation are discussed. Key benefits are identified, such as cost reduction, shorter schedules, and improved safety, while important implementation barriers are also analysed. The conclusions emphasise that full use of AI's potential in construction requires not only further technological development, but above all organisational change and the adaptation of workers' competences.

Keywords: AI in construction, digital twins, 3D printing, AI development, AI challenges, AI barriers.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

Wprowadzenie

Sztuczna inteligencja definiowana jest jako „system lub struktura mająca zdolność do wykonywania zadań w złożonych środowiskach bez stałego kierownictwa użytkownika” [1]. W ostatniej dekadzie AI przestała być domeną wyłącznie laboratoriów badawczych i korporacji technologicznych. Stopniowo przenika do sektorów, które przez lata funkcjonowały w tradycyjnych, mało innowacyjnych modelach biznesowych. Jednym z takich sektorów jest budownictwo – branża odpowiadająca za około 13% światowego PKB, a jednocześnie zmagająca się z paradoksalnie niską produktywnością [2].

Technologie sztucznej inteligencji, takie jak widzenie komputerowe, sieci neuronowe i uczenie maszynowe, okazały się użyteczne w poprawie różnych aspektów projektów budowlanych. Oferują one

rozwiązania dla problemów zarządzania projektami budowlanymi, takich jak opóźnienia, zagrożenia bezpieczeństwa, przekroczenia budżetu i wyzwania w kontroli jakości [3]. Inteligentne analityczne funkcje prognozowania AI odgrywają kluczową rolę w dokładnym prognozowaniu harmonogramów projektów i ryzyka, przewyższając tradycyjne metody. Podobnie, autonomiczne maszyny będące produktem rozwoju AI potrafią zajmować się niebezpiecznym i powtarzalnym pracami, znacznie zwiększając wydajność i bezpieczeństwo [3].

Ewolucja AI w budownictwie: trzy ery transformacji

Pierwsza era: systemy ekspertowe (lata 80.-90.)

Pierwsza fala sztucznej inteligencji w budownictwie pojawiła się

w latach 80. i 90. XX wieku w postaci tzw. systemów ekspertowych. Były to programy komputerowe oparte na regułach, które próbowały naśladować proces rozumowania i podejmowania decyzji przez doświadczonych inżynierów. Systemy te składały się z dwóch głównych elementów: bazy wiedzy zawierającej fakty i reguły, oraz mechanizmu wnioskowania działającego na podstawie reguł warunkowych typu „jeśli... to...” [4].

W praktyce budowlanej systemy ekspertowe wykorzystywano do wspomaganie planowania projektów, diagnostyki problemów konstrukcyjnych oraz doboru materiałów. Ich wielką zaletą były możliwości skodyfikowania i zachowania cennej, często niepisanej, wiedzy eksperckiej. Jednak rozwijały się powoli, wymagały ręcznego wprowadzania reguł, a ich skuteczność była

* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

ograniczona jakością przygotowanej bazy wiedzy. Ten okres stworzył fundamenty dla bardziej zaawansowanych podejść, ale pokazał również ograniczenia podejścia opartego wyłącznie na regułach w złożonym środowisku budowlanym [5].

Druga era: uczenie maszynowe (koniec lat 90./początek XXI wieku)

W końcu lat 90. i na początku XXI wieku nastąpił przełom, gdy uczenie maszynowe zaczęło wypierać systemy oparte na regułach. Algorytmy ML nie potrzebowały ręcznie zapisanych instrukcji – potrafiły „uczyć się” zależności bezpośrednio z dostępnych danych. Im więcej dobrych danych, tym lepsze stawały się ich predykcje. Badania pokazują, że metody ML potrafią znajdować złożone, nieliniowe zależności w danych, co było znacznie trudniejsze dla wcześniejszych systemów ekspertowych opartych na regułach [5].

W budownictwie uczenie maszynowe znalazło zastosowanie w predykcji właściwości materiałów. Badania Chaabene'a i in. z 2020 roku pokazują, jak można bardzo dobrze przewidywać właściwości mechaniczne betonu na podstawie jego składu [5]. Popularne stały się algorytmy regresyjne, drzewa decyzyjne oraz maszyny wektorów nośnych (SVM). Druga era ML otworzyła nowe możliwości w optymalizacji harmonogramów, analizie ryzyka i klasyfikacji defektów konstruktywnych [5].

Trzecia era: głębokie uczenie (od 2012)

Trzecia era, która rozpoczęła się po roku 2012, jest związana z rewolucją głębokiego uczenia. Za symboliczny moment przełomowy uważa się rok 2012 i spektakularny sukces algorytmu AlexNet – konwolucyjnej sieci neuronowej, która wygrała prestiżowy konkurs rozpoznawania obrazów ImageNet [5].

Przełom ten mógł zaistnieć, gdyż zbiegły się w czasie dwa kluczowe czynniki: gwałtowny wzrost mocy obliczeniowej dzięki kartom graficznym (GPU) oraz dostęp do coraz większych zbiorów danych wizualnych. To stwo-

rzyło idealne warunki do rozwoju algorytmów głębokiego uczenia i wizji komputerowej. Dla budownictwa oznaczało to rzeczywistą rewolucję – komputery zaczęły w efektywny sposób „widzieć” i rozumieć obrazy z placu budowy [2].

Współczesne zastosowania AI w budownictwie

Projektowanie i optymalizacja parametrów

Rola AI w projektowaniu miała charakter twórczy. Z jej pomocą możliwe stało się generowanie setek wariantów koncepcji w procesach projektowania parametrycznego i generatywnego. Inteligentne algorytmy analizują nasłonecznienie, warunki klimatyczne, przepisy lokalne, koszty materiałów, ślad węglowy i setki innych parametrów jednocześnie [2].

Wielkoskalowe projekty dostarczają spektakularnych przykładów tej zmiany. Budowa Jeddah Tower – wieżowca mającego pobić rekord wysokości Burdż Chalifa – została częściowo powierzona sztucznej inteligencji. AI odpowiada tam za analizę aerodynamiczną konstrukcji, minimalizację drgań i przewidywanie sił wiatru działających na budynek o wysokości przekraczającej 1000 metrów. Inteligentne systemy optymalizują również zużycie materiałów, zmniejszając nie tylko koszty, ale również wpływ konstrukcji na środowisko [2].

Planowanie i harmonogramowanie

Projektowanie oraz planowanie i harmonogramowanie to obszary o największej liczbie badań AI w budownictwie – jak wskazuje artykuł przeglądowy Bang i Olssona z 2022 roku [1].

Algorytmy AI zdolne są do analizy historycznych danych projektowych i tworzenia realistycznych prognoz czasowych oraz budżetowych. Systemy mogą przewidywać opóźnienia, identyfikować wąskie gardła logistyczne i sugerować optymalne rozmieszczenie zasobów [1].

Standardowe narzędzia prognozowania oparte na metodach tradycyj-

nych – Earned Value Management czy metody Monte Carlo – są zastępowane zaawansowanymi modelami opierającymi się na sieciach neuronowych. Przewidywania AI są czasami dokładniejsze niż oszacowania ekspertów, zwłaszcza w niepewnych warunkach [3].

Robotyka i automatyzacja na placach budowy

Robot Adrian X to obecnie najbardziej namacalny przykład automatyzacji. Maszyna sterowana z tabletu autonomicznie układa cegły z prędkością i precyzją niedostępną dla człowieka. System wspierany jest przez algorytmy uczenia maszynowego, które skanują otoczenie, analizują położenie cegieł i korygują błędy w czasie rzeczywistym [2].

Równie istotne są autonomiczne maszyny wznoszące budynki, czyli roboty montażowe, które samodzielnie poruszają się po elewacji budynku, wykorzystując modułowy system prowadnic. Wyposażone w czujniki wizyjne, LiDAR i precyzyjne ramiona robocze, wykonują łączenia konstrukcyjne, uszczelnienia i montaż prefabrykowanych paneli z milimetrową dokładnością [2].

Drony wyposażone w AI prowadzą inspekcje, dostarczają dane do porównania z modelami BIM i analizują zagrożenia. Dzięki temu możliwe jest stałe monitorowanie jakości wykonania, a decyzje podejmowane są na podstawie obiektywnych danych, a nie wrażenia wizualnego inspektora [2]. Projekt Heathrow Terminal 5 stanowi jeden z najbardziej udanych przykładów. Firma Skanska użyła autonomicznych systemów zarządzania dźwigami i robotów inspekcyjnych, dzięki czemu udało się skrócić czas realizacji o 20% oraz zmniejszyć liczbę błędów konstrukcyjnych o 30% [2].

Zarządzanie bezpieczeństwem i zdrowiem pracowników

Budownictwo to jedna z najbardziej niebezpiecznych branż. Każdego roku na budowach dochodzi do tysięcy wypadków, z czego część kończy się tragicznie. AI wprowadza tu jakościową zmianę. Systemy monitoru-

jące w czasie rzeczywistym potrafią rozpoznawać brak kasków, kamizelek, niewłaściwe zachowania, pracę w strefach niebezpiecznych i inne zagrożenia strukturalne [2].

Badania Delhi i in. z 2020 roku pokazują, że techniki głębokich sieci neuronowych mogą skutecznie wykrywać brak zgodności z wymogami ochrony osobistej na placach budowy [5]. Algorytmy mogą analizować odczyty z czujników umieszczonych na pracownikach i maszynach, przewidując ryzyko wypadku, zanim on nastąpi. Ta tzw. konserwacja predykcyjna przenosi bezpieczeństwo z poziomu reaktywnego na poziom proaktywny.

Cyfrowe bliźniaki i integracja IoT

Cyfrowy bliźniak (Digital Twin) to dynamiczny, wirtualny model fizycznego obiektu – np. budowanego wieżowca – który jest na bieżąco aktualizowany danymi z Internetu Rzeczy (IoT). Umożliwia to rzeczywiste odzwierciedlenie aktualnego stanu fizycznego odpowiednika [5].

AI pełni rolę mózgu tego ekosystemu. Algorytmy AI analizują ogromne zbiory danych z IoT, które są umieszczane następnie w cyfrowym bliźniaku. Wykrywają wzorce, anomalie i korelacje, których człowiek by nie zauważył; przewidują przyszłe zdarzenia, ryzyko awarii i opóźnień oraz dostarczają konkretne prognozy i rekomendacje. Wspierają podejmowanie decyzji. Ta synergia pozwala przezwyciężyć wiele wcześniejszych ograniczeń, zwłaszcza te dotyczące obsługi danych [5].

Korzyści z AI w budownictwie

Badanie przeglądowe Adebayo i in. z 2025 roku, poddające analizie 135 artykułów opublikowanych w latach 1985–2024 identyfikuje główne korzyści z wdrażania AI w budownictwie [3]:

Optymalizacja kosztów i harmonogramów. AI umożliwia dokładniejsze prognozowanie kosztów materiałów, pracy i energii. Systemy mogą identyfikować obszary potencjalnych oszczędności i sugerować bardziej efektywne

procesy realizacyjne, zmniejszając przekroczenia budżetu i opóźnienia harmonogramów [3].

Redukcja ryzyka. Predykcyjne modelowanie ryzyka zmniejsza niepewność i pozwala na wcześniejsze identyfikowanie potencjalnych problemów. Zmienia to podejście od reaktywnego do proaktywnego zarządzania projektami [3].

Poprawa jakości i bezpieczeństwa. Automatyczne systemy inspekcji i monitorowania mogą wykrywać defekty wcześniej niż tradycyjne metody, a systemy bezpieczeństwa mogą zapobiegać wypadkom na budowach, zanim się wydarzą [3].

Ograniczenie wpływu na środowisko. Algorytmy AI mogą optymalizować zużycie energii, wody i materiałów na każdym etapie cyklu życia budynku, wspierając cele zrównoważonego rozwoju [3].

Automatyzacja prac uciążliwych i niebezpiecznych. Roboty sterowane przez AI potrafią wykonywać powtarzalne, uciążliwe lub niebezpieczne prace, zwiększając produktywność i bezpieczeństwo [3].

Bariery wdrażania AI w budownictwie

Mimo imponujących możliwości, wdrażanie AI w budownictwie napotyka na liczne przeszkody. Adebayo i in. w swoim badaniu przeglądowym identyfikują kilka kluczowych barier [3].

Problemy z jakością i dostępnością danych. AI wymaga dużych zbiorów wysokiej jakości danych. W budownictwie dane rozproszone są na wielu platformach, w różnych formatach i są niekompletne. Brak standaryzacji utrudnia integrację [3].

Wysokie koszty implementacji. Wdrożenie systemów AI wymaga znaczących inwestycji w infrastrukturę IT, oprogramowanie i szkolenia. Niepewny zwrot z inwestycji (ROI) zniechęca firmy, zwłaszcza mniejsze, do podejmowania takich działań [3].

Opór przed zmianą. Branża budowlana jest konserwatywna. Pracownicy obawiają się utraty zatrudnienia, a fir-

my niechętnie porzucają sprawdzone metody. Ta głęboko zakorzeniona bariera kulturowa spowalnia tempo adopcji AI [2].

Niedobór kompetencji. Brakuje specjalistów posiadających zarówno wiedzę z zakresu AI, jak i budownictwa. Szkolenia są drogie, a procent pracowników branży z umiejętnościami cyfrowymi pozostaje niski [3].

Wyzwania prawne i etyczne. kwestie ochrony danych, odpowiedzialności za decyzje podejmowane przez systemy AI oraz przepisy RODO i inne regulacje prawne stanowią istotne bariery [3].

Problemy integracyjne. Systemy legacy (zastane) to przestarzałe systemy IT, które są wciąż ważne dla funkcjonowania firmy, mimo że działają na starych, nieaktualnych technologiach i są trudne w utrzymaniu. Ponadto w większości firm budowlanych nie są kompatybilne z nowymi rozwiązaniami AI. Integracja wymaga czasochłonnych i kosztownych przekształceń [3].

Globalny krajobraz wdrażania AI

Badania pokazują znaczące różnice w tempie adopcji AI w różnych regionach świata. Adebayo i in. stwierdzają, że w 2023 roku Ameryka Północna dominowała na globalnym rynku AI w budownictwie, podczas gdy Ameryka Łacińska, Bliski Wschód i Afryka miały najmniejszy udział rynkowy [3].

Region Azji i Pacyfiku wykazuje dynamiczny wzrost zarówno w samym budownictwie, jak i wdrażaniu AI w tej branży. Chiny wdrożyły drukowanie 3D na wielką skalę w budownictwie – niedawno wybudowano 3-kondygnacyjny budynek mieszkalny w rekordowym tempie i bardzo wysokiej jakości [2].

W Europie następuje wzrost przyswajania technologii AI dzięki nowym ramom regulacyjnym wprowadzanych przez rządy poszczególnych krajów, skupieniu na projektach inteligentnych i zrównoważonych miast. Wielka Brytania przyznaje, że potencjał AI w łagodzeniu problemów opóźnień i przekroczeń kosztów jest znaczący, a Korea Południowa intensywnie inwestuje

w badania nad inteligentnymi budowlami [3].

Przyszłość AI w budownictwie

Analizy przeglądowe wskazują kilka kierunków, które prawdopodobnie zdominują przyszłość AI w budownictwie.

Cyfrowe bliźniaki i całościowe zarządzanie aktywami (LCM). Integracja BIM, IoT i AI pozwoli na pełne monitorowanie i zarządzanie budynkami od koncepcji aż do rozbiórki. Stworzy to możliwości rzeczywistej optymalizacji zużycia zasobów w czasie całej eksploatacji obiektu [5].

Zaawansowana robotyka i autonomiczne systemy. Roboty stawać się będą coraz bardziej niezależne, zdolne do wykonywania złożonych zadań bez bezpośredniego nadzoru człowieka [3].

Zrównoważony rozwój i efektywność energetyczna. AI będzie odgrywać kluczową rolę w osiągnięciu celów klimatycznych, optymalizując zużycie energii i materiałów [3].

Modele generatywne w projektowaniu. Zaawansowane modele AI będą mogły generować całe projekty architektoniczne spełniające określone kryteria, znacznie przyspieszając etap projektowania [3].

Integracja z innymi technologiami. AI połączona z rozszerzoną rzeczywistością (AR), technologią blockchain i komputerami kwantowymi (QC) otworzą zupełnie nowe możliwości [5].

Generatywna AI i automatyzacja zaawansowana

W roku 2025 generatywna AI stała się najszybciej rosnącym segmentem technologii w budownictwie. Modele takie jak GPT oraz systemy oparte na dużych modelach językowych (LLM) znajdują zastosowanie w automatyzacji dokumentacji, generowaniu raportów z placów budowy oraz wsparciu dla zespołów projektowych czy nawet w tak prozaicznych rzeczach jak odpowiadanie na e-maile. Wraz z wizją komputerową mogą one automatycz-

nie generować szczegółowe notatki z inspekcji, streszczenia zmian projektowych czy rekomendacje na temat harmonogramów [6].

Autodesk zaprezentował tzw. Project Bernini – narzędzie wykorzystujące generatywną AI do tworzenia całych komponentów budowlanych na podstawie tekstowych opisów lub szkiców. To oznacza przesunięcie paradygmatu: od człowieka jako projektanta, poprzez AI wspierającą projektanta, w kierunku AI jako współtwórcy rozwiązań architektonicznych [7].

Automatyzacja rozciąga się poza projektowanie. Chatboty oparte na AI pomagają pracownikom biurowym w nawigacji przez skomplikowaną dokumentację techniczną, kontrakty i specyfikacje. Zmniejszy to obciążenie administracyjne i przyspieszy procesy decyzyjne [6].

Robotyka autonomiczna i drukowanie 3D

Sektor robotyki w budownictwie przeżywa gwałtowny wzrost. Systemy autonomicznego murowania osiągają wydajność do 3000 cegieł dziennie – wielokrotnie przewyższając możliwości człowieka. Robot Hadrian X to już realność na budowach w Stanach Zjednoczonych i Australii [8].

Roboty 3D mogą konstruować całe budynki w ciągu dni, a nie miesięcy. Projekty w Dubaju i w Holandii wykazały wykonalność mieszkalnictwa drukowanego w 3D, otwierając nowe ścieżki dla bardziej zrównoważonych praktyk budowlanych [8]. AI steruje tymi procesami, optymalizując parametry druku w czasie rzeczywistym na podstawie czujników monitorujących jakość.

Drony wyposażone w LiDAR i kamery multispektralne szybko przechwytyują geometrię placu w wysokiej rozdzielczości. Potrafią porównywać aktualny stan z modelem BIM i raportować odchylenia z dokładnością do milimetrów. Bezpieczeństwo pracowników znacznie się poprawia, ponieważ drony mogą docierać do niebezpiecznych lub trudno dostępnych lokalizacji bez zagrożenia życia człowieka [9].

Rola cyfrowych bliźniaków w całościowym zarządzaniu aktywami

Cyfrowe bliźniaki są przygotowywane do odgrywania coraz większej roli w długoterminowym zarządzaniu budynkami. Rynek szacuje, że budynki wykorzystujące cyfrowe bliźniaki mogą początkowo wydawać się o 7–20% droższe (wzrost kosztów realizacji budynku z odpowiednimi czujnikami i systemami), podczas gdy późniejsze oszczędności energetyczne dochodzą do 20%, a redukcja kosztów utrzymania sięga nawet do 25–30% [10].

W tradycyjnym scenariuszu budynek jest oddawany użytkownikowi, a zespół projektowy ustępuje miejsca ekipom eksploatacyjnym (zarządcy obiektu). Cyfrowy bliźniak zmienia tę dynamikę – model i jego dane przechodzą wraz z budynkiem do fazy operacyjnej. Czujniki IoT śledzą temperaturę, wilgotność, zużycie energii, wykorzystanie powierzchni (dzięki kamerom i czujnikom obecności można ograniczyć koszty w miejscach, które w danym momencie nie są wykorzystywane). AI analizuje te dane, identyfikuje anomalie i przewiduje potrzeby konserwacyjne zanim staną się krytyczne [11].

Ten model zarządzania całym życiem projektu (obiektu) ma implikacje dla zrównoważonego rozwoju. Optymalizacja energetyczna poprzez 6D BIM (gdzie „szóste D” odpowiada zużyciu energii i zrównoważonemu rozwojowi) oraz ciągłe monitorowanie operacyjne mogą drastycznie zmniejszyć ślad węglowy budynku w całym jego cyklu życia [10].

Wyzwania prawne, etyczne i organizacyjne

Wraz z postępem technologicznym pojawiają się wyzwania, które nie mogą być pominięte. Kwestia odpowiedzialności za decyzje podejmowane przez systemy AI – na przykład, jeśli algorytm prognozujący ryzyko nie identyfikuje potencjalnego zagrożenia, która strona ponosi odpowiedzialność

prawną? – pozostaje nierozstrzygnięta w większości jurysdykcji [3].

Ochrona danych i RODO ogranicza zbieranie i przechowywanie danych z poszczególnych projektów (przedsięwzięć) budowlanych. Wiele firm nie wie, jak zgodnie z przepisami przechowywać dane na platformach chmurowych wykorzystywanych przez systemy AI [3].

Etyka algorytmów jest kolejnym polem do dyskusji. Jeśli system AI przewiduje opóźnienie o dwa miesiące, czy menedżer powinien zwolnić pracowników „dla zachowania optymalności”? Takie decyzje mają konsekwencje społeczne, które technologia sama nie może rozstrzygnąć [3].

Na poziomie organizacyjnym, przejście od tradycyjnych procesów do opartych na AI wymaga głębokich zmian w kulturze korporacyjnej. Wielu kierowników sądzi, że AI zagraża ich pozycji. Pracownicy lękają się utraty pracy. Te psychologiczne i kulturowe bariery mogą okazać się trudniejsze do przezwyciężenia niż same problemy techniczne [2, 3].

Prognozy rynku i perspektywy inwestycyjne

Rynek AI w budownictwie, podobnie jak w innych branżach dotkniętych przez AI, doświadcza nagłego i szybkiego wzrostu. W 2024 roku rynek wyniósł około 3,99 miliarda dolarów. Prognozuje się, że do 2029 roku osiągnie 11,85 miliardów dolarów, co odpowiada rocznej stopie wzrostu (CAGR) wynoszącej około 12–15% [6].

Inwestycje branżowe skupiają się na kilku obszarach priorytetowych: (1) platformy chmurowe integrujące BIM z AI i IoT; (2) systemy robotyki i automatyzacji; (3) rozwiązania dla zarządzania danymi i bezpieczeństwa cybernetycznego; (4) oprogramowanie do prognozowania i optymalizacji [6].

Wkrótce zakup rozwiązania AI do zarządzania projektami będzie standardem dla większych firm budowlanych, tak jak dzisiaj jest standardem zakup Primavera czy MS Project. Mniejsze firmy mogą skorzystać ze skalowanych,

opartych na chmurze rozwiązań o modelu abonamentowym [12].

Badania rynku w Polsce szacują, że ok. 22% firm budowlanych w Polsce wdrożyło już systemy wspomagane AI, jednak aż 67% firm nie widzi możliwości wykorzystania AI w swoich operacjach – to największy sceptycyzm wśród wszystkich sektorów gospodarki. Powtarza się trochę sytuacja z wdrażaniem technologii BIM w Polsce, gdzie szacuje się, że tylko 34% firm korzysta z tej technologii pomimo promowania jej od ponad dekady. Ministerstwo Rozwoju zakłada, że będzie wymagało w przetargach na zamówienia publiczne technologii BIM od 2030 r.

Studium przypadku: Heathrow Terminal 5, wieżowce w Miami i mieszkania w druku 3D w Chinach

Projekt Heathrow Terminal 5, zrealizowany przez firmę Skanska, stanowi przypadek testowy dla integracji AI w dużym projekcie infrastrukturalnym. Autonomiczne systemy zarządzania dźwigami, roboty inspekcyjne i platforma do predykcji opóźnień pozwoliły na skrócenie czasu realizacji o 20% i redukcję błędów konstrukcyjnych o 30% [2].

W Stanach Zjednoczonych, projekty megabudynków, takie jak wieżowce w Miami, wykorzystują AI do analizy aerodynamicznej i optymalizacji konstrukcji w warunkach huraganu. Symulacje, które dawniej zajęłyby miesiące, są teraz wykonywane w ciągu godzin [2].

W Chinach, użycie druku 3D do budowy mieszkań potwierdza, że przyszłość już się zaczęła. Te doświadczenia międzynarodowe pokazują, że kraje i firmy wdrażające AI wcześniej zdobywają przewagę konkurencyjną, a ich projekty są kończone szybciej i są lepszej jakości.

Rekomendacje dla branży budowlanej

Na podstawie dostępnych badań i praktyk, dla firm budowlanych, architektonicznych i inżynierskich można zarekomendować.

- **Inwestowanie w infrastrukturę danych.** Bez solidnej, zunifikowanej podstawy danych, AI jest bezużyteczna. Standaryzuj procesy, unifikuj formaty, stwórz jednolitą platformę do przechowywania danych projektowych.
- **Szkolenie pracowników.** Podnoszenie umiejętności pracowników i oduczanie ich starych złych nawyków powinny być priorytetem. Pracownicy muszą zrozumieć, że AI wspiera ich pracę, a nie jest dla nich zagrożeniem.
- **Partnerstwa ekosystemowe.** Samotne firmy nie osiągną skali wymaganej dla innowacji. Szukaj partnerów do wspólnych projektów pilotażowych.
- **Pilotaże i iteracyjne wdrożenia.** Zamiast dużych, ryzykownych implementacji, zacznij od małych pilotaży i systematycznie skaluj. Naucz się na błędach w małym i bezpiecznym środowisku.
- **Kompatybilność z RODO i prawodawstwem.** Zanim przeniesiesz dane na chmurę, upewnij się, że rozwiązanie jest zgodne z przepisami dotyczącymi ochrony danych.
- **Otwartość na zmiany kulturowe.** AI to nie tylko technologia – to zmiana sposobu myślenia o pracy. Liderzy branży powinni aktywnie promować myślowość, która wykorzysta nowe informacje oraz współpracę i zaufanie.

Wnioski

Sztuczna inteligencja stoi za głębokimi, permanentnymi zmianami w branży budowlanej. Od systemów ekspertowych lat 80., poprzez uczenie maszynowe, aż do współczesnych rozwiązań opartych na głębokim uczeniu, generatywnej AI i inteligentnych cyfrowych bliźniakach – jest to ewolucja, która realnie transformuje branżę.

Technologia oferuje rzeczywiste rozwiązania dla odwiecznych problemów branży: rosnących kosztów, chronicznych opóźnień, zagrożeń bezpieczeństwa i wyzwań zrównoważonego

rozwoju. Badania i przykłady z całego świata pokazują, że AI może zmniejszyć opóźnienia o 15%, zredukować błędy o 20–30%, i oszczędzić energię na poziomie 20% w operacyjnym cyklu życia budynku.

Jednak jak pokazują dane, pełne wykorzystanie potencjału AI w budownictwie wymaga więcej niż tylko postępu technologicznego. Potrzebna jest rzeczystwa, wielowymiarowa transformacja branży. Standaryzacja procesów i danych, znaczące inwestycje w rozwój kompetencji cyfrowych pracowników, budowanie ekosystemów opartych na współpracy, transparenacji i zaufaniu – to wszystko jest warunkiem koniecznym.

Bariery są rzeczywiste: niedobór danych dobrej jakości, wysokie koszty wdrażania, opór przed zmianą zakorzenioną głęboko w kulturze dość

konserwatywnej branży, luka w kompetencjach cyfrowych. Ale ceną inercji jest marginalizacja ekonomiczna. Podczas gdy Chiny wznoszą budynki przy użyciu druku 3D w rekordowym tempie, Europa i Ameryka Północna wdrażają autonomiczne systemy montażowe, kraje i firmy, które opóźniają się we wdrażaniu AI, ryzykują stratę konkurencyjności i udziału w rynku.

Przyszłość budownictwa nie będzie tworzona przez ludzi pracujących tradycyjnymi metodami wspieranymi przez AI. Będzie budowana przez inteligentne, zintegrowane ekosystemy – BIM, IoT, cyfrowe bliźniaki i AI – pracujące wspólnie w harmonii, wykorzystujące dane, prognozowanie i autonomię do osiągnięcia celu: budynków lepszych jakościowo, szybciej wzniesionych, bezpieczniejszych i bardziej zrówno-

ważonych, a także w ostatecznym rozrachunku tańszych w całym cyklu ich życia.

Pora na decyzję: transformacja cyfrowa nie jest już opcją, nie jest już przyszłością. Ona jest teraźniejszością. Pytanie nie brzmi: „Czy powinniśmy wdrażać AI?” – ta odpowiedź już jest twierdząca. Pytanie brzmi: „Jak szybko możemy to zrobić, ile to będzie kosztowało i jak dobrze się do tego przygotujemy?”. O tej zmianie najlepiej świadczy liczbą: tylko w 2024 roku polskie firmy zainwestowały w rozwiązania AI aż 1,8 mld zł [21], a prognozy wskazują, że to dopiero początek. Aż osiem na dziesięć przedsiębiorstw planuje zwiększyć swoje budżety na narzędzia AI w ciągu najbliższych dwóch lat. Wdrażanie sztucznej inteligencji nie jest już innowacją, lecz jednym z warunków utrzymania konkurencyjności. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bang S., Olsson N. Artificial Intelligence in Construction Projects: A Systematic Scoping Review. *Journal of Engineering, Project, and Production Management* 2022, 12(3): 224–238.
- [2] Sobieraj J. Sztuczna Inteligencja w Budownictwie: Ewolucja, Możliwości i Bariery Cyfrowej Transformacji. Artykuł niepublikowany, Politechnika Warszawska 2024.
- [3] Adebayo Y., Udoh P., Kamudiyariwa X.B., Osobajo O.A. Artificial Intelligence in Construction Project Management: A Structured Literature Review of Its Evolution in Application and Future Trends. *Digital 2025*, 5(3): 26.
- [4] Klashanov F. Artificial intelligence and organizing decision in construction. *Procedia Engineering* 2016, 165: 1016–1020. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.813>
- [5] Abioye S.O., Oyedele L.O., Akanbi L., Ajayi A., Davila Delgado J.M., Bilal M., Akinade O.O., Ahmed A. Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. *Journal of Building Engineering* 2021, 44: 103299. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103299>
- [6] Autodesk. (2025). Top 2025 AI Construction Trends: According to the Experts. Pobrane z <https://www.autodesk.com/blogs/construction/top-2025-ai-construction-trends-according-to-the-experts/>
- [7] BuildCheck AI. (2025). BIM Revolution: Cloud, AI, and Digital Twins Transform Construction. Pobrane z <https://buildcheck.ai/insights-case-studies/bim-revolution-cloud-ai-and-digital-twins-transform-construction>
- [8] InnovateEnergyNow. (2024). The Rise of AI, Robotics, and Autonomy in Construction. Pobrane z <https://innovateenergynow.com/resources/the-rise-of-ai-robotics-and-autonomy-in-construction>
- [9] CMIC Global. (2025). How AI Elevates Risk Management: Revolutionizing Construction. Pobrane z <https://cmicglobal.com/resources/article/Revolutionizing-Construction-The-Role-of-AI-and-Machine-Learning-in-Project-Management>
- [10] Materialize. (2025). Digital Twins in Construction: A Practical Guide to Getting Started. Pobrane z <https://materialize.com/blog/digital-twins-in-construction/>
- [11] LinkedIn. (2026). The Future of Construction Is Predictive: How BIM, AI & Digital Twins Work Together. Pobrane z <https://www.linkedin.com/pulse/future-construction-predictive-how-bjgyc>
- [12] KeyMakr. (2025). Building with Brains: How AI and Machine Learning are Transforming Construction. Pobrane z <https://keymakr.com/blog/building-with-brains-how-ai-and-machine-learning-are-transforming-construction/>
- [13] Flynn Bros. (2025). AI & Automation in Industrial Construction – What 2025 Looks Like. Pobrane z <https://flynnbros.com/ai-automation-in-industrial-construction-what-2025-looks-like/>
- [14] Numalis. (2025). AI is Revolutionizing Construction Project Management. Pobrane z <https://numalis.com/ai-is-revolutionizing-construction-project-management/>
- [15] Slate AI. (2025). Digital Twins in Construction: Everything You Need to Know. Pobrane z <https://slate.ai/digital-twins-in-construction-how-they-work/>
- [16] MetroC AI. (2025). From 2024 to 2025: Key Construction Industry Trends to Watch. Pobrane z <https://metroci.ai/en/materials/from-2024-to-2025-key-construction-industry-trends-to-watch/>
- [17] CONEXPO-CON/AGG. (2025). AI and Machine Learning Applications in Construction for 2025. Pobrane z <https://www.conexpoconagg.com/news/ai-and-machine-learning-applications-in-construction/>
- [18] Trimble. (2023). Machine Learning in Construction - Turning Data into Insights. Pobrane z <https://www.trimble.com/blog/construction/en-US/article/machine-learning-making-your-data-work-harder-for-you>
- [19] McKinsey & Company. (2025). Humanoid Robots in the Construction Industry: A Future Vision. Pobrane z <https://www.mckinsey.com/industries/engineering-construction-and-building-materials/our-insights/humanoid-robots-in-the-construction-industry>
- [20] SmartSpatial. (2025). Revolutionize Construction Management with BIM, Digital Twins and AI. Pobrane z <https://smartsatial.com/post/revolutionize-construction-management-with-bim-digital-twins-and-ai-the-future-of-digital-construction>
- [21] Czy mamy boom na AI w Polsce? <https://pmmarketexperts.com/my-w-mediach/czy-mamy-boom-na-ai-w-polsce/>

Ewolucja AI w budownictwie – od systemów ekspertowych do autonomicznych robotów – wywiad

Ewolucja AI i uczenie maszynowe w automatyzacji budownictwa to temat coraz bardziej aktualny i ważny dla branży budowlanej. Celem pracy jest prześledzenie długiej drogi automatyzacji, od lat 80. ubiegłego wieku, od wczesnych systemów ekspertowych aż po wizję w pełni zintegrowanych, może nawet autonomicznych ekosystemów. Branża budowlana jest absolutnym gigantem i odpowiada za około 13% światowego PKB, a od dekad boryka się z uporczywym problemem – chroniczną luką produktywności. I właśnie tu potencjalnymi narzędziami transformacji mogą być sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe.

Słowa kluczowe: branża budowlana, ewolucja AI, uczenie maszynowe, automatyzacja budownictwa.

The Evolution of AI in Construction – From Expert Systems to Autonomous Robots – Interview. The evolution of AI and machine learning in construction automation is an increasingly timely and important topic for the construction industry. The aim of the paper is to trace the long path of automation from the 1980s, from early expert systems through to visions of fully integrated, perhaps even autonomous, ecosystems. The construction industry is an absolute giant and accounts for around 13% of global GDP, yet for decades it has struggled with a persistent problem – a chronic productivity gap. And this is precisely where artificial intelligence and machine learning may become tools of transformation.

Keywords: construction industry, evolution of AI, machine learning, construction automation.

dr Dominik Metelski*, dr hab. inż. Janusz Sobieraj**

Dr Dominik Metelski (DM): Porozmawiamy o ewolucji AI i uczeniu maszynowym w automatyzacji budownictwa.

Dr hab. inż. Janusz Sobieraj, visiting profesor (JS) Tak, to temat niezwykle ciekawy i – powiedziałbym – coraz bardziej aktualny i ważny dla branży.

DM: Naszym celem jest prześledzenie długiej drogi automatyzacji, począwszy od lat 80. ubiegłego wieku, od wczesnych systemów ekspertowych aż po wizję w pełni zintegrowanych, może nawet autonomicznych ekosystemów. A przy okazji przyjrzymy się zastosowaniom, wyzwaniom, no i przyszłości.

Znaczenie branży budowlanej

DM: Zaczniemy od tego, dlaczego temat jest tak istotny. Bo mówimy tu o branży budowlanej, która jest absolutnym gigantem. Odpowiada za około 13% światowego PKB.

JS: Tak, to ogromna skala.

DM: Ogromna, a jednocześnie od dekad branża budowlana boryka się z uporczywym problemem – chroniczną luką produktywności. To aż niewiary-

godne, ale – jak pokazują dane – wzrost produktywności w budownictwie przez ostatnie 20 lat, to zaledwie 10%.

JS: Niestety, dla porównania w całej gospodarce światowej to ponad 50%. Ta dysproporcja jest wręcz porażająca. I właśnie tu sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe pojawiają się jako potencjalne narzędzia transformacji.

DM: Dobrze byłoby w naszej dyskusji odwołać się – oprócz rozmaitych przykładów praktycznych – również do przynajmniej kilku publikacji naukowych. Żeby nasza rozmowa zachowała rygor naukowo-praktyczny.

JS: Spróbujmy zatem zmapować tę historyczną ewolucję i trendy, ale też zrozumieć szerszy kontekst, np. dlaczego pewne technologie zyskały na popularności, a inne mniej. Jakie są te realne codzienne bariery, które utrudniają wdrożenie AI na placach budowy. No i jakie są najbardziej prawdopodobne kierunki dalszego rozwoju. Takie spojrzenie trochę z lotu ptaka, a trochę z bliska.

DM: Brzmi kompleksowo. Zaczniemy więc od początków tej ewolucji. Jak wyglądały pierwsze kroki AI w budownictwie? Cofnijmy się trochę w czasie.

Pierwsza era: Systemy ekspertowe (lata 80.-90.)

JS: Pierwsza fala AI w budownictwie pojawiła się w latach 80. i 90. XX wieku. To była era tzw. systemów ekspertów, często skracanych do ES od Expert Systems.

DM: Co to oznaczało w praktyce?

JS: Można powiedzieć, że były to programy komputerowe, które próbowały naśladować proces rozumowania i podejmowania decyzji przez ludzkich ekspertów w jakiejś wąskiej dziedzinie. Opierały się na dwóch głównych elementach. Bazie wiedzy, gdzie zapisane były fakty i reguły. I takim mechanizmie wnioskowania, który na podstawie tych reguł, często w formie warunku „jeśli...to...”, wyciągał wnioski.

DM: Czyli takie know-how eksperta w pigułce cyfrowej?

JS: Coś w tym rodzaju. W budownictwie używano ich np. do wspomagania planowania projektów, diagnostyki problemów konstrukcyjnych albo doboru materiałów. Ich wielką zaletą była możliwość skodyfikowania i zachowania tej cennej, często niepisanej, wiedzy eksperckiej.

*Uniwersytet w Granadzie, Wydział Ekonomii i Nauk Biznesowych, Campus Cartuja, 18071 Granada, Hiszpania, Grupa badawcza AMIKO SEJ-609 Uniwersytetu w Granadzie

** Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

DM: Czyli mamy lata 80. i 90. i systemy ekspertowe. Co było dalej?

Druga era: Uczenie maszynowe (koniec lat 90. / początek XXI wieku)

JS: Co ciekawe, kolejny znaczący etap zaczął się właściwie już pod koniec lat 90., ale nabrał rozpędu na początku XXI wieku. To był czas narodzin i rosnącej popularności uczenia maszynowego, czyli ML (ang. *machine learning*).

DM: I tu była fundamentalna zmiana?

JS: O tak, powiedziałbym, że fundamentalna zmiana paradygmatu. Bo zamiast polegać na ekspertach, którzy musieli ręcznie te wszystkie reguły zdefiniować, **algorytmy ML** zaczęły uczyć się wzorców, zależności, reguł bezpośrednio z już dostępnych danych.

DM: Czyli dane stały się paliwem...

JS: Tak było w istocie. Im więcej dobrych danych, tym potencjalnie lepsze wyniki. W budownictwie ML otworzyło naprawdę nowe możliwości. Znalazło zastosowanie w predykcji, np. można w tym miejscu odwołać się do badania Chaabene¹ i in. z 2020 roku, które pokazuje, jak można bardzo dobrze przewidywać właściwości mechaniczne betonu na podstawie składu.

DM: To już konkret.

JS: Tak, ale też optymalizacja harmonogramów, analiza ryzyka, klasyfikacja defektów. Popularne stały się algorytmy regresyjne, drzewa decyzyjne, no i szczególnie „maszyny wektorów nośnych” (ang. *support vector machines, SVM*). Jak pokazuje praca Koya i in. z 2022 roku², metody ML potrafią znajdować złożone, nieliniowe zależności w danych, co było dużo trudniejsze dla tych wcześniejszych systemów ekspertowych, opartych na regułach.

DM: Tu dochodzimy do tego najciekawszego momentu, do trzeciej ery, która kształtuje obecny krajobraz AI w budownictwie.

Za taki symboliczny moment przełomowy uważa się właśnie rok 2012 i spektakularny sukces algorytmu AlexNet. To była konwolucyjna sieć neuronowa, CNN (ang. Convolutional Neural Network), która wygrała prestiżowy konkurs rozpoznawania obrazów, ImageNet.

Trzecia era: głębokie uczenie (od 2012)

JS: Trzecia era rozpoczęła się mniej więcej po roku 2012. Jest ona związana z rewolucją głębokiego uczenia, czyli DL, od *Deep Learning*.

DM: A co było takim punktem zapalnym?

JS: Za taki symboliczny moment przełomowy uważa się właśnie rok 2012 i spektakularny sukces algorytmu AlexNet. To była konwolucyjna sieć neuronowa, CNN (ang. *Convolutional Neural Network*), która wygrała prestiżowy konkurs rozpoznawania obrazów, ImageNet.

DM: A co to zmieniło konkretnie dla budownictwa?

JS: Zbiegły się w czasie dwa kluczowe czynniki. Po pierwsze, gwałtowny wzrost mocy obliczeniowej, głównie dzięki kartom graficznym (GPU, ang. *Graphics Processing Unit*). Po drugie, dostęp do coraz większych zbiorów danych, w tym danych wizualnych. To stworzyło idealne warunki do rozwoju algorytmów „głębokiego uczenia” i – co za tym idzie – wizji komputerowej (CV, ang. *Computer Vision*).

DM: Czyli komputery zaczęły widzieć i rozumieć obrazy z budowy...

JS: Można tak powiedzieć...i zastosowania CV wręcz eksplodowały.

Współczesne zastosowania AI w budownictwie

JS: Chodzi tu o automatyczne monitorowanie postępu prac na podstawie zdjęć i wideo z placu budowy. O systemy, które w czasie rzeczywistym wykrywają zagrożenia BHP, np. brak

kasków czy kamizelek. Jako przykład mogę się tu odwołać do wykonanego pod moim kierownictwem projektu ARSC, czyli *Augmented Reality Stone Cladding* (zrealizowanego wspólnie z Politechniką w Darmstadt, Politechniką w Walencji Uniwestytetem z Granady). Chodziło w nim o popularyzację bezpiecznego montażu okładzin kamiennych z wykorzystaniem rzeczywistości rozszerzonej.

JS: Warto też w tym miejscu odwołać się do badania Delhi i in. z 2020 roku³, w którym osiągnięto, uwaga, 96% precyzji w detekcji.

DM: Imponujące...

JS: ...albo automatyczna kontrola jakości materiałów na podstawie ich obrazów.

DM: Czyli mamy systemy ekspertowe, potem uczenie maszynowe, a teraz „głębokie uczenie” (*deep learning*) w połączeniu z wizją komputerową. Czy te nowe technologie wypierają stare?

JS: To jest bardzo ważne pytanie i warto to podkreślić. Ta ewolucja ma charakter bardziej kumulatywny, warstwowy. Nowsze technologie, jak DL, niekoniecznie całkowicie zastępują te starsze ML, czy nawet ES. Bardzo często widzimy, że są one łączone, że się uzupełniają. Tworzy się takie złożone, hybrydowe systemy.

DM: Czyli czerpiemy z najlepszych cech każdej z technologii?

JS: Istotnie tak. Widać tu taką wyraźną trajektorię rozwoju. Od systemów raczej pasywnych, opartych na statycznych regułach, przez systemy proaktywne, które uczą się z danych, po tę wizję przyszłości, czyli systemy w pełni autonomiczne. Takie, które

¹ Ben Chaabene, Wassim & Flah, Majdi & Nehdi, Moncef. (2020). Machine learning prediction of mechanical properties of concrete: Critical review. *Construction and Building Materials*. 260. 1-18. 10.1016/j.conbuildmat.2020.119889.

² Koya, B. P., Aneja, S., Gupta, R., & Valeo, C. (2022). Comparative analysis of different machine learning algorithms to predict mechanical properties of concrete. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 29(25), 4032-4043.

³ Delhi, V. S. K., Sankarlal, R., & Thomas, A. (2020). Detection of personal protective equipment (PPE) compliance on construction site using computer vision based deep learning techniques. *Frontiers in Built Environment*, 6, 136.

re potrafią nie tylko się uczyć, ale też samodzielnie postrzegać otoczenie i podejmować działania. To jest ten – powiedzmy – horyzont (w niedalekiej przyszłości).

DM: To pokazuje naprawdę imponującą ścieżkę rozwoju. A jak to się przekłada na konkretne zastosowania dzisiaj. W naszej dyskusji padły już wcześniej odwołania do różnych badań naukowych. Co one mówią o najczęściej używanych technologiach?

JS: Posłużę się tutaj ciekawą obserwacją. Wiele badań opisuje zastosowanie ogólnych podejść AI (ML i DL), ale nie wchodzi głębiej w szczegóły wykorzystywanych algorytmów. Można jednak wskazać jedno badanie, tj. pracę autorów Lopes i in. z 2024 roku⁴, która odwołuje się do konkretnych algorytmów, np. random forest, gradient boosting, CNN, ANN, SVM, KNN, drzewa decyzyjne, regresja logistyczna i wiele innych.

DM: Całkiem sporo tego...

JS: Tak, ale co istotne, ci autorzy robią to w bardzo specyficznym kontekście, tj. „zarządzania odpadami budowlanymi i rozbiórkowymi” czyli CDWM (ang. *Construction and Demolition Waste Management*).

DM: Rozumiem. A jeśli chodzi o obszary zastosowań, gdzie te metody są wdrażane?

JS: 60% badań koncentruje się na takich dość ogólnych obszarach (zastosowaniach), tj. budownictwo, inżynieria lądowa, zarządzanie budową...

DM:...a reszta...

JS: Pozostałe 40% skupia się na bardziej wyspecjalizowanych dziedzinach. Można tu wymienić wspomniane wcześniej badanie Lopes i in. z 2024 roku – o odpadach, które dotyczy integracji AI z BIM, czyli modelowania informacji o budynku i ogólnie modelowania cyfrowego. Inna praca

jest poświęcona bardzo specyficznemu dziedzinnie inżynierii zapór wodnych, a jeszcze inna – budownictwu modułowemu.

DM: A pod kątem etapów projektu? Czy AI jest używane tylko na budowie?

JS: Absolutnie nie. I to jest właśnie kluczowe. Zastosowania rozciągają się praktycznie na cały cykl życia projektów, od wczesnych faz koncepcyjnych i projektowania, przez optymalizację materiałów, potem zarządzanie samą realizacją, monitorowanie BHP, analizę cyklu życia budynku pod kątem środowiskowym, aż po zarządzanie odpadami czy nawet automatyzację tworzenia modeli BIM dla fazy eksploatacji obiektu. Spektrum jest naprawdę bardzo szerokie.

DM: W tych badaniach podkreśla się też rosnące znaczenie integracji AI z innymi systemami.

JS: Tak, i to bardzo mocno. Coraz mniej myśli się o AI jako o samodzielnym izolowanym narzędziu. Kluczowa staje się jego integracja z istniejącymi platformami. Przede wszystkim z BIM, który staje się takim cyfrowym kręgosłupem nowoczesnego budownictwa.

DM: ale nie tylko BIM...

JS: Nie tylko. Mówi się też dużo o integracji z koncepcją „cyfrowych bliźniaków”, czyli *Digital Twins*, wirtualnych replik fizycznych obiektów oraz systemem wspomagania decyzji DSS. To wyraźnie widać np. w pracy Pang i Zhang z 2021 roku⁵, oraz Ovid i in. z 2024 roku⁶. Idziemy w kierunku holistycznych, bardziej zintegrowanych rozwiązań cyfrowych. Chodzi o płynny przepływ danych.

DM: Czyli, krótko mówiąc, różne systemy mają ze sobą rozmawiać...

JS: W istocie tak. Warto też zauważyć, że w literaturze coraz częściej pojawiają się opisy technologii, które wyraźnie zmierzają w kierunku bardziej

autonomicznych ekosystemów budowlanych.

DM: Co to znaczy w praktyce?

JS: Wymienia się tu inteligentną robotykę, która ma przejmować coraz bardziej złożone zadania. Internet Rzeczy (ang. IoT, *Internet of Things*), dostarczający danych z sensorów, albo drony napędzane AI, np. do autonomicznych inspekcji. Możliwa jest codzienna inwentaryzacja dla BIM czy też weryfikacja wykonywanych dziennie, tygodniowo lub miesięcznie prac na kontraktach drogowych – co opisał m.in. Hariri-Ardebil i in. w pracy z 2023 roku⁷. No i wspomniane cyfrowe bliźniaki, jako takie dynamiczne centra danych.

DM: A jakieś bardziej futurystyczne wizje?

JS: Pojawiały się nawet takie koncepcje jak druk 4D, czy blockchain do zapewnienia transparentności w łańcuchach dostaw. Wspomniani wcześniej Pan i Zhang w swoim badaniu z 2021 roku – wskazują to jako bardzo obiecujące przyszłe kierunki badań. To pokazuje zmianę myślenia – od rozwiązywania pojedynczych problemów za pomocą AI do wizji stworzenia połączonych, inteligentnych, potencjalnie samosterujących systemów zarządzających całym procesem budowlanym.

DM: Mamy więc ogromny potencjał. Rosnącą liczbę badań oraz coraz lepsze technologie. A jednak – obserwując to wszystko z boku – trudno oprzeć się wrażeniu, że istnieje jakaś głęboka przepaść między teorią a praktyką. Wiele z tych innowacji nie trafia na płace budowy.

JS: Niestety tak. To jest też bardzo mocno podkreślane w źródłach naukowych. Istnieje taka wyraźna – powiedziałbym – głęboka luka między światem badań a codzienną praktyką przemysłową. Wiele obiecujących rozwiązań albo nie jest wdrażane wcale, albo

⁴ Lopes, C., Abrahão Cury, A., & Castro Mendes, J. (2024). Construction and demolition waste management and artificial intelligence—a systematic review. *Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(10).

⁵ Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122, 103517.

⁶ Ovid, A., Alsharef, A., Jamil Uddin, S. M., & Albert, A. Applied AI and Robotics for Construction Operations—A Smart Review of the State of the Science. In *Construction Research Congress 2024* (pp. 913-923).

⁷ Hariri-Ardebili, M. A., Mahdavi, G., Nuss, L. K., & Lall, U. (2023). The role of artificial intelligence and digital technologies in dam engineering: Narrative review and outlook. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 126, 106813.

jest wdrażane w bardzo ograniczonym zakresie i powoli.

DM: Jakie są tego powody. Dlaczego ta adopcja AI w budownictwie jest taka trudna?

JS: Tych przyczyn jest niestety sporo i są one dość złożone. Tworzą one taką płataninę barier. Zaczniemy może od barier technicznych i ekonomicznych. I tu od razu pojawia się kluczowy problem, który właściwie wraca jak bumerang we wszystkich dyskusjach o AI w budownictwie. Mam na myśli jakość i dostępność danych oraz wybór ofert wg podstawowego kryterium najniższej ceny.

Barier techniczne i ekonomiczne

DM: Czy to naprawdę jest to aż tak duży problem?

JS: Tak. Modele AI, a zwłaszcza te oparte na głębokim uczeniu, po prostu są głodne danych. Potrzebują naprawdę ogromnych ilości i to dobrych, czystych, spójnych i ustrukturyzowanych danych, żeby w ogóle mogły się sensownie uczyć i dawać wiarygodne wyniki.

DM: A w budownictwie tych danych brakuje czy są złej jakości?

JS: ...i jedno i drugie, niestety. Specyfika branży jest taka, że dane są często niekompletne, niespójne, w różnych formatach, często zbierane manualnie, co sprzyja błędom. No i rozproszone między wieloma firmami (i interesariuszami) uczestniczącymi w projektach.

DM: ...a jakiś konkretny przykład?

JS: Przykład przytoczony w jednym ze źródeł naukowych jest naprawdę uderzający. Raporty branżowe pokazują, że podobno aż 95% dokumentacji dotyczącej dostaw materiałów i 75% notatek o transferze odpadów jest niekompletna lub zawiera błędy.

DM: Ta sytuacja wydaje się wręcz dramatyczna.

JS: To jest ogromny problem, bo fundamentalnie podważa zaufanie do systemów AI. Bo jeśli dane wejściowe są śmieciowe, to działania nawet najlepszego algorytmu AI będą bezwartościowe, prawda? To tworzy barierę nie

tylko techniczną, ale i – co może ważniejsze – psychologiczną. Managerowie i inżynierowie tracą wiarę w inwestowania w technologię, której wyniki są wątpliwe.

DM: A czy te nowe modele, jak generatywna AI, coś tu zmieniają?

JS: One wprowadzają nowe możliwości, ale też i nowe ryzyka. Mówi się o ryzykach tzw. halucynacji.

DM: Halucynacje AI, wytłumaczmy może, co to dokładnie znaczy.

JS: To znaczy, że model AI generuje odpowiedzi, które brzmią bardzo przekonująco, wiarygodnie, ale są w rzeczywistości fałszywe, niedokładne albo wręcz zmyślone. A w budownictwie, gdzie błędy w harmonogramach, kosztorysach, projektach, czy analizach bezpieczeństwa mogą mieć katastrofalne skutki i finansowe i dla bezpieczeństwa ludzi, podejmowanie decyzji na podstawie takich halucynacji jest po prostu nieakceptowalne i wręcz nieodpowiedzialne.

DM: Rozumiem, czyli dane i wiarygodność do jedno. A co z kosztami? AI kojarzy się z drogimi technologiami.

JS: I słusznie. To jest kolejna bariera. Wysokie koszty wdrożenia. Mówimy tu nie tylko o sprzęcie jak serwery z kartami GPU czy oprogramowaniu, ale przede wszystkim o kosztach pozyskania lub wykształcenia ekspertów od AI i *data science*. A ich na rynku po prostu brakuje. Zwłaszcza takich, którzy rozumieją specyfikę budownictwa.

DM: Czy te inwestycje się zwracają? Jaki jest zwrot z takich inwestycji (ROI)?

JS: Tu często leży problem. Raporty wskazują, że ten zwrot często bywa, delikatnie mówiąc, niesatysfakcjonujący. Jedno ze źródeł naukowych podaje, że ponad 65% firm budowlanych przyznaje, że realna redukcja kosztów dzięki cyfryzacji nie przekroczyła 35% zakładanych celów. Taka sytuacja naturalnie zniechęca do kolejnych inwestycji w ten segment AI.

DM: Mamy więc problemy techniczne, problemy z danymi, koszty, niepewne ROI. A co z ludźmi i kulturą organizacyjną? Budownictwo ma opinię dość konserwatywnej branży.

Barier kulturowe i organizacyjne

JS: To są bariery nie mniej istotne, a być może nawet trudniejsze do przezwyciężenia. Mówimy o barierach ludzkich i kulturowych. Branża budowlana jest historycznie znana z konserwatyzmu i dużej awersji do ryzyka. Wystarczy jej ogromne ryzyko z podpisaniem kontraktów po najniższych cenach, wielokrotnie niższych od kosztorysów inwestorskich (sic!!!).

DM: Co jest w sumie zrozumiałe, bo błędy są bardzo kosztowne...

JS: Istotnie. Dlatego tradycyjne, sprawdzone metody, często mają pierwszeństwo przed nowymi technologiami, które postrzega się jako niepewne albo zbyt skomplikowane. Do tego dochodzi bardzo ciekawy paradoks związany z „luką kompetencyjną”.

DM: Na czym on polega?

JS: Z jednej strony brak wykwalifikowanych pracowników, starzenie się kadr, to jest jeden z głównych motorów dla automatyzacji i AI. Firmy szukają sposobów na zastąpienie brakujących ludzi i zwiększenie efektywności. Jednak z drugiej strony w samej branży dramatycznie brakuje specjalistów z kompetencjami cyfrowymi, analitycznymi, którzy potrafiliby te nowoczesne technologie AI wdrażać i nimi zarządzać.

DM: Czyli brakuje ludzi do pracy, co z jednej strony skłania do AI, ale brakuje też ludzi od AI, co hamuje wdrożenie? Kwadratura koła.

JS: To jest takie błędne koło. Do tego dochodzi jeszcze wspomniana wcześniej fragmentacja branży. Typowy projekt budowlany – to wielu niezależnych graczy. Inwestor, projektanci, generalny wykonawca, podwykonawcy, dostawcy i inni interesariusze. To bardzo utrudnia przepływ danych i integrację AI, które najlepiej działają w środowisku współpracy i dzielenia informacji. Ten brak spójności jest poważnym hamulcem.

DM: Skoro tych barier jest aż tyle – techniczne, ekonomiczne, ludzkie, kulturowe – to jak można myśleć o przyszłości AI w tej branży? Czy ta wizja

transformacji, o której mówiliśmy na początku, nie jest zbyt optymistyczna?

JS: To jest bardzo dobre pytanie. Wygląda na to, że kluczem do przełamania tego impasu nie jest forsowanie pojedynczych, izolowanych narzędzi AI. Raczej strategiczne postawienie na konwergencję kilku kluczowych technologii, które wzajemnie się wzmacniają. Pamiętajmy, że BIM miał być

gdzie dany materiał, urządzenie konstrukcyjne znajduje się w danym czasie, czy są one w zakładzie produkcyjnym, czy na środkach transportu, czy są akurat w trakcie wbudowania. Praktycznie o wszystkim, co daje się zmierzyć. Te dane, to takie cyfrowe paliwo. One zasilają cyfrowe bliźniaki (DT).

DM: A cyfrowy bliźniak, to?

JS: To dynamiczny, wirtualny model

nie może przysporzyć ogromnych oszczędności.

JS: Potencjalnie tak. Po drugie, otwiera to drzwi do znacznie bardziej zaawansowanej robotyki autonomicznej. Roboty i drony, korzystające z danych IoT i modeli DT, będą mogły wykonywać coraz bardziej złożone zadania, współpracować ze sobą i z ludźmi. Szczególnie może to ułatwić realizację prac niebezpiecznych, uciążliwych lub wymagających większej precyzji, np. w USA roboty samowznoszące spawają konstrukcje stalowe powyżej 40, 60 i więcej pięter.

DM: A konkretne przykłady?

JS: Na przykład autonomiczne mrowanie, spawanie w trudno dostępnych miejscach, inteligentny transport materiałów po dynamicznym placu budowy. Po trzecie, możemy oczekiwać skokowego zwiększenia poziomu bezpieczeństwa, dzięki ciągłemu, zautomatyzowanemu monitoringowi BHP przez systemy wizji komputerowej i sensory IoT.

DM: A co ze zrównoważonym rozwojem? To ostatnio temat bardzo często podejmowany w badaniach.

JS: I tu AI też może bardzo pomóc. Taka zintegrowana platforma może wspierać cele zrównoważonego rozwoju. Algorytmy AI mogą na bieżąco optymalizować zużycie energii, wody, materiałów – na każdym etapie cyklu życia budynku. Potencjalnie znacząca redukcja śladu węglowego.

DM: Czyli to wszystko składa się na obraz takiej strategicznej zmiany myślenia.

JS: Istotnie. Przystajemy myśleć o AI jako o pojedynczym narzędziu-algorytmie do prognozowania kosztów czy aplikacji do rozpoznawania obrazów. Zaczynamy dostrzegać potencjał stworzenia kompleksowego, zintegrowanego, inteligentnego i – co ważne – potencjalnie w dużej mierze autonomicznego ekosystemu cyfrowego. Ekosystemu, który zarządza całym cyklem życia obiektu – od koncepcji po rozbiórkę. To wizja kompleksowego, opartego na danych, zarządzania aktywami budowlanymi.

Przestajemy myśleć o AI jako o pojedynczym narzędziu-algorytmie do prognozowania kosztów czy aplikacji do rozpoznawania obrazów. Zaczynamy dostrzegać potencjał stworzenia kompleksowego, zintegrowanego, inteligentnego i – co ważne – potencjalnie w dużej mierze autonomicznego ekosystemu cyfrowego.

podstawowym i obowiązkowym problemem zarządzania przedsięwzięciem/projektem inwestycyjnym w UE już w 2020 r. Jak to dziś wygląda, to każda osoba z branży budowlanej sama wie najlepiej z własnych obserwacji.

DM: Konwergencja, czyli połączenie sił różnych technologii.

JS: Tak właśnie.

Przyszłość: konwergencja technologii

JS: Wizja przyszłości, która wylańcza się z wielu badań, które opisujemy w naszej pracy, opiera się właśnie na synergii trzech filarów, tj. Internetu rzeczy (IoT), cyfrowych bliźniaków (Digital Twins, DT) i sztucznej inteligencji (AI) na podstawie procesu zarządzania BIM.

DM: Jak to miałyby działać w praktyce?

JS: Można to sobie wyobrazić jako taki cyfrowy układ nerwowy dla budynków i placów budowy. W tym modelu IoT działa jak sieć receptorów. Tysiące tanich sensorów w materiałach, na sprzęcie, w konstrukcjach, które – non stop zbierają i przesyłają dane w czasie rzeczywistym.

DM: O jakich danych mówimy?

JS: O temperaturze, wilgotności, narpężeniach, wibracjach, zużyciu energii, lokalizacji maszyn, czy nawet jakości powietrza. Informacje o logistyce,

fizycznego obiektu, na przykład budowanego wieżowca. Ten model jest na bieżąco aktualizowany danymi z IoT, dzięki czemu wiernie odzwierciedla aktualny stan i „zdrowie” swojego fizycznego odpowiednika.

DM: A gdzie w tym wszystkim jest AI?

JS: AI pełni rolę mózgu tego ekosystemu. Algorytmy AI analizują te ogromne zbiory danych z IoT, kontekstualizowane w cyfrowym bliźniaku. AI wykrywa wzorce, anomalie, korelacje, których człowiek by nie zauważył; przewiduje przyszłe zdarzenia, ryzyko awarii, opóźnień i dostarcza konkretne prognozy i rekomendacje. Wspiera podejmowanie decyzji. Ta synergia pozwala przezwyciężyć wiele wcześniejszych ograniczeń, zwłaszcza tych z danymi.

DM: Brzmi jak wielka zmiana jakościowa. Jakie konkretne przełomowe możliwości otwiera taka zintegrowana platforma oparta na IoT, DT i AI?

JS: Mówimy tu o naprawę transformacyjnych zastosowaniach. Po pierwsze, konserwacja predykcyjna na niespotkaną dotąd skalę. Systemy AI, analizujące dane z czujników, przewidzą zbliżającą się awarię sprzętu, zmęczenie materiału, czy nieszczelność instalacji, a także tzw. szczelnych betonów (biała wanna), zanim one nastąpią.

DM: Czyli przewidujemy naprawy, zanim wystąpią awarie. To potencjal-

Podsumowanie

W naszej analizie prześledziliśmy fascynującą ewolucję AI w budownictwie. Od wczesnych systemów ekspertowych, przez uczenie maszynowe czerpiące z danych, aż po rewolucję głębokiego uczenia, wizję komputerową i obecne zastosowanie obejmujące cały cykl życia projektu, tę kluczową integrację z BIM, *digital twins* i IoT.

Jednak, jak bardzo wyraźnie pokazały przeanalizowane setki badań naukowych, wykorzystanie tego ogromnego potencjału wciąż napotyka na poważne, wielowymiarowe bariery. Problemy z jakością i dostępnością da-

nych, to kluczowe wyzwanie techniczne. Koszty i niepewny zwrot z inwestycji (ROI) to bariera ekonomiczna, ale wydaje się, że trudniejsze do pokonania mogą być te głęboko zakorzenione bariery kulturowe i organizacyjne.

To konserwatyzm, opór (strach) przed zmianą, luka kompetencyjna. To wszystko znacząco spowalnia tempo adopcji AI. Dlatego kluczem do sukcesu wydaje się nie tylko dalszy rozwój technologii AI, ale przede wszystkim głęboka transformacja samej branży. Potrzebna jest większa standaryzacja procesów i danych, inwestycje w rozwój kompetencji cyfrowych, no i budowanie ekosystemów opartych na

współpracy, współdzieleniu danych i – co absolutnie kluczowe – na zaufaniu między firmami i zaufaniu ludzi do technologii. Możliwe, że nawet pod patronatem UE w jej wszystkich krajach członkowskich równocześnie.

Warto się zastanowić, co okaże się największym wyzwaniem dla pełnego wdrożenia AI w budownictwie w nadchodzącej dekadzie. I to może dać początek poważnej debacie. Świat nie będzie na nas czekał. Już kilka lat temu Chińczycy za pomocą drukarek wielkowymiarowych wzniesli 3-kondygnacyjny budynek mieszkalny w rekordowym tempie i o bardzo wysokiej jakości! ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ben Chaabene, Wassim, Flah, Majdi, Nehdi, Moncef L. Machine learning prediction of mechanical properties of concrete: Critical review. *Construction and Building Materials* 2020, 260: 119889.
- [2] Koya B.P., Aneja S., Gupta R., Valeo C. Comparative analysis of different machine learning algorithms to predict mechanical properties of concrete. *Mechanics of Advanced Materials and Structures* 2022, 29(25): 4032–4043.
- [3] Delhi V.S.K., Sankarlal R., Thomas A. Detection of personal protective equipment (PPE) compliance on construction site using computer vision based deep learning techniques. *Frontiers in Built Environment* 2020, 6: 136.
- [4] Lopes C., Abrahão Cury A., Castro Mendes J. Construction and demolition waste management and artificial intelligence-a systematic review. *Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental* 2024, 18(10).
- [5] Pan Y., Zhang L. Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction* 2021, 122: 103517.
- [6] Ovid A., Alsharef A., Jamil Uddin S.M., Albert A. Applied AI and Robotics for Construction Operations—A Smart Review of the State of the Science. In *Construction Research Congress 2024*: 913–923.
- [7] Hariri-Ardebili M.A., Mahdavi G., Nuss L.K., Lall U. The role of artificial intelligence and digital technologies in dam engineering: Narrative review and outlook. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 2023, 126: 106813.



Korporacja Radex Spółka Akcyjna

02-743 Warszawa, ul. J.S. Bacha 10

Biuro handlowe / Commercial office:

Korporacja Radex Business Park
03-228 Warszawa, ul. Marywilska 34 I

liderzy w biznesie

jakości i innowacyjności

Działania z zakresu rozwoju biznesu świadczące o unikalnym i wyjątkowym charakterze działalności to:

- zaproszenie Korporacji Radex S.A. i powierzenie jej funkcji organizatora oraz koordynatora Klastra Przemysłowego dawnych terenów Centralnego Okręgu Przemysłowego im. premiera Eugeniusza Kwiatkowskiego, tj. obszarów wchodzących w skład obecnych województw: świętokrzyskiego, mazowieckiego, łódzkiego, małopolskiego, podkarpackiego i lubelskiego. Korporacja Radex doprowadziła do powołania Klastra w formie stowarzyszenia w lutym 2012 r., zorganizowała i powołała Rady Programowe Klastra: Naukową, Samorządową i Przemysłową, w celu opracowania planu rozwoju gospodarczego dla regionu działań klastra na lata 2019–2023.
- opracowywanie i wdrażanie nowoczesnych oraz nowatorskich systemów zarządzania w budownictwie w oparciu o współpracę z największymi firmami z Niemiec, Francji, Wielkiej Brytanii i USA oraz ośrodkami naukowymi, tj. Instytutem ORGMASZ, Politechniką Warszawską, Wydziałem Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Akademią L. Koźmińskiego oraz Szkołą Główną Handlową.

www.korporacjaradex.pl • www.klastercop.pl



Rozwój turystyki w Europie oraz jej wpływ na mieszkańców miast

Boom turystyczny, jaki obecnie obserwujemy, miał kilka przyczyn. Po pandemii świat wszedł w okres szybkiego rozwoju gospodarczego, a społeczeństwa zamknięte przez ten czas w swoich miastach i domach, potrzebowały wyzwolenia. Światowej turystyce sprzyjały również tanie linie lotnicze. Jednak ten ogromny rozwój turystyki i jego skutki zaskoczył władze wielu miast, zrodził ogrom problemów, z którymi trudno sobie teraz poradzić.

Słowa kluczowe: boom turystyczny, skutki rozwoju turystyki.

The growth of tourism in Europe and its impact on city dwellers. The tourism boom we are currently witnessing has had several causes. Following the pandemic, the world entered a period of rapid economic growth, and societies, having been confined to their cities and homes during that time, needed a release. Low-cost airlines also boosted global tourism. However, this massive growth in tourism and its consequences took the authorities of many cities by surprise, giving rise to a host of problems that are now difficult to deal with.

Keywords: tourism boom, consequences of tourism growth.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

Tanie linie lotnicze spowodowały rewolucję w światowej turystyce. Wpływ na to zjawisko miał również rozwój gospodarczy na świecie po pandemii. Również społeczeństwa zamknięte w swoich krajach, miastach, domach, mieszkaniach w tym okresie potrzebowały oddechu, psychicznego wyzwolenia, poczucia wolności. Te trzy zjawiska wyzwoliły boom turystyczny – patrz tabela 1.

Poniżej przedstawimy sytuację najbardziej obciążonych ruchem turystycznym miast. Na podstawie Teorii Butlera (w załączniku 1) przybliżymy, w którym miejscu Modelu „ONE” się znajdują oraz postaramy się podać przyczyny umieszczenia ich na osi czasu i liczby turystów w konkretnym miejscu wykresu.

Hiszpania – lider uzyskanych dochodów z turystyki

Hiszpania ma to szczęście, że leży zarówno nad Morzem Śródziemnym, ale także nad Oceanem Atlantyckim oraz Zatoką Biskajską. Położenie geograficzne kraju ma wszystkie atuty potrzebne dla rozwoju turystyki. Pomaga w tym także klimat. Turyści mogą wybrać gorące wybrzeże Morza Śródziemnego, gdzie temperatura wody sięga w lecie do 30°C lub Ocean Atlantycki z wodą chłodniejszą, ale wysokimi falami i silnymi wiatrami (kitesurfing, kitewing, surfing itp.). Natomiast Zatoką Biskajską zapewnia uprawianie sportów oraz turystyki morskiej (jachty żaglowe i motorowe). W Hiszpani są również góry i można uprawiać sporty zimowe (narty, deski oraz łyżwy na

lodowiskach w kurortach narciarskich) oraz turystykę górską.

Dodatkowo Hiszpania to kraj przenikających się kultur wschodnich (arabskich) oraz zachodnich, gdzie można spotkać piękne miasteczka, zamki, które zostały odrestaurowane, zrewitalizowane, odnowione. W każdym większym mieście kursują dwupiętrowe autobusy turystyczne z niezadaszonymi w dzień, jak i w nocy pokładami na piętrze. Praktycznie można wszędzie wykupić bilety zarówno na ½ dnia, jak i na cały dzień lub nawet na dwa, trzy dni. Są to autobusy popularne na całym świecie typu HOP ON–HOP OF. Znana w Europie jest także kuchnia hiszpańska, różna w poszczególnych regionach Hiszpanii. Nawet mieszkańcy tego kraju nie są w stanie wskazać, która z nich jest najlepsza.



Tab. 1. Zestawienie danych liczbowych turystyki w wybranych krajach [Przyjazdy podane w mln osób odwiedzających dany kraj. Dochody podane w mln USD]

| Kraj Rok | Przyjazdy 2000 | Dochody 2000 | Przyjazdy 2019 | Dochody 2019 | Przyjazdy 2023 | Dochody 2023 | Przyjazdy 2024 | Dochody 2024 |
|------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| Francja | 75.0 | 33.0 | 90.0 | 57.0 | 100.0 | 65.9 | 100.0 | 71.0 |
| Hiszpania | 47.9 | 30.0 | 83.7 | 92.3 | 83.5 | 108.7 | 94.0 | 126.3 |
| Włochy | 38.0 | 27.5 | 64.5 | 44.3 | 67.9 | 50.0 | 65.0 | 55.0 |
| Wielka Brytania | 25.2 | 21.9 | 40.9 | 32.0 | 38.0 | 30.0 | 42.6 | 38.0 |
| Portugalia | 2.91 | 5.2 | 24.6 | 18.0 | 27.0 | 25.0 | 29.0 | 28.5 |
| Polska | 18.2 | 5.7 | 21.2 | 15.7 | 19.0 | 18.5 | 19.5 | 20.0 |

[Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnianych przez poszczególne kraje.]

* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

Są tu również słynne na cały świat winnice, które można zwiedzać, degustować różne gatunki win hiszpańskich (najlepsze z nich to Rioja, Torres) zagryzając słynnymi małymi kanapczkami (tapas).

Hiszpania otrzymała od UE ogromne środki rozwojowe, które wykorzystwała na budowę dróg szybkiego ruchu, autostrad, szybkich kolei (ok. 300 km/h) oraz infrastrukturę służącą rozwojowi ruchu turystycznego, a także hiszpańskich firm budowlanych, developerów, którzy zaczęli budować infrastrukturę lądową i morską, apartamentowce i szeregowce na wynajem, ale także jako lokatę kapitału dla zagranicznych inwestorów z Niemiec, Anglii, a ostatnio z Polski, oraz innych krajów Europy i Azji.

Trzeba pamiętać również, że Hiszpania posiada zespoły wysp – na Atlantyku słynne Wyspy Kanaryjskie oraz Baleary na Morzu Śródziemnym. Wyspy te przyciągają turystów przez cały rok, szczególnie Wyspy Kanaryjskie, gdzie deszcz pada rzadko, kilka razy w roku, a temperatury (23–28°C) są idealne dla rodzin z dziećmi i osób w podeszłym wieku.

Hiszpanie wspaniale przygotowali się do boomu turystycznego, opierając się na środkach własnych (budżet centralny, budżetach regionalnych), środkach unijnych, inwestorów prywatnych oraz środkach komunalnych miast pracując w systemie partnerskim. Szybko zrozumiano, że taki sposób powoduje największą synergię kapitałów ludzkich, społecznych i środków publicznych.

Czy boom turystyczny i jego skutki, a także osiągnięcie ogromnego sukcesu zaskoczył władze komunalne miast? Na pewno tak i takim przykładem jest Barcelona. Co roku (po rozbudowie portu dla statków pasażerskich typu Cruise, których przyjmuje się obecnie do ośmiu dziennie), lotnisk, dworców kolejowych, marin dla jachtów motorowych oraz żaglowych przybywa do Barcelony ok. 30 mln turystów rocznie! W 2025 r. Barcelona miała 1,6 mln mieszkańców. Co miesiąc przybywa średnio 2,5 mln turystów odwiedzających miasto. W sezonie letnim (czerwiec – wrzesień) grubo ponad 3 mln.

Mieszkańcy Barcelony mają tego stanowczo dość. Turyści wypierają rodo-

Hiszpanie wspaniale przygotowali się do boomu turystycznego, opierając się na środkach własnych (budżet centralny, budżetach regionalnych), środkach unijnych, inwestorów prywatnych oraz środkach komunalnych miast pracując w systemie partnerskim.

witych mieszkańców z mieszkań w centrum na peryferie lub poza granice miasta. Turyści płacą za noclegi nawet dwukrotnie więcej niż lokalni mieszkańcy.

W miejscach najbardziej obleganych przez turystów w sezonie letnim nie da się przejść, a w niektórych miejscach, takich jak obiekty zaprojektowane przez Gaudiego nie da się dosłownie wcisnąć szpilki. Raj dla kieszonkowców, którzy zjeżdżają na „łowy” z całej Europy. Nie można ku-

pić biletów na atrakcje turystyczne, gdyż wykupują je przed szczytem sezonu biura podróży. Władze miasta podniosły ceny biletów o 100%, a także wprowadziły je do parku zaprojektowanego przez Gaudiego. Ceny za bilety przekraczają możliwości lokalnej społeczności. Ostatnio, po licznych protestach, obniżono je o połowę, ale tylko dla stałych mieszkańców. W załączniku 2 podajemy listę najważniejszych atrakcji Barcelony.



Tab. 2. Liczba odwiedzających (łącznie) oraz dochody/wartość ekonomiczna (EUR)

| Miejsce | Rok danych | Liczba mieszkańców | Odwiedzający łącznie (rocznie) | Dochody / wpływ (EUR) |
|----------------------------|------------|--|--------------------------------|-----------------------|
| Wenecja | 2025 | 50 tys. (w centrum historycznym) | 16 mln | 3.5 mld |
| Lizbona | 2025 | 600 tys | 8.8 mln | 2.16 mld |
| Amsterdam | 2025 | 1 235 tys. | 20 mln | 20 mld |
| Barcelona | 2025 | 1 600 tys. | 16 mln | 14.041 mld |
| Region Walencja (Valencia) | 2025 | 850 tys. | 12.5 mln | 16.1 mld |
| Funchal | 2025 | 133 tys | 12.8 mln | 0,9 mld |
| Kraków | 2025 | 811 tys. | ~15mln | 2.12 mld |
| Paryż (Grand Paris) | 2025 | 2 100 tys. Grand Paris – 12 000 tys. | 50mln | ~38mld |
| Disneyland w Paryżu | 2025 | - | 16.6 mln | 2.9 mld |
| Rzym | 2025 | 2 800 tys. | 35mln | 12mld |
| Berlin | 2025 | 3 900 tys. | 29.5 mln | 17 mld |
| Bilbao | 2025 | 347 tys. | 1,4 mln | 6.6 mld region Basków |
| Wyspa Korčuła | 2025 | 17 tys. | 0,215 mln | 0,185 mld |

[Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnianych przez poszczególne miasta]

Mieszkańcy centrum historyczno-turystycznego Barcelony zaczynają się buntować. Miejsca sklepów z żywnością zajmują bary, kawiarenki, lodziarnie oraz restauracje. W nocy słychać śpiewy turystów do 4–5 nad ranem. Zdarzają się publiczne bójk i awantury.

Co poszło nie tak

Myślę, że nikt nie zastanawiał się nad tym co przynosi tak gwałtowny wzrost turystyki, jakie negatywne skutki powoduje. A wystarczyło zapoznać się z teorią Butlera – w załączeniu, a w szczególności z ostatnim jej punktem, czyli „Nieuchronnością zmian”, „Odmłodzenie” (Odrodzenie lokalnej społeczności) lub „Upadek” (Na krzywej oznaczony pkt „Reorientacja”).

Władze Katalonii (Hiszpania) podniosły opłaty turystyczne o 100%, ale nie przyniosło to spodziewanych efektów, czyli widocznego zmniejszenia ruchu turystycznego. Władze Barcelony nie mieli pomysłu jak rozwiązać problem najazdu turystów na miasto. Dlatego też zwrócili się do trzech hiszpańskich uniwersytetów i zlecieli im rozwiązanie tego poważnego problemu.

Amsterdam – miasto w kryzysie

Podobny lub znacznie gorszy problem jest w Amsterdamie, w którym mieszka 933 tys. osób, a miasto każdego roku odwiedza średnio 20 mln ludzi! Okupują oni zabytkowe kwartały miasta, podzielone kanałami. W ostatnich czterech dekadach XX wieku miasto zyskało sławę jako najbardziej wyzwolone (wolne) miasto w Europie. Zaczęło się od hipisów – „dzieci kwiatów”, którzy zbyt dosłownie zrozumieli słowo wolność tzn., że ich nie obowiązywały ani przepisy lokalne, ani prawo, ani żadne (dosłownie żadne) ograniczenia. Władze przymykały na to oko (do czasu), a młodych ludzi, nigdzie nie pracujących zaczęło „ONO” przyciągać jak magnes i lawina ruszyła, a z nią alkohol, narkotyki, koncerty rockowe, bary, knajpki, dzielnice z tzw. czerwonymi latarniami. W związku z tym znacznie

wzrosła przestępczość, grabieże, bójki, rozboje. W 2000 r. mieszkańcy zaczęli protestować chcąc odzyskać centrum miasta, zlikwidować uliczne pijaństwo, burdy, śmiecenie, gdzie popadnie, szczególnie na skwerach, w parkach, ale także załatwianie się na drzwiach wejściowych do kamienic. Zmusiło to w 2003 r. władze miasta do rozpoczęcia kampanii reklamowej w Europie, że w Amsterdamie obowiązuje europejskie prawo, tak jak w całej UE, że wolność ma swoje ograniczenia prawne, tak jak w każdym demokratycznym kraju na świecie. Równolegle wprowadzono (jako w pierwszym mieście w Europie) wolną sprzedaż marihuany, aby pozbyć się handlarzy narkotyków „twardych”.

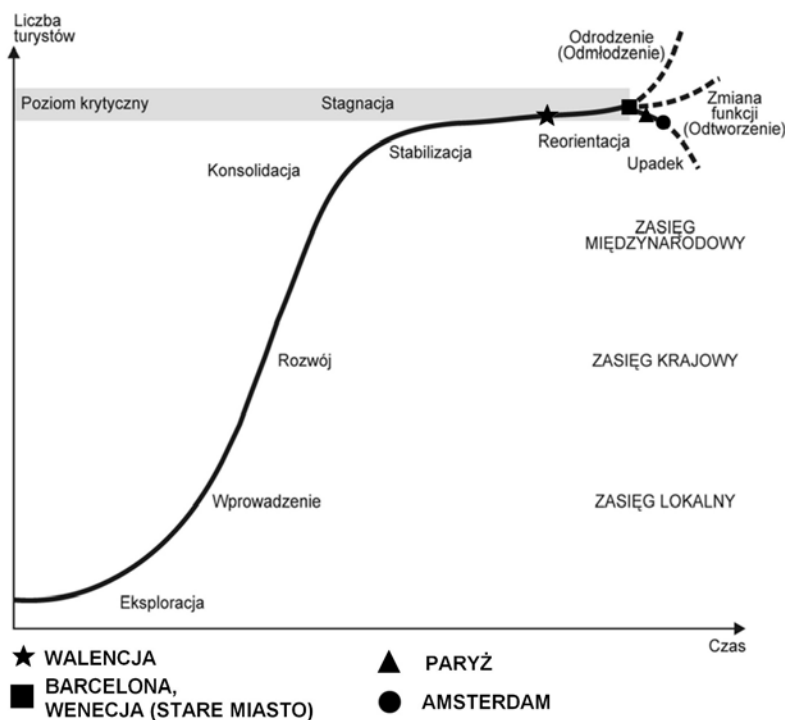
Te działania były niejako przeciwstawne sobie i przyciągnęły rzesze turystów ze świata, którzy chcieli choć raz zapalić skręta w sposób legalny. Władze komunalne wykazały się naiwnością i brakiem podstawowej funkcji kierowniczej, tj. przewidywania. Zamiast spadku liczby młodych turystów, ich liczba gwałtownie wzrosła.

W 2008 r. nastąpił kryzys w mieście. Mieszkańcy mieli dość wolności dla turystów i udręki dla nich. Zarzucano Radzie Miasta, że bardziej dba o przyjezdnych, a mniej o swoich mieszkańców, a de facto wyborców. Niewiele to jednak zmieniło, gdyż dla władz miasta liczyły się wpływy i dochody z turystyki, a nie dobrostan mieszkańców, z których wielu je opuściło. Władze się zmieniały, a budżet miasta domykał się tylko z pomocą środków z turystyki. Szybko, pewnie, wygodnie, bez przemęczania szarych komórek decydentów, aby wymyśleć jakiegokolwiek, inne dochody i wpływy do kasy miasta ograniczając turystykę do rozsądnych wymiarów.

Według moich ocen Amsterdam znajduje się, jeśli chodzi o zabytkowe tereny miasta, w gorszej sytuacji niż Barcelona i rozpoczyna się powolny upadek tego miasta i na ratunek za 5–10 lat będzie za późno. Nastąpi wyłudnienie centrum miasta, które okupują lumpy, złodzieje, handlarze narkotyków, alfonsi, prostytutki oraz wszelkiego rodzaju przestępcy.



Rys. 1. Krzywa rozwoju turystyki



Problemy innych miast

W Wenecji w zabytkowym centrum miasta mieszka 50 tys. osób, a przyjeżdża 16 mln turystów, powodując nieprawdopodobny tłok w najbardziej popularnych wąskich uliczkach miasta, na Placu Św. Marka, w kościołach, w tramwajach wodnych itp.

Władze Wenecji wprowadziły opłatę turystyczną ok. 5 Euro od każdego turysty, ale nic ona nie dała. Tak samo jak podniesienie opłaty do 10–50 Euro również nic nie zmieni. Jeśli ktoś planuje przyjazd do Włoch to na pewno będzie chciał chociaż raz w życiu zobaczyć Wenecję.

Dla rodziny czteroosobowej to wydatek rządu nawet 200 Euro. Jeśli rodzina uzna to za zbyt duży koszt, to do miasta przyjadą tylko osoby dorosłe, czyli koszt wypadu jednodniowego wyniesie 100 Euro. Jest to kwota do zaakceptowania dla każdej osoby, która korzysta z tanich linii lotniczych oraz komunikacji publicznej. Wenecja, podnosząc opłaty i zmniejszając liczbę parkingów dla autobusów, kursów pociągów oraz liczbę statków pasażerskich, powinna sobie z tym problemem poradzić.

Paryż ma bardzo duże problemy z ogromnymi ilościami śmieci, do czego przyczynia się 50 mln ludzi odwiedzających co roku to miasto. Problem ten był (w marcu 2026 r.) omawiany przez wszystkich kandydatów na mera (bur-

3. Władze miast muszą regulować liczbę przyjeżdżających turystów, którzy będą je odwiedzać i tworzyć nowe atrakcje turystyczne np. parki rozrywki, parki wodne na obrzeżach miast lub w najbliższym ich

Paryż ma bardzo duże problemy z ogromnymi ilościami śmieci, do czego przyczynia się 50 mln ludzi odwiedzających co roku to miasto.

mistrza) Paryża i niektórzy z nich w swoich kampaniach wyborczych przyrzekli POSPRZĄTAĆ MIASTO ze śmieci i psich odchodów, które już stanowią poważny społeczny problem Paryża.

otoczeniu, a także inne atrakcje rozmieszczone w całym mieście, aby rozłożyć w nich ruch turystyczny i odciążać centra miast wraz z ich zabytkowymi starówkami.

4. Miasta muszą tworzyć bariery ograniczające napływ turystów do miast, gdy ich rozwój osiągnie etap zaznaczony narysunku 1 słowem „Konsolidacja”.
5. Jedyną według autora możliwością ograniczenia napływu turystów do miast nadmierne obciążonych ich obecnością jest wprowadzenie:
– podatków lub opłat turystycznych o wysokość podnoszącej koszty zakupu biletów tanich linii lotniczych do ceny ich zakupu w narodowych liniach lotniczych np. Iberii, Sabeny,

Podsumowanie

1. Patrząc na tabele 1 i 2 widać, że turystyka będzie się dalej intensywnie rozwijać, chyba że powtórzy się pandemia, czy wybuchną nowe konflikty zbrojne wciągające wiele państw na świecie.
2. Wpływy z turystyki będą z roku na rok rosły, szczególnie w tych państwach, które na rys. 1 znajdują się na ścieżce wzrostu, zaznaczonych słowem „Rozwój”.

Załącznik Nr 1

Teoria Butlera, znana szerzej jako Model Cyklu Życia Obszaru Turystycznego (ang. *Tourism Area Life Cycle* – TALC), została przedstawiona przez Richarda W. Butlera w 1980 roku. Jest to jeden z najpopularniejszych paradygmatów w geografii turystyki, opisujący, w jaki sposób destynacje turystyczne rozwijają się, zmieniają i starzeją w czasie, przypominając cykl życia produktu.

Butler podzielił ewolucję obszaru turystycznego na 6 lub 7 głównych etapów:

Etapy Modelu Butlera (TALC)

1. **Eksploracja (Exploration):** Niewielka liczba turystów odwiedza obszar ze względu na jego unikalne walory przyrodnicze lub kulturowe. Brak specjalistycznej infrastruktury turystycznej, turyści korzystają z lokalnych udogodnień.
2. **Zaangażowanie (Involvement):** Miejscowa ludność zaczyna dostrzegać potencjał i angażuje się w obsługę ruchu turystycznego, otwierając pensjonaty czy oferując przewodnictwo. Pojawiają się pierwsze reklamy.
3. **Rozwój (Development):** Gwałtowny wzrost liczby turystów. Inwestycje zewnętrzne (duże firmy) zastępują lokalne inicjatywy. Powstają hotele, drogi, lotniska. Destynacja staje się masowa.
4. **Konsolidacja (Consolidation):** Wzrost liczby turystów zwalnia, ale nadal przewyższa liczbę stałych mieszkańców. Turystyka staje się główną gałęzią gospodarki, a stara baza noclegowa zaczyna być przestarzała.
5. **Stagnacja (Stagnation):** Liczba turystów osiąga szczyt. Pojemność turystyczna obszaru jest przekroczona. Kurort traci swój pierwotny urok, staje się „przekomercjalizowany” i traci na popularności.
6. **Spadek lub Odrodzenie (Decline or Rejuvenation):**
Spadek (Decline): Jeśli nie zostaną podjęte działania, kurort traci turystów na rzecz nowszych miejsc, hotele mogą zostać zamienione na domy starości lub mieszkania.
Odrodzenie (Rejuvenation): Inwestycje, zmiana oferty, nowe atrakcje (np. mariny, parki rozrywki) przyciągają nowych gości, rozpoczynając nowy cykl.

Kluczowe założenia teorii

- **Krzywa w kształcie litery S:** Rozwój turystyki przebiega według krzywej sigmoidalnej (powolny początek, gwałtowny wzrost, stagnacja).
- **Ograniczona pojemność:** Zasoby turystyczne są skończone i wyczerpywalne.
- **Nieuchronność zmian:** Butler zauważył, że destynacje niosą w sobie „ziarna własnego zniszczenia” – ich sukces przyciąga tłumy, które niszczą to, co pierwotnie przyciągało.

Model ten pomaga planistom i władzom lokalnym w zarządzaniu destynacją, aby uniknąć przedwczesnego spadku popularności.

- British Airways, Lufthansa, PLL Lot.
- podniesienie cen biletów jw. do największych atrakcji w mieście.
6. Można również ogłosić międzynarodowy konkurs (może wspólny dla miast, których dotyczy problem skutków nadmiaru turystów) na jego pilne rozwiązanie.
 7. Wprowadzić „podatek” śmieciowo-porządkowy na codzienne oczyszczanie miasta, czyszczenie na mokrą jezdnię i chodników oraz rynsztoków, który musi zapłacić każdy turysta przyjeżdżający do miast takich jak Paryż, Barcelona, Wenecja (dodatkowo czyszczenie kanałów), Amsterdam, Walencja i inne duże miasta oblegane przez miliony turystów. Wywóz śmieci zaczyna stanowić bardzo poważny problem społeczny np. w Paryżu stał się tematem numer jeden przy wyborze władz Paryża na przełomie marca i kwietnia 2026 r.
 8. Miasta na całym świecie muszą przygotować się na najazd turystów z Indii i Chin, bo to może być nawet 500–600 mln osób. Również te nacje opuszczą w końcu swoje rodzinne kraje i ruszą oglądać świat, zobaczyć na własne oczy jak żyją w nich inni ludzie. Najpierw pojawią się oni w Azji, potem w Europie, a następnie ruszą na inne kontynenty. Trzeba się do tego przygotować, aby miasta w Europie nie zostały zdepresowane przez te dodatkowe rzesze turystów. ■

Załącznik Nr 2

Najważniejsze zabytki Barcelony!

Wszyscy turyści idą na główny deptak La Rambla, a potem do

- 3 obiektów zaprojektowanych przez Antonio Gaudiego,
- Sagrady Familii – Katedra ukończona w 2026 r.,
- Park Güell – mozaika, schody, rzeźby, muzeum Gaudiego zielony park,
- Casa Batlló – fantazyjnie falista kamienica kryta dachem wykonanym z dużych łusek, imitujących grzbiet zwierzęcia (smoka),
- La Boqueria – targ kryty, bogata oferta mięs, warzyw, owoców, serów itp.
- Camp Nou – stadion FC Barcelona!
- Casa Milá – Kataloński budynek secesyjny – Gaudiego – z kamienną fasadą, centrum wystawowe i koncertowe,
- Pałac muzyki katalońskiej (secesyjna sala koncertowa, słynna z ozdobnej elewacji i bogato udekorowanej widowni witrażową kopułą),
- Gotycka katedra z widokiem na miasto,
- Plac Kataloński – popularny plac, drzewa, rzeźby, fontanna, kawiarnie,
- La Rambla – słynny deptak wśród drzew, stragany, zespoły uliczne, kuglarze,
- Park Ciutadella – ZOO, jezioro, Muzeum Przyrodnicze, Zamek Trzech Smoków,
- Casa Vicens – czteropiętrowy budynek projektu Antonio Gaudiego z narożną wieżą i akcentami mauretańskimi,
- Pałac Buell – modernistyczna ozdobna rezydencja (wczesny Gaudí),
- Muzeum National d’ Art de Catalunya – Muzeum Narodowe Sztuki Katalonii położone na wzgórzu Montjuic,
- Muzeum Picassa – posiadające jedną z największych kolekcji dzieł sztuki hiszpańskiego artysty Pabla Picassa.

Jeżeli turyści nie mają dwóch lub trzech dni na zwiedzanie Barcelony, to idą na deptak La Rambla, do 3 obiektów przy deptaku, zaprojektowanych przez Gaudiego Parku Güell oraz Gotyckiej Katedry ukończonej w IV kwartale 2025 r. i to wystarczy, aby w okolicach tych atrakcji tworzyły się tłumy ludzi, przez które trudno się przebić innym turystom oraz lokalnej społeczności.

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://opengovernment.unioncamere.gov.it/P51F531/Arrivi-e-presenze-turistiche-nei-comuni-delle-province-di-Venezia-e-Rovigo-2024.html>
- [2] <https://www.ambitur.pt/area-metropolitana-de-lisboa-regista-subida-de-receita-no-turismo-em-2025/>
- [3] <https://dinheirovivo.dn.pt/economia/municipios-arrecadam-receita-historica-de-176-milhes-de-euros-com-taxa-turistica-em-2025>
- [4] <https://image.e.iamsterdam.com/lib/fe341170756404757c1170/m/1/4f86d3cd-9342-402a-b919-f8dc710a4650.pdf>
- [5] <https://observatoriturisme.barcelona/en/noticia/destinacion-barcelona-closes-2025-with-26-1-million-tourists-and-e14041m-in-economic-impact/>
- [6] <https://elpais.com/espana/comunidad-valenciana/2026-02-11/valencia-cerro-2025-con-un-ligero-descenso-de-pernoctaciones-turisticas-por-efecto-de-la-dana.html>
- [7] <https://estatistica.madeira.gov.pt/en/download-now-3/economic/turismo-gb/turismo-noticias-gb/tourism-press-release-current-gb/5596-30-01-2026-in-2025-the-overnight-stays-in-tourist-accommodation-in-the-autonomous-region-of-madeira-increased-by-8-4-approaching-12-8-million.html>
- [8] <https://estatistica.madeira.gov.pt/en/download-now-3/economic/turismo-gb/turismo-noticias-gb/tourism-press-release-current-gb/5461-17-11-2025-in-the-3rd-quarter-of-2025-the-portuguese-market-surpassed-the-german-market-in-the-number-of-overnight-stays-becoming-the-most-important-source-market.html>
- [9] <https://recordeuropa.com/noticias/portugal/madeira-com-128-milhoes-de-dormidas-no-setor-turistico-em-2025-01-02-2026-317578>
- [10] <https://krakow.tvp.pl/91470343/turystyczny-krakow-znow-bije-rekordy-dominuja-goscie-z-niemiec-wielkiej-brytanii-i-usa>
- [11] https://krakow.pl/aktualnosci/308403%2C31%2Ckomunikat%2Cpodsumowanie_roku_2025_w_krakowskiej_turystyce_.html
- [12] <https://parisjetaime.com/media/article/barometre-janvier-2026-a1944>
- [13] <https://www.comune.roma.it/web/it/notizia/il-2025--il-nuovo-anno-record-del-turismo-di-roma.page>
- [14] <https://about.visitberlin.de/en/press/press-releases/tourism-annual-review-2025-berlin-maintains-its-leading-position-europe>
- [15] <https://about.visitberlin.de/en/current-figures>
- [16] <https://www.europapress.es/euskadi/noticia-bilbao-recio-1396841-turistas-2025-12-mas-2024-sumo-2723725-pernoctaciones-105-mas-20260212152712.html>
- [17] <https://aecom.com/wp-content/uploads/documents/reports/AECOM-Theme-Index-2023.pdf>
- [18] <https://www.thedubrovniktimes.com/news/dubrovnik/item/18237-korcula-tourist-arrivals-rise-10-in-june-2025-led-by-u-s-and-croatian-visitors>

Rewitalizacja Zona Velha w Funchal stolicy portugalskiej Madery

Zona Velha to przykład skutecznej, niskobudżetowej rewitalizacji opartej na integracji sztuki, architektury, zarządzania przestrzenią oraz aktywnego zaangażowania społecznego. Zona Velha przeszła wyraźną metamorfozę – z obszaru dotkniętego degradacją przekształciła się w tętniące życiem centrum kultury i gastronomii. Potencjał twórczy mieszkańców może stać się realną alternatywą dla kapitałochłonnych modeli odnowy miejskiej, pod warunkiem zachowania równowagi pomiędzy turystyką a potrzebami lokalnej społeczności oraz systematycznej konserwacji i aktualizacji interwencji artystycznych.

Słowa kluczowe: Funchal, stolica Madery, niskobudżetowa rewitalizacja, zaangażowanie społeczne mieszkańców.

Revitalisation of Zona Velha in Funchal, the Capital of Portuguese Madeira. Zona Velha is an example of effective, low-budget revitalisation based on the integration of art, architecture, spatial management, and active community involvement. Zona Velha underwent a clear transformation – from an area affected by degradation it became a vibrant centre of culture and gastronomy. The creative potential of residents can become a genuine alternative to capital-intensive models of urban renewal, provided that a balance is maintained between tourism and the needs of the local community, as well as through the systematic conservation and updating of artistic interventions.

Keywords: Funchal, capital of Madeira, low-budget revitalisation, community involvement of residents.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

Cel rewitalizacji

Rewitalizacja Zona Velha w Funchal stanowi przykład skutecznej interwencji urbanistycznej, w której sztuka uliczna została wykorzystana jako kluczowe narzędzie transformacji przestrzeni miejskiej. Głównym celem przedsięwzięcia było społeczno-kulturowe oraz gospodarcze ożywienie jednej z najstarszych dzielnic miasta, realizowane poprzez aktywne włączenie artystów, mieszkańców oraz władz lokalnych w proces przemiany.

Historia strefy Zona Velha

Zona Velha, określana jako „Stara Dzielnica”, położona na wschód od centrum Funchal, stanowi najstarszą część miasta oraz historyczne jądro stolicy Madery. Dzielnica zachowała charakterystyczną strukturę urbanistyczną z wąskimi, brukowanymi ulicami, niską zabudową oraz tradycyjnymi domami kupieckimi. Przez wieki była również centrum życia religijnego i komercyjnego, czego świadectwem są liczne obiekty zabytkowe, w tym kościół Igreja do Socorro, dawne pałace miejskie oraz fort São Tiago. Pomimo wysokiej wartości historycznej i kulturowej obszar ten przez długi czas doświadczał postępującej degradacji.

W XX wieku Zona Velha stopniowo się wyludniała w wyniku migracji mieszkańców oraz braku inwestycji, a na początku XXI wieku jej stan techniczny i społeczno-gospodarczy uległ dalszemu pogorszeniu – wiele budynków zostało opuszczonych, a lokalna działalność handlowa niemal całkowicie zanikła. Katastrofalne powodzie i osuwiska z 2010 roku dodatkowo pogłębiły kryzys dzielnicy. W obliczu pilnej potrzeby interwencji podjęto działania rewitalizacyjne wykraczające poza standardowe remonty techniczne, koncentrujące się na wykorzystaniu narzędzi artystycznych i kulturowych w celu przywrócenia historycznego charakteru obszaru oraz ożywienia lokalnej społeczności.

Arte de Portas Abertas – geneza i rozwój

Inicjatywa rozpoczęta w 2010 roku przez José Zyberchemę, skupiającą lokalnych artystów malujących drzwi domów przy Rua de Santa Maria, szybko zyskała rozgłos. Z czasem do projektu dołączyli artyści z różnych krajów, co doprowadziło do powstania ponad 200 dzieł sztuki do 2020 roku. W efekcie dzielnica przekształciła się w znane na mapie Madery miejsce, a ulice Zona Velha stały się otwartą galerią.

W ramach rewitalizacji odnowiono chodniki, zmieniono układ komunikacyjny na bardziej przyjazny pieszym, wprowadzono nowe oświetlenie oraz elementy małej architektury. Przystreżenie stała się dostępna, bezpieczna i atrakcyjna zarówno dla mieszkańców, jak i turystów.

Projekt przyczynił się do powstania wielu lokalnych biznesów – restauracji i kawiarni z ogródkami, galerii, sklepów z rękodzielnictwem. Odnotowano wzrost liczby turystów i zatrudnienia. Analizy wykazują wzrost wartości nieruchomości i poprawę wskaźników jakości życia w tej części miasta.

Wpływ kulturowy i społeczny

Proces rewitalizacji Zona Velha wywarł znaczący wpływ na tożsamość lokalnej społeczności, która aktywnie włączyła się w kształtowanie nowego wizerunku dzielnicy. W rezultacie nastąpiło wzmocnienie więzi sąsiedzkich, rozwój inicjatyw oddolnych oraz przekształcenie tego obszaru w przestrzeń sprzyjającą dialogowi międzykulturowemu i międzypokoleniowemu. Obecnie Zona Velha należy do głównych atrakcji Funchal, stanowiąc miejsce, w którym turystyka kulturalna harmonijnie współistnieje z codziennym życiem mieszkańców.

* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

Odwiedzający mają możliwość spacerowania po ulicach wzbogaconych interwencjami artystycznymi, korzystania z tradycyjnej oferty gastronomicznej oraz uczestnictwa w różnorodnych wydarzeniach o charakterze kulturalnym.

Analogiczne inicjatywy rewitalizacyjne realizowane są m.in. w Lizbonie (projekt LX Factory), Porto (obszar Rua Miguel Bombarda) oraz Berlinie (dzielnica Kreuzberg). Wspólnym mianownikiem tych przedsięwzięć jest wykorzystanie sztuki w przestrzeni publicznej jako narzędzia inicjującego i wzmacniającego procesy zmian społecznych oraz gospodarczych. Na tym tle projekt realizowany w Funchal wyróżnia się szczególnie wysokim poziomem zaangażowania lokalnej społeczności w proces rewitalizacji.

Historia i modernizacja lotniska w Funchal

Lotnisko w Funchal (obecnie Aeroporto da Madeira – Cristiano Ronaldo) jest główną bramą lotniczą Regionu Autonomicznego Madery. Położenie na wybrzeżu, pomiędzy górami a oceanem, wymusiło nietypowe rozwiązania inżynierskie i wieloetapową rozbudowę infrastruktury, zwłaszcza pasa startowego.

Przed uruchomieniem infrastruktury lotniczej **Madera** była dostępna niemal wyłącznie drogą morską. Przełomowym momentem okazały się pierwsze próby lądowań podjęte w 1957 roku na prowizorycznym pasie w rejonie **Santa Catarina** (dzisiejsze **Santa Cruz**).

Lotnisko zostało oficjalnie otwarte 7 lipca 1964 roku pod nazwą **Santa Catarina Airport**, z jednym pasem startowym o długości około 1 600 metrów.

Dynamiczny wzrost ruchu turystycznego w latach 70. XX wieku wymusił dalszą rozbudowę infrastruktury pasażerskiej. W 1973 roku oddano do użytku nowy terminal, zaprojektowany zgodnie z ówczesnymi potrzebami i skalą obsługi, co znacząco usprawniło procesy obsługi pasażerów oraz organizację operacji naziemnych, przygotowując lotnisko na kolejne fazy rozwoju.

Największym ograniczeniem lotniska przez dekady była krótka, trudna w podejściu droga startowa. Ukształtowanie terenu (stroma zbocza i bezpośrednie sąsiedztwo oceanu) ograniczało możliwość typowego „dosypania” terenu, dlatego kolejne etapy rozbudowy pasa były projektami o wysokiej złożoności technicznej.

Pierwszy duży etap rozbudowy pasa realizowano w latach 1982–1986, wydłużając go o ok. 200 m do 1 800 m. Zwiększyło to margines bezpieczeństwa i umożliwiło obsługę większej liczby samolotów średniego zasięgu.

Kolejny, przełomowy etap to wydłużenie pasa do 2 781 m w 2000 r. Kluczowym elementem było wykonanie znacznej części przedłużenia na „mostowej” platformie posadowionej na 180 filarach, częściowo nad oceanem. Rozwiązanie to jest często przywoływane jako jedno z najbardziej wymagających przedsięwzięć inżynierii lotniskowej ze względu na warunki terenowe i konieczność utrzymania pełnej nośności dla dużych statków powietrznych.

Równoległe z wydłużeniem pasa rozpoczęto unowocześnianie infrastruktury

terminalowej. Pełne domknięcie prac i doposażenia następowało do 2002 r.

W 2016 r. operator ANA Aeroportos de Portugal zrealizował projekt modernizacji terminala o wartości około 11 mln euro.

Lotnisko przez lata funkcjonowało jako Santa Catarina Airport / Madeira International Airport. W 2016 r. ogłoszono zamiar uhonorowania urodzonego na Maderze piłkarza Cristiano Ronaldo w nazwie portu lotniczego. Od tego czasu w obiegu funkcjonuje nazwa Aeroporto da Madeira – Cristiano Ronaldo (rys. 1).

Wydłużenie pasa startowego do 2 781 m, a także kolejne etapy modernizacji terminala, znacząco poprawiły dostępność komunikacyjną Madery, umożliwiając obsługę szerszego spektrum statków powietrznych oraz zapewniając większą stabilność siatki połączeń międzynarodowych.

Historia lotniska w Funchal stanowi przykład rozwoju infrastruktury transportowej realizowanego w warunkach wyjątkowo trudnych uwarunkowań geograficznych.



Ryc. 1. Aeroporto da Madeira – Cristiano Ronaldo Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Port_lotniczy_Madera#/media/Plik:Madeira_\(2\).jpg](https://pl.wikipedia.org/wiki/Port_lotniczy_Madera#/media/Plik:Madeira_(2).jpg)



Analiza rozwoju portu lotniczego pozwala sformułować kilka kluczowych obserwacji. Po pierwsze, jego rozbudowa była ściśle skorelowana z dynamicznym rozwojem turystyki na Maderze oraz rosnącym zapotrzebowaniem na połączenia międzynarodowe. Po drugie, zasadniczym ograniczeniem technicznym pozostawała geometria i długość pasa startowego. Po trzecie, modernizacje terminalowe realizowane po 2000 roku koncentrowały się na zwiększeniu przepustowości, podniesieniu standardów bezpieczeństwa oraz poprawie obsługi pasażera, obejmując m.in. strefy kontroli, układ bramek oraz ofertę komercyjną. W ostatnich latach w komunikacji operatora coraz większą wagę przywiązuje się również do aspektów środowiskowych, w tym do certyfikacji ACA (Airport Carbon Accreditation), jako elementu odpowiedzialnego zarządzania infrastrukturą lotniskową.

Obecnie lotnisko pełni funkcję strategicznego węzła komunikacyjnego Madery, wspierając rozwój sektora turystycznego oraz integrację regionu z europejską siecią transportową.

Szlaki trekkingowe na Maderze

Na Maderze jest wiele szlaków trekkingowych: krótkich (żółto-czerwone paski), dłuższych, wielodniowych (biało-czerwone paski), z konkretnymi numerami (np. PR1, GR131) a dodatkowo stosuje się tradycyjne oznaczenia kolorystyczne (żółty, niebieski, zielony, czarny) wskazujące na długość lub charakter szlaku.

Cesarzowa Sisi na Maderze i Quinta Vigia

Elżbieta Austriacka, znana jako „Sisi”, odwiedziła Maderę dwukrotnie w 1860 r. i 1893 r. Pobyty miały charakter zdrowotny i zaspokojenie potrzeby spokoju i odosobnienia. Elżbieta zmagiała się wówczas z przewlekłym kaszlem, a lekarze zalecili jej kurację klimatyczną w łagodnym, morskim

środowisku. Podczas pobytu w Funchal rezydowała w posiadłości Quinta Vigia, gdzie obecnie znajduje się pomnik cesarzowej.

W XIX wieku **Madera** była już ugruntowanym kierunkiem tzw. podróży zdrowotnych. Przybycie na wyspę jednej z najbardziej rozpoznawalnych postaci europejskich monarchii, **Elżbiety Austriackiej**, miało silny wymiar prestiżowy i w praktyce funkcjonowało jako nieformalna rekomendacja zarówno klimatu, jak i samego miejsca.

Wizyty cesarzowej wpisywały Maderę w sieć elitarnych zimowych kurortów – przestrzeni, w których wypoczynek łączono z kuracją klimatyczną, spacerami po ogrodach oraz możliwością zachowania prywatności z dala od centrów politycznych i towarzyskich.

Dzisiejsza Quinta Vigia w Funchal to historyczna posiadłość (quinta) położona przy Avenida do Infante, z rozległymi ogrodami i widokiem na zatokę. W XIX wieku posiadłość była kojarzona z pobytami wybitnych gości przyjeżdżających na Maderę. W kolejnych dekadach majątek zmieniał właścicieli; w XX wieku powraca jako ważny punkt na mapie reprezentacyjnych rezydencji (quintas) Funchal.

Przełom nastąpił po utworzeniu autonomicznych struktur władzy na Maderze. W 1979 r. posiadłość została nabyta przez Governo Regional da Madeira. Zarówno budynki, jak i ogrody poddano wówczas intensywnym pracom modernizacyjnym i konserwatorskim, które można traktować jako rewitalizację – tzn. przywrócenie i wzmocnienie wartości miejsca przy jednoczesnym nadaniu mu nowej funkcji. Po zakończeniu prac, 2 maja 1984 r., w czasie uroczystej inauguracji, obiekt został siedzibą Prezydencji i oficjalną rezydencją przewodniczącego (prezydenta) rządu regionalnego.

Rewitalizacja Quinta Vigia miała charakter przede wszystkim: konserwatorski – zabezpieczenie historycznych elementów, funkcjonalny – dostosowanie obiektu do roli reprezentacyjnej

i administracyjnej, oraz krajobrazowy – uporządkowanie i wzmocnienie ogrodu, udostępnianie zwiedzającym, jako „wizytówki” wyspy. W efekcie powstała hybryda: miejsce jednocześnie oficjalne i dostępne w ograniczonym zakresie jako atrakcja ogrodowa.

Kolejka linowa w Funchal

Teleférico do Funchal pełni istotną rolę w systemie transportowym i turystycznym Funchal, łącząc dolną część miasta – obejmującą obszar nabrzeża oraz historycznej dzielnicy Zona Velha – ze wzgórzem Monte. Monte od XIX wieku funkcjonuje jako popularne miejsce spacerów i wypoczynku, m.in. dzięki rozległym ogrodom krajobrazowym oraz zabytkowemu kościołowi Nossa Senhora do Monte.

Kolejka linowa została uruchomiona pod koniec lat 90. XX wieku jako atrakcja turystyczna poprowadzona nad nadmorską częścią miasta. Jej podstawowym celem było ułatwienie dostępu do stromo położonego Monte, ograniczenie natężenia ruchu drogowego oraz wsparcie procesów rewitalizacyjnych w strefie nabrzeża i starego miasta, przy jednoczesnym wzmocnieniu oferty turystycznej Funchal.

Teleférico do Funchal stała się jednym z symboli współczesnego miasta oraz ważnym elementem zintegrowanego „pakietu” atrakcji turystycznych, obejmującego Monte, ogrody (w tym ogrody tropikalne) oraz tradycyjne zjazdy saniami Carros de Cesto.

Sztuka uliczna

W Funchal sztuka uliczna jest najbardziej widoczna w Zona Velha (Stare Miasto) – zwłaszcza na Rua de Santa Maria, która stała się czymś w rodzaju „galerii pod gołym niebem”. To właśnie tam działa najśłynniejszy lokalny projekt artE pORTas abErtas (Arte de Portas Abertas): artyści malują drzwi, bramy i fasady dawnych sklepów i kamienic, ożywiając przestrzeń i przyciągając ruch pieszy, kawiarnie i małe galerie (rys. 2 i 3).

Muzeum Cristiano Ronaldo

Museu CR7, poświęcone karierze Cristiano Ronaldo, urodzonego na Madrze, stanowi kameralną, lecz wyraźnie ukierunkowaną ekspozycję biograficzną. Trzon wystawy tworzą zdobyte trofea i nagrody, pamiątki sportowe oraz materiały fotograficzne i audio-wizualne dokumentujące kolejne etapy rozwoju zawodowego piłkarza. Przed wejściem do muzeum ustawiono charakterystyczny brązowy pomnik Cristiano Ronaldo, który stał się rozpoznawalnym elementem przestrzeni publicznej.

System fortów

W Funchal nie funkcjonował jeden „zamek” w klasycznym, średniowiecznym sensie. Bezpieczeństwo miasta zapewniał raczej system nadbrzeżnych fortów, baterii i odcinków murów, uzupełniany punktami obserwacyjnymi na wyniesieniach. Układ ten rozwijał się od XVI wieku, a jego dojrziała forma była odpowiedzią na korsarstwo, piractwo i rywalizację mocarstw na Atlantyku oraz na rosnące znaczenie portu Funchal.

Genezą rozbudowy umocnień była zarówno rosnąca rola gospodarcza portu, jak i realne zagrożenia militarne.

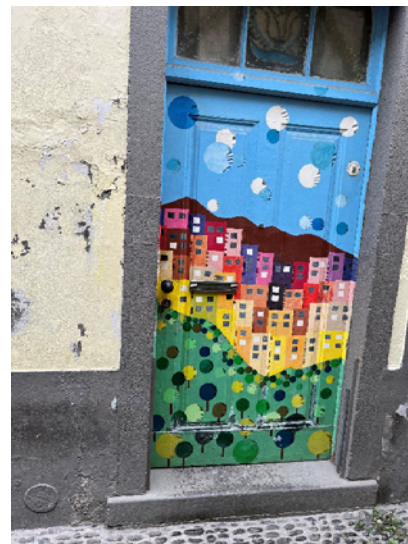
Najważniejsze elementy systemu obrony w centrum Funchal to:

- Palácio / Fortaleza de São Lourenço – kluczowa twierdza i symbol władzy. W obrębie kompleksu działa dziś m.in. Museu Militar da Madeira.
- Fortaleza de São Tiago (Zona Velha) – nadmorska forteca wznoszona od ok. 1614 r.
- Fortaleza de São João Baptista do Pico – fort na wzgórzu (pierwsze dekady XVII w.),
- Forte de São José (Pontinha) – fort na niewielkiej skale przy porcie (XVIII w.),

Poza głównymi fortami zachowały się (lub są znane z reliktywów/źródeł) mniejsze obiekty, które dopełniały „ciąg” obrony brzegowej.



Ryc. 2 i 3. Rua de Santa Maria – lokalny projekt artE pORtas abErtas (Arte de Portas Abertas) [Zdjęcia własne]



Wnioski

Kluczowym czynnikiem sukcesu projektu rewitalizacji Zona Velha była efektywna współpraca instytucjonalna. Władze Funchal zapewniły zaplecze organizacyjne i koordynacyjne, natomiast artyści uczestniczyli w przedsięwzięciu na zasadach niekomercyjnych. Istotną rolę odegrało również aktywne włącze-

nie mieszkańców oraz właścicieli nieruchomości w proces decyzyjny, co sprzyjało budowaniu poczucia współodpowiedzialności za przestrzeń dzielnicy.

Dzięki temu projekt szybko zyskał popularność i stopniowo rozszerzał swój zakres, obejmując nie tylko malowane drzwi, lecz także murale, instalacje artystyczne oraz narzędzia promocyjne, takie jak mapy i foldery prezentujące unikalny charakter obszaru.

Zona Velha przeszła w efekcie wyraźną metamorfozę – z obszaru dotkniętego degradacją przekształciła się w tętniące życiem centrum kultury i gastronomii. Wzrosła liczba odwiedzających, pojawiły się galerie sztuki, restauracje oraz niewielkie lokale handlowe, a sztuka uliczna nadała dzielnicy nową, dynamiczną i otwartą tożsamość.

Jednocześnie interwencje artystyczne przyczyniły się do odnowienia funkcji społecznych i gospodarczych obsza-

ru, wzmacniając jego atrakcyjność bez konieczności realizacji kosztownych inwestycji infrastrukturalnych. Przypadek Zona Velha stanowi tym samym przykład skutecznej, niskobudżetowej rewitalizacji opartej na integracji sztuki, architektury, zarządzania przestrzenią oraz aktywnego zaangażowania społecznego. W perspektywie dalszego rozwoju rekomenduje się kontynuowanie programów edukacyjnych, wspieranie artystów, ochronę efektów doty-

czasowej rewitalizacji oraz wdrażanie zasad zrównoważonego zarządzania ruchem turystycznym. Doświadczenie to pokazuje, że potencjał twórczy mieszkańców może stać się realną alternatywą dla kapitałochłonnych modeli odnowy miejskiej, pod warunkiem zachowania równowagi pomiędzy turystyką a potrzebami lokalnej społeczności oraz systematycznej konserwacji i aktualizacji interwencji artystycznych. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] VINCI Airports – profil lotniska Funchal (informacje o modernizacji 2016 oraz danych środowiskowych/ACA). <https://vinci-airports.com/en/our-airports/portugal/funchal-airport/>
- [2] Passenger Terminal Today (02.06.2016) – opis projektu modernizacji (koszt ~11 mln, przepustowość, linie kontroli bezpieczeństwa, strefa komercyjna). <https://www.passengerterminaltoday.com/news/construction-architecture/modernization-project-complete-at-madeira-airport.html>
- [3] Business Air News – informacja o otwarciu przedłużenia pasa i nowego terminala 15.09.2000 (terminal domykany do 2002). https://www.businessairnews.com/mag_story.html?id=101328
- [4] Guinness World Records – „airport with the longest bridge-supported runway extension” (parametry i 180 filarów). <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/100261-airport-with-the-longest-bridge-supported-runway-extension>
- [5] Wikipedia (EN) – zarys chronologii (inauguracja 07.07.1964, terminal 1973, wydłużenia 1986 i 2000, parametry pasa). https://en.wikipedia.org/wiki/Madeira_Airport
- [6] Turisver (08.07.2024) – informacja TAP o pierwszym locie Lizbona–Funchal 08.07.1964 (Super Constellation). <https://turisver.pt/tap-e-madeira-assinalam-60-anos-do-1-o-voo-de-lisboa-para-a-regiao/>
- [7] Xinhua (30.03.2017) – informacja o ceremonii nadania nazwy Cristiano Ronaldo (marzec 2017). https://www.xinhuanet.com/english/2017-03/30/c_136169016.htm
- [8] Visit Madeira – www.visitmadeira.pt
- [9] Arte de Portas Abertas – www.artedep.com
- [10] TripAdvisor – opinie turystów o Zona Velha
- [11] Wikipedia (PT/EN) – hasła o Zona Velha i Funchal
- [12] Blogi podróżnicze: Faded Spring, The Nomadic Vegan
- [13] Publikacje lokalne: Diário de Notícias Madeira
- [14] madeirafriendlyguide.com
- [15] Instituto das Florestas e Conservação da Natureza (IFCN), Governo Regional da Madeira: „Quinta Vigia” – opis i dzieje (m.in. zakup w 1979 r., przebudowy, inauguracja 2 maja 1984). <https://ifcn.madeira.gov.pt/quintas-e-jardins/quintas/quinta-vigia.html>
- [16] Visit Madeira (oficjalny portal turystyczny): „Quinta Vigia” – charakterystyka i informacja o głębokiej przebudowie po 1979 r. oraz funkcji rezydencji władz. <https://visitmadeira.com/pt/o-que-fazer/apaixionados-por-cultura/jardins/quinta-vigia/>
- [17] Cultura Madeira (portal kultury R.A. Madeira): notka „18th birthday of Elisabeth Amalie Eugenie von Bayern” – daty pobytu i kontekst fotografii w Quinta Vigia. <https://cultura.madeira.gov.pt/en/looking-back/1685-18th-birthday-of-elisabeth-amalie-eugenie-von-bayern.html>
- [18] Virginia Langum (2022): „A Paradise of Invalids: Medical Tourism and the Climate of Prejudice in Nineteenth-century Madeira”, *Nordic Journal of English Studies* 21(2) – o Maderze jako kierunku medycznych podróży i leczenia chorób płuc w XIX w. (wersja PDF). <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1722354/FULLTEXT01.pdf>
- [19] Portugalska Wikipedia: „Quinta Vigia” – syntetyczne zestawienie nazw historycznych, kaplicy i zmian własnościowych (źródło pomocnicze). https://pt.wikipedia.org/wiki/Quinta_Vigia
- [20] Savoy Signature (2024): „The Secret Celebrity Wellness History of Madeira” (PDF) – narracja o dziedzictwie „wellness” i postaciach historycznych (źródło popularnonaukowe/promocyjne). <https://www.savoysignature.com/media/9917/feb24-the-secret-celebrity-wellness-history-of-madeira.pdf>
- [21] Direção Regional da Cultura (Madeira). (b.d.). São Lourenço Palace. <https://cultura.madeira.gov.pt/en/s%C3%A3o-louren%C3%A7o-palace.html>
- [22] Direção Regional da Cultura (Madeira). (b.d.). Museu Militar da Madeira. <https://cultura.madeira.gov.pt/museu-militar-da-madeira.html>; Visit Madeira (b.d.). Museu Militar da Madeira. <https://visitmadeira.com/pt/o-que-fazer/apaixionados-por-cultura/patrimonio/museus/museu-militar-da-madeira/>
- [23] Direção Regional da Cultura (Madeira). (b.d.). São Tiago Fortress. <https://cultura.madeira.gov.pt/en/s%C3%A3o-tiago-fortress>; Visit Madeira (b.d.). Fortress of São Tiago. <https://visitmadeira.com/en/what-to-do/culture-passionates/heritage/monuments-and-architecture/fortress-of-sao-tiago/>
- [24] Direção Regional da Cultura (Madeira). (b.d.). São João Baptista do Pico Fortress. <https://cultura.madeira.gov.pt/en/s%C3%A3o-jo%C3%A3o-baptista-do-pico-fortress>; Visit Madeira (b.d.). São João Batista Fort (Funchal). <https://visitmadeira.com/en/what-to-do/culture-passionates/heritage/monuments-and-architecture/sao-joao-batista-fort-funchal/>
- [25] Visit Madeira (b.d.). São José Fort. <https://visitmadeira.com/en/what-to-do/culture-passionates/heritage/monuments-and-architecture/sao-jose-fort/>; de Castro, V. B., & Hayward, P. (b.d.). The metamorphosis of Madeira’s Ilhéu do Diego into Forte de São José (PDF). *Shima Journal*.
- [26] SIPA – Sistema de Informação para o Património Arquitectónico (Portugal). (b.d.). Sítio Arqueológico do Pelourinho / Forte de São Filipe. https://www.monumentos.gov.pt/Site/APP_PagesUser/SIPA.aspx?id=36063; Direção Regional da Cultura (Madeira). (2016). Requalificação museológica do Forte de São Filipe. ... <https://cultura.madeira.gov.pt/not%C3%ADcias/14676-requalifica%C3%A7%C3%A3o-museol%C3%B3gica-do-forte-de-s%C3%A3o-filipe-e-largo-do-pelourinho-conclu%C3%ADda-no-ver%C3%A3o.html>
- [27] Wikimedia Commons / Arquivo Regional da Madeira (opis fotografii murów). (b.d.). Muralha do Funchal da Rua Major Reis Gomes, 1600 a 1615 (c.). [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Muralha_do_Funchal_da_Rua_Major_Reis_Gomes_1600_a_1615_\(c\).Funchal_-_Image_239536.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Muralha_do_Funchal_da_Rua_Major_Reis_Gomes_1600_a_1615_(c).Funchal_-_Image_239536.jpg); Wikipédia (pt). (b.d.). Muralhas do Funchal. https://pt.wikipedia.org/wiki/Muralhas_do_Funchal
- [28] Câmara Municipal do Funchal / Visit Funchal. (b.d.). Roteiro Lido–Socorridos (materiały o fortifications, m.in. Fortim do Gorgulho/Fortim do Lido). <https://visit.funchal.pt> (PDF: Roteiro Lido–SocorridosWEB_EN_compressed.pdf – cytowane wg opisu indeksowanego); UFSC – Fortaleza Multimídia. (b.d.). Fortim do Gorgulho / Fortim do Lido (Funchal). <https://fortalezasmultimidia.ufsc.br/>

Rewitalizacja miasta Bilbao – projekty urbanistyczne i transformacyjne

Miasto Bilbao przez lata było ośrodkiem przemysłu ciężkiego. Globalny kryzys gospodarczy i energetyczny w latach 70. XX wieku doprowadził do załamania przemysłu, a jego pozostałością były rozległe, zdegradowane obszary poprzemysłowe. Lokalne władze, we współpracy z rządem centralnym oraz sektorem prywatnym, opracowały kompleksową strategię rewitalizacji miasta, a następnie przystąpiły do jej systematycznego wdrażania.

Słowa kluczowe: zdegradowane obszary poprzemysłowe, transformacja urbanistyczna, miasto Bilbao.

Revitalisation of the City of Bilbao – Urban and Transformational Projects. The city of Bilbao was for many years a centre of heavy industry. The global economic and energy crisis of the 1970s led to industrial collapse, leaving behind extensive degraded post-industrial areas. Local authorities, in cooperation with the central government and the private sector, developed a comprehensive strategy for the city's revitalisation and then proceeded with its systematic implementation.

Keywords: degraded post-industrial areas, urban transformation, city of Bilbao.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

Wstęp

Bilbao, miasto o silnie ukształtowanej tożsamości przemysłowej, położone w Kraju Basków na północy Hiszpanii, pełni funkcję regionalnego centrum gospodarczego prowincji Bizkaia. Na przełomie XX i XXI wieku stało się jednym z najbardziej znanych przykładów udanej transformacji urbanistycznej w Europie. Przez dziesięciolecia rozwój miasta opierał się na przemyśle ciężkim. Dynamiczny wzrost w XIX i XX wieku przyniósł jednak liczne negatywne konsekwencje, takie jak degradacja środowiska, deficyt terenów zielonych, obniżenie jakości przestrzeni publicznych oraz narastające problemy społeczne.

W latach 70. XX wieku globalny kryzys gospodarczy i energetyczny doprowadził do załamania kluczowych gałęzi przemysłu w Bilbao, czego skutkiem było powstanie rozległych, zdegradowanych obszarów poprzemysłowych. Szczególnie dotkniętym obszarem było estuarium rzeki Nervión, które niegdyś pełniło istotną funkcję transportową, lecz w okresie kryzysu uległo silnemu zanieczyszczeniu, a jego otoczenie zostało opuszczone i zaniedbane.

W odpowiedzi na narastające problemy lokalne władze, we współpracy z rządem centralnym oraz sektorem prywatnym, opracowały kompleksową strategię rewitalizacji miasta, a następnie przystąpiły do jej systematycznego

wdrażania. Celem podejmowanych działań było przywrócenie wartości środowiskowych, zmiana wizerunku Bilbao oraz wzmocnienie tożsamości kulturowej regionu. Uważano, że kluczowe znaczenie ma przyciągnięcie inwestorów, turystów oraz nowych mieszkańców, co miało stworzyć podstawy długofalowego i zrównoważonego rozwoju miasta.

Institutionalne ramy rewitalizacji

W Bilbao kluczową rolę w powołaniu procesu rewitalizacji odegrało powołanie instytucji Bilbao Ría 2000. Utworzona w 1992 roku spółka o charakterze publiczno-prywatnym pełniła funkcję centralnego koordynatora działań rewitalizacyjnych realizowanych na obszarze metropolitalnym. Przyjęty model instytucjonalny zapewnił wysoką elastyczność operacyjną, dostęp do zróżnicowanych źródeł finansowania oraz sprawne mechanizmy decyzyjne. Bilbao Ría 2000 koncentrowała swoje działania na rewitalizacji zdegradowanych terenów poprzemysłowych poprzez ich przejmowanie, rekultywację oraz usuwanie zanieczyszczeń, a następnie wprowadzanie oczyszczonych nieruchomości na rynek. Dochody uzyskiwane ze sprzedaży gruntów były reinwestowane w kolejne projekty rozwojowe, co pozwalało ograniczyć obciążenie finansów publicznych. Równoległe instytucja sprawowała nadzór nad modernizacją infrastruktury

komunikacyjnej, obejmującą m.in. likwidację barier w postaci torów kolejowych w centralnych obszarach miasta oraz realizację nowych wiaduktów i połączeń transportowych.

Ikoniczne projekty startowe

Transformację rozpoczęto otwarciem w 1997 r. Muzeum Guggenheima. Był to ekspresyjny, futurystyczny obiekt pokryty tytanową okładziną, który szybko stał się międzynarodowym symbolem współczesnej architektury oraz odrodzenia miasta.

Równoległe realizowano kolejne kluczowe inwestycje infrastrukturalne, w tym budowę nowoczesnego systemu metra. Rozwój infrastruktury transportowej, zwłaszcza metra i tramwajów, odegrał istotną rolę w poprawie mobilności mieszkańców oraz w ograniczeniu zależności od transportu indywidualnego.

Do wczesnej fazy rewitalizacji należały również realizacje nowych przepraw mostowych, a także budowa obiektów kultury i przestrzeni wystawienniczych. Etap ten miał fundamentalne znaczenie dla uzyskania szerokiej akceptacji społecznej dla dalszych, długofalowych działań rozwojowych miasta.

Rewitalizacja Abandoibarra

Abandoibarra to kluczowy obszar procesu rewitalizacji Bilbao – dawny

* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

teren portowy i przemysłowy, który został przekształcony w reprezentacyjną dzielnicę miejską o wysokich walorach przestrzennych. W latach 1996–2012 zrealizowano tu kompleksowy projekt urbanistyczny obejmujący zagospodarowanie nabrzeży rzeki, budowę promenady nadrzecznej, nowoczesnych obiektów biurowych, rozległych terenów zielonych oraz budynków pełniących funkcje publiczne (rys. 1, 2).

W nowo ukształtowanej strukturze przestrzennej znalazły się m.in. Torre Iberdrola, będąca siedzibą koncernu energetycznego, sala koncertowa Euskalduna Jauregia, kampus Uniwersytet Deusto, nowoczesne obiekty hotelowe oraz gęsta sieć pieszych promenad i placów miejskich. Szczególny nacisk położono na integrację zieleni z zabudową – zaprojektowano liczne parki liniowe i tereny trawiaste, które pełnią zarówno funkcje ekologiczne, jak i społeczne.

W wyniku rewitalizacji Abandoibarry centralna część Bilbao zyskała nową jakość przestrzenną – bezpieczną, nowoczesną i ogólnodostępną przestrzeń publiczną, która stała się symbolem innowacyjności oraz transformacji miasta. Projekt ten jest często przywoływany jako wzorcowy przykład rewitalizacji obszarów przemysłowych w miastach europejskich (rys. 3).

Rewitalizacja tkanki miejskiej

Rzeczywistą poprawę jakości życia w Bilbao przyniosły przede wszystkim liczne interwencje rewitalizacyjne. Obejmowały one codzienne elementy tkanki miejskiej, takie jak place, mosty, skwery, ciągi piesze, chodniki, trasy rowerowe oraz systemy oświetlenia ulicznego.

Wzdłuż rzeki wytyczono ciągi pieszo-rowerowe, poprawiające powiązania komunikacyjne pomiędzy dzielnicami oraz zwiększające dostępność przestrzeni nadrzecznych.

Wiele z tych inicjatyw realizowano w oparciu o procesy konsultacji społecznych oraz przy aktywnym udziale mieszkańców. Przeprowadzone modernizacje przyczyniły się do poprawy estetyki i bezpieczeństwa przestrzeni

publicznych, a także znacząco podniosły komfort codziennego funkcjonowania osób starszych oraz osób z niepełnosprawnościami. Doświadczenie Bilbao pokazuje, że skuteczna rewitalizacja nie opiera się wyłącznie na spektakularnych symbolach architektonicznych, lecz w równym stopniu na systematycznej trosce o jakość przestrzeni codziennego życia mieszkańców.

Zorrozaurre – przyszłość Bilbao

Zorrozaurre stanowi największe przedsięwzięcie urbanistyczne w historii Bilbao oraz jeden z najbardziej zaawansowanych projektów transformacji przestrzennej realizowanych współcześnie w Europie. Dawny półwysp o funkcjach przemysłowych został przekształcony w nowoczesną, zrównoważoną i proekologiczną wyspę miejską, w której zaplanowano pełne spektrum funkcji – od zabudowy mieszkaniowej i biurowej, przez kampusy akademickie oraz instytucje badawczo-technologiczne, po rozległe tereny zielone, parki i bulwary nadrzeczne.

Projekt przewiduje również szerokie wykorzystanie zeroemisyjnych źródeł energii, w tym systemów geotermalnych.

Nowa odsłona – Olabeaga & Punta Zorroza

Dzielnice Olabeaga oraz Punta Zorroza to historyczne obszary kolejowe i przemysłowe położone w południowej części Bilbao, wzdłuż estuarium rzeki Nervión. Obecnie planowane jest wycofanie linii kolejowych.

Uwolnienie około 320 000 m² terenów inwestycyjnych stworzy warunki do rozwoju nowoczesnych dzielnic mieszkaniowych, wyposażonych w usługi publiczne, tereny zielone oraz nową infrastrukturę drogową.

Zrównoważony rozwój, mobilność, efektywność energetyczna

Od 2020 roku Bilbao realizuje kompleksową politykę zrównoważonej mo-

bilności oraz działań na rzecz ochrony klimatu. Miasto stało się jednym z pierwszych dużych ośrodków miejskich w Europie, które wprowadziły na całym obszarze sieci drogowej strefę Bilbao 30, ustanawiającą ograniczenie prędkości do 30 km/h.

W 2021 roku wdrożono ponadto strefy niskoemisyjne. (ZBE), które doprowadziły do zmniejszenia natężenia ruchu samochodowego w centrum miasta o blisko 50%.

Miasto realizuje również programy zwiększania efektywności energetycznej budynków, obejmujące modernizację około 30% istniejącej zabudowy. Planowane są dalsze inwestycje w rozwój sieci ciepłowniczych opartych na odnawialnych źródłach energii, instalację paneli fotowoltaicznych na obiektach publicznych oraz termomodernizację szkół i placówek ochrony zdrowia.

Muzeum Guggenheima w Bilbao

Muzeum Guggenheima w Bilbao należy do najbardziej rozpoznawalnych obiektów architektonicznych na świecie i stanowi ikonę architektury przełomu XX i XXI wieku. Muzeum stało się symbolem głębokiej transformacji Bilbao z miasta postindustrialnego w nowoczesny ośrodek kultury, turystyki i usług.

Bryła Muzeum Guggenheima w Bilbao tworzy dynamiczną kompozycję krzywizn, załamań i nieregularnych wolumenów, które sprawiają wrażenie swobodnie rozmieszczonych wzdłuż brzegu rzeki Nervión.

Partie ścian wykonane z jasnego wapienia wprowadzają do kompozycji element stabilizacji i równowagi, natomiast rozległe przeszklenia otwierają wnętrza muzeum na panoramę miasta oraz otaczające Bilbao wzgórze, wzmacniając relację pomiędzy architekturą, krajobrazem i kontekstem urbanistycznym.

Muzeum wpisano w szerszy plan przekształceń urbanistycznych: oczyszczono i zagospodarowano nabrzeża rzeki, rozwinięto infrastrukturę transportową, poprawiono jakość przestrze-



Ryc. 1 i 2. Abandoibarra tereny stoczniowe i portowo-przemysłowe w śródmieściu Bilbao [Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów Bilbao Ría 2000]



Ryc. 3. Abandoibarra po rewitalizacji – współczesna dzielnica kultury i rekreacji nad rzeką [Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów promocyjnych miasta Bilbao]



Ryc. 4. Stalowy pająk – monumentalna rzeźba „Maman” [Źródło: https://wherismint.com/wp-content/uploads/2019/03/1829_muzeum-guggenheima-bilbao-guggenheim-museum.jpg]



ni publicznych. Dziś trudno wyobrazić sobie wizerunek Bilbao bez charakterystycznej sylwetki tytanowego budynku odbijającego się w wodzie. Muzeum stało się jednym z najbardziej rozpoznawalnych symboli miasta, obok mostu La Salve, nowoczesnej zabudowy nabrzeży oraz rzeźb w przestrzeni zewnętrznej, takich jak „Puppy” Jeffa Koonsa czy „Maman” Louise Bourgeois.

„Puppy” – pies z kwiatów przed Muzeum Guggenheima w Bilbao

Przed wejściem do Muzeum Guggenheima w Bilbao usytuowana jest jedna z najbardziej rozpoznawalnych realizacji sztuki współczesnej w przestrzeni publicznej – monumentalna rzeźba kwiatowa zatytułowana Puppy.

Stalowy Pająk

W Bilbao określenie „stalowy pająk” najczęściej odnosi się do monumentalnej rzeźby „Maman”. Dzieło jest jednym z najbardziej rozpoznawalnych obiektów sztuki w przestrzeni publicznej miasta, eksponowanym na zewnątrz Muzeum Guggenheima (rys. 4).

Efekty i perspektywy

Rezultaty procesu rewitalizacji Bilbao są powszechnie uznawane i widoczne na wielu płaszczyznach funkcjonowania miasta. W wymiarze gospodarczym odnotowano znaczący wzrost ruchu turystycznego – z około 250 tys. odwiedzających w 1995 roku do ponad 2,5 mln rocznie po 2020 roku. Towarzyszył temu napływ inwestycji zagranicznych i wzrost zatrudnienia. W tym samym okresie średnia wartość nieruchomości wzrosła o około 40% w skali dekady.

Z perspektywy społecznej rewitalizacja przełożyła się na poprawę jakości życia mieszkańców, wzrost poziomu bezpieczeństwa, usprawnienie mobilności miejskiej oraz kompleksową odnowę przestrzeni publicznych. W efekcie Bilbao dokonało trwałej zmiany

swojego wizerunku – z ośrodka przemysłowego w nowoczesne centrum kultury, usług i innowacji.

W aspekcie środowiskowym osiągnięto istotne rezultaty, obejmujące oczyszczenie rzeki Nervión, przywrócenie bioróżnorodności oraz redukcję emisji CO₂ i poziomu hałasu w przestrzeni miejskiej. Zintegrowany charakter tych działań sprawił, że Bilbao stało się punktem odniesienia dla instytucji międzynarodowych, takich jak ONZ, OECD czy Komisja Europejska, jako przykład skutecznej rewitalizacji miejskiej łączącej rozwój gospodarczy, inkluzję społeczną oraz ochronę środowiska.

Wnioski i rekomendacje

Rewitalizacja Bilbao stanowi przykład spójnego i długofalowego podejścia do kompleksowej transformacji miejskiej. Na sukces tego procesu złożyło się połączenie innowacyjnych realizacji architektonicznych z inwestycjami w kulturę, tereny zielone, system transportowy oraz ochronę środowi-

ska, a także istnienie silnych struktur instytucjonalnych – w szczególności Bilbao Ría 2000 – zdolnych do skutecznej koordynacji przedsięwzięć i zarządzania złożonym procesem rewitalizacji. Istotną rolę odegrało również zaangażowanie mieszkańców oraz poszanowanie lokalnej tożsamości kulturowej.

Doświadczenie Bilbao wskazuje, że efektywna rewitalizacja wymaga wyraźnej wizji strategicznej, integracji działań w różnych sektorach polityki miejskiej, zapewnienia stabilnych źródeł finansowania oraz konsekwentnej realizacji projektów na wielu poziomach przestrzennych – od skali dzielnicy po skalę całego miasta.

Doświadczenie Bilbao wskazuje, że efektywna rewitalizacja wymaga wyraźnej wizji strategicznej, integracji działań w różnych sektorach polityki miejskiej, zapewnienia stabilnych źródeł finansowania oraz konsekwentnej realizacji projektów na wielu poziomach przestrzennych – od skali dzielnicy po skalę całego miasta. Kluczowe

znaczenie ma przy tym inkluzywny charakter działań, które powinny przeciwdziałać negatywnym skutkom gentryfikacji i sprzyjać podnoszeniu jakości życia wszystkich grup społecznych.

Model transformacji Bilbao może stanowić cenne źródło inspiracji dla innych miast, pokazując, w jaki spo-

sób przejść od fazy deindustrializacji do gospodarki opartej na innowacjach, jak skutecznie zrewitalizować rzekę i przestrzenie publiczne oraz jak wykorzystać kulturę jako katalizator zmian urbanistycznych. Jednocześnie jest to model elastyczny, możliwy do adaptacji do zróżnicowanych warunków lokalnych. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] Abete N. (2025, June 25). La ZBE no discrimina por renta... Cadena SER.
- [2] Bilbao Ría 2000. (2022). Abandoibarra – acciones.
- [3] OECD. (2022). Inclusive growth and resilience in Bilbao, Spain.
- [4] Bilbao City Council. (2023). Urban Mobility Report.
- [5] Fundación Guggenheim Bilbao. (2024). Annual Visitor Statistics.
- [6] Zaha Hadid Architects. (2023). Zorrozaurre Masterplan Overview.
- [7] ATELIER EU. (2024). Smart Island Bilbao – Zorrozaurre Pilot Projects.
- [8] Guggenheim Museum Bilbao. (b.d.). About the Museum. Guggenheim Museum Bilbao. Pozyskano z: <https://www.guggenheim-bilbao.eu/en/the-building>
- [9] Guggenheim Museum Bilbao. (b.d.). History. Guggenheim Museum Bilbao. Pozyskano z: <https://www.guggenheim-bilbao.eu/en/the-museum/history>
- [10] Gehry F.O. (1998). Guggenheim Museum Bilbao. [w:] Goldberger J. (red.), The Architecture of Frank Gehry. New York: Alfred A. Knopf.
- [11] Johnson P. (1997). The greatest building of our time? The New York Times. (artykuł prasowy o Guggenheim Museum Bilbao).
- [12] Plaza B. (2000). Evaluating the Influence of a Large Cultural Artifact in the Attraction of Tourism: The Guggenheim Museum Bilbao Case. Urban Affairs Review, 36(2), 264–274.
- [13] Plaza B., Tironi M., Haarich S. (2009). Bilbao's Art Scene and the 'Guggenheim Effect' Revisited. European Planning Studies, 17(11), 1711–1729.
- [14] Rodríguez A., Martínez E., Guenaga G. (2001). Uneven Redevelopment: New Urban Policies and Socio-Spatial Fragmentation in Metropolitan Bilbao. European Urban and Regional Studies, 8(2), 161–178.
- [15] Sklair L. (2005). The Transnational Capitalist Class and Contemporary Architecture in Globalizing Cities. International Journal of Urban and Regional Research, 29(3), 485–500.
- [16] Sobrino J. (2001). El Museo Guggenheim de Bilbao: un proyecto cultural para la revitalización urbana. Ciudad y Territorio, 33(129), 17–32.
- [17] Jencks C. (2005). The Iconic Building: The Power of Enigma. London: Frances Lincoln.
- [18] Guggenheim Museum Bilbao. (b.d.). About the Museum. Guggenheim Museum Bilbao. Pozyskano z: <https://www.guggenheim-bilbao.eu/en/the-building>.
- [19] Guggenheim Museum Bilbao. (b.d.). History. Guggenheim Museum Bilbao. Pozyskano z: <https://www.guggenheim-bilbao.eu/en/the-museum/history>.
- [20] Gehry F.O. (1998). Guggenheim Museum Bilbao. W: J. Goldberger (red.), The Architecture of Frank Gehry. New York: Alfred A. Knopf.
- [21] Johnson P. (1997). The greatest building of our time? The New York Times. (artykuł prasowy o Guggenheim Museum Bilbao).
- [22] Plaza B. (2000). Evaluating the Influence of a Large Cultural Artifact in the Attraction of Tourism: The Guggenheim Museum Bilbao Case. Urban Affairs Review, 36(2), 264–274.
- [23] Plaza B., Tironi M., Haarich S. (2009). Bilbao's Art Scene and the 'Guggenheim Effect' Revisited. European Planning Studies, 17(11), 1711–1729.
- [24] Rodríguez A., Martínez E., Guenaga G. (2001). Uneven Redevelopment: New Urban Policies and Socio-Spatial Fragmentation in Metropolitan Bilbao. European Urban and Regional Studies, 8(2), 161–178.

- [25] Sklair L. (2005). The Transnational Capitalist Class and Contemporary Architecture in Globalizing Cities. *International Journal of Urban and Regional Research*, 29(3), 485–500.
- [26] Sobrino J. (2001). El Museo Guggenheim de Bilbao: un proyecto cultural para la revitalización urbana. *Ciudad y Territorio*, 33(129), 17–32.
- [27] Jencks C. (2005). *The Iconic Building: The Power of Enigma*. London: Frances Lincoln.
- [28] Guggenheim Museum Bilbao. (2019). Puppy. W: *The Collection*. Guggenheim Museum Bilbao. Pozyskano z: <https://www.guggenheim-bilbao.es/en/the-collection/works/puppy>.
- [29] <https://www.guggenheim.org/artwork/48>.
- [30] Guggenheim Museum Bilbao. (b.d.). Puppy. W: *Exhibitions*. Guggenheim Museum Bilbao. Pozyskano z: <https://www.guggenheim-bilbao.es/en/exhibition/puppy>.
- [31] Koons J. (1992). Puppy. Jeff Koons – Official Website. Pozyskano z: <https://www.jeffkoons.com/artwork/puppy>.
- [32] Public Art Fund. (b.d.). Jeff Koons: Puppy. Public Art Fund. Pozyskano z: <https://www.publicartfund.org/exhibitions/view/puppy/>.
- [33] Ștefănescu M. (2014). The Puppies Series by Jeff Koons. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, 58(1), 259–266.
- [34] Bilbao Turismo. (b.d.). Puppy. Oficjalny portal turystyczny miasta Bilbao. Pozyskano z: <https://www.bilbaoturismo.net/BilbaoTurismo/en/arte-al-aire-libre/puppy>.
- [35] Ferrovial. (2017). Who is Puppy, the flower statue in the Bilbao Guggenheim Museum? *Ferrovial Blog*. Pozyskano z: <https://blog.ferrovial.com/en/2017/10/flower-puppy-bilbao-guggenheim-museum/>.
- [36] The New World. (2022). Puppy love: 25 years of the gallery that saved Bilbao. *The New World*. Pozyskano z: <https://www.thenewworld.co.uk/puppy-love-25-years-of-the-gallery-that-saved-bilbao/>.
- [37] Guggenheim Museum. (2018). At the Guggenheim Museum Bilbao, Jeff Koons' Puppy gets a makeover. *Guggenheim*. Pozyskano z: <https://www.guggenheim.org/news/bilbao-jeff-koons-puppy>.
- [38] Google Arts & Culture. (b.d.). Puppy – Jeff Koons. *Google Arts & Culture*. Pozyskano z: <https://artsandculture.google.com/asset/puppy-jeff-koons/mwHowzZeLR8O2Q>.
- [39] Cadena SER (Radio Bilbao). (2025, 22 maja). La araña del Guggenheim Bilbao, 'Maman', se somete a un tratamiento de limpieza y protección. <https://cadenaser.com/euskadi/2025/05/22/la-arana-del-guggenheim-bilbao-maman-se-somete-a-un-tratamiento-de-limpieza-y-proteccion-radio-bilbao/>
- [40] Guggenheim Museum Bilbao. (2019, 29 maja). Maman. <https://www.guggenheim-bilbao.es/en/the-collection/works/maman>
- [41] Guggenheim Museum Bilbao. (n.d.). Maman – przewodnik dla nauczycieli (materiały edukacyjne). Pobrano 21 stycznia 2026 z: <https://www.guggenheim-bilbao.es/en/learn/schools/teachers-guides/maman>
- [42] Solomon R. Guggenheim Foundation. (n.d.). Louise Bourgeois: Maman. Pobrano 21 stycznia 2026 z: <https://www.guggenheim.org/artwork/10856>
- [43] Wikipedia contributors. (n.d.). Maman (sculpture). *Wikipedia*. Pobrano 21 stycznia 2026 z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Maman_\(sculpture\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Maman_(sculpture))
- [44] Google Arts & Culture. (n.d.). Maman – Louise Bourgeois (Guggenheim Bilbao). Pobrano 21 stycznia 2026 z: <https://artsandculture.google.com/asset/maman-louise-bourgeois/UwEiwtiakZA1PA?hl=en>



liderzy w biznesie
jakości i innowacyjności

Korporacja Radex Spółka Akcyjna

02-743 Warszawa, ul. J.S. Bacha 10

Biuro handlowe / Commercial office:

Korporacja Radex Business Park
03-228 Warszawa, ul. Marywilka 34 I

www.korporacjaradex.pl
www.klastercop.pl

Rewitalizacja miasta Walencja

Artykuł jest przeglądem najważniejszych projektów rewitalizacyjnych zrealizowanych w Walencji, trzecim pod względem liczby mieszkańców miasta Hiszpanii. Miasto może pochwalić się dużym sukcesem w zakresie kompleksowej rewitalizacji przestrzeni miejskiej, a zwłaszcza stworzenia jednego największych parków miejskich w Europie – Jardín del Turia.

Słowa kluczowe: projekt rewitalizacyjny, przestrzeń miejska, miasto Walencja.

Revitalisation of the City of Valencia. The article is an overview of the most important revitalisation projects carried out in Valencia, Spain's third most populous city. The city can boast major success in the comprehensive revitalisation of urban space, particularly through the creation of one of the largest urban parks in Europe – the Jardín del Turia.

Keywords: revitalisation project, urban space, city of Valencia.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

Wstęp

Walencja, trzecie pod względem liczby mieszkańców miasto Hiszpanii, w ostatnich dekadach odniosła znaczący sukces w zakresie kompleksowej rewitalizacji przestrzeni miejskiej. Podejmowane działania opierały się na umiejętnym łączeniu dziedzictwa historycznego z nowoczesnymi koncepcjami urbanistycznymi oraz zasadami zrównoważonego rozwoju. Niniejszy artykuł prezentuje przegląd najważniejszych projektów rewitalizacyjnych zrealizowanych w Walencji, ze szczególnym uwzględnieniem transformacji dawnego koryta rzeki Turia w jeden z największych parków miejskich w Europie – Jardín del Turia.

Tło historyczne i urbanistyczne

Walencja, założona w 138 roku p.n.e. przez Rzymian, przez stulecia wykorzystywała zasoby rzeki Turia, która pełniła kluczową rolę w rozwoju gospodarczym, systemie obronnym oraz życiu kulturowym miasta. Katastrofalna powódź z 1957 r. doprowadziła do zniszczenia około 75% zabudowy w rejonie rzeki. Wydarzenie to stało się impulsem do wdrożenia tzw. Planu Sur — zakrojonego na szeroką skalę projektu inżynierskiego realizowanego w latach 1958–1969, którego celem było przekierowanie biegu rzeki poza ściśle centrum miasta. Uznano, że najbardziej optymalnym rozwiązaniem będzie przekształcenie osuszonego koryta rzeki w rozległy zielony pas o funkcjach rekreacyjnych.

Geneza i rewitalizacja koryta rzeki Turia

Projekt przekształcania dawnego koryta rzeki w park publiczny przewidywał podział obszaru na 18 zróżnicowanych stref funkcjonalnych, obejmujących m.in. tereny sportowe, tematyczne ogrody botaniczne oraz przestrzenie rekreacyjne przeznaczone dla dzieci. Realizacja inwestycji była finansowana ze środków budżetu lokalnego, funduszy Unii Europejskiej, a także przy udziale prywatnych sponsorów. Autor był w tym czasie w Walencji i widział w jaki sposób tworzono ten park. Ponownie autor odwiedził to samo miejsce w 2024 r. i mógł się przekonać, że posadzone drzewa urosły i ich korony wspaniale zacięniały teren.

W 1986 roku rozpoczęto realizację projektu Jardín del Turia, którego założeniem było utworzenie linearnego pasa parkowego, podzielonego na liczne strefy funkcjonalne, określane jako „fragmenty” lub „sekcje”. Każda z nich otrzymała odrębny charakter oraz przypisaną funkcję użytkową. Głównym celem przedsięwzięcia było stworzenie wielofunkcyjnej przestrzeni publicznej integrującej aktywności sportowe i rekreacyjne, elementy przyrodnicze oraz edukację ekologiczną, a także ofertę kulturalną i artystyczną. Dodatkowo park został zaprojektowany jako zielony korytarz ekologiczny, łączący wschodnie i zachodnie obszary miasta, który miał pełnić istotną rolę w kształtowaniu ciągłości przyrodni-

czej oraz tworzeniu tras migracyjnych dla ptaków i drobnych zwierząt.

Jardín del Turia stanowi jeden z najbardziej spektakularnych przykładów rewitalizacji przestrzeni miejskiej w Europie. Park, zlokalizowany na obszarze dawnego koryta rzeki o długości przekraczającej 9 kilometrów i powierzchni ponad 136 hektarów, w istotny sposób przeobraził strukturę urbanistyczną Walencji, stając się jej kluczową osią zieleni, rekreacji oraz aktywności kulturalnej. Realizacja ta odzwierciedla współczesne podejście do planowania miejskiego, oparte na zasadach adaptacyjności, zrównoważonego rozwoju oraz aktywnego udziału społeczności lokalnej.

W miejsce planowanego pasma autostrady, które mogłoby doprowadzić do fragmentaryzacji struktury miejskiej, powstało istotne spoiwo urbanistyczne – przestrzeń integrująca poszczególne dzielnice oraz kluczowe instytucje miejskie, od ogrodu zoologicznego po kompleks oceanarium. Realizacja ta przyczyniła się do wzrostu wartości nieruchomości w sąsiednich obszarach oraz stała się impulsem dla rozwoju turystyki kulturowej i sportowej.

Jardín del Turia stanowi nie tylko element infrastruktury rekreacyjnej, lecz także przestrzeń o wymiarze symbolicznym, która przyczyniła się do integracji mieszkańców różnych części miasta i ukształtowała się jako wspólne dobro publiczne. Park jest codziennie użytkowany przez szerokie grono odbiorców – od biegaczy, rowerzystów,

* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

rolkarzy i tenisistów przez rodziny z dziećmi i seniorów, po turystów – co potwierdza jego kluczową rolę w życiu społecznym Walencji.

Przestrzeń ta pełni również funkcję ważnego ośrodka wydarzeń społecznych i kulturalnych, będąc miejscem organizacji maratonów, koncertów, jarmarków, wydarzeń plenerowych oraz inicjatyw o charakterze proekologicznym. Jednocześnie park stanowi istotne zaplecze edukacyjne, oferując możliwości edukacji przyrodniczej oraz popularyzacji lokalnego dziedzictwa historycznego.

Miasto sztuki i nauki Ciudad de las Artes y las Ciencias, zajmuje obszar około 35 hektarów w południowej części dawnego koryta rzeki Turia. Kompleks obejmuje szereg obiektów o funkcjach naukowych, kulturalnych i rekreacyjnych, w tym planetarium, Muzeum Nauki, oceanarium, operę oraz pawilon L'Àgora.

Jardín del Turia oraz Ciudad de las Artes y las Ciencias są odwiedzane przez blisko 6 milionów turystów rocznie (rys. 1).

Obecnie prowadzone są prace nad dalszą rozbudową parku w kierunku ujścia rzeki Turia do Morza Śródziemnego, realizowane w ramach projektu

Parque Desembocadura. Równoległe miasto podejmuje działania modernizacyjne, obejmujące nawierzchnie oraz instalacje techniczne, a także zmierzające do lepszej integracji obszaru parku z systemem transportu publicznego, w szczególności siecią tramwajową i infrastrukturą rowerową.

Jardín del Turia to wyraz nowoczesnego podejścia do rewitalizacji przestrzeni miejskiej, łączącego architekturę krajobrazu, zasady zrównoważonego rozwoju oraz wartości społeczne miasta. Przekształcenie obszaru, będącego kiedyś zagrożeniem dla miasta, w rozległą zieloną przestrzeń publiczną uznawane jest za jedno z najważniejszych osiągnięć urbanistycznych Hiszpanii przełomu XX i XXI wieku.

Walencja – „zielone miasto”

Dzięki konsekwentnym inwestycjom w rozwój tzw. mikroparków, takich jak Jardín Trini Simó, oraz wyjątkowo intensywnej rozbudowie systemu zieleni miejskiej, Walencja uzyskała tytuł Zielonej Stolicy Europy 2024. Przyjęta strategia klimatyczna miasta zakłada dalsze zwiększanie udziału terenów zielonych, w tym osiągnięcie wskaźni-

ka 30 m² zieleni na jednego mieszkańca, do 2030 roku.

Rewitalizacja dzielnic portowych i nadmorskich

Przygotowania do America's Cup 2007 stały się istotnym impulsem dla przyspieszenia modernizacji obszaru portowego Walencji, w tym utworzenia Marina Real Juan Carlos I, obejmującej nowe nabrzeża, ciągi spacerowe, rozbudowaną infrastrukturę rekreacyjną, a także parkingi na kilka tysięcy samochodów. Równoległe realizowane są działania rewitalizacyjne w historycznej dzielnicy El Cabanyal, koncentrujące się na ochronie modernistycznej tkanki urbanistycznej oraz ograniczaniu negatywnych skutków gentryfikacji.

Mobilność i zrównoważony transport

Walencja wdrożyła kompleksowy i ambitny program rozwoju transportu publicznego, obejmujący m.in. rozbudowę sieci tramwajowej oraz systemu roweru miejskiego Valenbisi, którego stacje rozmieszczono średnio co 300 metrów. Obecnie łączna długość infrastruktury rowerowej w mieście przekracza 160 kilometrów. Uzupełnieniem tych działań jest wprowadzenie strefy niskiej emisji w centrum, co w 2024 roku przełożyło się na redukcję natężenia ruchu samochodowego o około 23%.

Valencia Street Circuit

Valencia Street Circuit był półstałym torem ulicznym zlokalizowanym w strefie portowej Walencji. Jego trasa przebiegała w obrębie mariny oraz infrastruktury powstałej w związku z organizacją regat America's Cup. Obiekt stanowił element strategii promocyjno-wizerunkowej miasta i regionu, a w latach 2008–2012 był areną wyścigów Formuła 1.

Nitka toru wykorzystywała istniejące drogi portowe, lecz część odcinków dostosowano lub wykonano specjalnie dla potrzeb wyścigu. Charakterystycznym fragmentem była przeprawa przez kanał portowy w postaci mostu



Ryc. 1. Ciudad de las Artes y las Ciencias, Walencja [Źródło: https://urbnews.pl/wpcontent/uploads/2014/03/Ciudad_de_las_Artes_y_las_Ciencias_Valencia.jpg]



obrotowego, który podczas weekendu wyścigowego był przygotowywany do przejazdu samochodów.

Walencja gościła Formułę 1 przez pięć sezonów (2008–2012). Pierwszy wyścig na torze odbył się w weekend 23–24 sierpnia 2008 r., a zwycięzcą inauguracji został Felipe Massa. Tor miał opinię obiektu efekownego wizualnie, lecz często krytykowanego za ograniczone możliwości wyprzedzania, typowe dla nowoczesnych torów ulicznych.

Po sezonie 2012 runda F1 w Walencji została zakończona. W dyskusjach publicznych i doniesieniach medialnych wskazywano m.in. na wysokie koszty, problemy modelu finansowania oraz wątki śledcze dotyczące organizacji wydarzenia. W kolejnych latach teren toru przestał funkcjonować jako aktywny obiekt wyścigowy.

Rewitalizacja mariny w Walencji

La Marina de València stanowi przykład kompleksowej, wieloetapowej transformacji obszaru portowego w ogólnodostępną przestrzeń publiczną o funkcjach rekreacyjnych, kulturalnych oraz gospodarczych. Kluczowym impulsem do rozpoczęcia procesu modernizacji była 32. edycja regat America's Cup w 2007 roku, po zakończeniu których miasto musiało zmierzyć się z wyzwaniami związanymi z adaptacją rozbudowanej infrastruktury eventowej, reorganizacją modelu zarządzania oraz racjonalizacją kosztów utrzymania. W ostatniej dekadzie widoczna jest wyraźna zmiana podejścia – od strategii opartej na organizacji „wielkich wydarzeń” ku koncepcji „miejsca codziennego”, otwartego, aktywnie programowanego i integrującego nadmorskie dzielnice z centrum Walencji.

Marina stanowi historyczną darsenę (z hiszpańskiego basen portowy) portu Walencja, położoną pomiędzy plażą Las Arenas a komercyjną częścią portu. Obszar ten pełni funkcję kluczowego „interfejsu” pomiędzy miastem a morzem – jest węzłem tras spacerowych i rowerowych, przestrzenią aktywności związanych z wodą oraz reprezentacyjną strefą nabrzeża.

W fazie post-eventowej ujawniły się kluczowe wyzwania związane z dalszym rozwojem obszaru. Obejmowały one konieczność redefinicji programu funkcjonalnego poprzez odejście od dominacji funkcji eventowych na rzecz codziennego użytkowania (rekreacja, usługi, kultura).

Jednym z kluczowych wyróżników współczesnej polityki rozwoju La Marina de València jest integracja funkcji publicznych z działalnościami charakterystycznymi dla gospodarki opartej na wiedzy. Obok gastronomii, wydarzeń plenerowych oraz sportów wodnych coraz większą rolę odgrywają przestrzenie biurowe, inkubatory przedsiębiorczości i huby technologiczne, lokowane w adaptowanych obiektach portowych.

Priorytety działań infrastrukturalnych zaplanowanych na 2025 rok obejmowały przede wszystkim naprawę i modernizację konstrukcji i nawierzchni ciągów pieszych szczególnie narażonych na degradację środowiskową, wynikającą z oddziaływania aerozolu morskiego i wilgoci. Istotnym elementem programu jest także wprowadzenie nowego oświetlenia, elementów zacieniających oraz małej architektury, mających na celu wzmocnienie „miejskości” przestrzeni nabrzeżnych. Uzupełnieniem tych działań jest poprawa ciągłości i czytelności tras spacerowych oraz ich lepsza integracja z układem komunikacyjnym miasta.

Rewitalizacja mariny w Walencji nie ogranicza się do projektów budowlanych. Istotne jest programowanie przestrzeni: wydarzenia lokalne, aktywności sportowe, edukacja żeglarska, oraz rozwój infrastruktury sprzyjającej dłuższemu pobytkowi (tereny zielone, strefy cienia, gastronomia). Takie działania zwiększają liczbę codziennych użytkowników i zmniejszają zależność od sezonu turystycznego.

Veles e Vents – od pawilonu regat do programu miejskiego

Veles e Vents (oddany w 2006 r.) powstał jako obiekt obsługi regat, a jego architektura stała się jednym

z najważniejszych symboli współczesnego waterfrontu Walencji. W logice rewitalizacji obiekt pełni rolę „magnesu” – przyciąga użytkowników, wspiera aktywność gastronomiczną i wydarzenia kulturalne, a jednocześnie buduje rozpoznawalność miejsca.

Tragiczna powódź w Walencji – październik 2024

Po tragicznej powodzi uruchomiono pakiet działań: od robót awaryjnych i odtwarzania infrastruktury, przez programy odbudowy i wzmacniania odporności, po reformy planowania przestrzennego i usprawnienia systemów ostrzegania.

Kilkadziesiąt zadań interwencyjnych obejmowało m.in. naprawy kanału Júcar–Turia, odtworzenie ujęć oraz sieci zaopatrzenia w wodę, stabilizację brzegów, a także prace udroźnieniowe i regulacyjne w korytach cieków.

Po powodzi w 1957 r. zdecydowano przekierować bieg rzeki i w dalszej kolejności zrealizować projekt przekształcania dawnego koryta w park publiczny.

Istniejące rewaloryzowane i nowe obiekty zmieniające oblicze Walencji

- Zamek / twierdza: Castillo de Sagunto to rozległy zespół fortyfikacji górujący nad miastem Sagunto, ok. 25–30 km na północ od Walencji. Zamek dominuje w krajobrazie i jest „magnesem” dla ruchu turystycznego. Umocnia pozycję Sagunto jako celu jednodniowych wyjazdów z Walencji. W praktyce może pełnić rolę elementu sieci dziedzictwa kulturowego obsługującej metropolię.
- Torres de Serranos – monumentalna brama miejska (wieża) w stylu gotyku walenckiego, wzniesiona pod koniec XIV wieku, do dziś pozostaje jednym z najlepiej zachowanych fragmentów dawnych murów obronnych.

- Palau de les Arts Reina Sofia – opera i centrum sztuk performatywnych zaprojektowane jako „kotwica” północno-zachodniej części kompleksu Ciudad de las Artes y las Ciencias.
- Palau de la Música de València to główna sala koncertowa miasta (często potocznie określana jako „filharmonia”), zlokalizowana w obszarze dawnych terenów nadrzecznych Turii (Jardín del Túria).
- Most Pont de l’Assut de l’Or (Assut de l’Or Bridge / Serreria Bridge) – to most wantowy w obrębie Ciudad de las Artes y las Ciencias, Ma długość ok. 180 m i został przerzucony nad Jardín del Túria (dawnym korytem rzeki Turia) (rys. 2).

Zestawione obiekty pokazują dwa komplementarne porządki rozwoju: dziedzictwo oraz nowoczesne inwestycje kulturowo-infrastrukturalne. W kontekście Walencji szczególnie ważne jest, że opera i most są częścią większego procesu przekształcenia przestrzeni po regulacji rzeki Turia i utworzeniu Jardín del Túria – czyli długofalowej „rewitalizacji” w skali całego miasta.



Ryc. 2. Most Pont de l’Assut de l’Or nad dawnym korytem rzeki Turia [Źródło: <https://tripbucket.com/dreams/dream/visit-assut-de-lor-bridge-valencia-spain>]



Wnioski i perspektywy na przyszłość

Przemiany w Walencji łączą zachowanie dziedzictwa historycznego, rozwój kulturalny oraz rozwijanie zielonej infrastruktury. Kolejne wyzwania obejmują dokończenie prac nad parkiem

Desembocadura oraz pogłębienie integracji społecznej w dzielnicy Cabanyal. Model tego miasta może służyć jako przykład dla innych ośrodków dążących do zwiększenia odporności klimatycznej i społecznej, a także komfortu życia mieszkańców. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ajuntament de València (2024). Pla Verd i de la Biodiversitat.
- [2] Calatrava, S. (2010). Ciudad de las Artes y las Ciencias: Memoria de Proyecto.
- [3] European Investment Bank (1999). Financing the City of Arts and Sciences.
- [4] Universitat de València (2023). Informe sobre la qualitat de l'aire i benestar ciutadà.
- [5] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2024). Evolución de la movilidad en València.
- [6] Wikipedia: „Valencia Street Circuit” (hasło encyklopedyczne; parametry toru, daty, rekord okrążenia).
- [7] Wikimedia Commons: „File:Circuit Valencia street.png” (mapa toru; domena publiczna).
- [8] RacingCircuits.info: „València Street Circuit” (opis lokalizacji i śladów infrastruktury po zakończeniu F1).
- [9] El País (English): „Valencia’s F1 circuit: left on the curb” (2015; kontekst finansowy i śledczy).
- [10] Grandprix.com: „European GP 2008 race notes” (opis wyścigu inauguracyjnego).
- [11] Wikinews: „Felipe Massa wins 2008 European Grand Prix” (notatka z dnia wyścigu).
- [12] Autoridad Portuaria de València (Valenciaport). „El Ayuntamiento y la Autoridad Portuaria impulsan la regeneración del entorno de la Marina” (12.02.2025).
- [13] Boletín Oficial del Estado (BOE). Disposición BOE-A-2025-2847 (14.02.2025) – instrument współpracy dot. integracji port–miasto.
- [14] The Terminal Hub. „The Terminal Hub – Tu lugar para la innovación” (strona projektu; dostęp: 2026-01).
- [15] The Terminal Hub / Afin SGR. „Caso de éxito: The Terminal Hub” (14.05.2024) – skala inwestycji i założenia rewitalizacji budynku.
- [16] Wikipedia (ES). „Marina de Valencia” (dostęp: 2026-01) – informacje syntetyczne o rozwoju i nazwach maryny.
- [17] Wikipedia (ES). „Edificio Veles e Vents” (dostęp: 2026-01) – datowanie i kontekst budynku.
- [18] Wikimedia Commons. „Veles_e_Vents.jpg” (plik graficzny; licencja CC; dostęp: 2026-01).
- [19] Wikimedia Com mons. „Marina Real Juan Carlos I (17982763548).jpg” (Hernán Piñera; CC BY-SA 2.0; dostęp: 2026-01).
- [20] Cadena SER (Radio Valencia). Informacje o likwidacji Consorcio València 2007 i zarządzaniu mariną (30.05.2022).
- [21] El País. Informacje o przejęciu/obsłudze zadłużenia Consorcio Valencia 2007 w kontekście ustaleń budżetowych (22.08.2018).
- [22] Plan de recuperación y reconstrucción para la zona afectada por la DANA (Informe ejecutivo, Generalitat Valenciana – portal recuperacio.gva.es). Wskazuje m.in. rekord 772 mm w Turis (29.10.2024).
- [23] Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ): „Obras de emergencia DANA 29 de octubre de 2024” – lista zadań i budżetów.
- [24] CHJ: informacja prasowa o robotach awaryjnych i skali działań (październik 2025): 17 robót awaryjnych i ponad 220 mln euro.
- [25] Generalitat Valenciana (Comunica GVA): komunikat z 16.01.2026 o rewizji PATRICOVA i ograniczeniach zabudowy w strefach zagrożonych.
- [26] El País (30.06.2025): opis „Plan Endavant” – pakiet działań odbudowy i prewencji po DANA 2024.
- [27] El País (04.03.2025): analiza dot. liczby połączeń 112 i czasu wysłania alertu ES-Alert (29.10.2024).
- [28] Reuters (11.02.2025): opis skali zniszczeń oraz działań pomocowych po powodzi w rejonie Walencji.
- [29] Wikipedia: „Powódź w Hiszpanii (2024)” – zestawienie wydarzenia i bilansu ofiar (weryfikować z raportami urzędowymi).

Rewitalizacja dworca Warszawa Wileńska poprzez integrację z funkcją handlowo-usługową (1998–2002)

Studium przypadku

Artykuł przedstawia studium przypadku realizacji kompleksu „Centrum Handlowo-Usługowe z Dworcem PKP Warszawa Wileńska oraz zespołem parkingów” jako przykładu rewitalizacji infrastruktury kolejowej przez wprowadzenie wielofunkcyjnego programu usługowo-handlowego. Omówiono tło i uwarunkowania inwestycji, elementy przygotowania i planowania, przebieg realizacji wraz z kluczowymi zmianami projektowymi oraz problematykę środowiskową, społeczną i bezpieczeństwa pożarowego. Wnioski wskazują na znaczenie partnerskiego modelu współpracy, elastycznego planowania i zarządzania ryzykiem w projektach innowacyjnych dla polskiego rynku przełomu XX i XXI wieku.

Słowa kluczowe: rewitalizacja, dworzec kolejowy, centrum handlowe, inwestycja wielofunkcyjna, zarządzanie ryzykiem, oddziaływanie na środowisko, Warszawa Wileńska.

Revitalisation of Warszawa Wileńska Railway Station through Integration with a Commercial and Service Function (1998–2002). Case study. The article presents a case study of the implementation of the ‘Commercial and Service Centre with Warszawa Wileńska PKP Railway Station and a parking complex’ as an example of the revitalisation of railway infrastructure through the introduction of a multifunctional commercial and service programme. The background and conditions of the investment, elements of preparation and planning, the course of implementation together with key design changes, and the environmental, social, and fire safety issues are discussed. The conclusions point to the importance of a partnership model of cooperation, flexible planning, and risk management in innovative projects for the Polish market at the turn of the twentieth and twenty-first centuries.

Keywords: revitalisation, railway station, shopping centre, multifunctional investment, risk management, environmental impact, Warszawa Wileńska.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

Wprowadzenie i kontekst projektu

W latach 1998–2002 zrealizowano w Warszawie przedsięwzięcie łączące funkcję dworca kolejowego z programem usługowo-handlowym i biurowym, tworząc obiekt wielofunkcyjny o znaczeniu ponadlokalnym. Inwestycję ułożono na terenach kolejowych, a w modelu realizacyjnym kluczowe było zachowanie obsługi ruchu pasażerskiego w trakcie budowy oraz skoordynowanie działań z podmiotami kolejowymi i miejskimi. W realiach końca lat 90. była to inwestycja pionierska: łączenie strefy peronowej i obsługi podróżnych z galerią handlową wymagało równoległego prowadzenia prac projektowych, uzgodnień oraz procedur odbiorowych, często w warunkach niejednoznaczności interpretacyjnej przepisów oraz zapewnienia zadaszonych ciągów komunikacyjnych dla pasażerów z peronów poprzez teren budowy na przebiegającej wzdłuż dworca ulicę Radzywińską.

Program funkcjonalny i organizacja ruchu

Kompleks zlokalizowano w rejonie zbiegu al. Solidarności, ul. Targowej i ul. Białostockiej. Całkowita powierzchnia obiektu wyniosła 116 814 m²; hipermarket zajmował 17 611 m² (w tym 8 611 m² powierzchni handlowej), ho-

tel czterogwiazdkowy – ok. 12 000 m², a parking przewidziano na 1 330 miejsc. Projekt rozdzielał strumienie użytkowników (pasażerowie, klienci, dostawy, pracownicy biur) poprzez niezależne wejścia i układy komunikacji poziomej i pionowej. Dostawy do hipermarketu poprowadzono od ul. Białostockiej rampą na platformę ponad



Rys. 1. Rzut elewacji z jednej z koncepcji rewitalizacji dworca Warszawa Wileńska



* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

torami, co ograniczało kolizje z ruchem pieszym i pozwalało na zastosowanie zabezpieczeń minimalizujących uciążliwość (m.in. akustycznych). Dworzec został włączony w strukturę budynku, a jednocześnie utrzymano wymogi bezpieczeństwa i ciągłości obsługi podróżnych. Wyjście z dworca po zakończeniu robót jest możliwe zarówno na ulicę Białostocką, jak i na ulicę Targową, gdzie na skrzyżowaniu tych ulic ulokowane jest wejście do metra.

Przygotowanie inwestycji: uzgodnienia, finansowanie i ryzyka

Materiały źródłowe podkreślają, że dla obiektów niestandardowych kluczowe jest wczesne „mapowanie” ryzyk prawnych, finansowych i tech-

kontroli nad zmianami projektowymi, kosztami i harmonogramem.

Realizacja: etapowanie, zmiany projektowe i przeszkody

Realizację prowadzono etapowo. Najpierw wzniesiono budynek dwupiętrowy o konstrukcji mieszanej stalowo-żelbetowej tymczasowo pełniący funkcję dworca, co umożliwiło rozbioru i przygotowanie placu budowy bez wstrzymywania obsługi pasażerów. Zlikwidowano pętlę komunikacji podmiejskiej z kasami biletowymi oraz zlikwidowano BEZ PROTESTÓW w ciągu soboty i niedzieli ok. 60 pawilonów, szczepek i straganów, będących na teren budowy. Kupcom zaproponowano w zamian po wybudowaniu docelowe-

prowadzenie hotelu, przeprojektowano hotel na biurowiec.

W trakcie projektowania wynegocjowano warunki cenowe zamiennego projektu konstrukcji obiektu jako 10% wartości liczonej od uzyskanych oszczędności przy wykopach i wywozie mas ziemnych, materiałowych, pracy sprzętu, transportu w szczególności dźwigów wieżowych oraz roboczogodzin pracowników pracujących przy wznoszeniu mieszanej konstrukcji nośnej oraz pracach przy fundamentach. Była to pierwsza w Polsce taka umowa z konstruktorem. Drugą podpisało konsorcjum Radex S.A. i Warbud S.A. z tym samym konstruktorem przy budowie Arkadii.

Przyniosła ona znaczne oszczędności zarówno dla konsorcjum zlecającego zamienny projekt konstrukcyjny (do projektu dostarczonego przez inwestora) tj. Korporacja Radex S.A. i Warbud S.A., inwestora, który pomimo setek zmian projektowych, a w tym bardzo poważnej zmiany obiektu hotelowego na biurowy, wymagających procedur administracyjnych, uzyskania kilkudziesięciu projektów zamiennych, przekazał obiekt do użytkowania w terminie umownym.

Ponieważ terminy nas goniły, a inwestor ciągle wprowadzał zmiany szczególnie w fazie końcowej, gdzie likwidowaliśmy dźwigi wieżowe, a przybywało ciężkich elementów agregatów chłodniczych i innych związanych z wentylacją, pojawiły się tylko dwie możliwości:

- pierwsza możliwość: albo wydłużyć harmonogram robót, co byłoby katastrofalnym w skutkach dla inwestorów (Carrefour i BEG) gdyż najważniejszym okresem handlowym w roku kalendarzowym jest połowa listopada i grudzień, gdzie obroty handlowe przekraczają ponad 50% obrotów rocznych).
- druga możliwość: wymyślić sposób zamontowania elementów na dachu inny niż za pomocą dźwigów samojedźnych lub wieżowych. Dzięki doskonałym kontaktom autora artykułu zarówno z władzami dzielnicy (wówczas gminy Warsza-

Dla obiektów niestandardowych kluczowe jest wczesne „mapowanie” ryzyk prawnych, finansowych i technicznych.

nicznych. W praktyce oznaczało to budowę konsorcjów inwestorskich i bankowych, zapewnienie poziomu komercjalizacji umożliwiającego finansowanie dłużne oraz wykorzystanie doradców prawnych i technicznych do prowadzenia uzgodnień. Równolegle wykonano rozpoznanie geotechniczne i geologiczno-inżynierskie, traktowane jako warunek ograniczenia ryzyk wykonawczych na terenie o złożonej historii infrastrukturalnej.

Planowanie i dokumentacja formalna

Etap planowania charakteryzował się znaczną złożonością formalną: podstawą projektowania były decyzje o warunkach zabudowy, liczne warunki techniczne PKP i gestorów sieci oraz kolejne decyzje administracyjne (w tym projekt zamienny i decyzje dotyczące czasowego użytkowania wybranych części obiektu). Dokumentacja miała charakter wielotomowy i była przygotowywana w sposób umożliwiający prowadzenie procesu inwestycyjnego przy zachowaniu

go dworca wzdłuż peronu od ulicy Białostockiej pawilony handlowe w wyższym standardzie. Następnie powstał obiekt docelowy: część dworcowa, galeria, hipermarket, biura i parking wielopoziomowy. W trakcie robót wprowadzano zmiany projektowe ukierunkowane na skrócenie czasu i poprawę bezpieczeństwa, m.in. w części dworcowej zastosowano układ umożliwiający szybki montaż prefabrykatów (słupy i płyty TT) posadowionych na palach CFA. Jedną z istotnych komplikacji była identyfikacja niezainwentaryzowanych elementów infrastruktury podziemnej (m.in. sztolni pod metro z 1950 r.) na poziomie posadowienia, co wymagało działań zabezpieczających i korekt technologii. W materiałach wskazano również na trudności organizacyjne na styku z procedurami odbiorowymi oraz presję terminów wynikającą z uwarunkowań komercjalizacji. Wykonano wiele projektów zamiennych w trakcie jak znajdowali się wieloletni najemcy po podpisaniu przez nich umowy z Zarządcą obiektu. Dodatkowo, z braku chętnych firm na

wa Praga Północ) oraz Wojskiem Polskim, Siłami Lotniczymi i MON, udało nam się, w ramach ćwiczeń wojskowych, po bardzo dokładnym przygotowaniu i scaleniu montażowych elementów instalacji, podać i ustawić je na dachu najcięższym śmigłowcem wojsk inżynieryjnych o udźwigu przenoszonego ciężaru do 20 ton. Próby montażowe, zamocowanie lin kierunkowych itp. odbyły się (jako tzw. próbny montaż) na poligonie wojskowym. Inwestor poniósł wszelkie koszty wraz z organizacją przyjęcia dla wszystkich wojskowych, którzy brali udział w tym przedsięwzięciu, ale zaprosił także Prezesów firm konsorcjum, kierownictwo budowy, przedstawicieli Zarządu Gminy, Komendy Powiatowej Policji, ruchu drogowego – Dzielnicowego Zarządu Dróg, tak aby każdy został uhonorowany, a także mógł się podzielić wrażeniami z udanej akcji. Akcja trwała 6 godzin i na ten czas zostało wyłączone z ruchu skrzyżowanie i zorganizowano objazdy.

Na cztery miesiące przed terminem Inwestor zaproponował Korporacji Radex S.A., a dokładnie jej Prezesowi, za dodatkowe znaczne wynagrodzenie typu sukces fee dla firmy Korporacja Radex S.A., przejęcie wszystkich obowiązków GRI – którym była francuska firma BEG-INŻYNIERIE wraz z jej pracownikami, którymi mógł dowolnie dysponować (zarządzać) do zwolnienia natychmiastowego i odesłania ich do Francji. Inwestorzy uznali, że nie będą w stanie wykonać tego zadania w terminie umownym.

Po przejęciu budowy, pracowników BEG, wraz z pracownikami kancelarii zewnętrznych, reprezentujących zarówno BEG jak i Carrefour oraz wprowadzeniu autorskiego i partnerskiego zarządzania procesem inwestycyjnym udało się nam pomimo wielu, wielu problemów, o których wie każdy kierownik, który prowadził dużą budowę (tj. o wartości ponad 50 mln euro), zakończyć ją w terminie i uzyskać zgodę na użytkowanie. Została przekazana

Inwestorom na 4 godziny przed uroczystym bankietem, na który przybyli goście z zagranicy, a w tym wiceminister spraw zagranicznych i bankierzy tworzący konsorcjum finansujące przedmiotową inwestycję. W nagrodę za doskonałe tempo prac od godz. 6 do 22 oraz w soboty i niedziele, wzorową organizację otrzymaliśmy propozycję ostatniego głosu na przyszłym przetargu na budowę największego obiektu handlowego w Europie (81 ha powierzchni pod dachem).

Środowisko, uciążliwości i komponent społeczny

Oceny oddziaływania na środowisko (na etapie projektowania i po realizacji) koncentrowały się na hałasie, jakości powietrza, gospodarce wodno-ściekowej i odpadach. Jako krytyczne źródła uciążliwości wskazywano pracę urządzeń wentylacji, chłodnictwa i klimatyzacji oraz logistykę dostaw i ruch samochodowy w sąsiedztwie zabudowy mieszkaniowej. Zastosowano rozwiązania ograniczające oddziaływanie: obudowy i tłumiki, ekran akustyczny, organizację wjazdów/wyjazdów oraz – po negocjacjach – wymianę okien w budynkach mieszkalnych narażonych na hałas (po przeprowadzonych badaniach norm hałasu z pomiarami przed rozpoczęciem budowy). Przypadek ul. Białostockiej pokazuje, że poza spełnieniem norm środowiskowych, o akceptacji inwestycji decyduje także proces dialogu społecznego i wdrażanie działań kompensacyjnych.

Bezpieczeństwo pożarowe w obiekcie zintegrowanym

Integracja funkcji dworca, galerii, hipermarketu, biur i parkingów wymagała rozbudowanego systemu ochrony przeciwpożarowej: podziału na strefy pożarowe, zapewnienia dróg ewakuacji oraz instalacji hydrantowej, tryskaczowej i oddymiania. W dokumentacji wskazano m.in. wykorzystanie zbiorników retencyjnych zasilających instalacje ppoż. oraz przyjęte obciążenia oso-

bowe kluczowych stref (np. hipermarket i dworzec). Doświadczenia z uzgodnień i odbiorów podkreślają rolę wczesnego włączania specjalistów ppoż. i konsekwentnego domykania wymagań na etapie zmian projektowych.

Wnioski

Studium przypadku Warszawy Wileńskiej wskazuje, że rewitalizacja infrastruktury transportowej poprzez funkcję handlowo-usługową może przynieść efekt urbanistycznej koncentracji usług oraz poprawy jakości obsługi pasażerów, pod warunkiem spełnienia czterech zasadniczych warunków. Po pierwsze, konieczny jest partnerski model współpracy i sprawne zarządzanie interesariuszami (kolej, miasto, inwestor, społeczność lokalna). Po drugie, planowanie musi być elastyczne i sprzężone z zarządzaniem ryzykiem, szczególnie w warunkach utrzymania ruchu kolejowego. Po trzecie, optymalizacje technologiczne (prefabrykacja, zmiany konstrukcyjne) powinny być oceniane równoległe pod kątem czasu, bezpieczeństwa i kosztów. Po czwarte, komponent środowiskowo-społeczny (hałas, logistyka dostaw, organizacja ruchu) powinien być traktowany jako część rdzenia projektu, a nie działanie „uzupełniające”. Tylko wspaniała, partnerska współpraca oparta na wiedzy, zaufaniu, obliczeniach, projektach technologii i aranżacji robót oraz zarządzanie budową i przedsięwzięciem budowlanym, a także uczciwość, otwartość, słowność w stosunku do interesariuszy oraz powołanie na początku procesu inwestycyjnego wielobranżowego zespołu ekspertów do szybkiego rozwiązywanie wszystkich pojawiających się trudności technicznych, konstrukcyjnych, z mechaniki gruntów, instalacji ppoż. w oparciu o ITB, PW może zagwarantować taki sukces, jakim było wykonanie i oddanie do użytku w wyznaczonym terminie C.H. Wileńska w dobrej i bardzo dobrej jakości. Centrum funkcjonuje w stolicy od 25 lat i wrosło się w ten centralny punkt komunikacyjny Pragi Północ. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sobieraj J., Tom I. Faza koncepcyjna oraz przygotowania inwestycji CENTRUM HANDLOWO – USŁUGOWE Z DWORCEM PKP WARSZAWA – WILEŃSKA ORAZ ZESPOŁEM PARKINGÓW ze strony inwestora, 2024.
- [2] Sobieraj J., Tom II. Faza planowania realizacji I i II oraz faza przygotowania inwestycji CENTRUM HANDLOWO – USŁUGOWE Z DWORCEM PKP WARSZAWA – WILEŃSKA ORAZ ZESPOŁEM PARKINGÓW, 2024.
- [3] Sobieraj J., Tom III. Faza realizacji inwestycji CENTRUM HANDLOWO – USŁUGOWE Z DWORCEM PKP WARSZAWA – WILEŃSKA ORAZ ZESPOŁEM PARKINGÓW, 2024.
- [4] Sobieraj J., Tom IV. Uwarunkowania środowiskowe przy realizacji CENTRUM HANDLOWO – USŁUGOWE Z DWORCEM PKP WARSZAWA – WILEŃSKA ORAZ ZESPOŁEM PARKINGÓW – jako Studium przypadku rewitalizacji urbanistycznej DWORCA PKP i optymalnej koncentracji handlu i usług, 2024.
- [5] Salgeo/Geo System (1999). Dokumentacja geologiczno-inżynierska Centrum Handlowo-Biurowego Warszawa Wileńska.
- [6] Geo System (1998). Karta informacyjna: Ocena oddziaływania na środowisko Centrum Handlowo-Biurowego Warszawa Wileńska.
- [7] Koszerny, Z. (red.) (1999). Ocena oddziaływania na środowisko hałasu kompleksu Dworca Kolejowego powiązanego z funkcją usługowo-handlową oraz administracyjno-biurową, Warszawa – Dworzec Wileński.
- [8] CRYSTAL Polska HVAC Engineering and Contractor. Projekt instalacji wod.-kan. dla galerii i hipermarketu oraz studium/projekt odprowadzenia wód opadowych.
- [9] Podrecki, A. Studium gospodarki odpadami płynnymi Centrum Handlowo-Usługowego „Carrefour” z dworcem PKP Warszawa Wileńska.
- [10] PROEKO Sp. z o.o. (2002). Raport o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia: Centrum Handlowo-Biurowe Warszawa Wileńska i zespół parkingów – synteza.
- [11] Eco Progress Sp. z o.o. (2002). Ekspertyza dotycząca ograniczenia uciążliwości komunikacyjnych na ul. Białostockiej związanych z obsługą Centrum Handlowego Warszawa Wileńska.
- [12] Orzechowski, R. (2002). Ocena warunków akustycznych na stanowisku pracy i w środowisku zewnętrznym Centrum handlowego Carrefour – Wileńska (synteza).
- [13] Orzechowski, R. (2002). Pomiary hałasu w środowisku przy budynku mieszkalnym ul. Białostocka 5 w Warszawie.
- [14] Materiały dydaktyczne: TOM I-IV – Faza koncepcyjna, planowanie, realizacja i uwarunkowania środowiskowe inwestycji „Centrum Handlowo-Usługowe z Dworcem PKP Warszawa Wileńska oraz zespołem parkingów” (opracowania na podstawie materiałów źródłowych).
- [15] Roberts, P., & Sykes, H. (eds.). (2000). Urban Regeneration: A Handbook. SAGE.
- [16] Heath, T. (2001). Adaptive Reuse of Offices for Residential Use: The Experiences of London and Toronto. Cities, 18(3), 173–184.
- [17] Bertolini, L., & Spit, T. (1998). Cities on Rails: The Redevelopment of Railway Station Areas. E & FN Spon.
- [18] Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design. Transportation Research Part D, 2(3), 199–219.
- [19] Dittmar, H., & Ohland, G. (eds.). (2004). The New Transit Town: Best Practices in Transit-Oriented Development. Island Press.
- [20] Carmona, M., Heath, T., Oc, T., & Tiesdell, S. (2010). Public Places – Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design (2nd ed.). Routledge.
- [21] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (z późn. zm.).
- [22] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (z późn. zm.).
- [23] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2019 poz. 1839 z późn. zm.).
- [24] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (z późn. zm.).
- [25] Kodeks cywilny – art. 651–653 (odpowiedzialność za wady i terminy roszczeń w umowach o roboty budowlane).
- [26] Książek-Nowak, M., & Teixeira, J. (2025). Adaptation and redevelopment of the Warszawa Wileńska railway station into a commercial centre with a covered terminal. *Archives of Civil Engineering*, 255-266.



Korporacja Radex Spółka Akcyjna

02-743 Warszawa, ul. J.S. Bacha 10

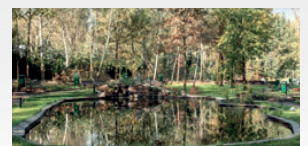
Biuro handlowe / Commercial office:
Korporacja Radex Business Park
03-228 Warszawa, ul. Marywilska 34 I



www.korporacjaradex.pl • www.klastercop.pl

liderzy w biznesie jakości i innowacyjności

Podstawową działalnością Korporacji Radex S.A. jest wynajem i zarządzanie nieruchomościami własnymi lub dzierżawionymi, inwestorstwo zastępcze, koordynacja procesów inwestycyjnych oraz przedsięwzięć budowlanych o dużym stopniu skomplikowania. Główną specjalnością Spółki jest zarządzanie procesem inwestycyjnym, począwszy od etapu koncepcji, poprzez proces uzgodnień, organizacji finansowania aż do zakończenia budowy i przekazywania gotowych obiektów do użytkowania.



Centrum Handlowo-Rozrywkowe Arkadia w Warszawie (2002–2004)

Studium przypadku dużej inwestycji „design & build” z naciskiem na optymalizację konstrukcyjną, zarządzanie jakością i kontrolę techniczną

Artykuł przedstawia studium przypadku realizacji Centrum Handlowo-Rozrywkowego Arkadia w Warszawie jako przykładu wielkiego, niestandardowego przedsięwzięcia inwestycyjnego prowadzonego w formule „projektuj i buduj” (design & build). Omówiono główne parametry obiektu, uwarunkowania lokalizacyjne oraz kluczowe decyzje inżynierskie dotyczące zmiany rozwiązań konstrukcyjnych (od maksymalnej prefabrykacji do szerokiego zastosowania technologii monolitycznej). Przedstawiono także organizację procesu budowy, rolę planu jakości i procedur kontroli, a także znaczenie niezależnej kontroli technicznej powiązanej z długoterminowym ubezpieczeniem od wad ukrytych. Wnioski podkreślają, że w projektach o dużej skali przewaga konkurencyjna wynika z połączenia elastyczności projektowej, rygorystycznego nadzoru jakościowego i świadomego zarządzania ryzykiem (technicznym, środowiskowym i harmonogramowym oraz umożliwia znaczną oszczędności materiałowe (stal zbrojeniowa, cement, piasek, kruszywo oraz roboczo i maszyno godzin pracy).

Słowa kluczowe: Arkadia, centrum handlowe, design & build, technologia monolityczna, prefabrykacja, plan jakości, kontrola techniczna, ubezpieczenie wad ukrytych, ochrona środowiska, modernizacja układu komunikacyjnego na połączeniu Śródmieścia oraz Żoliborza i Bielany.

Arkadia Shopping and Entertainment Centre in Warsaw (2002–2004). Case study of a large ‘design & build’ investment with an emphasis on structural optimisation, quality management, and technical control. The article presents a case study of the construction of the Arkadia Shopping and Entertainment Centre in Warsaw as an example of a major, non-standard investment project carried out in the ‘design and build’ formula. The main parameters of the building, location-related conditions, and key engineering decisions concerning changes in structural solutions (from maximum prefabrication to the wide application of monolithic technology) are discussed. The organisation of the construction process, the role of the quality plan and control procedures, and the significance of independent technical control linked to long-term latent defect insurance are also presented. The conclusions emphasise that in large-scale projects, competitive advantage results from combining design flexibility, rigorous quality supervision, and conscious risk management (technical, environmental, and schedule-related), and also enables significant savings in materials (reinforcing steel, cement, sand, aggregate) as well as labour and machine-hours.

Keywords: Arkadia, shopping centre, design & build, monolithic technology, prefabrication, quality plan, technical control, latent defect insurance, environmental protection, modernisation of the transport system at the connection between Śródmieście and Żoliborz and Bielany.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

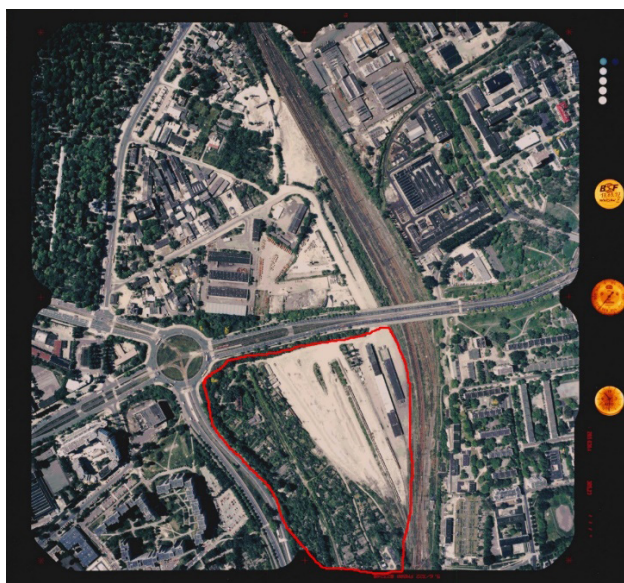
Wprowadzenie i tło przedsięwzięcia

Arkadia została zlokalizowana przy Rondzie Zgrupowania AK „Radosław”, między ul. Słomińskiego a Al. Jana Pawła II, w sąsiedztwie węzła komunikacyjnego Dworzec Gdański. Realizację przeprowadzono w systemie „projektuj i buduj”, gdzie generalny wykonawca odpowiadał za opracowanie projektu i wykonanie robót. Generalnym wykonawcą był WARBUD S.A., działający w konsorcjum z firmą RADEX S.A. (podział odpowiedzialności i udziałów: 60% WARBUD / 40% RADEX, gwarancje dla Inwestora wystawione przez WARBUD). W dokumentacji podkreślono, że przedsięwzięcie miało charakter niepowtarzalny ze względu na skalę, złożoność funkcji oraz wymagania formalne i jakościowe wprowadzające poważne zakłócenia w tkance miejskiej oraz komunikacji miejskiej płn.–płd i wsch.–zach. (kilka głównych arterii komunikacyjnych zbiega się na rondzie Zgrupowania AK Radosław).

* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384



Rys. 1. Zdjęcie lotnicze z 1997 r. ukazujące teren inwestycji przed jej rozpoczęciem



Charakterystyka obiektu i program funkcjonalny

Według materiałów źródłowych Arkadia osiągnęła skalę, która sytuowała ją jako największy obiekt tego typu w Europie. Podstawowe parametry obejmowały: ok. 310 504 m² powierzchni całkowitej, ok. 114 372 m² powierzchni handlowej. Wartość projektu rzędu 270 mln euro. Program funkcjonalny tworzyły m.in. hipermarket, ponad 250 sklepów na dwóch poziomach, small shops, strefy gastronomiczne (w tym 19 restauracji/fast-food), fitness, kręgielnia oraz multiplex z 15 salami kinowymi. Ważnym wyróżnikiem były także rozwiązania urbanistyczne i środowiskowe: rozległe tereny zielone łąki na dachu (ok. 4,5 ha), przesadzanie drzew zamiast ich wycinki, nowoczesna organizacja dostaw ograniczająca uciążliwość oraz wykorzystanie rzeźby terenu do „zamaskowania” części parkingowej na ponad 5 tys. samochodów. Ponieważ Arkadia była projektowana na lata, to sugestią miasta st. Warszawy było nawiązanie elewacją frontową do kamienic Starego Miasta, a pozostałe elewacje również miały być zaprojektowane jak przystało na charakter śródmiejski. Przy elewacji frontowej miała być duża fontanna oraz kawiarenki z ogródkami.

Rozwiązania konstrukcyjne i kluczowe optymalizacje projektowe

Obiekt posadowiono na palach wierconych typu CFA. W rozwiązaniach pierwotnych przewidywano oczepy wielopalowe w siatce ok. 8×8 m, a konstrukcję nośną w dużym stopniu jako prefabrykowany szkielet żelbetowy z płytami sprężonymi oraz stalową konstrukcją dachu. W toku przygotowania i realizacji zaproponowano jednak zmianę polegającą na przejściu na możliwie szerokie zastosowanie technologii monolitycznej. Uzasadnienia obejmowały: (1) większą elastyczność wprowadzania zmian wynikających z komercjalizacji i potrzeb przyszłych najemców, (2) mniej-

sze uzależnienie harmonogramu od dostaw prefabrykatów, (3) możliwość prowadzenia robót zimą przy zastosowaniu odpowiednich technologii tj. elektronagrzewie oraz (4) potencjalne korzyści kosztowe (transport, stal zbrojeniowa, sprzęt dźwigowy, optymalizacja grubości elementów). Po przeanalizowaniu wszystkich sposobów dowozu stali, szalunków, materiałów budowlanych oraz betonu realizacja terminowa przedsięwzięcia w tej części dzielnicy na granicy dwóch dzielnic była niemożliwa. Dlatego też GW (konsorcjum Korporacja Radex S.A.–Warbud S.A.) przedstawił koncepcję uruchomienia dwóch niezależnie pracujących węzłów betoniar-skich na placu budowy (umożliwiło to dostawę piachu, cementu i kruszywa w godzinach 20:30–22:00 oraz 4:00–6:30 rano przez co nie blokowano ulic dojazdowych do Ronda Zgrupowania AK Radosław). Wyliczono zapotrzebowanie na beton rzędu 128 000 m³. Przy założeniu, że betonowóz przewozi 6 m³ dałoby to zawrotną liczbę 21 334 kursów przemnożonych przez 2 ze względu na kursy powrotne, zużycie stali wyliczono na 16 700 ton to, przy założeniu, że nośność naczep to 18 ton daje to w sumie 928 kursów ponownie przemnożonych przez 2.

W przyjętym wariantcie wykonawczym zaakceptowano m.in.: monolityczną konstrukcję płytowo-słupową (w części bezpodciągową), ujednoczenie siatek i przekrojów elementów, a także zmianę posadowienia – rezygnację z grup czterech pali pod słup na rzecz oczepów jedno- i dwupalowych (po weryfikacji obliczeniowej oraz badaniach presjometrycznych i próbach obciążeniowych). Zmiany objęły również elementy stalowe dachu: w wybranych strefach zastąpiono kratownice dźwigarami blachownicowymi z przyczyn ekonomicznych i wykonawczych.

Organizacja budowy, logistyka i etapowanie robót

Skala przedsięwzięcia wymagała rozbudowanej organizacji placu bu-

-dowy: planu zagospodarowania, segmentacji obiektu, lokalizacji żurawi wieżowych, dróg tymczasowych i zaplecza produkcyjnego (np. zbrojarnie, betoniarnie). W materiałach podkreślono znaczenie narad koordynacyjnych i stałego planowania dziennego przekazania frontów robót. Szczególne znaczenie miała logistyka robót masowych (grunty, wykopy, nasypy, beton, stal, elementy wykończeniowe) oraz zarządzanie kolizjami z infrastrukturą i warunkami gruntowo-wodnymi na terenie intensywnie przekształconym działalnością kolejową.

Projekt Technologii i organizacji budowy

Projekt Technologii i organizacji budowy był aktualizowany i zmieniany co 24 godziny. Przygotowany został projekt zamienny konstrukcji i podobnie jak na CH Warszawa Wileńska wymagania konstrukcyjne zależały tylko i wyłącznie od oszczędności uzyskanych na betonie prefabrykatów, stali zbrojeniowej, stali konstrukcyjnej w wysokości 20% osiągniętych zmianami zysku.

Plan jakości – procedury, dokumentacja i audyty

Integralną częścią przedsięwzięcia był „Plan Jakości” wykonawcy, oparty na wymaganiach norm ISO. Dokument wskazywał zasady kontroli dostaw materiałów, postępowania z materiałem niepełnowartościowym, prowadzenia zapisów jakości (w tym dokumentacji fotograficznej) oraz system audytów jakości. Wprowadzono m.in. cykliczne inspekcje jakości i BHP, spotkania jakości, rejestry niezgodności oraz działania korygujące i zapobiegawcze. Podkreślano, że skuteczność systemu zależy od konsekwentnego gromadzenia zapisów oraz egzekwowania standardów na poziomie podwykonawców i dostawców.

Inwestorzy z Francji i USA zatrudniali osoby z Wydziału Inżynierii Ładowej prof. Chrabczyńskiego jako inżynierów kontraktowych. To oni sprawo-

wali nadzór jakościowy, nad realizacją harmonogramów i podpisywali raporty ilościowe i przerobowe GW.

Kontrola techniczna i ubezpieczenie od wad ukrytych

W dokumentacji zwrócono uwagę na powiązanie kontroli technicznej z długoterminowym ubezpieczeniem od wad ukrytych (w praktyce: odpowiedzialność obejmująca stabilność i szczelność obiektu przez okres ok. 10 lat od odbioru). Model ten zakłada udział niezależnej jednostki kontroli technicznej (porównywalnej do „technical inspection service”), weryfikującej zarówno dokumentację projektową, jak i wybrane roboty na budowie. Wskazano typowe raporty stosowane przez ubezpieczycieli: analiza ryzyka technicznego na początku (RD0), raport szczelności po roku użytkowania (RD3) oraz raport końcowy po zakończeniu robót (RD6), a także raporty dodatkowe przy fundamentowaniu specjalnym, nietypowych technologiach lub istotnych zmianach projektu.

W praktyce kontrola obejmowała elementy konstrukcyjne (fundamenty, elementy nośne, elementy zapewniające szczelność (dachy, elewacje, stolarka) oraz – w zależności od warunków polisy – wybrane roboty wykończeniowe powiązane z konstrukcją. Zarządzanie kontrolą wymagało uporządkowanej dokumentacji (protokoły odbiorów, certyfikaty, atesty, rejestry perforacji dachu i stropów dla instalacji) oraz spójnej komunikacji między inwestorem, wykonawcą, projektantami i ubezpieczycielem.

Przeszkody i komplikacje – ryzyka gruntowe, środowiskowe i wykonawcze

Teren inwestycji charakteryzował się znacznym udziałem gruntów antropogenicznych związanych z dawną infrastrukturą kolejową (nasypy, tłuczeń, elementy fundamentów). Zidentyfikowano także zanieczyszczenia wę-

głowodorami aromatycznymi na części obszaru, co wymagało rozpoznania, okonturowania i przyjęcia koncepcji rekultywacji możliwej do prowadzenia na terenie budowy (z uwzględnieniem wydłużenia czasu biologicznego oczyszczania). Istotnym wątkiem była również gospodarka drzewostanem: przygotowano program przesadzeń wraz z zabezpieczeniami gwarancyjnymi, co pozwoliło ograniczyć koszty i konflikty środowiskowe.

W warstwie stricte wykonawczej odnotowano m.in. problemy wynikające z odchyłeń wykonawczych lokalizacji

z ruchu, tak jak były inne parkingi centrów handlowych w Warszawie wykonanych w technologii posadzek jezdnych betonowych z utwardzeniem warstwy górnej 2-3 mm – CH Wileńska, także z zastosowaniem żywic epoksydowych – CH Galeria Mokotów.

Wnioski i rekomendacje

Studium przypadku Arkadii wskazuje, że w projektach o wielkiej skali kluczowe znaczenie mają: (1) świadome decyzje optymalizacyjne w konstrukcji i technologii (przy

W projektach o wielkiej skali kluczowe znaczenie mają: (1) świadome decyzje optymalizacyjne w konstrukcji i technologii (przy zachowaniu wymagań trwałości i bezpieczeństwa), (2) elastyczność projektowa umożliwiająca reagowanie na potrzeby najemców, (3) rygorystyczny system jakości oparty o procedury, zapisy i audyty oraz (4) niezależna kontrola techniczna wspierająca zarządzanie ryzykiem i wymagania ubezpieczeniowe.

pali CFA, które – przy założeniu posadzenia na oczepach jednopalowych – wymagały rozwiązań kompensacyjnych (np. elementów spinających przejmujących mimośrod). Materiały wspominają także o ryzykach związanych z historią miejsca (możliwość natrafienia na niewybuchy w trakcie robót ziemnych), co wymuszało procedury bezpieczeństwa i współpracę ze służbami specjalistycznymi.

Na budowie pracował zespół ekspertów z PW, ITB, Ochrony Środowiska, PPOŻ oraz innych instalacji pod przewodnictwem dr hab. inż. Janusza Sobieraja międzynarodowego eksperta i rzeczoznawcy.

Po raz pierwszy we wznoszonych centrach handlowych zastosowano na parkingu kostkę brukową, co spowodowało szybsze ich wykonanie oraz szybką wymianę zaolejonych kostek po wyciekach z samochodów osobowych. Parking Arkadii po upływie ponad 15 lat od jej oddania ani razu nie był wyłączony

zachowaniu wymagań trwałości i bezpieczeństwa), (2) elastyczność projektowa umożliwiająca reagowanie na potrzeby najemców, (3) rygorystyczny system jakości oparty o procedury, zapisy i audyty oraz (4) niezależna kontrola techniczna wspierająca zarządzanie ryzykiem i wymagania ubezpieczeniowe. Równoległe, powodzenie inwestycji zależy od dojrzałej kadry technicznej i zarządczej GW od logistyki budowy oraz umiejętnego prowadzenia tematów środowiskowych i gruntowych (rekultywacja, drzewostan, nieprzewidziane kolizje), które mogą wprost determinować harmonogram i budżet oraz doskonała organizacja oparta o partnerski system zarządzania przedsięwzięciem inwestycyjnym JASO 2020. W efekcie Arkadia jest przykładem, jak integracja zarządzania technicznego, jakościowego i ryzyka pozwala dowieźć projekt o wysokim stopniu złożoności. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sobieraj, J. (2024). Centrum Handlowe Arkadia w Warszawie. Tom I: Przygotowanie inwestycji i jej realizacja wraz z planem jakości. Materiały dydaktyczne.
- [2] Sobieraj, J. (2024). Centrum Handlowe Arkadia w Warszawie. Tom II: Projekt organizacji robót i wytyczne bezpieczeństwa na budowie. Materiały dydaktyczne.
- [3] Sobieraj, J. (2024). Centrum Handlowe Arkadia w Warszawie. Tom III: Projekt technologiczny wraz z rysunkami. Materiały dydaktyczne.
- [4] Sobieraj, J. (2024). Centrum Handlowe Arkadia w Warszawie. Tom IV: Uwarunkowania środowiskowe przy realizacji przedsięwzięcia. Materiały dydaktyczne.
- [5] WARBUD S.A. (2002). Plan Jakości – Budowa Arkadia (data: 25.06.2002). Dokument wewnętrzny (załącznik w materiałach).
- [6] PN-ISO 8402. Terminologia – zarządzanie jakością i zapewnienie jakości (definicje, m.in. audyt jakości).
- [7] PN-EN ISO 9001. Systemy zarządzania jakością – Wymagania (wydania zgodne z okresem realizacji i aktualizacje).
- [8] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (z późn. zm.).
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27 sierpnia 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ) oraz szczegółowego zakresu rodzajów robót budowlanych stwarzających zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia ludzi.
- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (wydania właściwe dla okresu realizacji oraz zmiany).
- [11] Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – obszary zarządzania projektem (jakość, ryzyko, harmonogram).
- [12] FIDIC. Warunki Kontraktowe – formuły realizacji, w tym projektuj-buduj (Design-Build) oraz podział ryzyk kontraktowych.
- [13] Loi n° 78-12 du 4 janvier 1978¹ (tzw. prawo Spinetta) – odpowiedzialność i ubezpieczenia w budownictwie (kontekst ubezpieczenia wad ukrytych i kontroli technicznej).
- [14] ITB (Instytut Techniki Budowlanej). Wytyczne/Instrukcje dotyczące jakości robót, szczelności i trwałości elementów budynków (dobór zależny od rozwiązania).
- [15] Wybrane raporty branżowe nt. centrów handlowych (tło ekonomiczne i koncepcje obiektów III generacji).
- [16] Raco, F., & Nicał, A. (2025). Transformation of degraded and unused post-railway areas for the Arkadia Shopping Center in Warsaw. *Archives of Civil Engineering*, 267-281.

Studia podyplomowe „ZARZĄDZANIE W BUDOWNICTWIE”

Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (PW) uruchomił kolejną, XX edycję Studiów podyplomowych „Zarządzanie w budownictwie” (10 kwiecień – 19 grudzień 2026). Studia uzupełniają wiedzę techniczną inżynierów budownictwa o kwalifikacje niezbędne do prowadzenia działalności gospodarczej na rynku inwestycyjno-budowlanym. **Zakres tematyczny studiów obejmuje 12 przedmiotów** - w tym: podstawy ekonomii w budownictwie, prawo gospodarcze w działalności inwestycyjno-budowlanej, podstawy organizacji i zarządzania w budownictwie, marketing w budownictwie, zarządzanie potencjałem ludzkim, zarządzanie finansami w działalności gospodarczej budownictwa, zarządzanie ryzykiem, przetargi na usługi budowlane, negocjowanie i zawieranie kontraktów, przygotowanie procesów realizacji budowy, sterowanie przebiegiem realizacji budowy, bezpieczeństwo pracy na budowie, zagadnienia etyki w budownictwie. **Absolwenci otrzymają świadectwo ukończenia studiów podyplomowych na PW oraz zaświadczenia z organizacji akredytujących – RICS – Royal Institution of Chartered Surveyors, PSMB – Polskiego Stowarzyszenia Menedżerów Budownictwa**, a po zdaniu egzaminu dyplomowego studiów można będzie uczestniczyć w pierwszych poziomach egzaminu IPMA – International Project Management Association.

ZAPRASZAMY NA ROK 2027, NA XXI EDYCJĘ STUDIÓW.

Składanie dokumentów – Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie, nr tel. 022 234 65 15, e-mail – spzwb.wil@pw.edu.pl; www.spzwb.il.pw.edu.pl



Arkadia Shopping and Entertainment Centre in Warsaw (2002–2004).

Case study of a large ‘design & build’ investment with an emphasis on structural optimisation, quality management, and technical control

The article presents a case study of the construction of the Arkadia Shopping and Entertainment Centre in Warsaw as an example of a major, non-standard investment project carried out in the ‘design and build’ formula. The main parameters of the building, location-related conditions, and key engineering decisions concerning changes in structural solutions (from maximum prefabrication to the wide application of monolithic technology) are discussed. The organisation of the construction process, the role of the quality plan and control procedures, and the significance of independent technical control linked to long-term latent defect insurance are also presented. The conclusions emphasise that in large-scale projects, competitive advantage results from combining design flexibility, rigorous quality supervision, and conscious risk management (technical, environmental, and schedule-related), and also enables significant savings in materials (reinforcing steel, cement, sand, aggregate) as well as labour and machine-hours.

Keywords: Arkadia, shopping centre, design & build, monolithic technology, prefabrication, quality plan, technical control, latent defect insurance, environmental protection, modernisation of the transport system at the connection between Śródmieście and Żoliborz and Bielany.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

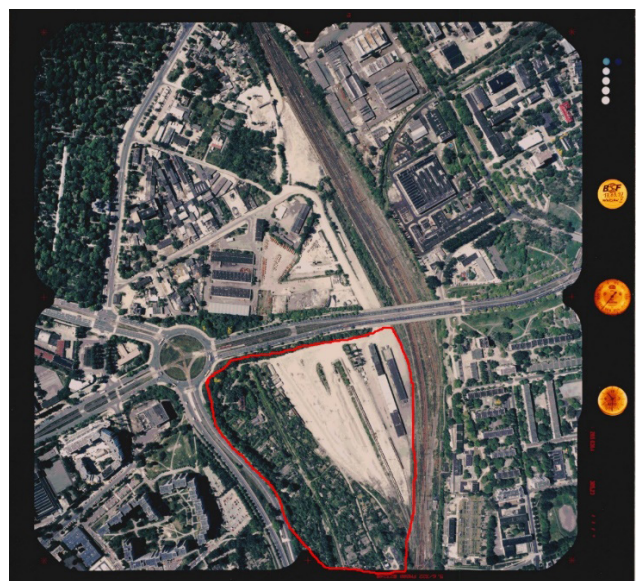
Introduction and background to the project

Arkadia is situated at the ‘Radosław’ Home Army Group Roundabout, between Słomińskiego Street and Jana Pawła II Avenue, in the vicinity of the Dworzec Gdański transport hub. The project was carried out under a ‘design and build’ contract, whereby the main contractor was responsible for both the design and the execution of the works. The main contractor was WARBUD S.A., operating in a consortium with Korpporacja Radex S.A. (division of responsibilities and shares: 60% WARBUD S.A. / 40% Korporacja Radex S.A., guarantees for the Client issued by WARBUD). The documentation emphasised that the project was unique in nature due to its scale, the complexity of its functions, and the formal and quality requirements, which caused significant disruption to the urban fabric and to north–south and east–west public transport links, as several major transport arteries converge at the Zgrupowania AK Radosław roundabout.

* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384



Fig. 1. Aerial photograph from 1997 showing the project site prior to commencement



Characteristics of the facility and functional programme

According to source materials, Arkadia reached a scale that positioned it as the largest facility of its kind in Europe. Key parameters included: approximately 310,500 m² of total floor area, and approximately 114,400 m² of retail space. The project was valued at around €270 million. The functional programme included, amongst other things, a hypermarket, over 250 retail units across two levels, kiosks and stand-alone retail points, food courts (including 19 restaurants/fast-food outlets), a fitness centre, a bowling alley and a multiplex cinema with 15 screens. Urban and environmental solutions were also key distinguishing features: extensive green roof meadows (approx. 4.5 ha), transplanting trees rather than felling them, a modern delivery system minimising disruption, and the use of the terrain's contours to 'conceal' the car park for over 5,000 vehicles. As Arkadia was designed as a long-term landmark within the urban landscape, the City of Warsaw suggested that the front façade should echo the townhouses of the Old Town, whilst the remaining façades were also to be designed in keeping with the character of the city centre. The front façade was to feature a large fountain and cafés with outdoor seating areas.

Structural solutions and key design optimisations

The building was founded on CFA bored piles. The original designs envisaged multi-pile foundations in a grid of approximately 8×8 m, with the load-bearing structure largely comprising a prefabricated reinforced concrete frame with prestressed slabs and a steel roof structure. However, during the preparation and implementation phases, a change was proposed involving a shift towards the widest possible use of monolithic technology. The justifications included: (1) greater flexibility in making changes resulting from

commercialisation and the needs of future tenants, (2) reduced dependence of the schedule on the delivery of prefabricated elements, (3) the possibility of carrying out works in winter using appropriate technologies, i.e. electric heating, and (4) potential cost benefits (transport, reinforcing steel, lifting equipment, optimisation of element thickness). After analysing all methods of delivering steel, formwork, concrete and other building materials, the consortium concluded that it would be impossible to complete the project on time given the logistical constraints of the site, located on the border between two administrative districts. Therefore, the GW consortium (comprising Korporacja Radex S.A. and WARBUD S.A.; hereinafter referred to as 'GW') presented a concept for operating two independently functioning concrete mixing plants on the construction site (this enabled the delivery of sand, cement and aggregate between 8:30 pm and 10:00 pm, and between 4:00 and 6:30 am, thus avoiding congestion on the access roads to the Radosław Home Army Group Roundabout). The concrete requirement was calculated at 128,000 m³. Assuming that a concrete mixer truck carries 6 m³, this would amount to a staggering 21,334 trips, multiplied by two to account for return journeys. Similarly, steel consumption was calculated at 16,700 tonnes, which, assuming a semi-trailer load capacity of 18 tonnes, would require a total of 928 trips, again multiplied by two.

The adopted construction variant included, amongst other things: a monolithic slab-and-column structure (in the part without beams), standardisation of the grids and cross-sections of the elements, as well as a change to the foundations – replacing groups of four piles per column with single- and double-pile caps (following computational verification, pressuremeter tests and load tests). The changes also extended to the steel roof elements: in selected areas, trusses were replaced with box girders for economic and construction reasons.

Construction organisation, logistics and phasing of works

The scale of the project required a comprehensive organisation of the construction site: a site layout plan, segmentation of the structure, positioning of tower cranes, temporary roads and production facilities (e.g. rebar processing areas, concrete batching plants). The documentation emphasised the importance of coordination meetings and continuous daily planning of work front handover. Of particular importance was the logistics of bulk works (soil, excavations, embankments, concrete, steel, finishing elements) and the management of conflicts with infrastructure and groundwater conditions in an area heavily transformed by railway operations.

Construction Technology and Organisation Plan

Given the complexity and pace of the works, the Construction Technology and Organisation Plan was revised every 24 hours. An alternative structural design was prepared and, as in the case of the Wileńska Interchange, the justification for adopting alternative structural solutions was primarily based on the savings achieved on precast concrete, reinforcing steel and structural steel, amounting to 20% of the profit generated by the changes.

Quality Plan – procedures, documentation and audits

An integral part of the project was the contractor's 'Quality Plan', based on the ISO quality management system. The document set out the principles for inspecting material deliveries, handling substandard material, maintaining quality records (including photographic documentation) and the quality audit system. Measures introduced included regular quality and health and safety inspections, quality meetings, non-conformity registers, and corrective and preventive actions. It was emphasised that the effectiveness of the system depended on the consistent collection of records and the

enforcement of standards at the level of subcontractors and suppliers.

The project's investors, based in France and the USA, appointed contract engineers drawn from Prof. Chrabczyński's Department of Civil Engineering at the Warsaw University of Technology. These engineers were responsible for quality control, monitoring schedule implementation, and certifying the quantity and progress reports submitted by GW.

Technical inspection and insurance against hidden defects

The documentation highlights the link between technical inspection and long-term insurance against hidden defects (in practice: liability covering

in large-scale projects, the following are of key importance: (1) informed optimisation decisions regarding design and technology (while maintaining durability and safety requirements), (2) design flexibility enabling a response to tenants' needs, (3) a rigorous quality system based on procedures, records and audits, and (4) independent technical supervision supporting risk management and insurance requirements.

the stability and watertightness of the structure for a period of approximately 10 years from handover). This model involves the participation of an independent technical inspection body (comparable to a 'technical inspection service'), which verifies both the design documentation and selected works on site. Typical reports used by insurers were identified: a technical risk analysis at the outset (RD0), a watertightness report after one year of use (RD3) and a final report upon completion of works (RD6), as well as additional reports for special foundations, non-standard technologies or significant design changes.

In practice, the inspection covered structural elements (foundations, load-bearing elements), elements ensuring watertightness (roofs, facades, joinery) and – depending on the policy conditions – selected finishing works related to the structure. Managing the inspec-

tion required well-organised documentation (acceptance reports, certificates, approvals, records of roof and ceiling penetrations for installations) and consistent communication between the client, contractor, designers and insurer.

Obstacles and complications – ground, environmental and construction risks

The project site was characterised by a significant proportion of anthropogenic soil associated with former railway infrastructure (embankments, crushed stone, foundation elements). Aromatic hydrocarbon contamination was also identified in part of the area, which required investigation, delineation and the adoption of a remediation

concept feasible on the construction site (taking into account the extended duration of biological soil treatment, i.e. bioremediation). Forest management was also a key issue: a tree relocation programme was drawn up, including warranty provisions, which helped to minimise costs and environmental conflicts.

On the strictly technical side, issues were noted, including problems arising from deviations in the positioning of CFA piles, which – given the assumption of single-pile cap foundations – required compensatory solutions (e.g. tie-back elements to accommodate eccentricities). The documents also mention risks associated with the site's history (the possibility of encountering unexploded ordnance during earthworks), which necessitated safety procedures and cooperation with specialist services.

7.1 A team of experts representing the Warsaw University of Technology (PW), the Building Research Institute (ITB), and specialists in environmental protection, fire safety and other disciplines was engaged on the project under the leadership of Dr Janusz Sobieraj, an international expert and consultant.

7.2 For the first time in a newly built shopping centre in Poland, paving stones were used in the car park, which enabled faster construction and facilitated the rapid replacement of oil-stained units following oil leaks from vehicles. More than 15 years after its opening, the Arkadia car park had never been closed to traffic. By contrast, other shopping centre car parks in Warsaw – such as CH Wileńska, built using concrete traffic floor technology with a 2-3 mm hardened top layer, or CH Galeria Mokotów, which used epoxy resins – have required periodic closures for maintenance.

Conclusions and recommendations

The Arkadia case study indicates that in large-scale projects, the following are of key importance: (1) informed optimisation decisions regarding design and technology (while maintaining durability and safety requirements), (2) design flexibility enabling a response to tenants' needs, (3) a rigorous quality system based on procedures, records and audits, and (4) independent technical supervision supporting risk management and insurance requirements. At the same time, the success of the investment depended on GW's experienced technical and management staff, effective construction logistics, and the skilful handling of environmental and land-related issues (reclamation, tree stands, unforeseen conflicts), all of which could directly affect the schedule and budget. Equally important was the excellent organisation based on the JASO 2020 partnership-based investment project management system. As a result, Arkadia is an example of how the integration of technical, quality and risk management enables the successful delivery of a highly complex project. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1.] Sobieraj, J. (2024). Arkadia Shopping Centre in Warsaw. Volume I: Investment preparation and implementation, including the quality plan. Teaching materials.
- [2.] Sobieraj, J. (2024). Arkadia Shopping Centre in Warsaw. Volume II: Work organisation plan and site safety guidelines. Teaching materials.
- [3.] Sobieraj, J. (2024). Arkadia Shopping Centre in Warsaw. Volume III: Technical design including drawings. Teaching materials.
- [4.] Sobieraj, J. (2024). Arkadia Shopping Centre in Warsaw. Volume IV: Environmental conditions during project implementation. Teaching materials.
- [5.] WARBUD S.A. (2002). Quality Plan – Arkadia Construction (date: 25 June 2002). Internal document (appendix in the materials).
- [6.] PN-ISO 8402. Terminology – quality management and quality assurance (definitions, including quality audit).
- [7.] PN-EN ISO 9001. Quality management systems – Requirements (editions corresponding to the project period and updates).
- [8.] Act of 7 July 1994 – Construction Law (as amended).
- [9.] Regulation of the Minister of Infrastructure of 27 August 2002 on the detailed scope and form of the health and safety plan (BIOZ) and the detailed scope of types of construction works posing risks to human health and safety.
- [10.] Regulation of the Minister of Infrastructure on the technical conditions to be met by buildings and their location (editions applicable to the implementation period and amendments).
- [11.] Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – project management areas (quality, risk, schedule).
- [12.] FIDIC. Contract Conditions – delivery methods, including design-build, and the allocation of contractual risks.
- [13.] Law No. 78-12 of 4 January 1978 on the construction industry (1) – liability and insurance in the construction sector (in the context of insurance against hidden defects and technical inspections).
- [14.] ITB (Institute of Building Technology). Guidelines/Instructions concerning the quality of works, watertightness and durability of building components (selection depending on the solution).
- [15.] Selected industry reports on shopping centres (economic background and concepts for third-generation facilities).
- [16.] Raco, F., & Nicał, A. (2025). Transformation of degraded and unused post-railway areas for the Arkadia Shopping Centre in Warsaw. *Archives of Civil Engineering*, 267–281.

1 Act No. 78-12 of 4 January 1978, known as the Spinetta Act, is the primary piece of legislation governing liability and insurance in the construction sector in France. It imposes a dual insurance obligation: a ten-year guarantee for contractors and structural damage insurance for project owners.

Nowa jakość kształcenia w budownictwie już wkrótce! e-COIPCIC – cyfrowa rewolucja w szkoleniu zawodowym

Branża budowlana w Europie stoi przed wyzwaniem – rosnącym zapotrzebowaniem na wykwalifikowanych specjalistów oraz koniecznością dostosowania edukacji do cyfrowej rzeczywistości.

Projekt e-COIPCIC (e-Compendium for Improving Professional Competences in Construction) odpowiada na te potrzeby, tworząc nowoczesne rozwiązania dla szkolnictwa zawodowego.

Co oferuje projekt?

- ✓ **Innowacyjną platformę e-learningową** dla zawodów budowlanych
- ✓ **Interaktywne moduły szkoleniowe** oparte na realnych zadaniach
- ✓ **Materiały dydaktyczne i instruktażowe wideo**
- ✓ **Wsparcie dla nauczycieli i uczniów** w rozwijaniu kompetencji cyfrowych
- ✓ **Praktyczne przygotowanie do pracy** zgodne z potrzebami rynku

Projekt realizowany jest przez partnerów z Polski, Włoch, Litwy i Turcji, łącząc doświadczenie uczelni technicznych, firm budowlanych i instytucji edukacyjnych.

Okres realizacji: 01.12.2025 – 30.11.2027,
Projekt nr: 2025-1-PL01-KA220-VET-000354772

Dołącz do przyszłości edukacji budowlanej!
Śledź rozwój projektu i korzystaj z nowoczesnych narzędzi szkoleniowych.



**Dofinansowane przez
Unię Europejską**



Rys. 2. Zdjęcia z postępów prac



w zakresie decyzji administracyjnych i monitoringu, (4) otworzenie kopalni piasku wraz z decyzjami o możliwości jego rekultywacji odpadami komunalnymi i z produkcji rzemieślniczej po ich przesianiu i oddzieleniu odpadów niezagrażających, a szczególnie niebezpiecznych (takich jak puszki z farbami, rozpuszczalnikami, szkło, butelki, słoiki itp., kosmetyki, drewno, papy itp. oraz przesypanie ich piaskiem w kopalni wg następującej zasady: warstwa odpadów o miąższości 0,35 m śr. warstwa wykopanego i składowana na działce sąsiedniej piachu z wyeksploatowanej kopalni o miąższości 20,5 cm oraz zagęszczenie tych warstw walcami samobieźnymi ciężkimi.

Ramy prawno-administracyjne – sekwencja decyzji i dokumentów

W przypadku rekultywacji terenów zdegradowanych kluczowa jest poprawna kolejność i kompletność dokumentacji. Materiały wskazują na typowy „łańcuch” decyzji obejmujący m.in.: decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach (na podstawie karty informacyjnej lub raportu oddziaływania na środowisko), decyzję organu właściwego do spraw zamknięcia składowiska wraz z harmonogramem (w praktyce – po kontrolach Inspekcji Ochrony Środowiska), decyzję określającą rodzaje i zakres odpadów dopuszczonych do odzysku w procesie rekultywacji,

zatwierdzenie instrukcji prowadzenia obiektu w fazie poeksploatacyjnej oraz pozwolenia/zgody na wykonanie robót w oparciu o przepisy prawa budowlanego i ochrony środowiska. Ważnym elementem jest także końcowa kontrola i decyzja stwierdzająca wykonanie rekultywacji zgodnie z pozwoleniem na budowę.

geotechnicznych i hydrologicznych. W przypadku dzikich wysypisk wyzwaniem jest niejednorodność składu odpadów oraz brak dokumentacji historycznej. Dlatego szczególne znaczenie mają badania terenowe, pobór prób i analiza laboratoryjna, które pozwalają zaprojektować bezpieczną relokację, dobrać metody segregacji i transportu oraz

Rekultywacja nie jest jedynie procesem technicznym. To także proces administracyjny, w którym dokumentacja projektowa, harmonogramy, uzgodnienia branżowe (np. sanitarne, wodnoprawne) i wymogi dotyczące odpadów muszą być spójne i możliwe do zweryfikowania w toku kontroli i odbiorów.

Opisany zestaw decyzji pokazuje, że rekultywacja nie jest jedynie procesem technicznym. To także proces administracyjny, w którym dokumentacja projektowa, harmonogramy, uzgodnienia branżowe (np. sanitarne, wodnoprawne) i wymogi dotyczące odpadów muszą być spójne i możliwe do zweryfikowania w toku kontroli i odbiorów.

Diagnostyka środowiskowa i rozpoznanie stanu terenu

Pierwszym krokiem w projektach rekultywacyjnych jest rozpoznanie stanu terenu: rodzaju odpadów, ich ilości, potencjalnych zanieczyszczeń (gleba, wody gruntowe), a także uwarunkowań

określić, czy konieczna jest rekultywacja/oczyszczanie podłoża po usunięciu odpadów. Na składowisku zostało, na cały okres rekultywacji, umieszczone laboratorium poligonowe, które cztery razy dziennie pobierało do badania próbki również dla Sanepidu.

Dla wyrobisk kruszywa diagnostyka obejmuje m.in. geometrię wyrobiska, stabilność skarp, warunki wodne, możliwości wypełnienia i modelowania terenu oraz docelowy sposób zagospodarowania (np. zielen, rekreacja, funkcje techniczne). W praktyce wyniki rozpoznania determinują zarówno technologię robót ziemnych, jak i dobór materiałów do rekultywacji (warstwy mineralne, warstwy uszczelniające, warstwy



Rys. 3. Zagospodarowany teren po dawnym wysypisku



biologiczne) lub mat bentonitowych z folii zagęszczanej 2 mm układanych na 10 cm zakład, który dodatkowo był zabezpieczony przed wysiękami za pomocą posypywania złącza proszkiem bentonitowym o grubości 5 mm.

W Łomiankach został zastosowany, ze względów ekonomicznych, wariant uszczelniania bentonitem, który jest nieprzepuszczalny oraz dodatkowo zwiększający swoją objętość po pojawieniu się wilgoci.

Realizacja robót – relokacja odpadów i rekultywacja wyrobiska

Relokacja dzikiego wysypiska wymaga organizacji prac w sposób minimalizujący ryzyka: pylenie, emisje odorów, roznoszenie zanieczyszczeń, niekontrolowany spływ wód opadowych oraz zagrożenia BHP. Typowy przebieg obejmuje wydzielenie stref roboczych, zabezpieczenie dojazdów, selektywną segregację (o ile możliwa), załadunek i transport do instalacji uprawnionych do przetwarzania lub unieszkodliwiania, a następnie przygotowanie podłoża do rekultywacji (profilowanie, ewentualne usunięcie warstw zanieczyszczonych, uzupełnienie gruntów).

Rekultywacja wyrobiska piasku jest procesem wieloetapowym: od ukształtowania docelowej rzeźby terenu, przez wykonanie warstw technicznych (w zależności od funkcji – np. stabilizujące i odcinające), po odtworzenie

warstwy żyznej i wprowadzenie roślinności. W projektach tego typu szczególnie istotna jest kontrola zgodności materiałów wsadowych (np. gruntów i odpadów dopuszczonych do odzysku) z decyzjami administracyjnymi oraz nadzór nad parametrami zagęszczenia i stateczności. Materiały dydaktyczne podkreślają, że dopuszczenie odpadów do odzysku w rekultywacji wymaga odrębnej decyzji, a dobór frakcji i ilości musi być powiązany z projektem i harmonogramem.

Faza poeksploatacyjna – monitoring i potwierdzenie efektu rekultywacji

Wykonanie robót rekultywacyjnych nie kończy procesu rewitalizacji. Kluczowa jest faza poeksploatacyjna, w której prowadzi się monitoring (np. osiadań, stabilności skarp, wód odciekowych i wód gruntowych, stanu roślinności) oraz utrzymanie elementów zabezpieczających, a także odgazowania oraz czyszczenia drenów, które odprowadzają wodę deszczową spływającą po skarpach wysypiska i poprzez separator i piaskownik odprowadzana jest kanalizacja fekalna do miejskiej oczyszczalni. Materiały wskazują na znaczenie instrukcji prowadzenia obiektu w fazie poeksploatacyjnej oraz udział organów nadzoru (ochrona środowiska) w potwierdzeniu, że rekultywacja została wykonana zgodnie

z warunkami pozwolenia i decyzji środowiskowych.

W praktyce oznacza to konieczność gromadzenia pełnej dokumentacji wykonawczej: protokołów, wyników badań, raportów z monitoringu oraz dokumentacji fotograficznej, która pozwala wykazać ciągłość działań i osiągnięcie celu rekultywacji (np. stabilne ukształtowanie terenu i odtworzenie pokrywy roślinnej).

Wnioski i rekomendacje dla podobnych projektów

Analiza materiałów dotyczących Łomianek prowadzi do kilku wniosków o charakterze uniwersalnym. Po pierwsze, powodzenie rekultywacji zależy od rzetelnej diagnostyki oraz jasnego rozdzielenia etapów: usunięcie/relokacja odpadów → przygotowanie podłoża → rekultywacja techniczna → rekultywacja biologiczna → monitoring. Po drugie, projekty te są w równym stopniu wyzwaniem formalnym, jak i technicznym – brak spójności decyzji dotyczących środowiska, odpadów i robót budowlanych jest częstą przyczyną opóźnień. Po trzecie, korzystanie z odpadów w procesie rekultywacji (odzysk) wymaga szczególnej kontroli jakości i zgodności z decyzjami, aby nie przenieść problemu w inne miejsce. Po czwarte, długoterminowy efekt rewitalizacji wymaga nadzoru poeksploatacyjnego i konsekwentnego prowadzenia monitoringu. ■

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sobieraj J., Tom I. Rekultywacja wysypiska śmieci w Łomiankach (opracowanie). Relokacja dzikiego wysypiska odpadów oraz rekultywacja wyrobiska piasku – jako przykłady rewitalizacji terenu w gminie ŁOMIANKI. Materiał dydaktyczny: przygotowanie dokumentacji i realizacja relokacji wysypiska, poboru kruszywa i rekultywacji wyrobiska, 2025.
- [2] Sobieraj J., Tom II. Rekultywacja wysypiska śmieci w Łomiankach (opracowanie). Relokacja dzikiego wysypiska odpadów oraz rekultywacja wyrobiska piasku – jako przykłady rewitalizacji terenu w gminie ŁOMIANKI. Materiał dydaktyczny: przygotowanie dokumentacji i realizacja relokacji wysypiska, poboru kruszywa i rekultywacji wyrobiska, 2025.
- [3] Sobieraj J., Tom III. Rekultywacja wysypiska śmieci w Łomiankach (opracowanie). Relokacja dzikiego wysypiska odpadów oraz rekultywacja wyrobiska piasku – jako przykłady rewitalizacji terenu w gminie ŁOMIANKI. Materiał dydaktyczny: przygotowanie dokumentacji i realizacja relokacji wysypiska, poboru kruszywa i rekultywacji wyrobiska, 2025.
- [4] Sobieraj J., Tom IV. Rekultywacja wysypiska śmieci w Łomiankach (opracowanie). Relokacja dzikiego wysypiska odpadów oraz rekultywacja wyrobiska piasku – jako przykłady rewitalizacji terenu w gminie ŁOMIANKI. Materiał dydaktyczny: przygotowanie dokumentacji i realizacja relokacji wysypiska, poboru kruszywa i rekultywacji wyrobiska, 2025.
- [5] Sobieraj J., Tom V. Rekultywacja wysypiska śmieci w Łomiankach (opracowanie). Relokacja dzikiego wysypiska odpadów oraz rekultywacja wyrobiska piasku – jako przykłady rewitalizacji terenu w gminie ŁOMIANKI. Materiał dydaktyczny: przygotowanie dokumentacji i realizacja relokacji wysypiska, poboru kruszywa i rekultywacji wyrobiska, 2025.
- [6] <https://segrego.pl/analiza-odpadow-komunalnych-w-raporcie-ochrony->
- [7] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (tekst jedn. Dz.U.).
- [8] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (tekst jedn. Dz.U.).
- [9] Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (tekst jedn. Dz.U.).
- [10] Dyrektywa 2008/98/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie odpadów (ramowa dyrektywa odpadowa) wraz z późniejszymi zmianami.
- [11] Dyrektywa 1999/31/WE w sprawie składowania odpadów wraz z decyzjami i wytycznymi dot. monitoringu składowisk.
- [12] Rozporządzenia wykonawcze dotyczące składowisk odpadów, monitoringu oraz warunków prowadzenia składowania (wydania właściwe dla okresu realizacji oraz aktualizacje).
- [13] GIOŚ / WIOŚ – wytyczne i komunikaty dotyczące kontroli składowisk i postępowania z odpadami (materiały informacyjne).
- [14] Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy: publikacje dot. rekultywacji, remediacji i zarządzania ryzykiem środowiskowym.

Korporacja Radex Spółka Akcyjna

02-743 Warszawa, ul. J.S. Bacha 10

Biuro handlowe / Commercial office:

Korporacja Radex Business Park
03-228 Warszawa, ul. Marywilska 34 I

Specjalnością Korporacji Radex S.A. jest również pełnienie funkcji inwestora zastępczego, generalnego realizatora inwestycji lub koordynatora dla wyjątkowo skomplikowanych, dużych projektów inwestycyjnych, w tym projektów realizowanych po raz pierwszy na terenie Polski. W szczególności dotyczy to budowy obiektów, których parametry nie są przewidziane przez istniejące przepisy i warunki techniczne budowy.

Różnorodność rodzajowa funkcji obiektów i usług zrealizowanych przez Korporację Radex S.A., duży stopień złożoności procesów technologicznych, rozmiar poszczególnych przedsięwzięć, nowoczesność technik zarządzania, wysoka ranga partnerów kontraktowych i ich pozytywne oceny, predestynują Korporację Radex S.A. do uznania jej za podmiot wyjątkowy i unikalny w polskich warunkach, spełniający najwyższe standardy europejskie i światowe. W sferze wynajmu nieruchomości komercyjnych Korporacja Radex SA dysponuje obecnie kompleksem biurowo-magazynowym Korporacja Radex Business Park w Warszawie oferującym relatywnie niewielkie powierzchnie komercyjne (średnio od 200 m² do 1000 m²) plasowane w segmencie tzw. Small Business Units, zlokalizowanym na powierzchni ponad 7 ha w obrębie ulic Marywilskiej, Daniszewskiej i Odlewniczej w Warszawie. Spółka prowadzi obsługę i zarządzanie całym obiektem, oferując najemcom rzetelny i niezawodny serwis. Wyróżnikiem tego miejsca jest m.in. starannie dobrana i odpowiednio utrzymywana zieleni, dająca wytchnienie od miejskiego zgiełku osobom przebywającym na terenie kompleksu. Jest to wartość dodana szczególnie ceniona przez pracowników najemców, spędzających w pracy wiele godzin. W Korporacji Radex S.A. zostały wdrożone autorskie i innowacyjne systemy zarządzania, takie jak: Zarządzanie Procesami Inwestycyjnymi, Zarządzanie Nieruchomościami, Zintegrowany System Zarządzania.

Rozbiórka obiektów i zagospodarowanie odpadów w świetle regulacji UE i Polski

Studium przypadku: dokumentacja rozbiórki obiektów technicznych WZL-4

Artykuł syntetyzuje zagadnienia przygotowania i prowadzenia rozbiórek obiektów budowlanych wraz z organizacją gospodarki odpadami, odnosząc je do aktualnych regulacji prawnych w Polsce i Unii Europejskiej. Na tle studium przypadku dokumentacji rozbiórki obiektów technicznych WZL-4 omówiono kluczowe kroki procesu inwestycyjnego (inventaryzacja, analiza ryzyk, decyzje i zgłoszenia, plan BIOZ, projekt rozbiórki), a następnie zasady postępowania z odpadami z budowy i rozbiórki (hierarchia postępowania, selektywna zbiórka, odzysk i recykling, odpady niebezpieczne). Wnioski wskazują, że zgodna z prawem efektywna ekonomicznie rozbiórka wymaga wczesnego planowania gospodarki odpadami oraz integracji kryteriów GOZ i śladu węglowego z doбором technologii i organizacją robót.

Słowa kluczowe: rozbiórka, odpady z budowy i rozbiórki (C&D), selektywna zbiórka, odzysk, recykling, GOZ, ślad węglowy, Prawo budowlane, Ustawa o odpadach, WZL-4.

Demolition of Structures and Waste Management in the Light of EU and Polish Regulations. Case study: demolition documentation for the technical facilities of WZL-4. The article synthesises issues related to the preparation and execution of demolition works together with the organisation of waste management, referring them to current legal regulations in Poland and the European Union. Against the background of the case study of the demolition documentation for the technical facilities of WZL-4, the key steps of the investment process are discussed (inventory, risk analysis, decisions and notifications, the BIOZ plan, and the demolition design), followed by the rules for handling construction and demolition waste (waste hierarchy, selective collection, recovery and recycling, hazardous waste). The conclusions indicate that legally compliant and economically efficient demolition requires early planning of waste management and the integration of circular economy criteria and carbon footprint considerations into the selection of technology and the organisation of works.

Keywords: demolition, construction and demolition waste (C&D), selective collection, recovery, recycling, circular economy, carbon footprint, Construction Law, Waste Act, WZL-4.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

Wprowadzenie – dlaczego rozbiórki są dziś „projektem środowiskowym”

Rozbiórka przestała być postrzegana wyłącznie jako etap technicznego „zwolnienia terenu pod inwestycję”. W realiach europejskich jest to proces silnie regulowany, powiązany z polityką zapobiegania powstawaniu odpadów, wymogami selektywnego zbierania frakcji, ograniczaniem składowania oraz zwiększaniem odzysku materiałowego. W konsekwencji kluczowe stają się: (1) poprawność formalna procedur rozbiórki, (2) bezpieczeństwo ludzi i mienia (BHP, ochrona obiektów sąsiednich, ryzyka geotechniczne), oraz (3) plan zagospodarowania odpadów – często o znaczeniu finansowym porównywalnym z samą technologią wyburzenia.

W materiałach źródłowych zaakcentowano również rosnącą rolę nowych pojęć, takich jak ślad węglowy oraz gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ). W praktyce rozbiórka jest jednym z naj-



Rys. 1. Hamownia silników WZL-4



* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

bardziej „materiałowych” etapów cyklu życia obiektu: od decyzji o demontażu selektywnym, przez ponowne użycie elementów, po recykling kruszyw i metali. Dlatego już na etapie przygotowania dokumentacji należy planować rozbiórkę jako proces logistyczno-środowiskowy, a nie jedynie jako roboty rozbiórkowe w rozumieniu tradycyjnych specyfikacji.

Ramy prawne – podstawowe wymagania UE i Polski

Regulacje unijne w zakresie odpadów wprowadzają hierarchię postępowania: zapobieganie, przygotowanie do ponownego użycia, recykling, inne formy odzysku oraz unieszkodliwianie. W obszarze odpadów z budowy i rozbiórki (C&D) przekłada się to na wymóg selektywnego wydzielenia frakcji i udokumentowania sposobu zagospodarowania, a także na ograniczanie praktyk polegających na „zmieszaniu” strumieni odpadów i kierowaniu ich do składowania.

Po stronie polskiej zasadnicze znaczenie ma Prawo budowlane (procedury pozwolenia lub zgłoszenia rozbiórki, wymogi projektu rozbiórki i nadzoru), Ustawa o odpadach (status wytwórcy odpadów, ewidencja i przekazanie odpadów do uprawnionych podmiotów) oraz rozporządzenia wykonawcze dotyczące m.in. wniosków, dziennika budowy, a w szczególnych przypadkach – rozbiórek metodą wybuchową. W praktyce kluczowe jest połączenie przepisów budowlanych z odpadowymi w jeden spójny plan realizacji.

Etap przygotowania rozbiórki – dokumentacja, ryzyka i organizacja robót

Materiały dydaktyczne akcentują, że najwięcej błędów i opóźnień generuje etap przygotowania. Obejmuje on: (1) inwentaryzację obiektów i instalacji (w tym identyfikację materiałów potencjalnie niebezpiecznych), (2) analizę ryzyka oddziaływania na otoczenie (budynki sąsiednie, sieci uzbrojenia

terenu, warunki gruntowe), (3) przygotowanie projektu rozbiórki wraz z technologią robót, etapowaniem i zabezpieczeniami, (4) opracowanie planu BIOZ i instrukcji bezpiecznego prowadzenia prac, oraz (5) zaplanowanie gospodarki odpadami w powiązaniu z harmonogramem i logistyką transportu.

Studium przypadku WZL-4 (rys. 1) przedstawiono jako zestaw rozwiązań praktycznych, w tym spis obiektów przeznaczonych do rozbiórki oraz opisy sposobu prowadzenia robót dla kolejnych budynków technicznych. Choć

Regulacje unijne w zakresie odpadów wprowadzają hierarchię postępowania: zapobieganie, przygotowanie do ponownego użycia, recykling, inne formy odzysku oraz unieszkodliwianie. W obszarze odpadów z budowy i rozbiórki (C&D) przekłada się to na wymóg selektywnego wydzielenia frakcji i udokumentowania sposobu zagospodarowania, a także na ograniczanie praktyk polegających na „zmieszaniu” strumieni odpadów i kierowaniu ich do składowania.

szczegółowe opisy poszczególnych obiektów mogą różnić się zakresem, logika postępowania pozostaje podobna: od odłączenia mediów i zabezpieczeń stref, przez demontaż elementów instalacyjnych i wykończeniowych, po rozbiórkę konstrukcji z równoczesną selektywną segregacją.

Projekty i plany rozbiórki

Po wydaniu decyzji lokalizacyjnej trasy S-8, w której był wyznaczony teren do wywłaszczenia i przejęcia, wykonano szczegółową inwentaryzację infrastruktury podziemnej, obiektów kubaturowych i urządzeń na terenie, które zarządzający terenem był zobowiązany usunąć w określonym terminie. Projekty rozbiórki – uzgodnienia:

- w pierwszej kolejności uzgodnienia z dostawcami wszystkich mediów,
- przygotowanie projektów rozbiórek poszczególnych obiektów,
- postępowanie wg prawa budowlanego.

- Następnie plan zagospodarowania odpadów, który musiał być uzgodniony z Urzędem Marszałkowskim Województwa Mazowieckiego i został uznany w tym urzędzie za modelowy dla województwa mazowieckiego. To właśnie tutaj, po raz pierwszy w historii Polski, grunt z wykopów został uznany za materiał budowlany, którego przemieszczanie miało być kontrolowane przez powiatowe i wojewódzkie służby ochrony środowiska. Ustalono wartość ok. 1 m³ gruntu na 1 PLN.

- Plan rozbiórek wykonywała firma PROECO, której prezesem był pierwszy (były) Minister Ochrony Środowiska w rządzie Tadeusza Mazowieckiego, a którego autor był społecznym doradcą ds. zarządzania procesem inwestycyjnym. Później został stworzony plan strategiczny ochrony środowiska dla Polski do 2000 z ustanowieniem kar za korzystanie (a w tym zanieczyszczanie środowiska), z których miał być powołany do życia Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska oraz podległy mu Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska. Weszły tu również środki z części umorzenia kredytów i pożyczek zaciągniętych za czasów Gierka, a także z umorzonych oddzielnych funduszy z krajów nie wchodzących w skład UE (Szwajcaria, Norwegia i USA). Przeznaczone były na zakup technologii służących ochronie środowiska wyprodukowanych w tych krajach.

Gospodarka odpadami z rozbiórk – selektywność, odzysk i kontrola jakości strumieni

Efektywna gospodarka odpadami zaczyna się od „mapy materiałowej” obiektu: określenia udziału betonu i cegły, metali, drewna, szkła, tworzyw, izolacji oraz odpadów niebezpiecznych (np. azbest, zanieczyszczone sorbenty, substancje ropopochodne). W praktyce rozbiórka selektywna wymaga wydzielonych stref magazynowania, kontenerów/pojemników dla frakcji oraz kontroli czystości materiału (np. kruszywa betonowego), bo zanieczyszczenia obniżają możliwości recyklingu i zwiększają koszty zagospodarowania.

spełniają wymagania jakościowe i środowiskowe. Równoległe, w przypadku odpadów niebezpiecznych konieczne są procedury identyfikacji, pakowania, transportu i przekazania do wyspecjalizowanych instalacji oraz ścisła ewidencja (w tym karty przekazania odpadów).

Najczęstsze ryzyka i dobre praktyki (wnioski z materiałów)

W materiałach wskazano, że rozbiórki są szczególnie wrażliwe na ryzyka „ukryte”: kolizje z niezainwentaryzowanymi sieciami, nieoczekiwane rozwiązania konstrukcyjne, zanieczyszczenia materiałowe, a także ryzyka geotechniczne

postępu i kontrola zgodności z projektem rozbiórki.

Do dobrych praktyk należą: (1) wczesne rozpoznanie frakcji odpadów i podpisanie umów z odbiorcami przed startem robót, (2) „czysta logistyka” – minimalizowanie mieszania frakcji i ograniczanie zanieczyszczeń, (3) planowanie demontażu w kolejności od elementów najcenniejszych/łatwych do odzysku do elementów masowych, (4) stała kontrola BHP i zabezpieczenia otoczenia, oraz (5) raportowanie parametrów środowiskowych i ewidencja odpadów jako integralna część dokumentacji powykonawczej.

Podsumowanie

Rozbiórka obiektów WZL-4 stanowi użyteczne studium przypadku, pokazujące jak łączyć wymagania prawa budowlanego z regulacjami odpadowymi i celami środowiskowymi. Największą wartością praktyczną jest traktowanie rozbiórki jako projektu: z planem, ryzykami, kontrolą jakości i mierzalnymi rezultatami w gospodarce odpadami (odzysk/recykling). W perspektywie dalszego zaostrożenia wymogów UE i rozwoju GOZ, kompetencje w zakresie przygotowania rozbiórek oraz zarządzania strumieniami materiałów będą coraz ważniejsze dla rynku budowlanego. ■

Rozbiórki są szczególnie wrażliwe na ryzyka „ukryte”: kolizje z niezainwentaryzowanymi sieciami, nieoczekiwane rozwiązania konstrukcyjne, zanieczyszczenia materiałowe, a także ryzyka geotechniczne w przypadku sąsiedztwa głębokich wykopów lub obiektów o małej odległości od granic działek.

W ujęciu GOZ kluczowe jest maksymalizowanie ponownego użycia i recyklingu: stal konstrukcyjna i zbrojenie powinna być kierowana do odzysku materiałowego, a odpady mineralne – do recyklingu na kruszywa wtórne lub do odzysku w pracach ziemnych, o ile

w przypadku sąsiedztwa głębokich wykopów lub obiektów o małej odległości od granic działek. Dodatkowym źródłem problemów bywa rozdzielanie odpowiedzialności między uczestników procesu – dlatego ważne są jasne procedury odbiorów etapowych, dokumentowanie

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sobieraj J., Rozbiórka obiektów i zagospodarowanie odpadów – z relacją do regulacji prawnych w Polsce i EU (wg stanu: listopad 2024 r.). Studium przypadku: Dokumentacja rozbiórki obiektów technicznych WZL-4. TOM I. Materiał dydaktyczny, 2024.
- [2] Sobieraj J., Rozbiórka obiektów i zagospodarowanie odpadów – z relacją do regulacji prawnych w Polsce i EU (wg stanu: listopad 2024 r.). Studium przypadku: Dokumentacja rozbiórki obiektów technicznych WZL-4. TOM II. Materiał dydaktyczny, 2024.
- [3] Dyrektywa 2008/98
- [4] Dyrektywa 2008/98/WE
- [5] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2024 r. poz. 54 ze zm.)
- [6] Ustawa o odpadach (Dz.U. z 2021 r. poz. 2151 oraz z 2022 r. poz. 2687)
- [7] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane
- [8] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2024 r. poz. 1290)
- [9] Wytyczne dotyczące kontroli odpadów przed rozbiórką i renowacją budynków Gospodarowanie odpadami z budowy i rozbiórki w UE, maj 2018 r.
- [10] Dyrektywa 2008/98/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów (ramowa dyrektywa odpadowa) wraz z późniejszymi zmianami.
- [11] Dyrektywa (UE) 2018/851 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów.
- [12] Komisja Europejska (2016; aktualizacje). EU Construction and Demolition Waste Management Protocol.
- [13] Komisja Europejska (maj 2018). Wytyczne dotyczące kontroli odpadów przed rozbiórką i renowacją budynków. Gospodarowanie odpadami z budowy i rozbiórki w UE.
- [14] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. – tekst jednolity, wydania aktualizowane).
- [15] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. – tekst jednolity, wydania aktualizowane).
- [16] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 22 grudnia 2022 r. w sprawie dziennika budowy oraz systemu Elektroniczny Dziennik Budowy (Dz.U. z 2023 r. poz. 45).

Domy modułowe – najważniejsze rzeczy, które należy wiedzieć o tego rodzaju domach

Koncepcja budownictwa modułowego wywodzi się ze Stanów Zjednoczonych i z biegiem czasu stała się impulsem do rozwoju technologii prefabrykacji, polegającej na wytwarzaniu gotowych elementów konstrukcyjnych przeznaczonych do składania w większe obiekty. Współczesne domy modułowe zyskały dużą popularność w wielu częściach świata, zwłaszcza w Kanadzie, krajach skandynawskich oraz Europie Zachodniej.

Słowa kluczowe: budownictwo modułowe, technologie prefabrykacji.

Modular Homes – The Most Important Things to Know about This Type of House. The concept of modular construction originated in the United States and over time became an impulse for the development of prefabrication technology, consisting in the manufacture of ready-made structural elements intended for assembly into larger buildings. Contemporary modular homes have gained great popularity in many parts of the world, especially in Canada, the Scandinavian countries, and Western Europe.

Keywords: modular construction, prefabrication technologies.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

Wprowadzenie

W Polsce budownictwo modułowe również zyskuje na znaczeniu, dlatego warto dokładniej przyjrzeć się tej metodzie wznoszenia budynków, aby ocenić, w jakich warunkach sprawdza się najlepiej oraz jakie mogą być jej ograniczenia. W niniejszym artykule przedstawiono charakterystykę nowoczesnego budownictwa modułowego, omówiono najważniejsze związane z nim zagadnienia, a także dokonano analizy zalet i wad zarówno domów całorocznych, jak i letniskowych. Dodatkowo poruszono kwestie dotyczące systemów ogrzewania oraz kosztów realizacji inwestycji w technologii modułowej.

Najważniejsze informacje

Domy modułowe powstają z gotowych komponentów w fabryce i są montowane na działce, co znacząco skraca czas realizacji, podnosi jakość wykonania ale wymaga dokładnego planowania.

- Całoroczne domy modułowe można budować z prefabrykatów m.in. z drewna, keramzytobetonu, stali oraz paneli SIP – technologia wpływa na formę i parametry budynku.
- Największe **zalety** to szybki montaż i stabilność konstrukcji; **ograniczenia** dotyczą m.in. mniejszej swobody architektonicznej oraz konieczności jednorazowego finansowania.

- Dom modułowy może być letnisko lub całoroczny – kluczowe znaczenie ma program, a także przygotowanie podłoża, fundamentów i uzgodnienie wymogów z producentem.
- Formalności (zgłoszenie lub pozwolenie) są analogiczne jak w budownictwie tradycyjnym i zależą m.in. od powierzchni zabudowy oraz obszaru oddziaływania.

Panele SIP (Structural Insulated Panels) to nowoczesne, prefabrykowane płyty warstwowe.

Płyty magnezowe (w skrócie MgO) są materiałem budowlanym wykonanym z naturalnych składników: tlenku magnezu, włókien celulozowych i perlitu.

Perlit budowlany (ekspandowany) to lekki, naturalny, niepalny materiał mineralny pochodzenia wulkanicznego, uzyskiwany przez prażenie skał perlitowych w temp. ok. 900–1000°C.

Co to są domy modułowe?

Domy modułowe to obiekty powstające z wcześniej przygotowanych elementów, które są produkowane w warunkach fabrycznych, a następnie transportowane i składane na działce inwestora. Takie podejście znacząco przyspiesza proces budowy, jednak wy-

maga bardzo dokładnego przygotowania całej inwestycji.

Podobnie jak w przypadku domów prefabrykowanych, poszczególne części powstają w hali produkcyjnej. Gotowy budynek jest efektem połączenia kilku lub nawet kilkudziesięciu modułów. Producent dostarcza na plac budowy komplet odpowiednio zabezpieczonych elementów, które następnie są montowane w całość. Dzięki temu realizacja przebiega sprawnie, bez konieczności zachowywania przerw technologicznych, a sam dom może zostać złożony nawet w ciągu kilku dni.

Kluczowe znaczenie ma jednak wcześniejsze, szczegółowe zaplano-

Rys. 1. Dom modułowy montowany z „kót” na płycie fundamentowej - <https://smart-mod.pl/domy-modulowe/>



* Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

wanie wszystkich etapów, co pozwala uniknąć problemów podczas montażu. Warto również pamiętać, że specyfika tej technologii wiąże się z mniejszą elastycznością projektową w porównaniu do budownictwa tradycyjnego.

Jakie są wymiary modułów?

Domy modułowe, zgodnie z nazwą, powstają z gotowych segmentów, które w całości przewozi się na naczepach ciężarowych zestawionych z ciągnikiem siodłowym. Ograniczenia logistyczne mają bezpośredni wpływ na wymiary tych elementów. Najczęściej spotykane moduły mają długość 6, 9 lub 12 metrów, szerokość około 3 metrów oraz wysokość sięgającą 3,2 metra.

Każdy moduł stanowi kompletny fragment budynku – obejmuje wykończoną i ocieploną podłogę, przestrzeń użytkową oraz dach z odpowiednimi warstwami i spadkami. Należy przy tym uwzględnić, że rzeczywista wysokość transportowa jest mniejsza o około 0,7 metra ze względu na konstrukcję naczepy. Standardowo maksymalna długość przewożonego modułu wynosi 12 metrów, szerokość do około 3,2 metra, a wysokość – przy zastosowaniu naczep niskopodwoziowych – może sięgać 4 metrów.

Możliwy jest również transport elementów o większej szerokości, nawet do 4 metrów, jednak wymaga to organizacji przejazdów specjalnych, często nocnych, z udziałem pilotów oraz uzyskania odpowiednich zezwoleń, co istotnie zwiększa koszty logistyczne.



Rys. 2. ExtraKeramzytowy 1 HAK1001 <https://www.extradom.pl/porady/arttykul-domy-modulowe-domy-prefabrykowane-co-warto-o-nich-wiedziec>



Z czego można budować domy modułowe?

Domy modułowe mogą być wykonywane z różnych surowców, m.in. drewna, keramzytobetonu czy stali, a zastosowany materiał bezpośrednio wpływa na konstrukcję oraz parametry użytkowe budynku.

Obiekty przeznaczone do użytkowania całorocznego powstają z prefabrykowanych elementów wytwarzanych z wymienionych materiałów. Wybór technologii zależy przede wszystkim od wielkości planowanego domu oraz jego formy architektonicznej. Przedsiębiorstwa zajmujące się produkcją modułów i realizacją tego typu inwestycji

oferują różne warianty wykończenia – od stanu surowego zamkniętego, przez stan deweloperski, aż po realizację „pod klucz”.

Keramzytowe domy modułowe

Budynki modułowe najczęściej wznosi się z elementów prefabrykowanych na bazie keramzytu. W zakładach produkcyjnych powstają gotowe moduły w formie stalowych ram wypełnionych keramzytobetonem. Od strony wewnętrznej konstrukcję izoluje się wełną mineralną – zarówno w ścianach, jak i w stropach.

Elewację można wykończyć na różne sposoby, np. tynkiem zestawionym z naturalnymi okładzinami lub systemem okładzin montowanych na ruszcie drewnianym bądź stalowym, z dodatkową warstwą izolacji z wełny mineralnej lub styropianu, wykończonych deskami albo tynkami systemowymi. Ściany działowe wewnątrz budynku wykonuje się najczęściej z płyt gipsowo-włóknowych, w których prowadzone są instalacje. Zaletą keramzytobetonu są jego korzystne parametry w zakresie izolacyjności termicznej.

| Rodzaje domów modułowych | | |
|----------------------------|---|--|
| Rodzaje domu modułowego | Konstrukcja | Charakterystyczne cechy |
| Keramzytowe domy modułowe | Stalowe ramy wypełnione keramzytem | Dobre właściwości termoizolacyjne, prefabrykowane moduły |
| Drewniane domy modułowe | Konstrukcja szkieletowa z drewna | Lekka konstrukcja, wypełnienie z wełny mineralnej |
| Stalowe domy modułowe | Szkielet z profili stalowych | Płyty warstwowe z warstwą izolacyjną |
| Domy modułowe z kontenerów | Konstrukcja kontenerowa | Często funkcja rekreacyjna, wymagają adaptacji |
| Domy modułowe z paneli SIP | Płyty strukturalne z warstwą izolacyjną | Dobra izolacyjność, prefabrykowane elementy ściennie |



Rys. 3. Technologia szkieletowa drewniana sprawdzi się w domach modułowych o mniejszym metrażu <https://www.extradom.pl/porady/arttykul-domy-modulowe-domy-prefabrykowane-co-warto-o-nich-wiedziec>



Gotowy dom (rys. 2) z prefabrykatów keramzytowych w stylu nowoczesnego prostego domu (może to być dom pasywny) o dwuspadowym dachu, dość tani w budowie i użytkowaniu, jeżeli wyposażymy go w fotowoltaikę, ogrzewanie podłogowe zasilane z pompy ciepła.

Drewniane domy modułowe

Dom modułowy może być również wykonany w technologii drewnianego szkieletu.

Poszczególne elementy konstrukcyjne powstają w zakładzie produkcyjnym, a następnie są transportowane i składane na placu budowy na wcześniej przygotowanych fundamentach, podmurówce lub płycie fundamentowej.

Konstrukcję nośną tworzy odpowiednio wysuszone i zabezpieczone drewno, natomiast ściany wykonuje się z materiałów drewnopochodnych. Przestrzenie między elementami konstrukcyjnymi wypełnia się najczęściej

węlną mineralną, zapewniającą izolację termiczną. Od strony wewnętrznej budynek wykańczany jest zazwyczaj płytami gipsowo-kartonowymi, stosowanymi zarówno na ścianach, jak i w połaciach dachowych.

Gotowy dom z prefabrykatów drewnianych jest solidny i może wyglądać jak tradycyjny dom murowany – gotowy dom DH115 HDH1007 o powierzchni użytkowej ok. 115 m². Powierzchnia taka jest całkowicie wystarczająca dla rodziny czteroosobowej, gdzie samochód lub samochody, motocykle, rowery mogą być przechowywane pod wiatą lub w garażu wybudowanym w ramach uzyskania dodatkowych środków lub spłaty części lub całości kredytu zaciągniętego na budowę domu.

Stalowe domy modułowe

Dom modułowy może być również realizowany w technologii stalowego szkieletu. W takim przypadku w zakładzie produkcyjnym przygotowuje się konstrukcję nośną z profili stalowych, która następnie trafia na działkę inwestora i tam jest montowana oraz uzupełniana o pozostałe elementy budynku. Przegrody wypełnia się m.in. płytami warstwowymi z rdzeniem izolacyjnym z pianki poliuretanowej (np. PIR), oferowanymi przez różnych producentów pod odmiennymi nazwami handlowymi i przeznaczonymi do zastosowań w ścianach zewnętrznych, szczelinowych czy wentylowanych.

Do kategorii stalowych domów modułowych zalicza się również obiekty tworzone na bazie kontenerów morskich przystosowanych do funkcji mieszkalnych. Rozwiązanie to jest zazwyczaj bardziej ekonomiczne i często wykorzystywane w budownictwie rekreacyjnym. Tego typu konstrukcje wyposaża się w otwory okienne oraz odpowiednią izolację termiczną – najczęściej z wełny mineralnej o grubości około 20 cm, montowanej na zimnogiętych profilach stalowych (zetownikach) wykonanych z blachy o grubości 1–2 mm, zabezpieczonej powłoką ocynku.



Rys. 4. Gotowy dom z prefabrykatów drewnianych jest solidny i może wyglądać jak tradycyjny dom murowany <https://www.extradom.pl/porady/arttykul-domy-modulowe-domy-prefabrykowane-co-warto-o-nich-wiedziec>





Rys. 5. Montaż gotowego domu modułowego z elementów płaskich – (moduły 2D) na płycie fundamentowej żelbetowej. <https://www.extradom.pl/porady/artukul-domy-modulowe-domy-prefabrykowane-co-warto-o-nich-wiedziec>



Modułowe domy z paneli SIP

Panele SIP (**Structural Insulated Panels**) to nowoczesne, prefabrykowane płyty warstwowe. służące do szybkiej budowy domów energooszczędnych. Składają się z dwóch sztywnych okładzin (zazwyczaj płyt OSB lub MgO) i rdzenia izolacyjnego (pianka PUR, PIR, wełna mineralna twarda lub styropian niepalny). Zapewniają wysoką wytrzymałość konstrukcyjną, doskonałą izolację cieplną i pozwalają na montaż domu w kilka dni

W przypadku domów modułowych można spotkać się z podziałem tworzących je elementów na:

- **moduły 3D** – przestrzenne elementy – fragmenty budynków lub całe obiekty, jak w przypadku domów z kontenerów morskich; często są wykończone, mają zamontowaną stolarkę i rozprowadzone instalacje; z modułów 3D powstają raczej mniejsze domy (ze względu na ograniczone możliwości transportu);
- **moduły 2D** – płaskie elementy – prefabrykowane ściany, stropy, połacie dachowe itp.; są łatwiejsze w przewiezieniu na plac budowy; fragmenty konstrukcji łączone są na działce inwestora w mono-

lityczną bryłę; wymagają często wykończenia o różnym zakresie, w zależności od producenta i projektu; można z nich budować domy o większym metrażu (ponad 100 m²), a nawet piętrowe lub z poddaszem użytkowym (te ostatnie są zdecydowanie bardziej ekonomiczne zarówno w budowie, jak i użytkowaniu).

Jakie są wady i zalety domów modułowych?

Domy modułowe mają zarówno wyraźne zalety związane z tempem realizacji inwestycji, jak i ograniczenia wynikające ze specyfiki prefabrykacji. Warto je przeanalizować przed podjęciem decyzji o wyborze tej technologii.

Zalety domów modułowych

- Krótki czas realizacji w porównaniu z technologią tradycyjną – budowa domu modułowego na wcześniej przygotowanej płycie fundamentowej może zamknąć się nawet w około trzech miesiącach.
- Brak ograniczeń sezonowych – montaż może być prowadzony niezależnie od pory roku, również w okresie zimowym.
- Możliwość relokacji – w razie potrzeby obiekt można przenieść w inne miejsce.
- Prosty proces zakupu oraz szybka realizacja inwestycji.
- Możliwość posadowienia budynku na wymagających terenach, takich jak skarpy, zbocza górskie, grunty piaszczyste czy podmokłe.



Rys. 6. Budowa gotowego domu modułowego z prefabrykatów keramzytobetonowych <https://www.extradom.pl/porady/artukul-domy-modulowe-domy-prefabrykowane-co-warto-o-nich-wiedziec>

Elementy stalowe – podpory skośne (sztyce) zabezpieczające stabilność i bezpieczeństwo do czasu złożenia całego domu i wykonania docelowych połączeń w poszczególnych elementach



- Opcja rozbudowy poprzez dołączenie kolejnych modułów (warto już na etapie zamówienia uwzględnić projekt przyszłej rozbudowy).
- Brak konieczności angażowania wielu ekip i nadzoru nad nimi – całość realizuje jeden producent, który odpowiada zarówno za wykonanie elementów, jak i montaż.
- Ograniczone prace porządkowe – montaż jest szybki, czysty i mało uciążliwy dla otoczenia.
- Gwarancja producenta obejmująca jakość wykonania oraz ewentualne usunięcie usterek.
- Pewność zastosowania certyfikowanych materiałów dopuszczonych do użytkowania w budynkach mieszkalnych.
- Wysoka jakość użytych komponentów oraz staranne wykonanie przegród, co wpływa na komfort użytkowania i ograniczenie strat ciepła.
- Duża trwałość – przy właściwym doborze materiałów żywotność takiego domu może być bardzo długa.
- Możliwość realizacji w standardzie „pod klucz”, obejmującym także wyposażenie wewnątrz i sprzęt AGD.
- Przejrzystość kosztów – inwestor zna całkowity budżet z wyprzedzeniem, co ułatwia finansowanie, np. kredytem o stałych parametrach.
- Wyższa efektywność produkcji dzięki prefabrykacji, szczególnie przy realizacji większej liczby podobnych obiektów.
- Cieńsze ściany pozwalają uzyskać większą powierzchnię użytkową budynku.
- Wysoki standard wykonania wynikający z kontrolowanych warunków produkcji.

Wady domów modułowych

- Transport dużych i ciężkich modułów wymaga specjalnego transportu oraz użycia dźwigu na miejscu montażu – warto upewnić się, że docelowa działka posiada **dogodny dojazd dla samochodów ciężarowych** oraz wystarczająco dużo miejsca do pracy większych ma-



Rys. 7. Montaż ściany prefabrykowanej jako element domu modułowego. <https://www.archon.pl/domy-modulowe-art-10475>



szyn. Przed podpisaniem umowy trzeba ściągnąć przedstawiciela fabryki, aby nie było problemów przy montażu czy wręcz stwierdzeń, że trzeba zmienić koncepcję montażu i zrobić dopłatę, bo obiektu nie da się zmontować wg poprzednio wykonanego harmonogramu.

- Konieczność **wykonania odpowiednich fundamentów** leży po stronie inwestora – wykonanie we własnym zakresie lub skorzystanie z ekipy polecanej przez producenta. Dzięki lekkiej konstrukcji domy modułowe nie wymagają ciężkich fundamentów, świetnie sprawdzą się tutaj bloczki betonowe, stopy fundamentowe czy też podpory systemowe)
- Większość decyzji dotyczących projektu powinno być podjętych przed zamówieniem i rozpoczęciem budowy, ze względu na **krótki czas realizacji modułów**

nowo. W takich przypadkach najczęściej stosuje się lekką konstrukcję drewnianą w technologii szkieletowej. Nierzadko cały budynek dostarczany jest na działkę inwestora w postaci jednego gotowego modułu, który na miejscu podlega jedynie pracom wykończeniowym. Szybkość montażu stanowi jedną z głównych zalet tego typu rozwiązań.

W zakresie ogrzewania tego rodzaju obiektów można zastosować kilka rozwiązań. Często wybierany jest kominek z systemem dystrybucji gorącego powietrza do poszczególnych pomieszczeń. Alternatywą są klimatyzatory z funkcją grzania, które mogą być wykorzystywane poza sezonem letnim. Stosuje się także elektryczne urządzenia grzewcze, takie jak grzejniki z termostatami lub piece akumulacyjne umożliwiające regulację pracy w określonych porach dnia i nocy.

Dom modułowy jako dom całoroczny

Aby zapewnić wygodne użytkowanie całorocznego domu modułowego, niezbędne jest odpowiednie przygotowanie podłoża, na którym zostanie posadowiony budynek. W praktyce obowiązek ten najczęściej spoczywa na inwestorze, ponieważ wiele firm zajmujących się produkcją i montażem domów modułowych nie realizuje prac fundamentowych lub traktuje je jako dodatkowo płatną usługę.

Istotne jest również wcześniejsze ustalenie z producentem szczególnych wymagań dotyczących funda-

Czy dom modułowy to propozycja na domek letniskowy, czy całoroczny?

Dom modułowy może pełnić funkcję zarówno domku letniskowego, jak i domu całorocznego. O przeznaczeniu budynku decyduje przede wszystkim sposób wykonania konstrukcji, izolacja oraz przygotowanie fundamentów.

Dom modułowy jako domek letniskowy

Domy modułowe o krótkim czasie realizacji dobrze sprawdzają się jako obiekty rekreacyjne użytkowane sezo-

mentów, aby uniknąć ewentualnych problemów, w tym utraty gwarancji. Za najbardziej optymalne rozwiązanie uznaje się izolowaną płytę żelbetową, często wyposażoną w system ogrzewania podłogowego.

Czy dom jednorodzinny modułowy to dobra alternatywa dla mieszkania?

Modułowy dom jednorodzinny może stanowić rzeczywistą alternatywę dla mieszkania, zwłaszcza dla osób, które chcą szybciej zamieszkać we własnym domu. Istotnym czynnikiem jest również porównanie łącznych kosztów budowy wraz z zakupem działki z cenami lokali mieszkalnych w dużych polskich miastach.

Całoroczne domy modułowe są szczególnie atrakcyjne dla osób, którym zależy na krótkim czasie realizacji i możliwości szybkiego wprowadzenia się do własnej przestrzeni. Takie rozwiązanie często rozważają młodzi ludzie planujący założenie rodziny, poszukujący niezależności oraz otwarci na nowoczesne technologie, które – przy odpowiednim wykonaniu – zapewniają komfort użytkowania porównywalny z budownictwem tradycyjnym, zarówno murowanym, jak i drewnianym.

Dom modułowy a pozwolenie na budowę

Dom modułowy podlega takim samym wymogom formalno-prawnym jak budynek realizowany w techno-

logii tradycyjnej. Kwestia konieczności uzyskania pozwolenia na budowę uzależniona jest przede wszystkim od powierzchni zabudowy oraz zasięgu oddziaływania obiektu.

Procedury administracyjne związane z realizacją domów modułowych są więc tożsame z tymi, które obowiązują przy budownictwie konwencjonalnym. Kluczowe znaczenie mają tutaj parametry inwestycji, w szczególności wielkość budynku oraz jego wpływ na sąsiednie nieruchomości.

Budowa domu jednorodzinnego na zgłoszenie – zasady od 2015 r.

Od 2015 roku polskie Prawo budowlane dopuszcza realizację jednorodzinnych budynków mieszkalnych na podstawie zgłoszenia, bez konieczności uzyskiwania pozwolenia na budowę. Warunkiem jest jednak, aby obszar oddziaływania takiego obiektu w całości mieścił się w granicach działki lub działek objętych inwestycją oraz aby dla danego terenu zostały wydane warunki zabudowy (obowiązujące od 1 stycznia 2026 r.).

Budowa domu do 70 m² – procedura zgłoszenia (przepisy od 2022 r.)

Zmiany wprowadzone do Prawa budowlanego w 2022 roku rozszerzyły możliwość realizacji inwestycji na podstawie zgłoszenia o domy o powierzchni zabudowy do 70 m². Warunkiem jest, aby były to wolnostojące budynki jednorodzinne, maksymalnie dwukondy-

gnacyjne, których obszar oddziaływania nie wykracza poza granice działki inwestora.

W przypadku takich inwestycji inwestor musi dodatkowo złożyć oświadczenie, że budynek powstaje w celu zaspokojenia jego własnych potrzeb mieszkaniowych. Jeżeli nie zostaje ustanowiony kierownik budowy, inwestor przejmuje również odpowiedzialność za prowadzenie robót. Od 1 stycznia 2026 roku do zgłoszenia konieczne jest także dołączenie prawomocnej decyzji o warunkach zabudowy dla danego terenu.

Budynek rekreacji indywidualnej do 35 m² – zasady realizacji

Realizacja domu bez uzyskania pozwolenia, w tym również w technologii modułowej, jest dopuszczalna także dla wolnostojących, parterowych budynków rekreacji indywidualnej o powierzchni zabudowy do 35 m². Istotnym ograniczeniem jest jednak liczba takich obiektów na działce – nie może ona przekraczać dwóch budynków na każde 500 m² jej powierzchni.

Obowiązek zgłoszenia i tzw. milcząca zgoda

Możliwość realizacji inwestycji bez uzyskania pozwolenia na budowę nie zwalnia inwestora z obowiązku dokonania zgłoszenia zamiaru budowy w urzędzie miasta lub starostwie powiatowym właściwym dla danej lokalizacji. Zgłoszenie wraz z kompletem wymaganych dokumentów należy złożyć co najmniej 30 dni przed planowanym rozpoczęciem robót. Jeżeli w terminie 65 dni organ nie wnieśnie sprzeciwu, przyjmuje się tzw. milcząca zgodę na realizację inwestycji.

W przypadku budynków o powierzchni zabudowy do 70 m² procedura jest uproszczona – inwestor może rozpocząć budowę bez oczekiwania na upływ wskazanego terminu, ponieważ organ administracji architektoniczno-budowlanej nie ma możliwości wnieścia sprzeciwu. Nie oznacza to jednak braku kontroli – zgłoszenie podlega



Rys. 8. Elementy prefabrykowane do domu modułowego (ściany z wykończeniem i oknami) <https://www.archon.pl/domy-modulowe-art-10475>





Rys. 9. Lekkie budynki z modułów bez głębokiego posadowienia mogą być ustawiane także na trudnych gruntach, czyli tam, gdzie z domami murowanymi byłyby problemy. [Fot. Murator 6/2022]



weryfikacji pod kątem spełnienia wymaganych warunków, takich jak obszar oddziaływania obiektu oraz złożenie odpowiednich oświadczeń.

Należy również uwzględnić, że od 1 stycznia 2026 r. do zgłoszenia konieczne jest dołączenie decyzji o warunkach zabudowy dla danego terenu.

Czy domy modułowe są energooszczędne? Systemy ogrzewania w przypadku domów modułowych

Domy modułowe mogą osiągać wysoki standard efektywności energetycznej – od budynków energooszczędnych po zero-energetyczne i pasywne. Ostateczne parametry w tym zakresie zależą przede wszystkim od przyjętych rozwiązań projektowych, użytych materiałów, zastosowanych systemów grzewczych i odnawialnych źródeł energii, a także od grubości i jakości izolacji przegród zewnętrznych (ścian, dachu i płyty fundamentowej) oraz eliminacji mostków termicznych.

Energooszczędność i standard energetyczny domu modułowego

Budynki modułowe mogą charakteryzować się bardzo niskim zapotrzebowaniem na energię pierwotną. Mogą być projektowane jako obiekty nisko-

energetyczne, a także w standardzie pasywnym. Inwestor ma możliwość indywidualnego określenia poziomu efektywności energetycznej, w tym zastosowania instalacji opartych na odnawialnych źródłach energii.

Podobnie jak w przypadku budownictwa tradycyjnego, kluczowe znaczenie ma odpowiednia izolacja przegród oraz eliminacja mostków cieplnych. Istotne jest również właściwe uszczelnienie miejsc przejść instalacyjnych oraz zastosowanie tzw. ciepłego montażu stolarki okiennej i drzwiowej. Na bilans energetyczny budynku wpływa także jego orientacja względem stron świata – optymalne ustawienie pozwala maksymalnie wykorzystać naturalne doświetlenie pomieszczeń w ciągu dnia.

Systemy ogrzewania w domu modułowym

W domach modułowych można stosować takie same rozwiązania grzewcze jak w budynkach wznoszonych w technologii tradycyjnej. Możliwe jest wykorzystanie m.in. kotłów na paliwo stałe, gazowych czy na pellet, a także instalacji ogrzewania podłogowego.

Tego typu obiekty mogą być również wyposażone w nowoczesne systemy wspierające efektywność ener-

getyczną, takie jak instalacje fotowoltaiczne, kolektory słoneczne, pompy ciepła czy wentylacja mechaniczna.

Ile kosztuje dom modułowy?

Koszt realizacji domu modułowego uzależniony jest głównie od przyjętego projektu, zastosowanej technologii i materiałów, wielkości budynku oraz poziomu jego wykończenia. Na ostateczną cenę wpływają m.in. standard i marka wyposażenia AGD, jakość zabudowy meblowej, użyte materiały wykończeniowe (takie jak glazura, terakota), stolarka drzwiowa i okienna, parapety czy elementy balustrad wewnętrznych i zewnętrznych.

Należy również uwzględnić dodatkowe koszty związane z przygotowaniem inwestycji, w tym wykonanie fundamentów.

Od czego zależy koszt budowy domu modułowego?

Koszt budowy modułowego domu jednorodzinного zależy w dużej mierze od technologii i materiałów użytych do produkcji prefabrykatów. Kluczowe znaczenie mają również powierzchnia użytkowa budynku oraz standard jego wykończenia.

Choć realizacja w tej technologii trwa krócej niż w przypadku budownictwa tradycyjnego, należy uwzględnić konieczność zastosowania specjalistycznego sprzętu, takiego jak dźwig, co wpływa na budżet inwestycji. Wstępna wycena przedstawiona przez wykonawcę może odbiegać od ostatecznych kosztów, które obejmują wszystkie elementy realizacji.

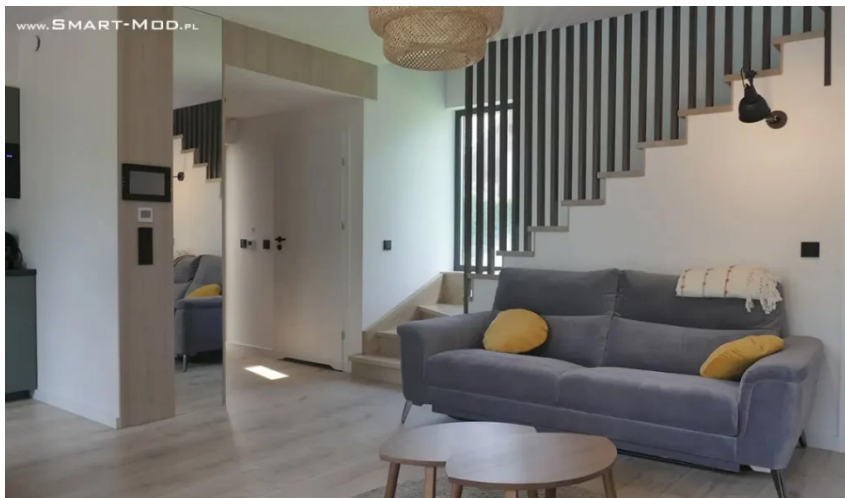
Z tego względu warto dokładnie analizować oferty różnych producentów, a także zapoznać się z opiniami innych inwestorów dotyczącymi jakości wykonania, organizacji prac oraz profesjonalizmu ekip montażowych.

Jak mogą być wykończone domy modułowe?

Wykończenie domów modułowych może przyjmować różne formy, a jego



Rys. 10. Salon w domu modułowym w stylu nowoczesnej stodoły Apartament 36P <https://smart-mod.pl/domy-modulowe/>



zakres jest uzależniony od decyzji inwestora.

- **Stan surowy zamknięty** – obejmuje konstrukcję budynku zamkniętą z zewnątrz, z zamontowaną stolarką okienną, jednak bez instalacji, izolacji oraz wykończenia wnętrza (podłóg i sufitów). W przypadku technologii modułowej wariant ten jest stosunkowo rzadko spotykany, ponieważ niewielkim nakładem dodatkowego czasu można doprowadzić budynek do wyższego standardu.
- **Stan deweloperski** – najczęściej wybierany poziom wykończenia. Budynek jest w pełni wykończony z zewnątrz, natomiast wewnątrz posiada przygotowane, wygładzone ściany. Instalacja elektryczna jest wykonana i wyposażona w osprzęt (gniazda, włączniki, oświetlenie, rozdzielnię), a instalacje wodno-kanalizacyjne są rozprowadzone w ścianach i podłodze. Nie obejmuje on jednak wykończenia łazienek (okładzin, armatury), kuchni, pod-

łóg ani montażu drzwi wewnętrznych. Warto zaznaczyć, że zakres tego standardu nie jest jednoznacznie określony przepisami, dlatego powinien być szczegółowo opisany w umowie z wykonawcą.

- **Wykończenie „pod klucz”** – oznacza dom w pełni przygotowany do zamieszkania. Obejmuje kompletnie wykończone wnętrza, w tym łazienkę z armaturą i okładzinami, wyposażoną kuchnię ze sprzętem AGD oraz gotowe pomieszczenia mieszkalne, wymagające jedynieumeblowania. Po zakończeniu montażu budynek nadaje się do natychmiastowego użytkowania (rys. 10).

Moda na skandynawskie domy modułowe

Popularność stylu skandynawskiego utrzymuje się na wysokim poziomie. Jego charakterystyczne cechy, takie jak prostota formy, rozwiązania przyjazne środowisku oraz silne nawiązanie do natury, sprawiają, że coraz więcej inwestorów wybiera domy inspirowane architekturą krajów północnych.

Kluczowym założeniem tego podejścia jest minimalizm. Szczególny nacisk kładzie się na funkcjonalność oraz dopracowanie detali. Projekty są tworzone w sposób ergonomiczny, estetyczny, a jednocześnie ekonomiczny w realizacji w porównaniu z innymi rozwiązaniami.

Cechą charakterystyczną technologii skandynawskich jest wysoka i powtarzalna jakość wykonania. Drewno pochodzące z krajów północnych znajduje zastosowanie u czołowych polskich producentów domów modułowych. Szczególnie cenione jest drewno szwedzkie, które wyróżnia się dużą trwałością oraz korzystnymi parametrami użytkowymi.

Materiał ten poddawany jest procesowi suszenia komorowego, a każda partia posiada odpowiednie certyfikaty. Dodatkowo jest to surowiec naturalny i ekologiczny, pozyskiwany w sposób zrównoważony, zgodnie z rygorystycznymi normami produkcyjnymi.



Rys. 11. Styl skandynawski <https://smart-mod.pl/domy-modulowe/>



Rys. 12. Elementy modułowe przestrzenne 3D domu modułowego. <https://smart-mod.pl/domy-modulowe/>



Domy modułowe – jak wygląda produkcja. Ile wynosi czas realizacji domu modułowego? Czyli, etapy produkcji domów modułowych

Czas realizacji domu modułowego wynosi zazwyczaj od kilku do kilkunastu tygodni i uzależniony jest od stopnia skomplikowania projektu, wielkości obiektu oraz zakresu jego wykończenia. Istotną cechą tej technologii jest możliwość prowadzenia prac produkcyjnych równoległe z procedurami formalnymi, ponieważ większość elementów powstaje w hali produkcyjnej, niezależnie od lokalizacji inwestycji.

Przed rozpoczęciem przedsięwzięcia warto jednak skonsultować planowany projekt w urzędzie, np. w wydziale architektury, aby upewnić się, że nie istnieją przeszkody formalne. Ostatecznie budynek musi spełniać wymagania określone w decyzji o warunkach zabudowy lub w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego dla danej działki.

Przechodząc do samego procesu wytwarzania elementów w zakładzie produkcyjnym:

Etap I – konstrukcja budynku

Pierwszy etap realizacji domu modułowego obejmuje wykonanie konstrukcji nośnej – drewnianej lub stalowej. Proces rozpoczyna się od przygotowania elementów podłogi, ścian oraz dachu, które następnie są łączone w jedną całość, tworząc podstawowy kształt przyszłego budynku. Na tym etapie montowane są również uchwyty umożliwiające transport modułów.

Do konstrukcji mocuje się odpowiednie listwy, całość zabezpiecza membraną paroizolacyjną, a podłogę wykańcza płytami cementowo-drzazgowymi. Ściany i sufit obudowuje się płytami OSB oraz gipsowo-kartonowymi. Przegrody wewnętrzne oraz stropy wykańczane są płytami gipsowo-kartonowymi lub okładziną drewnianą.

Etap II – instalacje i izolacje

W tak przygotowanej konstrukcji prowadzi się instalacje elektryczne, wodno-kanalizacyjne oraz system ogrzewania, po czym przestrzeń wypełnia się szczelnie wełną mineralną. Z zewnątrz budynek zabezpieczany jest membraną paroprzepuszczalną, a na dachu formowane są odpowiednie spadki i układane poszycie.

Najczęściej stosuje się dachy płaskie o niewielkim nachyleniu (ok. 2%) lub dachy dwuspadowe, które uchodzą za rozwiązanie korzystniejsze. W zależności od projektu mogą one obejmować antresolę lub przestrzeń poddasza.

Etap III – montaż okien i wykańczanie

Na tym etapie w modułach instalowane są okna i drzwi dobrane zgodnie z preferencjami inwestora. Ich wybór uzależniony jest zarówno od założeń estetycznych, jak i wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej. W obiektach o niższych wymaganiach, takich jak stróżówki, stosuje się zazwyczaj okna dwuszybowe, natomiast w budynkach mieszkalnych i biurowych montuje się pakiety trzyszybowe. Równoległe wewnątrz prowadzone są prace wykończeniowe, obejmujące m.in. szpachlowanie i malowanie powierzchni.

Etap IV – wykończenia

Końcowy etap prac w hali obejmuje kompleksowe wykończenie budynku – zarówno od strony zewnętrznej, jak i wewnętrznej. Elewacje wykonuje się najczęściej w formie fasad wentylowanych, wykorzystując różnorodne materiały, takie jak płyty włókno-cementowe, cementowo-drzazgowe czy okładziny drewniane. Dach pokrywany jest papą lub blachą, a wszystkie niezbędne obróbki blacharskie są przygotowane.

Wnętrza doprowadzane są do wysokiego stopnia wykończenia – układane są płytki ceramiczne, panele podłogowe, montowane drzwi wewnętrzne, armatura oraz elementy zabudowy kuchennej. Niewykończone pozostają jedynie miejsca łączeń modułów, które finalizuje się już na działce inwestora podczas montażu.

Etap V – montaż na działce

Gotowe moduły przewożone są na plac budowy za pomocą naczept ciągników siodłowych lub specjalistycznych pojazdów transportowych. Na miejscu, przy użyciu dźwigu, ustawia się je na przygotowanych fundamentach, łączy w jedną konstrukcję i podłącza do instalacji. W przypadku pojedynczego modułu transport oraz montaż wraz z podłączeniem mogą zająć zaledwie kilka godzin. Przy większych realizacjach proces łączenia elementów trwa od kilku dni do około trzech tygodni.

Rodzaj fundamentów dobierany jest indywidualnie – zależy od projektu, zastosowanej technologii oraz warunków gruntowych. Najczęściej stosuje się fundamenty punktowe, ławy fundamentowe lub płyty fundamentowe. Kluczowe znaczenie ma ich precyzyjne wykonanie i wypoziomowanie, a także wcześniejsze przygotowanie przyłączy instalacyjnych, które powinny być doprowadzone do fundamentów jeszcze przed montażem budynku.

Proces zamówienia domu modułowego

Decyzja o wyborze domu modułowego jest zazwyczaj mniej skomplikowana niż realizacja budynku w technologii

tradycyjnej. Nie oznacza to jednak braku konieczności podjęcia istotnych decyzji – nawet przy prostych projektach modułowych inwestor musi określić kluczowe założenia dotyczące inwestycji.

I Etap – Wybór działki

Pierwszym krokiem jest wybór odpowiedniej działki. Każda nieruchomość ma zarówno cechy widoczne – takie jak ukształtowanie terenu czy dostęp do drogi – jak i mniej oczywiste, związane z jej stanem prawnym, możliwościami zabudowy oraz warunkami gruntowo-wodnymi i geotechnicznymi.

Na co zwrócić uwagę przed zakupem działki?

- Teren powinien mieć dostęp do mediów lub realną możliwość ich podłączenia, potwierdzoną dokumentami od gestorów sieci. Istotne jest również uregulowanie kwestii drogi dojazdowej – jej właściciel lub zarządca musi być jasno określony.
- Należy sprawdzić, czy działka umożliwi wjazd ciężkiego sprzętu budowlanego – kluczowe są odpowiednia szerokość drogi, brak ostrych zakrętów oraz innych ograniczeń logistycznych.
- Warto przeanalizować zapisy Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP), który określa przeznaczenie terenu (np. mieszkaniowe, usługowe, rolne), dopuszczalną zabudowę, usytuowanie budynku, wymagane odległości, materiały elewacyjne, kształt i nachylenie dachu czy minimalny udział powierzchni biologicznie czynnej. Dokument ten jest zazwyczaj dostępny online na stronach gmin.
- Jeśli dla działki nie obowiązuje MPZP, konieczne jest uzyskanie decyzji o warunkach zabudowy (WZ), wydawanej indywidualnie. Procedura trwa zwykle około dwóch miesięcy. Przed złożeniem wniosku warto skonsultować swoje założenia, ponieważ często istnieje możliwość dopasowania zapisów WZ do planowanej inwestycji.



Rys. 13. Montaż modułów <https://smart-mod.pl/domy-modulowe/>



II Etap – Wybór projektu

Po uzyskaniu warunków zabudowy lub wypisu z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego można przejść do kolejnego etapu, czyli wyboru projektu. Zwykle wiąże się to z konsultacjami z architektem, dopracowaniem koncepcji oraz omówieniem indywidualnych potrzeb i oczekiwań inwestora.

W przypadku domów modułowych dostępna jest szeroka gama gotowych projektów o różnicowanej powierzchni. Warto jednak pamiętać, że ze względu na specyfikę działki projekt może zostać odpowiednio zmodyfikowany – możliwe jest m.in. wykonanie odbicia lustrzanego, zmiana liczby i rozmieszczenia okien czy dostosowanie układu funkcjonalnego wnętrza.

III Etap – Sprawy urzędowe (formalne)

Niezależnie od tego, co stawiamy na naszej działce i w jakiej technologii, nie obejdzie się bez spraw formalnych w urzędzie.

- **Procedura Zgłoszenia Budowlanego.**
- **procedura Pozwolenia na budowę**

W sytuacji, gdy powierzchnia domu przekracza 70 m², konieczne jest opra-

cowanie projektu budowlanego oraz uzyskanie pozwolenia na budowę (w przypadku braku MPZP należy wcześniej uzyskać warunki zabudowy).

Przykładowo, firmy zajmujące się domami modułowymi przygotowują tzw. koncepcję zaawansowaną, obejmującą rysunki techniczne oraz specyfikację. Dokumenty te inwestor przekazuje lokalnemu architektowi, który na ich podstawie opracowuje projekt budowlany i składa wniosek o pozwolenie. Należy mieć na uwadze, że przekazywana dokumentacja – zwykle w formatach PDF i DWG – stanowi szczegółową koncepcję, a nie gotowy projekt do bezpośredniej adaptacji.

Ze względu na różnice w interpretacji przepisów przez poszczególne urzędy, istotne jest, aby projekt prowadził architekt znający lokalne uwarunkowania formalne. Procedura uzyskania pozwolenia na budowę trwa do 65 dni, a po jego wydaniu należy odczekać około dwóch tygodni na uprawomocnienie decyzji.

- **stawianie domu tymczasowego lub na kołach na okres 180 dni**

Polskie Prawo budowlane dopuszcza realizację obiektów tymczasowych na okres do 180 dni. Wymaga to jednak

dokonania zgłoszenia oraz usunięcia obiektu po upływie tego czasu (ewentualnie ponownego zgłoszenia po jego wcześniejszym demontażu).

Choć rozwiązywanie to sprawdza się w przypadku obiektów sezonowych, takich jak punkty gastronomiczne, w odniesieniu do domów modułowych jest ono zazwyczaj nieopłacalne i może generować dodatkowe ryzyka oraz komplikacje formalne dla inwestora.

Domy modułowe a murowane – różnice

Rozważając budowę domu modułowego, naturalnie pojawia się pytanie: wybrać technologię modułową czy tradycyjną? Odpowiedź nie jest jednoznaczna i wymaga uwzględnienia kilku istotnych czynników, w tym przede wszystkim własnych priorytetów inwestycyjnych.

Technologia modułowa umożliwia bardzo szybkie wzniesienie budynku, dlatego jest szczególnie atrakcyjna dla osób, którym zależy na czasie. Należy jednak pamiętać, że krótszy czas realizacji oznacza konieczność szybszego podjęcia decyzji dotyczących projektu i zakresu zamówienia. Często inwestycję rozpoczyna się od domu o powierzchni około 60–70 m², z możliwością późniejszej rozbudowy o kolejne moduły – co powinno być przewidziane już na etapie projektowym.

Wybór technologii warto określić na samym początku. Budownictwo tradycyjne daje większą swobodę projektową i możliwość etapowego podejmowania decyzji, jednak proces realizacji jest znacznie dłuższy i może trwać od kilku miesięcy do nawet kilku lat.

Z kolei domy modułowe są dobrym rozwiązaniem dla osób, które chcą szybko wprowadzić się do własnego domu oraz zachować możliwość jego przyszłej rozbudowy. Dodatkowym atutem jest większa przewidywalność kosztów – cena inwestycji jest zazwyczaj jasno określona, a sam montaż na przygotowanych fundamentach trwa relatywnie krótko, najczęściej do około trzech miesięcy.

Dla porównania można przyjąć, że realizacja parterowego domu o powierzchni ok. 85 m² w różnych technologiach wygląda następująco:

- **Technologia tradycyjna (murowana)** – obejmuje wykonanie ocieplonych fundamentów, wzniesienie ścian (setki elementów murowych), montaż stolarki okiennej, wykonanie stropów, prac elewacyjnych, dachowych oraz pełnego wykończenia wnętrz. Proces ten wymaga zachowania rygorów technologicznych, w tym przerw na wiązanie materiałów (np. zapraw, tynków, posadzek), a także utrzymania odpowiedniej wilgotności w celu uniknięcia spękań. Po zakończeniu prac konieczne jest dodatkowe osuszanie budynku, które bez użycia specjalistycznego sprzętu może trwać od kilku do nawet kilkunastu tygodni.
- **Technologia prefabrykowana** – składa wykonanie fundamentu, na którym montuje się gotowe elementy ścian (często już z oknami), komponenty stropowe, a następnie realizuje się dach oraz elewację.
- **Technologia modułowa** – wymaga przygotowania fundamentu (punktowego, ławowego lub płyty funda-

mentowej, często z ogrzewaniem podłogowym), na którym osadza się gotowe moduły wykończone zarówno z zewnątrz, jak i wewnątrz – wraz z kompletnymi pomieszczeniami, takimi jak łazienka czy kuchnia. Na placu budowy pozostaje głównie połączenie modułów i wykończenie miejsc ich styku, ponieważ zasadnicza część prac odbywa się wcześniej w kontrolowanych warunkach fabrycznych.

Czas realizacji również znacząco się różni. W technologii tradycyjnej wykonanie stanu surowego trwa co najmniej kilka miesięcy i wiąże się z licznymi przerwami technologicznymi. Budownictwo prefabrykowane pozwala skrócić ten okres do około miesiąca, natomiast montaż domu modułowego – od momentu dostarczenia elementów na działkę do możliwości zamieszkania – może zająć około dwóch tygodni. Należy jednak uwzględnić czas produkcji modułów, który wynosi od kilku do kilkunastu tygodni.

Rozbudowa domu modułowego jest stosunkowo prosta, pod warunkiem zapewnienia odpowiedniego dojazdu dla transportu wielkogabarytowego (ok. 12–18 m długości). Dodatkową zaletą tej technologii jest niezależność od



Rys. 14. Montaż modułów <https://smart-mod.pl/domy-modulowe/>



warunków pogodowych oraz wysoka jakość wykonania elementów, co przekłada się na mniejszą liczbę usterek w gotowym budynku.

Najistotniejszą różnicą pomiędzy budownictwem tradycyjnym a technologią prefabrykowaną i modułową jest czas realizacji oraz powtarzalna jakość wykonania. Obiekty powstające z gotowych elementów można zrealizować znacznie szybciej, niezależnie od pory roku czy warunków atmosferycznych. Podczas gdy budowa domu muranego może trwać wiele miesięcy, a nawet lat, montaż domu modułowego na działce zajmuje zaledwie kilka dni.

Należy jednak uwzględnić wcześniejsze etapy inwestycji, takie jak uzyskanie warunków zabudowy, ewentualnego pozwolenia na budowę, wykonanie fundamentów i przyłączy oraz czas potrzebny na produkcję modułów. Istotną zaletą tej technologii jest możliwość prowadzenia części tych działań równolegle – procedury formalne oraz produkcja elementów w zakładzie mogą przebiegać jednocześnie, co dodatkowo skracca całkowity czas realizacji inwestycji.

Czym różnią się domy modułowe i prefabrykowane

Budownictwo modułowe bywa często utożsamiane z technologią prefabrykowaną. Choć oba rozwiązania są ze sobą powiązane – ponieważ domy modułowe również powstają z elementów prefabrykowanych – różnią się podejściem do projektowania i montażu. W uproszczeniu można powiedzieć, że w budownictwie prefabrykowanym wykorzystuje się pojedyncze

elementy, takie jak ściany, stropy czy części dachu, które łączy się na budowie, często z użyciem technologii „mokrych” (np. betonowania i dozbrajania). Natomiast w technologii modułowej stosuje się gotowe, w dużym stopniu wykończone segmenty budynku, które na placu budowy są łączone w całość w sposób „suchy”.

Najistotniejszą różnicą pomiędzy budownictwem tradycyjnym a technologią prefabrykowaną i modułową jest czas realizacji oraz powtarzalna jakość wykonania.

Projektowanie budynków z elementów wytwarzanych fabrycznie stanowi pewne wyzwanie, jednak rozwój technologii umożliwił dziś dużą swobodę kształtowania formy architektonicznej. Pomimo pewnych ograniczeń wynikających z modularności, producenci oferują różnorodne warianty wymiarowe i konstrukcyjne, co pozwala na elastyczne dopasowanie projektu do potrzeb inwestora. Zarówno prefabrykacja, jak i modułowość, dają szerokie możliwości tworzenia funkcjonalnych i estetycznych rozwiązań.

Warto również zwrócić uwagę na materiały wykorzystywane w tego typu budownictwie. Konstrukcje zawierające elementy drewniane – takie jak belki, deski, płyty drewnopochodne czy sklejki – są często postrzegane jako rozwiązania korzystne pod względem użytkowym i środowiskowym, przy zachowaniu odpowiednich standardów wykonania.

Jakie są rodzaje domów modułowych oferowanych na rynku

W ofercie domów modułowych, np. firmy Smart-Mod, dostępnych jest wiele projektów pogrupowanych według ich przeznaczenia:

- **Domy bez pozwolenia na budowę**

Są to niewielkie, jedno- lub dwumodułowe obiekty rekreacyjne o powierzchni zabudowy do 35 m², przeznaczone głównie na działki wypoczynkowe. Warto zaznaczyć, że budynki do 70 m² można realizować na podstawie

zgłoszenia, w uproszczonej procedurze. Wyposażone są w okna trzyszybowe z PVC oraz izolację z wełny mineralnej – ok. 20 cm w podłodze i dachu oraz 15 cm w ścianach.

- **Domy całoroczne**

Oferata obejmuje budynki od około 50 m² wzwyż, składające się z dwóch lub większej liczby modułów. Standar-

dowo wyposażone są w okna trzyszybowe oraz izolację: 20 cm w ścianach i podłodze oraz około 25 cm w dachu. Zapewniają pełen komfort użytkowania przez cały rok, a ich główną zaletą jest krótki czas realizacji – produkcja może trwać około dwóch miesięcy.

- **Stróżówki**

Modułowe portiernie stanowią funkcjonalne rozwiązanie dla firm. Sprawdzają się jako obiekty przy wjazdach do biurowców, czy zakładów przemysłowych, oferując jednocześnie wysoki standard pracy.

- **Obiekty gastronomiczne**

Modułowe bary i restauracje projektowane są z myślą o lokalizacjach sezonowych, np. nad morzem. Konstrukcja stalowa umożliwi ich wielokrotne przenoszenie i zapewnia odpowiednią trwałość.

- **Toalety**

Moduły sanitarne znajdują zastosowanie m.in. na kempingach, podczas wydarzeń plenerowych czy przy obsłudze infrastruktury transportowej.

- **Obiekty biurowe**

Modułowe budynki biurowe mogą pełnić funkcję biur sprzedaży, showromów czy przestrzeni wystawowych. Posiadają parametry umożliwiające użytkowanie całoroczne, a ich konstrukcja pozwala na łatwą relokację.

- **Inne zastosowania**

Technologia modułowa daje szerokie możliwości adaptacji, dzięki czemu może być wykorzystywana także w wielu innych typach obiektów, dostosowanych do indywidualnych potrzeb inwestora. ■

Projektowanie budynków z elementów wytwarzanych fabrycznie stanowi pewne wyzwanie, jednak rozwój technologii umożliwia dziś dużą swobodę kształtowania formy architektonicznej.

Budownictwo drewniane w konstrukcji litej i szkieletowej – informacje ogólne

Podstawą budownictwa drewnianego w konstrukcji litej i szkieletowej, tak jak budownictwa tradycyjnego, jest dobry projekt. W pracach projektowych ważna jest nie tylko sama konstrukcja, ale również uwzględnienie ekonomii, jakości, realności rozwiązań. Optymalne rozwiązanie projektowe pozwoli na bezpieczne i długotrwałe użytkowanie budynku.

Słowa kluczowe: budownictwo drewniane, konstrukcja lita, konstrukcja szkieletowa.

General Information on Timber Construction in Solid Timber and Frame Technology. *The foundation of timber construction in both solid timber and frame technology, as with traditional construction, is a good design. In design work, not only the structure itself is important, but also the consideration of economy, quality, and the practical feasibility of solutions. An optimal design solution will allow safe and long-term use of the building.*

Keywords: timber construction, solid timber construction, frame construction.

dr hab. inż. Janusz Sobieraj*

Wprowadzenie

Budownictwo drewniane w konstrukcji litej i szkieletowej, tak jak budownictwo tradycyjne opiera się na dobrym projekcie. Prace projektowe powiązane są nie tylko z samą konstrukcją budynku, ale również z uwzględnieniem następujących aspektów: ekonomia, jakość, realność rozwiązań czy odpowiedzialność. Na projektancie spoczywa więc ogromna odpowiedzialność za opracowanie rozwiązania optymalnego z punktu widzenia kosztów, które jednocześnie pozwoli na bezpieczne, długotrwałe, w miarę bezproblemowe użytkowanie.

Projektant powinien posiadać wiedzę i umiejętności, aby wytłumaczyć zamawiającemu:

- dlaczego nie można ograniczać kosztów za wszelką cenę,
- że projekt to nie tylko wizualizacja i kilka rysunków koncepcyjnych (typu rzuty, przekroje, elewacje i zagospodarowanie terenu oraz rozwiązania w zakresie termiki), lecz kompleksowe opracowanie zawierające obliczenia i rysunki wszelkich detali konstrukcyjnych, rozwiązania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego, instalacji itp., na podstawie których można dokonać obliczeń kompletnych i całkowitych kosztów budowy.

W projektowaniu liczy się również kreatywność. Konstrukcje drewniane pozwalają w szczególności na nią, ale także dają duże możliwości innowacyjne.

Na pytanie Inwestora zazwyczaj zadającego sobie pytanie: czy budynki drewniane są bezpieczne, w tym pod względem

pożarowym, można odpowiedzieć TAK. Ale należy wybrać rzetelnego projektanta i rzetelną, z bogatym doświadczeniem w tym zakresie, firmę wykonawczą.

Błędy i awarie obiektów o konstrukcji drewnianej nie występują z powodu zastosowania drewna jako materiału konstrukcyjnego, ale z błędnego lub niekompletnego projektu lub błędnego wykonawstwa. Dotyczy to zwłaszcza domów w konstrukcji szkieletowej, a konkretnie chodzi o wykonanie prawidłowych połączeń konstrukcyjnych i izolacji paroizolacyjnej i membrany wiatroizolacyjnej.

Obiekty o konstrukcji drewnianej nie palą się dlatego, że należą do grupy budownictwa drewnianego, ale dlatego, że ktoś zaprosił ogień lub z powodu niekonserwowanych instalacji elektryczne. Ewentualny udział w rozwoju pożaru palnych elementów konstrukcyjnych zależy od m.in. poprawności projektu i wykonania przegród. Prawidłowo zaprojektowane i wykonane budynki o konstrukcji drewnianej szkieletowej gwarantują minimalizację szkód w razie pożaru oraz bezpieczeństwo ludzi.

Można tu przywołać badania przeprowadzone przez Szwedzki Instytut SP (obecnie RI.SE).

Zgodnie z informacjami podanymi w artykule Birgit Ostman „Brand sakerhet i moderna trahus – kartlaggning av brandincidenter” na stronie: <https://www.husbyggharen.se/brandsakerhet-i-moderna-trahus-kartlaggning-av-brandincidenter/> analiza statystyk liczba przypadków pożarów wymagających interwencji służb ratowniczych wynosiła:

- 0,4 przypadku na każde 1000 domów (mieszkań) wybudowanych w nowoczesnych technologiach drewnianych,
- 1,2 przypadku na każde 1000 domów (mieszkań) wybudowanych we wszystkich technologiach.

Średnia dla budownictwa drewnianego jest więc znacznie niższa niż średnia bez podziału na technologie.

Jakie podstawowe wymagania musi spełniać drewno, z którego powinno wykonywać się elementy konstrukcyjne domu w technologii konstrukcji szkieletowej?

Drewno na takie elementy musi spełniać wymagania stawiane materiałem (wyrobem budowlanym) stosowanym w budownictwie drewnianym, które dopuszczone są do stosowania i wprowadzania do obrotu.

Trzeba mieć świadomość, że zastosowanie niepewnego wyrobu konstrukcyjnego, czyli np. takiego, którego różne elementy mają różne wytrzymałości, odbiegające od zadeklarowanej klasy – będzie powodowało sytuacje skutkujące spękaniem, zarysowaniami czy nadmiernymi ugięciami.

Powszechnie stosuje się drewno o odpowiedniej klasie określającej jakość i wytrzymałość materiału, dzieląc go na kategorie od najwyższej (A/C24+) do użytkowej (D/C14), w zależności od sęków, pęknięć i gęstości. W budownictwie (konstrukcje) stosuje się klasy C14–C50 (iglaste) i D18–D70 (liściaste), gdzie najpopularniejszą jest C24. W stolarstwie stosuje się podział A, B, C, D lub klasy twardości.

* Wydział Inżynierii Łądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie Politechniki Warszawskiej ORCID 0000-0002-0819-7384

Jakie drewno wybrać do budowy domu szkieletowego? Tym aspektem powinna zająć się firma przygotowująca do budowy dom szkieletowy. Inwestor prywatny, projektant musi mieć potwierdzenie od wykonawcy, jakiego rodzaju drewna użyje do budowy. Należy zapytać wykonawcę o rodzaj drewna, certyfikaty, pochodzenie drewna oraz sposób jego pozyskiwania oraz wymagane prawem certyfikaty każdej partii drewna, które będzie zastosowane do budowy domu. Tylko drewno wysokiej jakości, suszone komorowo, strugane czterokrotnie, o gęstych słojach zapewni solidną konstrukcję.

Klasyfikacja Drewna Konstrukcyjne-go (Wytrzymałość)

- **C14–C16:** Drewno do mniej obciążonych elementów, konstrukcji pomocniczych.
- **C24:** Najpopularniejsza klasa (norma dla więźb dachowych), oferująca najlepszy balans między ceną a wytrzymałością.
- **C30–C35:** Drewno o wyższej wytrzymałości, do bardziej obciążonych konstrukcji.
- **D30–D70:** Klasy dla drewna liściastego, rzadziej stosowane w typowym budownictwie.

Klasyfikacja Jakościowa Drewna (Tarcica/Meble)

- **Klasa A (wyborowa):** Najwyższa jakość, jednolita struktura, brak większych sęków czy wad.
 - **Klasa B:** Dobrej jakości, dopuszczalne niewielkie sęki, lekkie przebarwienia.
 - **Klasa C:** Drewno użytkowe z większą ilością wad, sęków i pęknięć.
 - **Klasa D:** Najniższa, przeznaczona głównie do celów technicznych.
 - **Rustyk/Living:** Określenia stosowane w podłogach i meblach, oznaczające naturalny wygląd z sękami
- Projektowane domy jednorodzinne, w technologii konstrukcji szkieletowej, mają elementy konstrukcyjne wykonywane z drewna litego odpowiedniej klasy. Drewno lite dostarczane jest z deklaracją właściwości użytkowych i oznakowaniem CE. Oznakowanie CE musi być dołączone do dokumentów handlowych oraz – w formie skrótowej – znajdować się na każdym ele-

mencie konstrukcyjnym. Tylko w przypadku, gdy komplet elementów z drewna litego dostarczany jest bezpośrednio na budowę z tartaku (czyli bezpośrednio od producenta), a drewno przeznaczone do wbudowania w jednym obiekcie – można zrezygnować ze znakowania każdego elementu, umieszczając odpowiednie informacje wyłącznie na opakowaniu zbiorczym. Dołączenie dokumentów związanych z oznakowaniem CE do dokumentacji handlowej jest obowiązkowe w każdym przypadku.

Odporność ogniowa a konstrukcje szkieletowe drewniane

Ocena konstrukcji drewnianych w zakresie odporności ogniowej wypadła bardzo korzystnie. Drewno jest także izolatorem termicznym, więc nie nagrzewa się w całym przekroju, do tego aktywnie chroni się przed zapaleniem, wydzielając wewnątrz zgromadzoną wilgoć, a dodatkowo powstała przy spalaniu żwęgla izoluje rdzeń przekroju. Dzięki temu elementy drewniane bardzo długo zachowują sztywność, np. stropy nie uginają się nadmiernie, co jest bardzo istotne w ocenie odporności ogniowej.

W przypadku układów szkieletowych, zazwyczaj odporność ogniową ustala się doświadczalnie. Decydujące znaczenie odgrywiają niepalne okładziny, które skutecznie zabezpieczają konstrukcyjne elementy drewniane.

Domy szkieletowe powstają w technologii suchej, opierającej się na drewnianym (lub stalowym) szkielecie wypełnionym izolacją, co umożliwia szybką budowę (nawet w kilka miesięcy). Proces obejmuje przygotowanie fundamentu, montaż konstrukcji ścian, stropu i dachu, izolację, instalację oraz wykończenie. Są to domy energooszczędne, często prefabrykowane i wtedy budowa domu zamyka się w sześciu miesiącach.

Kluczowe etapy budowy domu szkieletowego:

- **Fundament:** Najczęściej stosuje się płytę fundamentową, rzadziej ławy fundamentowe. Na płycie fundamentowej montuje się ogrzewanie podłogowe działające w oparciu o powietrzne pompy ciepła.

- **Konstrukcja (Szkielet):** Montaż drewnianych słupków (zazwyczaj suszone komorowo, certyfikowane drewno C24).
- **Poszycie i Izolacja:** Szkielet objęta się płytami (np. OSB, MFP) i wypełnia wełną mineralną lub drzewną.
- **Szczelność:** Kluczowe jest zastosowanie wiatroizolacji z zewnątrz oraz paroizolacji od wewnątrz.
- **Instalacja i Wykończenie:** Rozprowadzenie instalacji wewnątrz ścian i wykończenie płytami gipsowo-kartonowymi.

Dom w technologii drewnianego szkieletu – podstawowe informacje

Domy w technologii szkieletowej można realizować bezpośrednio na budowie (tzw. system kanadyjski) albo składać z elementów prefabrykowanych przygotowanych wcześniej w zakładzie produkcyjnym. Przy właściwym wykonaniu są to konstrukcje trwałe, których żywotność może przekraczać sto lat. W praktyce korzystnym rozwiązaniem jest wybór prefabrykatów montowanych na miejscu przez wyspecjalizowane, certyfikowane ekipy rekomendowane przez producenta.

Jak każda metoda budowy, domy szkieletowe mają swoje pluse i ograniczenia. Wokół tej technologii narosło wiele nieścisłości, które mają źródło w latach 90., kiedy duża popularność takich obiektów zbiegła się z realizacjami prowadzonymi przez niedoświadczone firmy. Obecnie budownictwo szkieletowe jest powszechnie stosowane w wielu krajach i cieszy się dobrą opinią, o ile realizacja przebiega zgodnie ze standardami technicznymi. Rozważając tę opcję, warto podejść do tematu profesjonalnie: obejrzeć istniejące realizacje, porozmawiać z ich użytkownikami, a przed wyborem wykonawcy dokładnie zweryfikować jego doświadczenie, referencje oraz opinie dostępne online.

Dom szkieletowy wymaga zaplanowania aranżacji

Ze względu na niewielką masę konstrukcji, już na etapie projektu należy określić miejsca, w których planujemy montaż ciężkich elementów na ścianach, takich jak

szafki kuchenne. Wymaga to przewidzenia i wykonania odpowiednich wzmocnień w konkretnych strefach. Podobnie w przypadku ciężkiego wyposażenia – np. masywnych szaf czy pianina – ich lokalizacja powinna być zaplanowana z wyprzedzeniem.

Istotne jest również właściwe przygotowanie podkładu podłogowego na stropie drewnianym, zwłaszcza gdy stosuje się płyty suchej zabudowy. W razie potrzeby na poziomie parteru można zastosować klasyczne rozwiązanie w postaci podłogi na gruncie z wytrzymałą płytą betonową, która może współpracować z instalacją ogrzewania podłogowego zasilaną pompą ciepła powietrze-woda, wspieraną instalacją fotowoltaiczną.

Dom szkieletowy powstaje szybko

To rozwiązanie jest szczególnie atrakcyjne dla osób, którym zależy na czasie oraz racjonalnym gospodarowaniu budżetem. W technologii szkieletowej konstrukcja domu powstaje zwykle w ciągu 2–3 miesięcy, a zastosowanie prefabrykatów może dodatkowo skrócić ten etap nawet do kilku dni w przypadku montażu samej bryły. Następnie prace wykończeniowe zajmują zazwyczaj od 2 do 4 miesięcy. Wcześniej należy przygotować fundamenty – tradycyjne lub w formie płyty fundamentowej (szczególnie przy prefabrykacji). Ze względu na niewielką masę budynku mogą one mieć uproszczoną formę. Konstrukcja dachu często opiera się na gotowych wiązarach, co również przyspiesza realizację. Dodatkową zaletą jest ograniczenie tzw. prac mokrych, co eliminuje konieczność długich przerw technologicznych – stropy wykonuje się z drewna, a nie z betonu wymagającego sezonowania.

Istotnym atutem jest także przewidywalność kosztów – inwestor z góry zna zakres wydatków na realizację i wykończenie domu, co potwierdza umowa i ułatwia ewentualne finansowanie kredytem.

Dynamiczne tempo budowy może jednak stanowić wyzwanie dla osób, które preferują etapowanie inwestycji. Konstrukcji drewnianej nie można pozostawić bez zabezpieczenia na dłuższy czas – ściany osłonięte wiatroizolacją wytrzymują działanie warunków atmosferycznych zwykle do około trzech miesięcy, choć w praktyce unika się takich przestojów. Oznacza to ko-

nieczność zapewnienia finansowania już na początku realizacji – proces budowy i związane z nim wydatki przebiegają szybko.

Prefabrykacja dodatkowo usprawnia cały proces – dom szkieletowy wykonany z gotowych elementów może powstać nawet w ciągu około pół roku. W zależności od stopnia zaawansowania produkcji, w fabryce przygotowuje się zarówno podstawowe elementy ścian, jak i bardziej złożone moduły z izolacją, stolarką okienną i drzwiową oraz warstwami wykończeniowymi. Taki sposób realizacji nie tylko skraca czas budowy, ale także ogranicza ryzyko błędów wykonawczych, ponieważ elementy powstają zgodnie z dopracowanym projektem, w kontrolowanych warunkach i są montowane przez wyspecjalizowane zespoły.

Dom szkieletowy a bezwładność termiczna

Dom w technologii szkieletowej charakteryzuje się niewielką bezwładnością cieplną – szybko traci ciepło, ale również szybko się nagrzewa. W zależności od warunków może to być zarówno atut, jak i ograniczenie. Latem, podczas wysokich temperatur, wewnątrz takiego budynku nagrzewa się szybciej niż w domu murywanym. Z kolei zimą, w przypadku przerwy w działaniu ogrzewania, temperatura wewnątrz stosunkowo szybko spada. Jednocześnie po ponownym uruchomieniu systemu grzewczego komfort cieplny można przywrócić w krótkim czasie.

W sytuacji braku ogrzewania odpowiednio zaprojektowana izolacja przegród – ścian i dachu – pozwala utrzymać dodatnią temperaturę przez kilka dni, nawet przy bardzo niskich temperaturach zewnętrznych, rzędu poniżej -30°C . W budynkach szkieletowych o podwyższonej efektywności energetycznej możliwe jest utrzymanie warunków zapobiegających zamarzaniu instalacji wodnej nawet przez dłuższy okres, sięgający kilku tygodni.

Dom szkieletowy może być nawet pasywny

Technologia szkieletowa nie ogranicza możliwości osiągnięcia wysokiego standardu energetycznego ani zastoso-

wania nowoczesnych rozwiązań instalacyjnych. W odpowiedzi na rosnące wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych często stosuje się układ podwójnej izolacji – zarówno w obrębie konstrukcji, jak i po jej zewnętrznej stronie. Przy właściwym zaprojektowaniu i wykonaniu budynek w tej technologii może spełniać kryteria domu pasywnego.

Wymaga to bardzo dobrej szczelności powietrznej, zastosowania wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła oraz systemów grzewczych opartych na odnawialnych źródłach energii. Co istotne, tego typu obiekty sprawdzają się również w wymagających warunkach klimatycznych, są z powodzeniem realizowane i użytkowane w regionach o surowych zimach, takich jak północna Kanada, Norwegia, Finlandia, Szwecja czy Grenlandia.

Główne wady domów szkieletowych:

- konieczność zapewnienia pełnego finansowania na początku inwestycji (jeśli nie korzysta się z kredytu),
- niewielka bezwładność cieplna – szybkie wychładzanie i nagrzewanie,
- niższy komfort akustyczny w porównaniu z technologią murywaną,
- większe wymagania przy planowaniu aranżacji i rozmieszczenia wyposażenia.

Najważniejsze zalety domów szkieletowych:

- krótki czas realizacji budowy,
- możliwość prowadzenia prac również w okresie zimowym,
- niższe koszty wykonania w porównaniu do wielu technologii tradycyjnych,
- lekka konstrukcja,
- szybkie osiągnięcie komfortowej temperatury we wnętrzu,
- łatwa współpraca z systemami klimatyzacji i ogrzewania, co pozwala sprawnie chłodzić latem oraz efektywnie ogrzewać w chłodniejszych okresach.

Trudności w izolacji domu szkieletowego

Powyższe wyjaśnienia prowadzą do wniosku, że prawidłowa realizacja domu szkieletowego jest bardziej wymagająca niż w przypadku technologii murywanej. W budynkach tradycyjnych ryzyko pro-

blemów z wilgocią jest na ogół mniejsze. Odpowiednio dobrana izolacja z wełny mineralnej, dzięki jej niskim oporom dyfuzyjnym, pozwala na prawidłowe odprowadzanie pary wodnej. Również ocieplenie styropianem może funkcjonować poprawnie – materiał ten nie ulega degradacji pod wpływem wilgoci – choć wymaga właściwego zaprojektowania (temat ten często omawia się szerzej osobno).

W domach murowanych ocieplonych styropianem może dochodzić do kondensacji pary wodnej, szczególnie gdy izolacja została źle dobrana. Objawia się to m.in. zawilgoceniem i rozwojem grzybów, zwłaszcza od strony północnej lub w słabo wentylowanych pomieszczeniach, takich jak piwnice. Kluczowe znaczenie ma tu odpowiednia grubość izolacji, która powinna przesunąć punkt rosy poza warstwę muru – najlepiej w obręb styropianu, bardziej odpornego na wilgoć. Dodatkowo przegrody murowane jako nieorganiczne są mniej podatne na szybki rozwój pleśni.

W konstrukcjach szkieletowych kontrola wilgoci ma jeszcze większe znaczenie. Należy bezwzględnie zapobiegać kondensacji pary wodnej wewnątrz przegród, ponieważ materiały konstrukcyjne są bardziej wrażliwe na zawilgocenie. Dochodzi do tego kwestia niskiej akumulacyjności cieplnej – w przeciwieństwie do budynków murowanych, które długo utrzymują temperaturę, dom szkieletowy szybko się wychładza. Spadek temperatury wewnętrznej może przesunąć punkt rosy do wnętrza przegrody, zwiększając ryzyko wykraplania wilgoci. W rejonach narażonych na przerwy w dostawie prądu warto rozważyć dodatkowe źródła energii, np. agregat prądotwórczy czy kominiek.

Wilgoć oddziałuje na budynek nie tylko od środka, ale również z zewnątrz. Zastosowanie wyłącznie szczelnej paroizolacji od strony wnętrza, bez odpowiedniego zabezpieczenia zewnętrznego, może prowadzić do przenikania wilgoci przez przegrodę i jej kumulacji przy warstwie paroizolacyjnej. Taka sytuacja sprzyja zawilgoceniu i degradacji materiałów, dlatego kluczowe jest właściwe zaprojektowanie całego układu warstw.

Jeszcze większym wyzwaniem jest eksploatacja domu z klimatyzacją. Wewnątrz panuje wtedy często niższa wilgotność

i temperatura niż na zewnątrz, co sprzyja migracji wilgoci do środka. Jeśli izolacja przeciwwilgociowa została wykonana nieprawidłowo, para wodna może przenikać do warstw ocieplenia i tam się kondensować, powodując problemy eksploatacyjne.

Wnioski i spostrzeżenia o budowie domów szkieletowych

- W trakcie realizacji budynku należy maksymalnie ograniczyć możliwość przedostawania się wilgoci do wnętrza przegrody. Para wodna może napływać zarówno od strony wewnętrznej, jak i zewnętrznej, dlatego stosuje się układ warstw o wyższym oporze dyfuzyjnym (Sd) od środka i niższym od zewnątrz, co umożliwia jej swobodne odprowadzanie na zewnątrz. Kondensacja może również wystąpić, gdy w którejś części przegrody pojawi się temperatura punktu rosy – przeciwdziała się temu m.in. przez zwiększenie izolacji od strony zewnętrznej i przesunięcie strefy kondensacji poza konstrukcję. Dobór rozwiązań zależy nawet od orientacji budynku – ściany północne wymagają zwykle większej uwagi niż nasłonecznione południowe.
- Istotne jest właściwe zestawienie materiałów. Przykładowo, zastosowanie na warstwie z wełny mineralnej (o niskim oporze dyfuzyjnym) wykończenia o wysokim oporze, jak tynk akrylowy, może prowadzić do gromadzenia się wilgoci pod tynkiem i degradacji izolacji.
- Kluczową rolę odgrywa rzetelny projekt. Nie wystarczy dobór przypadkowych materiałów – parametry poszczególnych warstw powinny wynikać z obliczeń. W dokumentacji należy wymagać podania wartości Sd dla konkretnych rozwiązań, ponieważ ogólne zapisy nie gwarantują poprawnego działania przegrody.
- Projekt powinien precyzować zarówno opory dyfuzyjne (Sd), jak i współczynniki przenikania ciepła wszystkich materiałów. Jeśli dokumentacja ogranicza się do ogólników, takich jak „wełna 20 cm” czy „folia paroizolacyjna”, warto zwrócić się o jej doprecyzowanie.

- Na etapie wykonawstwa należy bezwzględnie stosować materiały zgodne z projektem. Jeśli to wykonawca odpowiada za ich dostarczenie, inwestor lub kierownik budowy powinni zweryfikować ich parametry – sama deklaracja wykonawcy nie jest wystarczająca.
- Nawet najlepiej zaprojektowane przegrody nie spełnią swojej funkcji bez sprawnej wentylacji, która odpowiada za usuwanie zdecydowanej większości wilgoci z wnętrza budynku.
- Pomieszczenia o podwyższonej wilgotności, takie jak kuchnia, łazienki, toalety czy pralnie, wymagają dodatkowego zabezpieczenia – np. poprzez zastosowanie powłok hydroizolacyjnych (tzw. folii w płynie), które zwiększają opór dyfuzyjny i chronią przegrody przed zawilgoceniem.

Najczęstsze błędy przy budowie domu szkieletowego

Pewne błędy są wspólne, niezależnie od tego, czy chce się budować dom w stylu kanadyjskim, amerykańskim, skandynawskim, szwedzkim czy niemieckim.

Brak odpowiedniej paroizolacji

Aby skutecznie ograniczyć przenikanie wilgoci przez przegrodę, stosuje się warstwę paroizolacyjną o odpowiednio dobranym współczynniku Sd. Kluczowe znaczenie ma jej prawidłowy montaż – powinna być ułożona szczelnie, z dokładnie wykonanymi połączeniami, bez uszkodzeń, przerwań czy nieszczelności. W praktyce problemem bywają miejsca przejść instalacyjnych, takich jak przewody elektryczne czy rury, które często naruszają ciągłość tej warstwy. Zdarzają się również próby obniżenia kosztów poprzez stosowanie niewłaściwych materiałów, np. folii malarskiej.

Takie rozwiązanie jest nieprawidłowe – folia malarska nie zapewnia wymaganej szczelności dyfuzyjnej i nie chroni konstrukcji przed wilgocią. Para wodna bez przeszkód przenika przez jej nieszczelności. Właściwym podejściem jest stosowanie materiałów o parametrach określonych w projekcie, w szczególności o odpowiednio wysokiej wartości Sd.

Brak przestrzeni instalacyjnej

Ponieważ prowadzenie instalacji może naruszać ciągłość paroizolacji, wszystkie przewody, puszki, rury oraz przyłącza powinny być zlokalizowane po jej wewnętrznej stronie (od strony pomieszczeń). W praktyce oznacza to wykonanie dodatkowej przestrzeni instalacyjnej. Choć zmniejsza ona nieznacznie powierzchnię użytkową, pozwala zachować szczelność paroizolacji i zapewnia wygodny dostęp serwisowy do instalacji.

W wielu opracowaniach można spotkać nieprawidłowe układy warstw, np.:

- płyta gipsowo-kartonowa,
- paroizolacja,
- konstrukcja z wypełnieniem izolacyjnym.

W takich schematach instalacje często nie są uwzględnione, a w rzeczywistości trafiajądo warstwy izolacji. Skutkuje to jej lokalnym osłabieniem, powstawaniem mostków cieplnych oraz uszkodzeniem paroizolacji.

Inny przykład błędnego rozwiązania to układ:

- okładzina wewnętrzna,
- folia paroizolacyjna,
- warstwa wełny (np. 50 mm) wypełniająca ruszt,
- ruszt instalacyjny,
- dalsze elementy przegrody.

Choć pojawia się tu przestrzeń instalacyjna, paroizolacja została umieszczona przed nią (od strony wnętrza), przez co instalacje nadal przebijają jej ciągłość.

Często podnosi się argument, że ściany w technologii szkieletowej są cieńsze niż murowane, co pozwala uzyskać większą powierzchnię użytkową przy tych samych wymiarach zewnętrznych. W praktyce jednak poprawnie zaprojektowana przegroda, uwzględniająca warstwy izolacyjne oraz przestrzeń instalacyjną, zwiększa grubość ściany. W efekcie różnice w powierzchni użytkowej między obiema technologiami są niewielkie.

Nieprawidłowe rozwiązania elewacyjne

Zastosowanie na zewnętrznej stronie przegrody materiału o wysokim oporze dyfuzyjnym (S_d) może prowadzić do za-

trzymywania wilgoci wewnątrz ściany. Dlatego warstwa elewacyjna powinna umożliwiać dyfuzję pary wodnej. W praktyce stosuje się rozwiązania paroprzepuszczalne, takie jak wiatroizolacja oraz odpowiednie poszycie ściany.

Wyzwanie pojawia się przy wykończeniu elewacji. Nałożenie tynku bezpośrednio na poszycie niesie pewne ryzyka:

- w przypadku uszkodzenia tynku wilgoć i woda opadowa mogą wnikać w głąb przegrody,
- nieszczelności w miejscach styku z oknami, drzwiami czy obróbkami blacharskimi również umożliwiają penetrację wody.

Skutecznym rozwiązaniem jest zastosowanie szczeliny wentylacyjnej między elewacją a konstrukcją ściany. Choć rzadko uwzględniana w uproszczonych schematach, głównie ze względu na wyższe koszty, znacząco poprawia bezpieczeństwo przegrody. Jej działanie polega na tym, że wilgoć, która przedostanie się przez warstwę zewnętrzną, może się w niej skroplić i zostać usunięta na zewnątrz dzięki naturalnej wentylacji.

Alternatywnie stosuje się styropian ryflowany, który dzięki systemowi rowków umożliwia odprowadzanie wilgoci. Nie jest to rozwiązanie błędne, jednak ma swoje ograniczenia. Kanały wentylacyjne znajdują się za warstwą izolacji (od strony zewnętrznej), co oznacza, że przepływa tam powietrze zewnętrzne. W efekcie może to obniżać skuteczność termoizolacyjną całej przegrody – wilgoć jest co prawda odprowadzana, ale kosztem pogorszenia ochrony cieplnej budynku.

Stosowanie płyt OSB i MFP na zewnątrz budynku

Rozwiązanie to jest często rekomendowane i stosowane przez wykonawców, jednak wiąże się z istotnymi ograniczeniami. Płyta OSB charakteryzuje się wysokim oporem dyfuzyjnym, a jednocześnie nie wykazuje odporności na długotrwałe oddziaływanie wilgoci – w takich warunkach może ulegać degradacji. Z tego względu jej zastosowanie po zewnętrznej stronie przegrody może prowadzić do problemów eksploatacyjnych.

Jednym z dopuszczalnych wariantów jest wykorzystanie płyty OSB jako podłoża pod warstwę wykończeniową, np. tynk, jednak wymaga to wprowadzenia szczeliny wentylacyjnej. W takim układzie (licząc od zewnątrz) występują kolejno: tynk, płyta OSB oraz pustka wentylacyjna, która umożliwia odprowadzenie wilgoci.

Popularność płyt OSB wynika najczęściej z ich relatywnie niskiej ceny oraz ograniczonej świadomości inwestorów w zakresie fizyki budowlanej. Warto przy tym zaznaczyć, że stosowane na zewnątrz płyty OSB/3 różnią się właściwościami od płyt MFP P5, co ma znaczenie dla ich trwałości i zachowania w warunkach podwyższonej wilgotności.

Użycie styropianu w domu szkieletowym

W środowisku branżowym można spotkać rozbieżne stanowiska dotyczące zastosowania styropianu w elewacjach domów szkieletowych. Część specjalistów uznaje to rozwiązanie za dopuszczalne, inni zwracają uwagę na jego wysoki opór dyfuzyjny i rekomendują stosowanie wełny mineralnej, która lepiej przepuszcza parę wodną. Z kolei wełna wiąże się z wyższymi kosztami, jest bardziej wymagająca pod względem montażu i w większym stopniu podatna na działanie wilgoci.

Prawidłowe przekroje ścian domu szkieletowego

Poniżej dwa **przykładowe**, prawidłowe przekroje ścian.

Przekrój 1 (rys. 1)

Jeden z najprostszych przekrojów ściany domu szkieletowego, z podwójną deską pionową.

Przekrój 2. (rys. 2)

Podobny do poprzedniego, jednak tym razem z elewacją tynkowaną. Kiedyś w Norwegii popularne były tylko elewacje drewniane, ponieważ inne systemy były wadliwe i groziły zalewaniem ścian. Znają tu bardzo częste przypadki gnicia ścian w USA, które stosują systemy EIFS (popularny styropian na szkieletach należy do tego wadliwego systemu). Od kilkunastu lat jednak jest opracowany dobry system

z zachowaniem elewacji wentylowanej i tynki na szkieletach w Norwegii są coraz bardziej popularne.

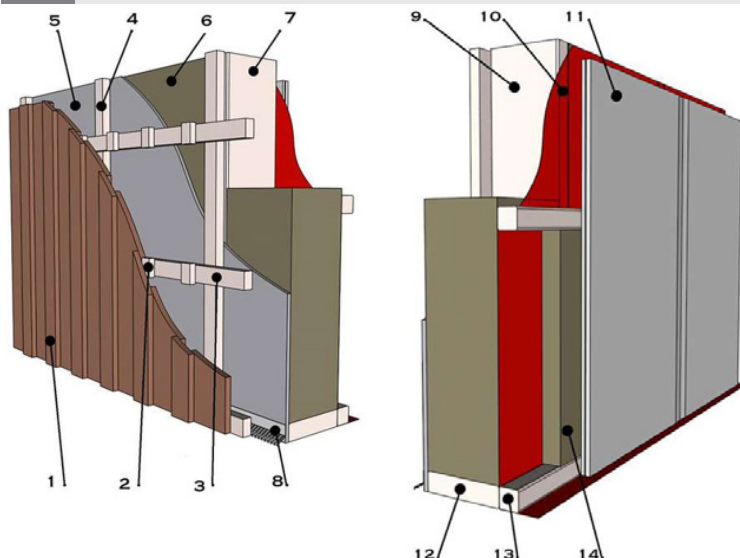
Ruszt instalacyjny po stronie wewnętrznej pełni kilka istotnych funkcji. Przede wszystkim ogranicza powstawanie mostków cieplnych wynikających z różnic właściwości drewna i materiałów izola-

cyjnych. Umożliwia również prowadzenie instalacji bez naruszania ciągłości paroizolacji, co eliminuje typowe błędy związane z jej uszczelnianiem. Dodatkowo cofnięcie warstwy paroizolacyjnej chroni ją przed przypadkowym uszkodzeniem w trakcie późniejszego użytkowania, np. przy montażu elementów wyposażenia na ścianach.

WAŻNE. Należy podkreślić, że przedstawione układy warstw mają charakter poglądowy. Kluczowe znaczenie ma indywidualny projekt budowlany, w którym dobór materiałów i ich parametrów powinien uwzględniać m.in. lokalizację inwestycji, warunki nasłonecznienia oraz orientację budynku względem stron świata. ■



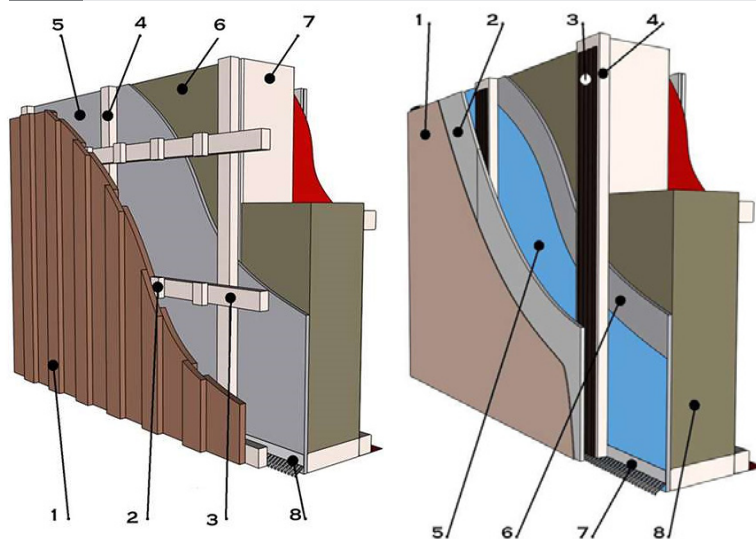
Ryc. 1. Najprostszy przekrój ściany domu szkieletowego z podwójną deską pionową <https://blog.poradnik-budowlany.com/dom-szkieletowy/>



1. Deska elewacyjna
2. Podkładki dystansowe z drewna. Należy zostawić przerwy od desek, około 5 mm.
3. Łata
4. Kontrłata 23–24 mm (minimum), punkty 2–4 to przestrzeń wentylowana
5. Wiatroizolacja – płyta konstrukcyjna o S_d nie przekraczającym 0,5 m. Jeśli nie będzie tu płyty konstrukcyjnej, to konstrukcja musi być usztywniana innymi metodami, jak na przykład zastrzały. Płytą konstrukcyjną o dobrych parametrach S_d są płyty gipsowe typ EH.
6. Izolacja
7. Śłup 45 × 195–50 × 200
8. Taśma aluminiowa, chroniąca przed gryzoniami.
9. Paroizolacja. S_d powyżej 10 m. Okazuje się, że w tym przypadku nie trzeba dawać drogiej folii o bardzo dużym oporze dyfuzyjnym.
10. Łaty poziome rusztowania, docieplenia wewnętrzne. Rozstaw co 600 mm przy podwójnej płycie, lub co 400 mm przy pojedynczej.
11. Przestrzeń instalacyjna i izolacja.
12. Podwójna płyta gipsowa. Pierwsza warstwa wyłącznie przykręcana, a druga dodatkowo szpachlowana na łączeniach.



Ryc. 2. Przekrój ściany domu szkieletowego z elewacją tynkowaną <https://blog.poradnik-budowlany.com/dom-szkieletowy/>



1. Tynk wraz siatką oraz klejem
2. Płyta cementowa. W ostatnim czasie spotyka się również płytę siniat aquabord, która jest płytą gipsową, zbrojoną włóknem szklanym (4 miesiące może wisieć bez tynku). Dół płyt jak i wszystkie miejsca niewralgiczne, dobrze jest zabezpieczać listwą kapinosową wraz siatką, która zostanie połączona ze siatką zbrojącą.
3. Pasy gumy karbowanej służące jako dylatacja. Zapobiegają zbieraniu się wody i wysadzeniu płyt gdy ta woda zamrzeza. Stosowanie jest opcjonalne i zależy od zaleceń producenta płyt lub na własną odpowiedzialność. Jeśli tynk jest szczelny, a górne wyloty przestrzeni wentylacyjnej usytuowane tak, że woda deszczowa nie dostanie się za płytę, to gumy mogą być zbędne.
4. Kontrłata. Szersza niż w poprzednim wydaniu. Spotykam, gdy za kontrłaty w takim wypadku, służy deska tarasowa impregnowana.
5. Membrana paroprzepuszczalna.
6. Płyta. Jeśli nie jest konstrukcyjna, to musi być zastosowana konstrukcyjna obok paroizolacji lub zastrzały w konstrukcji. S_d wraz z membraną nie może przekraczać 0,5 m. W Polsce gdy dom jest drewniany, to są większe ograniczenia związane z odległością od granicy działki i budynków sąsiada. Gdy tą płytą będzie gips ppoż, oraz elewacja jak w tym przekroju, to taki dom musi być traktowany jako murowany i odległości też będą mniejsze.
7. Listwa aluminiowa, zabezpieczająca przed gryzoniami
8. Izolacja
9. Śłupy 45 × 195–50 × 200
10. Paroizolacja
11. Płyty gipsowe podwójne
12. Podwalina
13. Łaty rusztu wewnętrznego. Przy podwójnej płycie rozstaw co 600 mm, a przy pojedynczej co 400 mm
14. Izolacja



Co-funded by
the European Union

Project No: 101127884, ERASMUS-EDU-2023-CBHE-STRAND-2

THE BRIDGE

Bridging the gap between university and industry: Master Curricular Supporting the Development of Green Jobs and Digital Skills in the Ukrainian Building Sector

Łączymy edukację z przemysłem

Świat budownictwa zmienia się szybciej niż kiedykolwiek.

Nowe technologie, cyfryzacja, zielona transformacja – to już nie przyszłość, to standard.

The BRIDGE to międzynarodowy projekt, który tworzy realne połączenie między uczelniami a branżą budowlaną, przygotowując specjalistów na wyzwania jutra.

Co wyróżnia projekt?

- Nowoczesne programy studiów – zgodne z potrzebami rynku
- Technologia BIM w praktyce – nauka tego, czego oczekują pracodawcy
- Zielone budownictwo – kompetencje dla zrównoważonej przyszłości
- Bezpośrednia współpraca z przemysłem – mniej teorii, więcej realnych umiejętności
- Cyfrowe narzędzia i platformy e-learningowe – edukacja na miarę XXI wieku

W ramach projektu realizowane są:

- tworzenie i wdrażanie nowych programów studiów w uczelniach ukraińskich
- rozwój i cyfryzacja modułów dydaktycznych dostępnych na wspólnej platformie e-learningowej
- modernizacja infrastruktury dydaktycznej (w tym centrów BIM)
- rozwój współpracy uczelni z przedsiębiorstwami sektora budownictwa
- opracowanie materiałów edukacyjnych i zasobów online

Realizacja: 2023–2026, polskim partnerem projektu jest Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej



KONFERENCJA REWITALIZACJA 2026

Politechnika Warszawska Wydział Inżynierii Lądowej Zakład Inżynierii Produkcji i Zarządzania w Budownictwie
w Jubileuszowym roku 200-lecia Uczelni
zaprasza do udziału w II Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej na temat:
REWITALIZACJA I ZAGOSPODAROWANIE OBSZARÓW POPRZEMYSŁOWYCH ORAZ ZDEGRADOWANYCH
12–13 PAŹDZIERNIKA 2026, WARSZAWA



TEMATYKA KONFERENCJI, podobnie jak w roku 2025, obejmuje: współczesne koncepcje, metody, modele, trendy i innowacje w rewitalizacji obszarów miejskich: rewitalizacja terenów przemysłowych i zdegradowanych chemicznie, rewitalizacja terenów w dyspozycji samorządów lokalnych i Skarbu Państwa, studia przypadków, aspekty rekultywacji powierzchni ziemi, rekultywacja terenów kolejowych, rewitalizacja wysypisk i składowisk odpadów, przygotowanie procesu inwestycyjnego rewitalizacji, koncepcje i metody zarządzania przedsięwzięciem rewitalizacyjnym, zarządzanie kosztami, remonty, modernizacja, rekonstrukcja, naprawy i eksploatacja obiektów budowlanych, nowoczesne materiały, technologie i narzędzia, BIM, DT, ekologia, bezpieczeństwo i ochrona zdrowia, Green Deal, Circular Economy, nowoczesne kształcenie kadr inżynierskich i menedżerskich w zakresie rewitalizacji.

MOŻLIWOŚCI PUBLIKACYJNE, m.in.: Archives of Civil Engineering (PAN/WIL PW), Sustainability (MDPI), Przegląd Budowlany (PZiTB), Budownictwo i Prawo (POLCEN), Kwartalnik Naukowo-Gospodarczy Klastra COP im. E. Kwiatkowskiego.

KONTAKT i (wkrótce) szczegółowe informacje: <https://rewitalizacja2026.il.pw.edu.pl>

Projekt finansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach Programu Wektory Nauki



Minister Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Rezultaty projektu Erasmus+ CLOEMC VI – COMMON LEARNING OUTCOMES FOR EUROPEAN MANAGERS IN CONSTRUCTION PART VI

Projekt nr: 2022-1-PL01-KA220-HED-000087357)

BIBLIOTEKA MENEDŻERA BUDOWLANYCH jest już bezpłatnie dostępna pod kodem QR i liczy 39 pozycji, dostępnych po polsku, angielsku oraz w językach Partnerów.
W CLOEMC VI opracowano podręczniki o numerach 33-39, dostępnych w językach Partnerów:
M33: PROJEKTOWANIE I WYKONYWANIE ELEWACJI DLA MENEDŻERÓW BUDOWLANYCH
M34: CYFROWY BLIŹNIAK (DIGITAL TWIN) W BUDOWNICTWIE
M35: GÓRNICTWO MIEJSKIE W BUDOWNICTWIE
M36: WPŁYW TRZĘSIEŃ ZIEMI I SZKÓD GÓRNICZYCH NA ŚRODOWISKO DLA MENEDŻERÓW BUDOWLANYCH
M37: LOGISTYKA W BUDOWNICTWIE
M38: ZIELONE TECHNOLOGIE DLA MENEDŻERÓW BUDOWLANYCH
M39: ZARZĄDZANIE TALENTAMI I KOMPETENCJE PRZYSZŁOŚCI DLA MENEDŻERÓW BUDOWLANYCH

Porządkuj swoją wiedzę zawodową i korzystaj z zasobów Biblioteki Menedżerów Budowlanych



Dofinansowane przez
Unię Europejską



PARTNERSTWO:

Politechnika
Warszawska





Korporacja Radex Spółka Akcyjna

02-743 Warszawa, ul. J.S. Bacha 10
Biuro handlowe / Commercial office:
Korporacja Radex Business Park 03-228
Warszawa, ul. Marywilska 34 I



Podstawową działalnością Korporacji Radex S.A. jest wynajem i zarządzanie nieruchomościami własnymi lub dzierżawionymi, inwestorstwo zastępcze, koordynacja procesów inwestycyjnych oraz przedsięwzięć budowlanych o dużym stopniu skomplikowania. Główną specjalnością Spółki jest zarządzanie procesem inwestycyjnym, począwszy od etapu koncepcji, poprzez proces uzgodnień, organizacji finansowania aż do zakończenia budowy i przekazywania gotowych obiektów do użytkowania.

liderzy w biznesie
jakości i innowacyjności

www.korporacjaradex.pl • www.klastercop.pl





Dr hab. inż. Janusz SOBIĘRAJ

Visiting profesor COP Cluster Scientific and Economic Institute

Ukończył Politechnikę Warszawską Wydział Inżynierii Lądowej i uzyskał tytuł mgr inż. budownictwa lądowego o specjalizacji technologia i organizacja budownictwa. Od 1979 r. pracował w WPBP „Kablobeton” m.in. jako Kierownik Zespołu Montażu Konstrukcji Stalowych oraz Kierownik Zespołu Budów Warszawa-Nasielsk, a od 01.04.1988 jako Dyrektor Naczelny w firmie CPH DANEX. W 1989 r. powołał do życia struktury organizacyjne Radex S.A., a w 1999 r. Korporację Radex S.A., w której pracuje do chwili obecnej pełniąc funkcję Prezesa Zarządu.

Ukończył studia podyplomowe Organizacji i Zarządzania na Uniwersytecie Warszawskim, Ekonomikę Budownictwa w Szkole Głównej Planowania i Statystyki, Zarządzanie Nieruchomościami w SGH, Teorię Kierowania i Zarządzania Przedsiębiorstwem w Wyższej Szkole Nauk Społecznych, Międzynarodowe Studium Doktoranckie Instytutu Organizacji i Zarządzania ORGMASZ. W 2015 r. zdobył tytuł doktora w dziedzinie nauk ekonomicznych w dyscyplinie nauki o zarządzaniu na Wydz. Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej, a w 2017 r. ukończył trzyletnie seminarium „Aksjologia Zarządzania” w SGH. W 2025r. uzyskał tytuł doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. Jest adiunktem w Instytucie Inżynierii Budowlanej na Wydz. Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej oraz od 2002 r. Doradcą Zarządu firmy PROFIX Sp. z o.o.

Jest europejskim rzeczoznawcą budowlanym EurBE ICIQB, EUROPEAN BUILDING EXPERT The Association of European Building Surveyors and Construction Experts, rzeczoznawcą i ekspertem z dziedziny budownictwa SITPMB, rzeczoznawcą ds. przygotowania i prowadzenia procesu inwestycyjnego PZITB, rzeczoznawcą budowlanym Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa (od dnia 29.11.2005r.), wpisanym do Centralnego Rejestru Rzeczoznawców Budowlanych Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego (dnia 19.12.2005r.), zewnętrznym audytorem RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors) – lata 2019-2024, a ponadto otrzymał w dniu 14.10.2005 CERTYFIKAT KWALIFIACJI Unijnej w specjalnościach: zarządzanie procesem realizacji budowy, zarządzanie budowlanym przedsięwzięciem inwestycyjnym oraz zarządzanie przedsiębiorstwem budowlanym.

– Wielokrotnie pełnił funkcje Szefa Zespołu Doradców i Ekspertów w tym m.in.: przygotowujących Budowę Świątyni Opatrzności Bożej, na budowie największego w Europie Centrum Handlowo-Rozrywkowego ARKADIA – 316.000 m², na budowie pierwszego w Polsce Centrum Handlowego wraz z dworcem kolejowym Warszawa – Wileńska (118.000 m²) wraz z podaniem sposobu zarządzania tym przedsięwzięciem.

Był społecznym doradcą:

- V-ce Premiera J. Szalajdy powołanym 18.05.1988 r. do Zespołu Innowacyjnej Działalności Młodzieży w Komitecie ds. Nauki i Postępu Technicznego przy Radzie Ministrów,
- Ministra ochrony środowiska, zasobów naturalnych i leśnictwa dr inż. B. Kamińskiego ds. procesów inwestycyjnych w rządzie T. Mazowieckiego w latach 1989-1991,
- Ministra ds. przemysłu A. Zawiślaka w rządzie J. K. Bieleckiego (1991 r.),
- Pierwszego Prezesa NFOŚ ds. inwestycji dr inż. B. Kamińskiego w latach 1989-1992,
- Premiera Józefa Oleksego ds. modernizacji sektora hutniczego w latach 1995-1996,
- Prezesa BCC M. Goliszewskiego ds. ekonomii politycznej i zarządzania kryzysowego w latach 1991-2022.

Odznaczenia: za swoje osiągnięcia otrzymał ordery - Krzyż Komandorski Orderu Odrodzenia Polski, Krzyż Oficerski Orderu Odrodzenia Polski, Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski, a także Honorową Odznakę Zasłużony dla Budownictwa, Medal Centralnego Okręgu Przemysłowego im. E. Kwiatkowskiego, Medal Zasłużonego Darczyńcy przy budowie Świątyni Opatrzności Bożej, Medal Solidarności Społecznej za zaangażowanie społeczne i pomoc potrzebującym oraz propagowanie idei odpowiedzialności społecznej biznesu.

Hobby: żeglarsstwo (kapitan jachtowy, kapitan motorowodny), narciarstwo, turystyka. Dwukrotnie opłynął kulę ziemską odwiedzając wszystkie kontynenty.