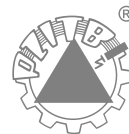


PRZEGLĄD budowlany



94 lata

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO ZWIĄZKU INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW BUDOWNICTWA NR 1-2

STYCZEŃ-LUTY 2023

NUMER POD PATRONATEM SEKCJI INŻYNIERII PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH KILiW PAN



Budujemy

przyjazne relacje, troszcząc się o miejsca, w których na co dzień przebywamy.

Jesteśmy dumni, że dzięki wiedzy, zaangażowaniu i pracy naszych inżynierów powstało blisko 600 obiektów, które służą ludziom.

warbud.pl



Pewną ręką
zmieniamy świat

budimex
zmieniaj świat

www.budimex.pl



PRZEGLĄD budowlany

„Przeгляд Budowlany” – czasopismo naukowo-techniczne od roku 1929 promujące polski przemysł budowlany, właścicielem jest Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa, którego celem jest transfer wiedzy z zakresu inżynierii lądowej do praktyki budowlanej w zakresie planowania inwestycji, wykonawstwa, projektowania i utrzymania obiektów budowlanych z zastosowaniem nowoczesnych materiałów i technologii informatycznych.

Czasopismo publikuje:

- oryginalne artykuły prezentujące rozwiązania problemów naukowo-technicznych ze wszystkich specjalności inżynierii lądowej i architektury,
- informacje o nowych normach i kierunkach ich zmian,
- informacje promujące nowoczesne materiały i technologie, w tym technologie informatyczne (np. BIM),
- prezentacje nowych inwestycji i zastosowań nowoczesnych technologii,
- informacje na temat działalności Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa, w szczególności Zarządu Głównego PZITB i poszczególnych oddziałów, w tym informacje o planowanych i odbytych wydarzeniach,
- materiały dotyczące konferencji naukowo-technicznych,
- prezentacje prac dyplomowych oraz innych prac technicznych podejmowanych przez studentów kierunku Budownictwo.

Główne obszary tematyczne to:

- nowe technologie i materiały dla budownictwa, szczególnie rozwiązania ekologiczne,
- ocena stanu technicznego, wzmocnienie i renowacje obiektów budowlanych,
- badania służące rozwiązywaniu problemów technicznych inżynierii lądowej,
- narzędzia informatyczne służące procesowi budowlanemu,
- prawo budowlane,
- zarządzanie przedsięwzięciami budowlanymi,
- kształcenie kadr dla budownictwa,
- bezpieczeństwo pracy w budownictwie.

Artykuły problemowe są recenzowane.

Zgodnie z komunikatem Ministra Edukacji i Nauki z 1 grudnia 2021 r. autor za publikację artykułu w „Przeглядzie Budowlanym” uzyskuje 40 pkt.

„Przeгляд Budowlany” jest rejestrowany w bazie danych o zawartości polskich czasopism technicznych BazTech, Index Copernicus Journals Master List oraz POL-index.

Redakcja: ul. Świętokrzyska 14 A,
00-050 Warszawa

tel./faks: (22) 826-67-00

Internet: www.przeглядbudowlany.pl

Wersja papierowa czasopisma

jest wersją pierwotną

Redaktor Naczelna:

mgr inż. Grażyna Furmańczyk-Ziemińska

biuro@przeглядbudowlany.pl

Marketing i reklama: reklama@przeглядbudowlany.pl

Korekta: mgr inż. Teresa Jędrzejewska

Wydawca: Fundacja PZITB

ul. Świętokrzyska 14 A, 00-050 Warszawa

Przewodniczący Fundacji: mgr inż. Ryszard Trykosko

Prezes Zarządu Fundacji: mgr inż. Wiktor Piwkowski

Dyrektor wydawnictwa: prof. dr hab. inż. Wiesław Trąpczyński



1 Spis treści

WYDARZENIA

NASZE SPRAWY

- 4 Święteczne posiedzenie ZG PZITB
- 6 Nagroda PZITB im. prof. Aleksandra Dyżewskiego – Roman Marcinkowski
- 8 Sympozjum i Zjazd Rady Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej – Maria Kaszyńska, Andrzej S. Nowak
- 10 I Konferencja „Aktualne problemy związane z zarządzaniem bezpieczeństwem i higieną pracy w budownictwie” – Krzysztof Kaczorek
- 12 XVII Konferencja Naukowo-Techniczna „Warsztat Pracy Rzecoznawcy Budowlanego” – Barbara Goszczyńska

AKTUALNOŚCI

- 14 Medal pamiątkowy Politechniki Gdańskiej dla Fundacji PZITB • Inżynierski networking po katowicku • 54. Konferencja Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych (IPB) • Wyróżnienie Ryszarda Trykosko – przewodniczącego Rady Fundacji PZITB • XII Międzynarodowe Zawody Pływackie „Masters” 2022

RYNEK BUDOWLANY

INWESTYCJE

- 16 Budowa Terminalu 3, Port Lotniczy Frankfurt – PERI
- 18 Nad SOHO 16 zawiśła wiecha – Unibep
- 20 Budimex zakończył prace na gazociągu Goleniów – Ciecierzycie jednym z odcinków Baltic Pipe

ARTYKUŁY PROMOCYJNE

BIM

- 21 ArCADia-TERMOCAD Audyt 9

WYDARZENIA

NASZE SPRAWY

- 22 Zebranie Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk w Ciechanowie – Elżbieta Radziszewska-Zielina, Grażyna Furmańczyk-Ziemińska

ARTYKUŁY PROBLEMOWE

SEKCJA INŻYNIERII PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH KILIW PAN

RYZKO W PRZEDSIĘWZIĘCIACH BUDOWLANYCH

- 24 Zarządzanie ryzykiem w przedsięwzięciach budowlanych na gruncie prawnym i naukowym – Dariusz Skorupka, Dominika Dudziak-Gajowiak, Artur Duchaczek, Agnieszka Bekisz, Magdalena Kowacka
- 30 Analiza ryzyka kosztu realizacji przedsięwzięcia budowlanego w aspekcie zmiany przepisów regulujących zakres dokumentacji projektowej – Jan Kowalski, Marzena Lendo-Siwicka, Grzegorz Wrzeński, Katarzyna Pawluk
- 34 Rynek mieszkaniowy w Polsce – analiza popytu i podaży – Dagmara Adamkiewicz, Elżbieta Radziszewska-Zielina, Bartłomiej Szewczyk

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII BIM

- 39 Projektowanie deskowań z wykorzystaniem technologii BIM – Mariusz Szóstak, Mateusz Napiórkowski

Rada Naukowa

prof. nadzw. dr hab. inż. Tomasz Z. Błaszczyński
 prof. dr hab. inż. Ewa Błazik Borowa
 dr hab. inż. Janusz Bohatkiewicz
 prof. dr hab. inż. Wiesław Buczkowski
 prof. dr hab. inż. Tadeusz Chmielewski
 prof. dr hab. inż. Jan Deja
 prof. dr hab. inż. Łukasz Drobiec
 dr hab. inż. Wojciech Drozd
 dr inż. Robert Geryło
 dr hab. inż. Tomasz Godlewski
 prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak
 prof. dr hab. inż. Stanisław Gaca
 prof. dr hab. inż. Wiesława Głodkowska
 prof. dr hab. inż. Bożena Hoła
 prof. dr hab. inż. Jacek Hulimka
 prof. dr hab. inż. Maria Kaszyńska
 prof. dr hab. inż. Robert Kowalski
 prof. dr hab. inż. Henryk Nowak
 dr hab. inż. Beata Nowogońska
 prof. dr hab. inż. Adam Podhorecki
 dr hab. inż. Jolanta Prusiel
 prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina
 dr hab. inż. Teresa Rucińska
 prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz
 dr hab. inż. Barbara Rymśa
 dr hab. inż. Marek Salamak
 prof. dr hab. inż. Dariusz Skorupka
 prof. dr hab. inż. Anna Sobotka
 dr hab. inż. Jacek Szer
 prof. dr hab. inż. Wiesław Trąpczyński
 dr hab. inż. Ryszard Walentyński
 prof. Wiktor Kwasza, Hnidiac Institute of Building, Lwów
 prof. dr hab. inż. Bogdan Nazarewicz, Politechnika Lwowska
 prof. dr-ing. Piotr Noakowski, Technische Universität Dortmund
 prof. dr inż. Andrzej Nowak, dr h.c. Auburn University, Alabama
 prof. Hartmut Pasternak, BTU Cottbus, Niemcy
 doc. dr inż. Wojciech Roszak, Lund University, Szwecja

Rada Programowa Czasopism i Wydawnictw PZITB w kadencji 2020-2024

Przewodnicząca: prof. dr hab. inż. Anna Halicka
Wiceprzewodniczący: prof. dr hab. inż. Jacek Hulimka
Sekretarz: dr hab. inż. Teresa Rucińska
 prof. dr hab. inż. Jan Bień
 prof. dr hab. inż. Wiesław Buczkowski
 dr hab. inż. Lidia Buda-Ożóg
 dr hab. inż. Magdalena Dobiszewska
 dr hab. inż. Jacek Domski
 prof. dr hab. inż. Barbara Goszczyńska
 dr hab. inż. Marta Kadela
 mgr inż. Roman Lulis
 dr hab. inż. Beata Nowogońska
 dr hab. inż. Jolanta Prusiel
 prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina
 prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz
 dr hab. Małgorzata Ulewicz

Kolegium Redakcyjne:

dr inż. Piotr Knyziak
 dr inż. Paweł A. Król
 dr hab. inż. Roman Marcinkowski
 mgr inż. Jan Sięczkowski
 dr hab. inż. Anna Szymczak-Graczyk

Redaktor statystyczny: dr inż. Barbara Ksit

Redaktor językowy: mgr inż. Piotr Szymczak

Okładka: Warbud

Cena 1 egz. 44,00 zł (plus 8% VAT)

Prenumerata i sprzedaż: tel./faks: (22) 826-67-00

DTP: mediaNOVA Jacek Gacukowicz **Drukarnia:** Edit

Materiałów niezamówionych redakcja nie zwraca i zachowuje sobie prawo do skrótów, zmian tytułów i wprowadzania skrótów tytułów. Nie ponosi też odpowiedzialności za treść reklam.

- 43** Wymagania Zamawiających w zakresie stosowania technologii BIM w zamówieniach publicznych – Mariusz Szóstak
- 48** Wykorzystanie skaningu laserowego i chmur punktów na budowie. Część III – Paweł Nowak, Jerzy Rosłon, Karol Romatowski
- ZRÓWNOWAŻONE BUDOWNICTWO O OBIEGU ZAMKNIĘTYM**
- 55** Analiza wykorzystania kontenerów morskich w budownictwie mieszkaniowym w kontekście gospodarki cyrkulacyjnej. Część I – Martyna Skorupa, Anna Sobotka
- 61** Problematyka GOZ w polskim sektorze budowlanym – Jerzy Obolewicz, Adam Baryłka
- 65** Analiza porównawcza wybranych technologii budowania obiektów mieszkalnych w kontekście socjalnym – Aleksandra Radziejowska
- 71** Technologiczne, ekologiczne i ekonomiczne uwarunkowania stosowania betonu samozagęszczalnego – Jacek Gołaszewski
- 77** Wyzwania geotechniczne w rewitalizacji obiektów zabytkowych na przykładzie modernizacji Hotelu Grand we Wrocławiu – Maciej Król
- 83** Analiza porównawcza systemów fotowoltaicznych w aspektach kryteriów technicznych i architektonicznych z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej MCE – Yaryna Posuniak, Magdalena Rogalska

ORGANIZACJA PRACY

- 88** Analiza wpływu metod intensyfikacji pracy na czas realizacji procesów budowlanych – Łukasz Rzepecki
- 93** Planowanie zatrudnienia w przedsiębiorstwie budowlanym do realizacji kontraktów budowlanych – Piotr Jaśkowski, Sławomir Biruk

WSPOMAGANIE PODEJMOWANIA DECYZJI

- 98** Wybrane przykłady modelowania i analizy strukturalnej problemów decyzyjnych w budownictwie – Grzegorz Śladowski
- 103** Efekt uczenia w harmonogramowaniu wieloobektowych przedsięwzięć budowlanych z zastosowaniem algorytmu symulowanego wyzarzania – Michał Podolski
- 108** Realizacja kontraktów budowlanych w systemie project management – studium przypadku. Część I – Magdalena Rogalska, Zdzisław Hejducki

EKONOMIKA W BUDOWNICTWIE

- 113** Analiza kosztu i czasu wykonania budynku szkieletowego w aspekcie topologii schematu statycznego na przykładzie parkingu wielopoziomowego – Tomasz Harczuk, Magdalena Rogalska
- 118** Analiza kosztu wykonania żelbetowych płyt fundamentowych w aspekcie warunków gruntowych – Magdalena Rogalska, Zdzisław Hejducki

JAKOŚĆ OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

- 123** Wpływ wybranych czynników na jakość w budownictwie mieszkaniowym – Karol Pochybełko, Bożena Hoła
- 129** Identyfikacja wad budowlanych w budynkach mieszkalnych – Karol Pochybełko, Bożena Hoła
- 135** Problemy techniczne w renowacji więźby dachowej XVI-wiecznego kościoła – Beata Nowogońska

RYS HISTORYCZNY

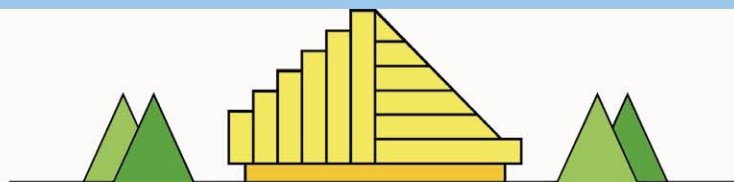
- 141** Historia nowoczesnego zarządzania budownictwem w Płocku – Ewa Serafimowicz, Włodzimierz Serafimowicz

WSPOMNIENIA

- 146** Doc. dr inż. Jerzy Widera (1918 – 2020)



BESKIDY



XXXVII OGÓLNOPOLSKIE WARSZTATY PRACY PROJEKTANTA KONSTRUKCJI

WISŁA, 28÷31 marca 2023 roku



GLIWICE

Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział Gliwice,
przy współpracy Oddziałów w Bielsku-Białej, Katowicach i Krakowie zapraszają na
XXXVII OGÓLNOPOLSKIE WARSZTATY PRACY PROJEKTANTA KONSTRUKCJI
rozpoczynające kolejny czteroletni cykl szkoleniowy zatytułowany:
Naprawy i wzmocnienia konstrukcji z przewodnim tematem
KONSTRUKCJE ŻELBETOWE
WPPK 2023 odbędą się w dniach 28÷31 marca 2023 roku w Wiśle w Hotelu STOK

Cykl ponad 30 wykładów poświęcony zostanie aktualnym problemom napraw i wzmocnień konstrukcji żelbetowych w następujących blokach tematycznych:

- przepisy prawa i normalizacja,
- diagnostyka i ocena stanu technicznego istniejących konstrukcji,
- materiały i technologie stosowane w naprawach i wzmocnieniach,
- analiza obliczeniowa istniejących konstrukcji,
- sposoby napraw i wzmocnienia konstrukcji.

Adres Komitetu Organizacyjnego

Oddział PZITB w Gliwicach

44-100 Gliwice

ul. Akademicka 5, pok. 123a

tel. (032) 231-13-27

e-mail: biuro@pzitb.gliwice.pl

REJESTRACJI PROSIMY DOKONAĆ NA STRONIE INTERNETOWEJ

<http://pzitb.dkonto.pl/wppk-2023/>

KOSZTY UCZESTNICTWA

W tabeli podane zostały ceny netto, do których należy doliczyć obowiązującą stawkę podatku VAT równą 23 %.

Opcja	Uczestnicy Konferencji			
		członkowie PZITB		niestowarzyszeni
<i>Pokój dwuosobowy</i>	„3”	2100zł	„4”	2400zł
<i>Bez zakwaterowania w hotelu</i>	„5”	1900zł	„6”	2100zł

Główni Partnerzy Merytoryczni



Wspomagający Partnerzy Merytoryczni



Patroni Medialni



Patron Branżowy



MAŁOPOLSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA W KRAKOWIE
ŚLĄSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA W KATOWICACH

Świąteczne posiedzenie ZG PZITB

8 grudnia 2022 roku odbyło się w budynku NOT w Warszawie stacjonarne posiedzenie Zarządu Głównego Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa.



Przewodnicząca PZITB Maria Kaszyńska powitała wszystkich zebranych na posiedzeniu ZG PZITB, przekazała smutną informację o śmierci długoletniego członka Oddziału PZITB w Katowicach – Winicjusza Krotli. Członkowie Zarządu Głównego uczcili pamięć zmarłego Kolegi chwilą ciszy.

Z uwagi na przedświąteczny okres posiedzenie składało się z dwóch części, pierwszej – merytorycznej dotyczącej bieżących spraw i drugiej – uroczystej świątecznej. Mieczysław Grodzki, sekretarz generalny, poinformował o działaniach i podjętych uchwałach prezydium od ostatniego posiedzenia Zarządu. Przedstawiciele prezydium uczestniczyli na zaproszenie organizatorów m.in. w wydarzeniach organizowanych przez Państwową Inspekcję Pracy: 3-letniej kampanii prewencyjno-kontrolnej „Budowa STOP wypadkom”, konferencji „Biznesowe znaczenie inwestycji w bezpieczeństwo i zdrowie w pracy”, w posiedzeniu podkomisji stałej ds. budownictwa oraz gospodarki przestrzennej i mieszkaniowej oraz uroczystości wręczenia nagród i medali w SARP-ie. Odbyły się też sztandarowe konferencje PZITB: „Warsztat Pracy Rzecznicy Budowlanego” oraz Konferencja „KONTRA”.

Kolejnym punktem zebrania były wybory uzupełniające składu prezydium PZITB i zmiany w składzie Komitetu Organizacyjnego i Sądu Konkursowego Konkursu „Budowa Roku”. Na wiceprzewodniczącego Zarządu Głównego i jednocześnie przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego Konkursu „Budowa Roku” Zarząd jednogłośnie powołał Marka Zackiewicza z Gdańskiego Oddziału PZITB. Przewodnicząca PZITB pogratulowała Markowi Zackiewiczowi wyboru na obie funkcje, a jego wybór nagrodzono brawami.

Karol Firek omówił zestawienie dotyczące wykonania budżetu ZG PZITB za 11 miesięcy 2022 r. Tadeusz Durak poinformował, że na posiedzeniu 5 grudnia 2022 r. GKR dokonała

pozytywnej oceny wykonania budżetu ZG PZITB. Karol Firek przedstawił następnie projekt budżetu ZG PZITB na rok 2023. Uchwała w sprawie zatwierdzenia budżetu na 2023 r. została przyjęta jednogłośnie.

Jacek Szer, przewodniczący Komitetu Legislacji i Cyfryzacji BIM, poprosił o większe zaangażowanie się koleżanek i kolegów w opiniowanie przesyłanych do konsultacji materiałów, które wymagają od nas szybkiego reagowania, ponieważ czas jest krótki na przygotowanie odpowiedzi.

Ryszard Trykosko, przewodniczący Rady Fundacji PZITB, podsumował działalność Fundacji w 2022 roku. Fundacja była współorganizatorem konferencji „Budowa tunelu pod Świną”, która odbyła się w kwietniu w Świnoujściu oraz wydała dwa albumy. Podkreślił również wagę i znaczenie naszych obu wydawnictw „Inżynierii i Budownictwa” oraz „Przeglądu Budowlanego” stwierdzając, że są to nasze „klejnoty rodzinne”, z których jesteśmy dumni i musimy o nie dbać. Zachęcał do prenumerowania, propagowania i zamieszczania artykułów w czasopiśmie przez nasze oddziały.

Na zakończenie posiedzenia przyjęto uchwały w sprawie przyznania Honorowych Odznak PZITB i tytułu rzeczoznawcy budowlanego PZITB, a przewodnicząca Maria Kaszyńska zaprosiła wszystkich na drugą część posiedzenia na uroczyste spotkanie wigilijne, w którym uczestniczyli również zaproszeni goście. Wśród zaproszonych gości byli: Dariusz Blocher (BUDIMEX SA), Mariusz Dobrzeński (prezes PIIB), prof. Jacek Hulimka (członek rady Fundacji PZITB), Elżbieta Janiszewska-Kuropatwa (wiceprzewodnicząca SITPMB), Agnieszka Kalinowska-Sołtys (prezes SARP), prof. Zbigniew Kledyński (P.W.), Roman Lulis (przewodniczący MOIIB), Ewa Mańkiewicz-Cudny (prezes NOT), prof. Leonard Runkiewicz (ITB), prof. Elżbieta Szmigiera (sekretarz KN PZITB), Michał Wrzosek (prezes PERI Polska), Marek Zdziebłowski („Builder”).

Po powitaniu gości przewodnicząca Maria Kaszyńska przedstawiła prezentację podsumowującą rok 2022 w PZITB, a następnie podziękowała wszystkim za współpracę i złożyła życzenia świąteczne i noworoczne. Życzenia złożyła również pani prezes NOT Ewa Mańkiewicz-Cudny oraz prezes PIIB Mariusz Dobrzeński.

Nasza stowarzyszeniowa wigilia pokazała, jak nam wszystkim brakowało kontaktów i spotkań, tradycyjnie łamaliśmy się opłatkiem, a przy świątecznych specjach toczyły się długie rozmowy. Był to wyjątkowy Zarząd Główny PZITB, wspaniale, że po tak długiej przerwie znowu mogliśmy się spotkać osobiście.



Recenzenci współpracujący z miesięcznikiem „Przegląd Budowlany”

prof. dr hab. inż. Marian Abramowicz, dr hab. inż. Dariusz Bajno, dr hab. inż. arch. Adam Baryłka, dr hab. inż. Sławomir Biruk, prof. nadzw. dr hab. inż. Tomasz Z. Błaszczński, prof. dr hab. inż. Wiesław Buczkowski, prof. dr hab. inż. Łukasz Drobiec, dr hab. inż. Wojciech Drozd, prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak, dr inż. Maciej Gruszczyński, dr inż. arch. Anna Hoła, prof. dr hab. inż. Bożena Hoła, prof. dr hab. inż. Jacek Hulimka, dr inż. Piotr Ignatowski, dr inż. Wioletta Jackiewicz-Rek, dr hab. inż. Piotr Jaśkowski, dr inż. Krzysztof Kaczorek, prof. dr hab. inż. Maria Kaszyńska, dr inż. Piotr Knyziak, dr inż. Barbara Ksit, prof. dr hab. inż. Mieczysław Kuczma, dr inż. Kazimierz Konieczny, prof. dr hab. inż. Renata Kotynia, dr inż. Paweł A. Król, dr hab. inż. Agnieszka Leśniak, dr hab. inż. Paweł Lewiński, dr hab. inż. Wiesław Ligęza, prof. dr hab. inż. arch. Hanna Michalak, dr hab. inż. Roman Marcinkowski, dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. dr hab. Janusz Olejnik, dr hab. inż. Michał Piasecki, dr hab. inż. Jolanta Prusiel, prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina, dr hab. inż. Teresa Rucińska, prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz, prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz, mgr inż. Jan Sieczkowski, dr hab. inż. Bohdan Stawiski, prof. dr hab. inż. Anna Sobotka, dr hab. inż. Anna Szymczak-Graczyk, dr hab. Joanna Smarż, dr inż. Grzegorz Śladowski, dr hab. Małgorzata Ulewicz, prof. dr hab. inż. Adam Zybura, dr hab. inż. Krzysztof Żółtowski



PRZEGLĄD budowlany

Prenumerata elektroniczna dostępna na portalach:



https://www.nexto.pl/e-prasa/przeglad_budowlany_p1306181.xml



<https://www.egazety.pl/pziitb/e-wydanie-przeglad-budowlany.html>



https://www.e-kiosk.pl/numer,402855,przegl_d_budowlany

ZAMÓWIENIE PRENUMERATY NA ROK 2023

PRZEGLĄD budowlany

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO ZWIĄZKU INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW BUDOWNICTWA



94 lata

Wybieram: (proszę zakreślić)	ZWYKŁA	ULGOWA (dla indywidualnych członków PZITB, PIIB i studentów)
ROCZNA	<input type="checkbox"/> 285,12 zł*	<input type="checkbox"/> 186,84 zł*
ELEKTRONICZNA	Zamówienia tylko przez portale: www.nexto.pl , www.e-kiosk.pl , www.egazety.pl <input type="checkbox"/> 168,48 zł*	

* Ceny zawierają 8% VAT. Zamówienia można składać osobiście, pocztą, telefonicznie lub e-mailem

FUNDACJA PZITB
WYDAWNICTWO „PRZEGLĄD BUDOWLANY”
ul. Świętokrzyska 14 A, 00-050 Warszawa
NIP: 526-00-36-782
tel./faks: (22) 826-67-00
www.przegladbudowlany.pl
e-mail: reklama@przegladbudowlany.pl

1. Imię i nazwisko/nazwa firmy

2. Nr telefonu kontaktowego 3. NIP

4. Adres wysyłkowy

5. Zgoda na wysyłanie faktury w formie elektronicznej (e-mail) 5. Okres prenumeraty

6. Liczba prenumerat Opłata w kwocie zł,
została przekazana w dniu Chcę otrzymać fakturę TAK NIE

Prenumeratorki otrzymają zamówione egzemplarze po dokonaniu wpłaty na konto:

FUNDACJA PZITB WYDAWNICTWO „PRZEGLĄD BUDOWLANY”
ul. Świętokrzyska 14 A, 00-050 Warszawa
Bank Millennium SA 23 1160 2202 0000 0000 5515 9052

Upoważniamy Państwa do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Podpis

Uprzejmie informujemy, że Pani/Pana dane osobowe (imię, nazwisko, adres do korespondencji) są przetwarzane przez Fundację PZITB Wydawnictwo Przegląd Budowlany w celach związanych z przesyłaniem miesięcznika „Przegląd Budowlany” w ramach zamówionej prenumeraty. Dane będą przetwarzane do momentu wycofania zgody. Informujemy, iż administratorem Pani/Pana danych osobowych jest Fundacja PZITB Wydawnictwo Przegląd Budowlany, z siedzibą w Warszawie, ul. Świętokrzyska 14 A, e-mail: biuro@przegladbudowlany.pl, tel. 22 826 67 00. Przysługuje Pani/Panu prawo dostępu do treści swoich danych osobowych oraz prawo ich sprostowania, zmiany, usunięcia, ograniczenia przetwarzania, prawo do przenoszenia danych, prawo wniesienia sprzeciwu, a także prawo do cofnięcia zgody na przetwarzanie danych w każdym czasie.

Nagroda PZITB im. prof. Aleksandra Dyżewskiego



Jak co roku PZITB, decyzją Kapituły Nagrody im. prof. Aleksandra Dyżewskiego, przyznał w 2022 roku nagrody za wybitne osiągnięcia naukowe i praktyczne z zakresu inżynierii przedsięwzięć inwestycyjnych i procesów budowlanych. Wręczenie nagród laureatom odbyło się 11 września 2022 roku w czasie sesji otwarcia 67. Konferencji Krynickiej w Krakowie.

W 2022 roku laureatami Nagrody PZITB im. Profesora Aleksandra Dyżewskiego zostali:

- prof. dr. hab. inż. Jacek Gołaszewski, profesor Politechniki Śląskiej, który został wyróżniony za całokształt wybitnej działalności naukowej w uznaniu szczególnego wkładu w rozwój technologii, organizacji i ekonomiki w budownictwie;
- dr inż. Stefan Nowaczyk, zasłużony inżynier Regionu Szczecińskiego, wieloletni nauczyciel akademicki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, który otrzymał nagrodę za całokształt działalności na rzecz budownictwa w uznaniu wybitnych osiągnięć praktycznych w zakresie inżynierii przedsięwzięć inwestycyjno-budowlanych i szczególnego zaangażowania na rzecz Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa

Charakterystyka sylwetek laureatów



Prof. dr. hab. inż. Jacek Gołaszewski jest wybitnym naukowcem i wychowawcą pokoleń inżynierów budownictwa. Wypromował 4 doktorów i ponad 160 magistrów i inżynierów, głównie w specjalności Inżynieria Procesów Budowlanych. Ukończył studia podstawowe w specjalności

Technologia i Organizacja Budowy, po których od ponad 30 lat pracuje na Politechnice Śląskiej, przechodząc przez wszystkie stopnie kariery nauczyciela akademickiego: od asystenta stażysty do profesora. Przez wiele lat był kierownikiem Katedry Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych, prodziekanem ds. ogólnych Wydziału Budownictwa na Politechnice Śląskiej. Pracował jako specjalista ds. badań i wdrożeń w PBW i PUH „BUDEKO” Spółka z o.o., był współwłaścicielem firmy PU Project-Enter s.c. Prowadzi autorskie wykłady z takich przedmiotów, jak: Technologia organizacja i ekonomika, Podstawy projektowania procesów budowlanych, Technologia prefabrykacji budowlanej, Technologia betonu, Zaawansowane materiały i technologie w budownictwie oraz wykłady na studiach doktoranckich: Podstawy technologii betonu i Podstawy inżynierii procesów budowlanych, dając świadectwo szerokiej wiedzy i zainteresowań również w obszarze technologii, organizacji i ekonomiki budownictwa.

Działalność naukowo-badawcza prof. Jacka Gołaszewskiego koncentruje się na problematyce technologii w budownictwie, a szczególnie aspektach związanych z zaawansowaną technologią betonu, w tym: kształtowaniem właściwości betonów samozagęszczalnych w układzie zmiennych czynników materiałowych i technologicznych, projektowaniem i realizacją procesów betonowania na budowie i w prefabrykacji; stosowania w technologii cementu i betonu dodatków mineralnych i materiałów odpadowych, programowaniem rozwiązań materiałowo-technologicznych umożliwiających uzyskanie betonów ekologicznych, tzw. betonów zielonych, betonów osłonowych, pianobetonów oraz betonów architektonicznych. Ponadto zajmuje się zagadnieniami organizacji i ekonomiki budownictwa, głównie w zakresie optymalizacji procesów wykonania konstrukcji betonowych w różnych warunkach środowiskowych oraz uwarunkowań ekonomicznych, środowiskowych i technologicznych stosowania betonu. Prace badawcze w ww. zakresie laureat wykonywał, uczestnicząc w kilkunastu grantach krajowych, międzynarodowych i europejskich finansowanych przez fundusze europejskie EC oraz instytucje krajowe KBN, NCN, NCBiR. Kierował 3 grantami o wartości łącznie ponad 13 mln zł. Odbył długoterminowe staże naukowe w Wielkiej Brytanii oraz w Norwegii, współpracując z uznanymi na świecie naukowcami.

Dorobek publikacyjny obejmuje ponad 300 pozycji literaturowych. Jest współautorem jednego patentu (dotyczącego betonów osłonowych), trzech wdrożonych technologii (dotyczących produkcji cementów z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego), kilkudziesięciu opracowań naukowo-badawczych, ekspertyz i opinii na zlecenie przedsiębiorstw i instytucji publicznych, związanych z doskonaleniem technologii wykorzystania kompozytów na spoiwie cementowym. Współpracuje z NCN i NCBiR oraz Fundacją na Rzecz Nauki Polskiej. Był recenzentem wydawniczym 8 monografii i książek. Przygotował ponad 300 recenzji publikacji naukowych dla czasopism specjalistycznych i wydawnictw, współpracując m.in. z 30 czasopismami z Listy Filadelfijskiej. Opracował kilkadziesiąt recenzji w postępowaniach awansowych naukowców. Od ponad 15 lat bierze aktywny udział w pracach Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych KILiW PAN. Uczestniczy w corocznych konferencjach naukowych organizowanych przez to środowisko. W roku 2011 został powołany na członka Komisji Inżynierii Budowlanej oddziału PAN

w Katowicach. Aktywnie uczestniczy w działalności Międzynarodowej Unii Laboratoriów i Ekspertów Badań Materiałów i Konstrukcji RILEM. Jest też szczególnie aktywny w popularyzacji osiągnięć naukowych na forum inżynierskim. Do najważniejszych osiągnięć w tym zakresie zaliczyć można monografię, które skierowane są do inżynierów i studentów („Technologia betonu samozagęszczalnego”, czy „Projektowanie betonu samozagęszczalnego”), jak i publikacje w czasopismach naukowo-technicznych w zakresie technologii betonu i konstrukcji betonowych oraz zastosowania materiałów odpadowych w budownictwie.



Dr inż. Stefan Nowaczyk od ponad 46 lat jest aktywnym inżynierem – projektantem konstruktorem, autorem wielu znaczących projektów inwestycyjnych, autorem wielu opinii technicznych, a także wieloletnim pracownikiem naukowo-dydaktycznym Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego. Jako

nauczyciel akademicki pełnił m.in. funkcję kierownika Zespołu Dydaktycznego Ekonomiki Organizacji i Zarządzania w Budownictwie w strukturach ówczesnego Wydziału Budownictwa i Architektury ZUT w Szczecinie. W swoim dorobku zawodowym posiada ogromne osiągnięcia w sztuce odbudowy, renowacji i rewitalizacji konstrukcyjno-architektonicznej obiektów zabytkowych w Polsce, przyczyniając się do uratowania tych obiektów przed ich całkowitym zniszczeniem i przywracając im dawną świetność. Jest też autorem licznych projektów budynków użyteczności publicznej o nowoczesnej konstrukcji i architekturze. Do najznamienitszych osiągnięć zawodowych należą obiekty, dla których laureat był autorem projektów branży konstrukcyjno-budowlanej i gdzie następnie pełnił nadzór autorski nad wykonywaniem robót, m.in.: odbudowa kościoła p.w. NMP w Chojnie z XIII w., odbudowa średniowiecznej więźby dachowej nad korpusem nawowym kościoła p.w. św. Jana Ewangelisty w Szczecinie z XIII w., odbudowa części wieżowej kościoła p.w. św. Jakuba Apostoła z XIII w. z przystosowaniem

jej do funkcji widokowo-turystycznej oraz odbudowa empory muzycznej i sygnaturki bazyliki. Zrealizowane projekty, dla których projektantem konstruktorem, pełniącym również nadzór autorski, był laureat, wielokrotnie uzyskiwały uznanie Komisji Konkursowej PZITB „Budowa Roku”.

Dr inż. Stefan Nowaczyk jest autorem kilkunastu specjalistycznych publikacji i opinii z zakresu rewaloryzacji oraz odbudowy i remontów zabytkowych obiektów w województwie lubuskim oraz zachodniopomorskim, m.in. dotyczących Zamku Książąt Pomorskich w Szczecinie – dla którego w roku 2017 wykonał szczegółową ekspertyzę techniczną w związku z katastrofą budowlaną. Wykonana ogromna praca ekspercka stanowiła podstawę do przeprowadzenia specjalistycznych robót budowlanych i uratowania zabytku. Jest również autorem licznych referatów problemowych wygłoszonych na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych dotyczących konstrukcji budynków, konserwacji, odbudowy i rewaloryzacji staromiejskich zespołów zabytkowych i obiektów sakralnych.

Należy również podkreślić, że laureat bardzo aktywnie pracuje społecznie na rzecz społeczności akademickiej oraz całego środowiska inżynierów budownictwa Regionu Zachodniopomorskiego i Ogólnopolskiego. Od 1993 roku aktywnie działa w PZITB, pełniąc odpowiedzialne funkcje członka zarządu, przewodniczącego i wiceprzewodniczącego zarządu Oddziału PZITB. Jest aktywnym członkiem Komitetu Rzecznostwa Budowlanego i Specjalizacji Zawodowej PZITB, członkiem Stowarzyszenia Konserwatorów Zabytków Oddziału w Szczecinie, wieloletnim członkiem Komisji Kwalifikacyjnej Zachodniopomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa, członkiem Wojewódzkiej Rady Ochrony Zabytków w Szczecinie. Aktywnie pracował m.in. przy organizacjach konferencji „Awarie Budowlane”.

W uznaniu zasług na rzecz budownictwa i jego środowiska został odznaczony m.in. Medalem Edukacji Narodowej, Honorową Odznaką Gryfa Zachodniopomorskiego, Złotym Krzyżem Zasługi oraz złotymi odznakami stowarzyszeniowymi PZITB i NOT.

**Przewodniczący Kapituły
dr hab. inż. Roman Marcinkowski, prof. uczelni**

Z Regulaminu przyznawania nagrody PZITB im. prof. Aleksandra Dyżewskiego:

- Nagroda ma dwie kategorie: za osiągnięcia naukowe oraz za osiągnięcia praktyczne.
- Kandydaci do nagrody za osiągnięcia naukowe powinni legitymować się również osiągnięciami praktycznymi z zakresu projektowania technologii i organizacji budowy lub realizacji procesów inwestycyjnych.
- Kandydatami do nagrody mogą być obywatele polscy.
- Nagrodę przyznaje Kapituła powołana przez Prezydium Zarządu Głównego PZITB.
- W danym roku kalendarzowym może być przyznana tylko jedna nagroda w kategorii za osiągnięcia naukowe oraz jedna nagroda w kategorii za osiągnięcia praktyczne.
- Kandydatów do nagrody mogą zgłaszać: Zarząd Główny PZITB, oddziały PZITB, Komitet Nauki PZITB, członkowie Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, członkowie Kapituły oraz laureaci nagrody.
- Kandydatów do nagrody, wraz z odpowiednią dokumentacją, należy zgłaszać do Zarządu Głównego PZITB w terminie do 30 kwietnia każdego roku.

Pełny tekst regulaminu, wykaz laureatów nagrody i skład Kapituły dostępny jest na stronie internetowej ZG PZITB:

www.zgpzibt.org.pl/nagrody/medal-im-prof-aleksandra-dyzewskiego

Symposium i Zjazd Rady Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej

Zjazd Polskich Inżynierów jest coroczną imprezą organizowaną przez Radę Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej z udziałem delegatów z Polski, USA i Kanady reprezentujących świat nauki, przemysłu, biznesu, stowarzyszenia oraz agencje rządowe i samorządy.

W tym roku zjazd obejmował dwie części: Symposium Towards Resilient World, które odbyło się w Waszyngtonie 4–6 listopada 2022 roku w Ambasadzie Rzeczypospolitej Polski oraz w siedzibie Fundacji Kościuszkowskiej, a następnie Polish-American Engineering Workshop z udziałem specjalistów amerykańskich, który odbył się 7–8 listopada 2022 roku w Auburn University w stanie Alabama. Celem spotkania było stworzenie platformy do dyskusji i wymiany doświadczeń



Od lewej: Wojciech Sumelka, Paweł Śniatała, Danuta Zawadzka, Arkadiusz Mężyk, Andrzej Nowak, Maria Kaszyńska, Teofil Jesionowski, Jerzy Lis

czeń i myśli technicznej dla polskich inżynierów i naukowców po obu stronach Atlantyku. Organizatorem sympozjum i zjazdu był prof. Andrzej Nowak – prezes Rady Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej oraz dziekan Wydziału Civil and Environmental Engineering Auburn University. Rada Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej zrzesza polonijne organizacje naukowo-techniczne: Polonia Technica w Nowym Jorku, Stowarzyszenie Polsko-Amerykańskich Inżynierów w Chicago, Polish Engineers Club w Silicon Valley, US-Polish Trade Council w Kalifornii, Stowarzyszenie Polskich Inżynierów w Kanadzie oraz Stowarzyszenie Polskich Inżynierów



Otwarcie zjazdu przez prof. Andrzeja Nowaka

w Washington. Rada odgrywa coraz ważniejszą rolę w środowisku polonijnym. Założycielami rady i jej członkami byli i są inżynierowie polscy, których losy rzuciły do Ameryki. W ciągu ponad 20 lat w organizacji działało wielu wybitnych inżynierów urodzonych w Polsce lub polskiego pochodzenia. W zjeździe uczestniczyło 28 gości z Polski, w tym 5 rektorów: prof. Arkadiusz Mężyk, przewodniczący KRASP (Politechnika Śląska), prof. Teofil Jesionowski, przewodniczący KRPUT (Politechnika Poznańska), prof. Jerzy Lis (AGH Kraków), prof. Marta Kosior-Kazberuk (Politechnika Białostocka), prof. Danuta Zawadzka (Politechnika Koszalińska), prorektorzy: prof. Mariusz Malinowski (Politechnika Warszawska), prof. Paweł Śniatała i Wojciech Sumelka (Politechnika Poznańska), prezes Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa prof. Maria Kaszyńska, dyrektor IDEAS Program (NCBR) dr Grażyna Żebrowska, dziekani: prof. Andrzej Garbacz, prof. Janusz Frączek, prof. Marek Henczka, prof. Marianna Jacyna, prof. Paweł Popielski, prof. Tomasz Chmielewski (Politechnika Warszawska) i prof. Andrzej Szarata (Politechnika Krakowska), dyrektorzy instytutów: Robert Geryło (Instytut Techniki Budowlanej), Paweł Stężycki i Marek Walczak (Instytut Lotnictwa) oraz profesorowie: Tomasz Goetzendorf, Piotr Noakowski, Jacek Szer, Robert Suszyński i Arkadiusz Kawa. Polskich inżynierów w Ameryce reprezentowali między innymi: prof. Piotr Moncarz (Stanford University), prof. Radosław Michałowski (University of Michigan), prof. Wojciech Misiołek (Lehigh University), Mirosław Niedziński, dr Janusz Romański, dr Jerzy Orkiszewski, Marek Żywno i dr Tadeusz Kornecki.



Wystąpienie ambasadora RP Marka Magierowskiego



Przed Białym Domem w Waszyngtonie

W sesji otwierającej obrady w Waszyngtonie uczestników powitał ambasador RP Marek Magierowski. Następnie odbyło się 6 sesji panelowych prowadzonych przez moderatorów:

- Wiodące tematyki badań w Polsce – moderator prof. Arkadiusz Mężyk,
- Wiodące wyzwania – badania i rozwój – moderator prof. Teofil Jesionowski,
- Transfer wiedzy B+R do przemysłu – moderator – prof. Maria Kaszyńska,
- Transatlantycka współpraca – główne cele i mechanizmy – moderator prof. Paweł Śniatała,
- Struktury zarządzania i finansowania instytucji akademickich – moderator prof. Radosław Michałowski,
- Metody kształcenia w nowych warunkach – moderator prof. Marta Kosior-Kazberuk.

W każdej sesji w dyskusji uczestniczyło 3–5 panelistów z Polski i Ameryki. Miłym akcentem pierwszego dnia obrad było podpisanie przedłużenia umowy o współpracy między AGH a Radą Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej oraz wspólne zdjęcie z ambasadorem RP Markiem Magierowskim w pięknych salach ambasady. Na zakończenie krótkiego pobytu w Waszyngtonie odbyła się wycieczka autobusowa po najważniejszych atrakcjach turystycznych stolicy USA (Congress Hall, Lincoln Memorial, Washington Memorial, Biały Dom, pomniki Kościuszki i Pułaskiego).

W Auburn University w Alabamie delegacji z Polski uczestniczyli w Polish-American Engineering Workshop. Program workshopu obejmował prezentacje głównych kierunków i programów naukowo-badawczych realizowanych w polskich i amerykańskich uczelniach technicznych. Prezentacje przedstawiali: rektor Arkadiusz Mężyk (KRASP) i rektor Teofil Jesionowski (KRPUT) oraz w Auburn University – prorektor Steve Taylor

Uczestnicy zjazdu z ambasadorem RP



Na stadionie w Auburn

(Interim Dean of Engineering) oraz dziekani poszczególnych wydziałów – Jeff Suhling (Mechanical Engineering), Mario Eden (Chemical Engineering), Brian Thurow (Aerospace Engineering), Hari Narayanan (Computer Science), Greg Harris (Industrial Engineering) oraz Andrzej Nowak (Civil and Environmental Engineering). Następnie uczestnicy zwiedzili wybrane laboratoria, w tym: Wind Tunnel Labs, Lego Industrial Engineering teaching lab, Advanced Structural Engineering Lab, Additive Manufacturing Lab, Autonomous Vehicle Lab, National Center of Asphalt Technology, Cyber Security Lab, Aviation Institute.

Na zakończenie pobytu w Auburn w krótkim spacerze po kampusie uczestnicy podziwiali olbrzymi na 85 000 osób stadion uniwersytecki. Ciekawymi akcentami artystycznymi były wydarzenia: koncert New Orleans Jazz Ensemble, spotkanie z Aubbie, maskotką Auburn University oraz z War Eagle (orzeł, który lata ponad stadionem przed każdym meczem amerykańskiego footballu) oraz prezentacja węży (niejadowitych) utrzymywanych na Wydziale Rolniczym.

Organizatorzy zjazdu składają podziękowania firmie Beta-Med SA z Krakowa za Honorowe Partnerstwo. Strategicznymi Partnerami wydarzenia były: Politechnika Poznańska, Politechnika Śląska, AGH oraz Politechnika Krakowska. Dziękujemy za wsparcie, które pozwoliło na realizację programu.

Przewodnicząca PZITB prof. Maria Kaszyńska
prof. Andrzej S. Nowak
Prezes Rady Polskich Inżynierów w Ameryce Północnej



I Konferencja „Aktualne problemy związane z zarządzaniem bezpieczeństwem i higieną pracy w budownictwie”

26 i 27 października 2022 r. w Auli Gmachu Fizyki Politechniki Warszawskiej odbyła się pierwsza edycja Konferencji Naukowo-Technicznej: „Aktualne problemy związane z zarządzaniem bezpieczeństwem i higieną pracy w budownictwie”, której organizatorami byli: Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, Państwowa Inspekcja Pracy, Okręgowy Inspektorat Pracy w Warszawie oraz Stowarzyszenie „Porozumienie dla Bezpieczeństwa w Budownictwie”.

Wydarzenie zostało objęte patronatem honorowym przez głównego inspektora pracy, panią minister Katarzynę Łażewską-Hrycko oraz patronatem naukowym przez Sekcję Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk. Patronat branżowy sprawował Polski Związek Pracodawców Budownictwa oraz Stowarzyszenie BIM.

Przewodniczącym Komitetu Naukowego był: prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz, PW, wiceprzewodniczącą – prof. dr hab. inż. Bożena Hoła, PWr., przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego był dr inż. Krzysztof Kaczorek, PW, wiceprzewodniczącą – dr inż. arch. Anna Hoła, PWr.

Konferencja trwała dwa dni, składała się z 5 sesji: Zagadnienia prawne bezpieczeństwa pracy w budownictwie, Badania i analizy wypadków przy pracy, Zagadnienia bezpieczeństwa związane z pracą na wysokości, Wybrane zagadnienia techniczno-ekonomiczne bezpieczeństwa pracy – część 1, Wybrane zagadnienia techniczno-ekonomiczne bezpieczeństwa pracy – część 2. Na każdej sesji prezentowano 4 referaty, razem wygłoszono 20 referatów. Swoje prezentacje przedstawiło 5 firm: Evercam, HÖGERT WORKWEAR, PROTEKT, PlatformaBezpieczenstwa.pl oraz Prezentacja szkoleniowa – Artur Lipowicz: ewakuacja pracownika z platformy roboczej (prezentacja odbyła się na zewnątrz).

Patronem medialnym było czasopismo „Przegląd Budowlany”, które w numerze 9–10/2022 opublikowało 17 artykułów – referatów z konferencji.

I Konferencja Naukowo-Techniczna „Aktualne problemy związane z zarządzaniem bezpieczeństwem i higieną pracy w budownictwie” była w swoim rodzaju okazją do przenikania się przemysłu z nauką, dzięki czemu lepiej mogą być rozwiązywane problemy trapiące sektor budowlany, w tym przypadku z obszaru szeroko rozumianego bezpieczeństwa i higieny pracy. Uzyskiwany jest efekt synergii, z którego korzysta cała branża, ponieważ już dawno ustalono, że BHP nie będzie obszarem rywalizacji, a wspólne podnoszenia standardów w celu zwiększenia poziomu bezpieczeństwa prowadzenia robót.

Podczas dwóch dni obrad przedstawiono kilkadziesiąt prezentacji, które obejrzało łącznie ponad 200 uczestników stacjonarnie na konferencji w zabytkowej Auli Gmachu Fizyki PW oraz ponad 400 – w ramach transmisji online.

Prezentacje z konferencji można znaleźć na stronie:

<https://konferencjabhp2022.il.pw.edu.pl/>

Wystąpienia online:

Dzień pierwszy: <https://www.youtube.com/watch?v=6MEI19zNLCI>

Dzień drugi: <https://www.youtube.com/watch?v=54Xd52emwwl>

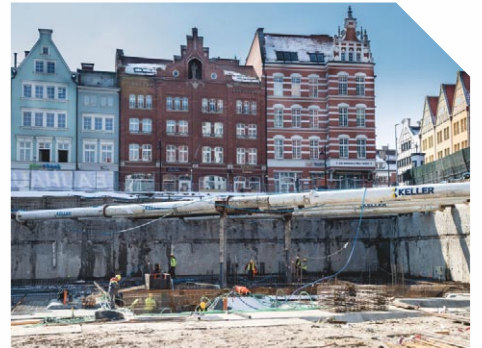
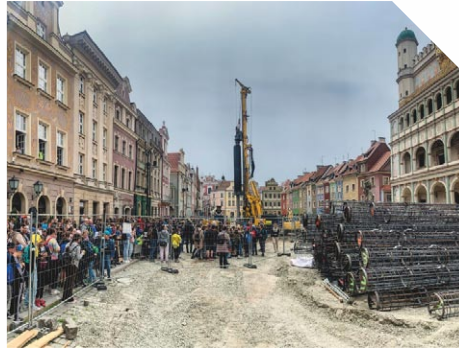
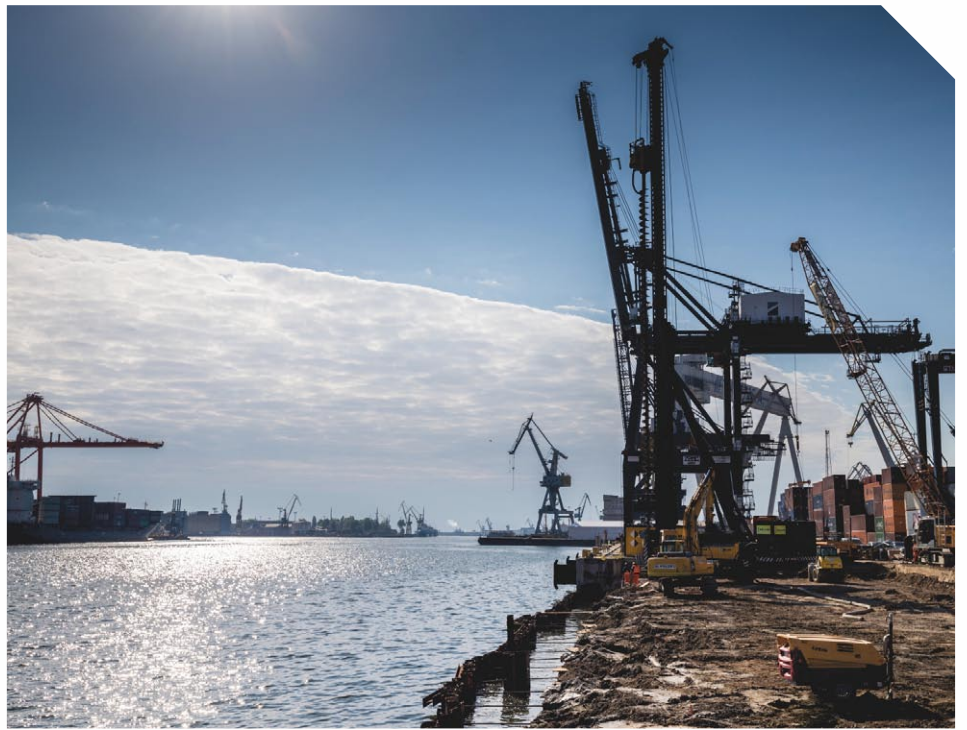
dr inż. Krzysztof Kaczorek

Zapraszamy serdecznie do udziału w II Konferencji Naukowo-Technicznej „Zarządzanie Bezpieczeństwem Pracy w Budownictwie”, która odbędzie się we **Wrocławiu 26–27 października 2023 roku**. Organizatorami konferencji są: Katedra Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, Ośrodek Szkolenia Państwowej Inspekcji Pracy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej oraz Katedra Zarządzania w Budownictwie na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej.

www.konferencjabhp2023.pwr.edu.pl



Fot. Grażyna Furmańczyk-Ziemnińska



Globalny zasięg, lokalny partner

keller.com.pl

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna „Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego”

Od 19 do 21 października br. w Kielcach-Cedzynie odbywała się XVII Konferencja Naukowo-Techniczna „Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego” zorganizowana przez Wydział Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej oraz Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział Kielce.

Patronat honorowy nad konferencją objęli: Świętokrzyski Urząd Wojewódzki, Urząd Marszałkowski Województwa Świętokrzyskiego, Prezydent Miasta Kielce, Główny Urząd Nadzoru Budowlanego, Instytut Techniki Budowlanej, Polska Izba Inżynierów Budownictwa, Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa oraz Politechnika Świętokrzyska. Konferencję patronatem objęły już tradycyjnie Okręgowe Izby Inżynierów Budownictwa: Mazowiecka, Małopolska, Śląska i Świętokrzyska oraz w tym roku Warmińsko-Mazurska.

HILTI, DLUBAL, FAMAR, LENSÓ oraz Okręgowe Izby Inżynierów Budownictwa: Małopolska, Mazowiecka, Śląska i Świętokrzyska.

Patronat medialny zapewniły takie uznane czasopisma, jak: „Inżynieria i Budownictwo”, „Przegląd Budowlany”, „Materiały Budowlane”, „Builder”, „Structure and Environment”, „Mosty”, „Magazyn Autostrady”, „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne”, „Nowoczesne Hale”, Drogowo-Mostowy.pl.

Poziom merytoryczny konferencji zapewniony był przez Komitet Naukowo-Programowy, którego przewodniczącym był – po raz pierwszy – prof. Jerzy Hoła.

Uroczyste otwarcie konferencji odbyło się 19 października br. w sali konferencyjnej hotelu Uroczysko w Cedzynie k. Kielc. Konferencję otworzyli przewodniczący Komitetu Organizacyjnego – prof. Wiesław Trąmpczyński i przewodniczący Komitetu Naukowo-Programowego – prof. Jerzy Hoła. Profesor Trąmpczyński przekazując informacje organizacyjne, powitał uczestników i zaproszonych gości, a następnie głos zabrali: prof. Marek Iwański – w imieniu rektora Politechniki Świętokrzyskiej, prof. Maria Kaszyńska – przewodnicząca Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa, dyrektor Instytutu Techniki Budowlanej – Robert Geryło, prof. Kazimierz Furtak – przewodniczący Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk, prof. Jacek Szer – w imieniu przewodniczącego Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa, a także przewodnicząca Świętokrzyskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa – Ewa Skiba. Profesor Hoła w ramach powitania przedstawił cel konferencji, liczbę zamówionych oraz zgłoszonych referatów przewidzianych do wygłoszenia



Fot. Grażyna Furmańczyk-Ziemnińska

Komitet Organizacyjny: prof. Barbara Goszczyńska i prof. Wiesław Trąmpczyński

Organizowana co dwa lata, w formie warsztatów, konferencja stała się ważnym miejscem przekazywania i wymiany informacji, wiedzy i doświadczeń z zakresu szeroko rozumianego rzeczoznawstwa budowlanego. Tradycyjnie konferencja odbywała się w maju, ale ze względu na stan epidemii w roku 2020 została przeniesiona na październik i w rezultacie odbyła się w sposób zdalny. Dążąc do utrzymania regularności jej organizacji, przy zachowaniu zasady nienakładania się terminów z Konferencją „Awaryjne budowlane”, zdecydowano, że również w 2022 roku odbędzie się w październiku. W tegorocznym spotkaniu udział wzięło 135 uczestników, wśród których obecni byli przedstawiciele uczelni wyższych, ośrodków naukowo-badawczych, firm projektowych i wykonawczych, oddziałów Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa oraz Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa, a także indywidualnie rzeczoznawcy. W konferencji wzięli także udział i wygłosili referaty zaproszeni goście z Niemiec (prof. Nolakowski), Włoch (prof. Proverbio) i USA (zdalnie prof. Nowak). Sponsorami, bez których organizacja konferencji jest prawie niemożliwa, między innymi były firmy: PERI POLSKA,



Fot. Grażyna Furmańczyk-Ziemnińska

Zaproszeni goście: dyrektor ITB dr inż. Robert Geryło, prof. Jacek Szer przewodniczący ŁOIB i członek Rady Krajowej PIIB, przewodnicząca PZITB prof. Maria Kaszyńska

Fot. Grażyna Furmańczyk-Ziemieńska



Podziękowania dla prof. Leonarda Runkiewicza składają prof. Jerzy Hoła i prof. Wiesław Trąmpczyński

podczas obrad konferencji. Uroczystość otwarcia konferencji zakończyły szczególne podziękowania:

- dla prof. Leonarda Runkiewicza pełniącego funkcję przewodniczącego Komitetu Naukowo-Programowego 16. Konferencji „Warsztat Pracy Rzeczoznawstwa Budowlanego” przedstawione wraz z rysem sylwetki Profesora, Znakomitego Rzeczoznawcy i Kolegi przez prezesa Fundacji PZITB Wiktora Piwkowskiego,
- dla Roberta Geryło – dyrektora Instytutu Techniki Budowlanej, który niezmiennie przy wszystkich edycjach jest merytorycznym współorganizatorem konferencji.

Z tego tytułu przewodniczący komitetów wręczyli Panu Profesorowi i Dyrektorowi okolicznościowe grawertony.

W ramach podziękowania za 10 lat organizacji konferencji od 2012 roku – pięciu jej kolejnych edycji – dzięki zaangażowaniu prof. Wiesława Trąmpczyńskiego, który w tym roku akademickim obchodzi 50-lecie pracy zawodowej, prof. Zbigniew Rusin przedstawił krótką historię tej konferencji oraz sylwetkę prof. Trąmpczyńskiego na tle jego dokonań dla rozwoju Politechniki Świętokrzyskiej.

Tradycyjnym akcentem artystycznym otwarcia konferencji był piękny koncert w wykonaniu Akademii Młodych Talentów „Małe Skrzypceki – Maria Wieleńska”.

W czasie konferencji przedstawiono 35 referatów przygotowanych na zamówienie u wybitnych specjalistów, a także zgłoszonych przez aktywnych zawodowo rzeczoznawców i firmy specjalistyczne. Wszystkie referaty były recenzowane przez członków Komitetu Naukowo-Programowego.

Referaty zostały wygłoszone w siedmiu tematycznych sesjach, w tym – pięć sesji, podczas których przedstawiono zamówione referaty obejmujące:

- zagadnienia prawne i organizacyjne w działalności rzeczoznawcy,
- oddziaływania na obiekty budowlane,

Dyrektor ITB dr inż. Robert Geryło z okolicznościowym grawertonem



Fot. Grażyna Furmańczyk-Ziemieńska



Wystąpienie prezesa zarządu Fundacji PZITB Wiktora Piwkowskiego

- problemy nośności i trwałości obiektów,
- diagnostykę i utrzymanie obiektów,
- utrzymanie mostów.

W dwóch kolejnych sesjach z zakresu rozwiązywania problemów w budownictwie przedstawiono 11 zgłoszonych referatów obejmujących rozwiązania teoretyczne do zastosowań w praktyce inżynierskiej, przykłady opinii technicznych dotyczących diagnostyki, przebudowy i wzmocnień konstrukcji, a także problem wpływu wyjątkowych oddziaływań klimatycznych na obiekty budowlane i ograniczania ich negatywnych skutków oraz oddziaływań geotechnicznych na sąsiadujące zabudowy. Ostatni referat przedstawiał „ekomiasta” na przykładzie istniejących rozwiązań na świecie i w Polsce, czyli wizję przyszłości i nowych zadań dla rzeczoznawców budowlanych. Wystąpieniom merytorycznym towarzyszyły prezentacje firm – sponsorów konferencji – które na stoiskach prezentowały swoje najciekawsze produkty i nowe rozwiązania.

Po wygłoszonych referatach pierwszej sesji „Zagadnienia prawne i organizacyjne” odbyła się szeroka dyskusja w sprawie potrzeby nowelizacji przepisów prawa budowlanego dotyczących przywrócenia rzeczoznawcom samodzielnej funkcji technicznej w budownictwie.

Dyskusja w zakresie tematyki poruszanej w wygłoszonych referatach była ożywiona także po każdej sesji. Frekwencja uczestników podczas sesji i aktywny ich udział podkreśla wagę i potrzebę organizacji tej konferencji, mimo zmieniających się uwarunkowań prawnych działalności rzeczoznawcy budowlanego. Podczas podsumowania uczestnicy wypowiedzieli się bardzo pozytywnie zarówno pod kątem merytorycznym, jak i organizacyjnym tej XVII Konferencji Naukowo-Technicznej „Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego”.

Na spotkaniu Komitetu Naukowo-Programowego, które odbyło się 20 października br. – biorąc pod uwagę szeroką dyskusję po sesji dotyczącej spraw organizacyjno-prawnych – zapadła decyzja o poparciu wniosku dotyczącego zmian w prawie budowlanym w zakresie przywrócenia rzeczoznawcy samodzielnej funkcji technicznej w budownictwie. Ze względu na terminy konferencji „Krynickiej” oraz „Awarie Budowlane” postanowiono, że następna Konferencja Naukowo-Techniczna „Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego” odbędzie się w maju 2025 roku.

prof. dr hab. inż. Barbara Goszczyńska

Medal pamiątkowy Politechniki Gdańskiej dla Fundacji PZITB

Fundacja PZITB była wydawcą serii czterech albumów poświęconych absolwentom Politechniki Gdańskiej i ich osiągnięciom w różnych dziedzinach nauki. Kolejno w latach 2018–2021 ukazały się publikacje poświęcone architekturze i budownictwu, chemii, mechanice i okrętownictwu oraz elektrotechnice i elektronice. Ostatnią pozycją, niejako podsumowującą poprzedni cykl, która ukazała się w maju ubiegłego roku, była dwutomowa książka zatytułowana „Politechnika Gdańska. Uczelnia i ludzie”.

Ukazanie się tak bogatego cyklu wydawniczego docenił rektor Politechniki Gdańskiej, prof. Krzysztof Wilde, który



wyróżnił „Medalem pamiątkowym Politechniki Gdańskiej” Fundację PZITB jako wydawcę serii albumów oraz Szczepana Gapińskiego, redaktora wszystkich wydań. W imieniu Fundacji nagrodę odebrał Ryszard Trykosko, przewodniczący Rady Fundacji. Uroczystość wręczenia wyróżnienia miała miejsce 7 grudnia 2022 roku, w auli Politechniki Gdańskiej, podczas uroczystego posiedzenia senatu uczelni. Zainteresowanych uprzejmie informujemy, że wymienione pozycje są do nabycia w Warszawie, w siedzibie Fundacji, przy ul. Świętokrzyskiej 14.

Inżynierski networking po katowicku

Coraz silniejsze tempo przemian procesu budowlanego, a także rosnąca specjalizacja powodują, że inżynierowie budownictwa, ale także inwestorzy i wykonawcy potrzebują pewnych źródeł informacji.

20 września 2022 roku, odbyło się wydarzenie, które stanowiło odpowiedź na wymienione problemy.

W Oddziale Katowickim PZITB zorganizowane zostało spotkanie networkingowe, w którym poza członkami oddziału uczestniczyli goście z Oddziału Gliwickiego PZITB, przedstawiciele pozostałych stowarzyszeń zrzeszonych w FSNT NOT, ale przede wszystkim przedstawiciele branż budowlanej z województwa śląskiego.



Uczestnicy spotkania wzięli udział w szkoleniu „Diagnostyka obiektów budowlanych – studium przypadków użycia skaningu laserowego 3D w praktyce”. Szkolenie stanowiło element realizowanego przez oddział katowicki cyklu wykładowo-warsztatowego dotyczącego cyfryzacji procesu budowlanego. Po wysłuchaniu półtoragodzinnej prelekcji, uczestnicy spotkania udali się do części kulturalowej, gdzie mieli okazję wymienić się spostrzeżeniami, a także doświadczeniem.

Liczba uczestników spotkania oraz ich aktywność w obu jego częściach wskazują na istnienie silnej potrzeby integracji środowiska budowlanego, dlatego najbliższe spotkanie z zapoczątkowanego cyklu odbędzie się 21 marca 2023 roku. Wszystkie jego szczegóły będą publikowane na stronie facebookowej oddziału katowickiego.

mgr inż. Michał Bal – PZITB O/Katowice

Zaproszenie



Wydział
Inżynierii Lądowej

POLITECHNIKA WARSZAWSKA



POLSKIE STOWARZYSZENIE MENEDŻERÓW BUDOWNICTWA
POLISH ASSOCIATION OF BUILDING MANAGERS

54. Konferencja INŻYNIERIA PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH (IPB) 2023

Organizator – Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej

Patronat – Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych (IPB) KILIW PAN oraz Polskie Stowarzyszenie Menedżerów Budownictwa (PSMB)

Konferencja odbędzie się w dniach 11 (środa) – 13 (piątek) października 2023.

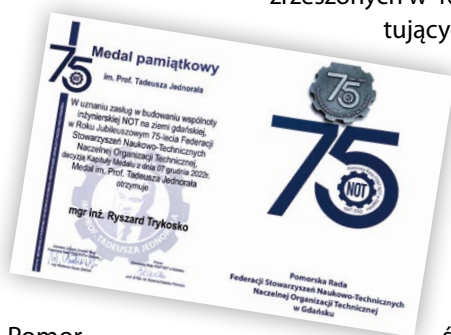
Konferencja 54. raz organizowana pod patronatem Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i – po raz pierwszy – Polskiego Stowarzyszenia Menedżerów Budownictwa, jest miejscem spotkań i wymiany doświadczeń w pracach badawczych tzw. jednostek jednoimiennych, zajmujących się zagadnieniami z zakresu zarządzania, organizacji i technologii robót budowlanych, czyli szeroko pojętej dziedziny inżynierii przedsięwzięć budowlanych (IPB), z włączeniem najnowszych trendów, takich jak Green Deal, Digital Twin, Circular Economy, zarządzanie miękkie, itp.

Kontakt: Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, dr inż. Paweł Nowak, konferencjalPB2023.wil@pw.edu.pl

Więcej informacji na stronie: konferencjalPB2023.il.pw.edu.pl

Wyróżnienie Ryszarda Trykosko – przewodniczącego Rady Fundacji PZITB

W 2022 roku przypadało 75-lecie działalności Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Naczelnej Organizacji Technicznej na Ziemi Gdańskiej. Z tej okazji, 29 grudnia 2022 roku, miało miejsce uroczyste posiedzenie Pomorskiej Rady FSN-T NOT. Gościem honorowym posiedzenia była Ewa Mańkiewicz-Cudny, prezes Zarządu Głównego FSNT NOT, która w swoim okolicznościowym wystąpieniu



przypomniała w zarysie historię NOT, która w sfederalizowanej formule skupia dzisiaj około 120 tysięcy członków, zrzeszonych w 40 branżowych stowarzyszeniach, reprezentujących wszystkie dziedziny techniki. Spotkanie było także okazją do wyróżnienia kilkunastu inżynierów, reprezentujących branżowe stowarzyszenia okolicznościowym Medalem im. prof. Tadeusza Jednorata. Miło nam poinformować, że w gronie wyróżnionych znalazł się Ryszard Trykosko, członek Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa, jednocześnie przewodniczący Rady Fundacji PZITB. Doceniono Jego wkład pracy i zasługi w budowaniu wspólnoty inżynierskiej NOT na ziemi gdańskiej. Serdecznie gratulujemy.

XII Międzynarodowe Zawody Pływackie „Masters” 2022



19 listopada 2022 roku po raz dwunasty na pływalni w Ostrowi Mazowieckiej spotkali się budowlancy na Międzynarodowych Zawodach Pływackich „Masters” o Puchar Przewodniczącego Rady MOIIB. Jak zwykle oprawa zawodów była szczególna, bo też i uczestnicy byli jak zawsze znakomici. To reprezentanci okręgowych izb inżynierów budownictwa, przedstawiciele stowarzyszeń naukowo-technicznych. Wielu z nich uczestniczy w tych zawodach od samego początku, od 2009 roku. Honorowi patroni zawodów to: Marszałek Województwa Mazowieckiego, Prezes Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa, Prezes Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT. Dzięki eTV KELE, która transmitowała zawody on-line, można było na bieżąco kibicować swoim faworytom. Do rywalizacji stanęło 13 drużyn. Wszyscy, w okolicznościowych koszulkach XII zawodów, przy dźwiękach trąbki w defiladowym kroku stanęli do uroczystego otwarcia zawodów przez Romana Lulisa – przewodniczącego rady MOIIB. Sportowe pozdrowienia do zawodników i kibiców skierował Daniel Choinka – zastępca burmistrza Ostrowi Mazowieckiej, Marzanna Łoniewska – kierownik Biura Terenowego MOIIB w Ostrołęce. Otwarcie zawodów uświetnił koncert na trąbce w wykonaniu Janusza



Prószko. Następnie padły wyczekiwane słowa przewodniczącego Romana Lulisa: „Otwieram XII Międzynarodowe Zawody Pływackie ‘Masters’ o Puchar Przewodniczącego Rady MOIIB”. Współzawodnictwo przebiegało w sympatycznej, koleżeńskiej atmosferze. Przed zawodnikami był jeden cel – jak najszybciej dotrzeć do mety i zdobyć cenne punkty w klasyfikacji indywidualnej i drużynowej. Do zawodów zgłosiło się 75 zawodniczek i zawodników. W XII edycji na podium stanęły reprezentacje Podkarpackiej OIIB (328 pkt), Śląskiej OIIB (326 pkt), Wielkopolskiej OIIB (315 pkt). Indywidualnie najwięcej punktów dla swoich drużyn zdobyły panie: Czesława Bella, Katarzyna Czarnocka, Rusłana Dembecka, Sylwia Jarka, Sylwia Karpińska, Marta Matysiak, Magdalena Onopa, Maria Piątkowska, Małgorzata Putowska, Olga Skrzypczak, Maria Świerczyńska oraz panowie: Tomasz Ambroziak, Piotr Anisiewicz, Sebastian Bartoś, Sebastian Bielski, Jacek Kudła, Mirosław Matusik, Filip Piotrowski, Włodzimierz Przytułski, Janusz Pudlis, Paweł Siemieniowski, Radosław Silski, Marcin Stryczyński, Jarosław Suchora, Andrzej Sypniewski, Rafał Szyszkowski, Sławomir Teżyk, Grzegorz Zalewski.

Tym razem Puchar Przewodniczącego Rady MOIIB reprezentacja Podkarpackiej OIIB zawiozła do Rzeszowa. Gratulujemy!

Po zawodach, w smacznej i kolorowej oprawie odbyło się spotkanie koleżeńskie. Tym razem zawody miały charakter bardziej krajowy, ale mamy nadzieję, że niebawem powróci charakter międzynarodowy. Do zobaczenia za rok.

Marzanna Łoniewska
Kierownik Biura Terenowego MOIIB w Ostrołęce

Budowa Terminalu 3, Port Lotniczy Frankfurt

Znajdujący się na południowym krańcu lotniska we Frankfurcie Terminal 3 o futurystycznym wyglądzie jest obecnie jednym z największych projektów infrastrukturalnych w Europie. Po zakończeniu budowy w 2024 roku trzy nowe bramki będą mogły obsługiwać nawet 19 milionów podróży rocznie. PERI wspierało firmę Max Bögl przy budowie platformy jezdnej, która w przyszłości zapewni pasażerom bezpośredni dostęp do poziomu odlotów Terminalu 3.

Platforma jezdna o długości 550 m i szerokości 27 m oraz łącznej powierzchni pomostu 15 300 m² jest podparta 70 słupami w kształcie litery V na wysokości ponad 10 m i łączy obie rampy wjazdowe i wyjazdowe z terminalem. Inżynierowie PERI zaprojektowali dla tego kompleksowego projektu budowlanego zindywidualizowane deskowanie przejezdne na bazie zestawu inżynierskiego VARIOKIT i zestawu rusztowań PERI UP. Miał on 40 m długości, 25 m szerokości i do 12 m wysokości, a ważył nieco poniżej 500 ton. Proces projektowania deskowania przebiegał w całości w systemie 3D.

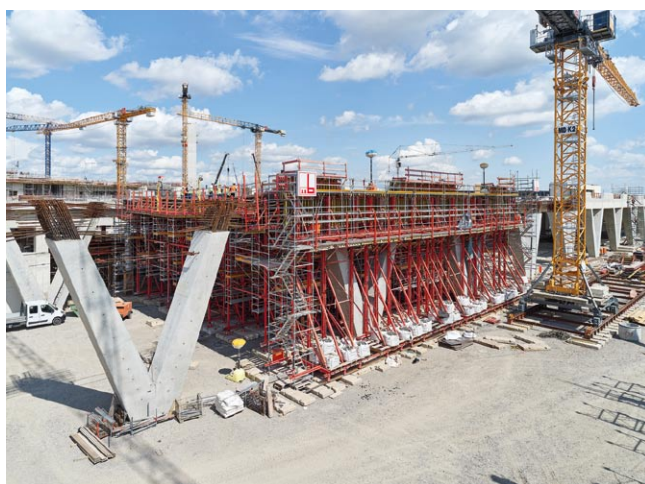
Hydraulicznie opuszczany, osobno przestawiany

Dzięki zintegrowanemu układowi hydraulicznemu całe deskowanie można było po zabetonowaniu i osiągnięciu dojrzałości betonu opuścić o 2,20 m w celu przestawienia i ustawienia na kolejną fazę betonowania. Kompletna konstrukcja deskowania przejezdnego PERI, umieszczonego pomiędzy słupami w kształcie litery V, składała się z sześciu pojedynczych oddzielnie pracujących wózków, dla umożliwienia przestawienia całego urządzenia na kolejną sekcję betonowania. Na zewnątrz słupów w kształcie litery V znajdowały się dwa kolejne zespoły urządzeń przejezdnych, które miały po 40 m długości i mogły być przemieszczane jako jeden element. Dla przemieszczania w kierunku wzdłużnym i poprzecznym PERI opracowało specjalny hydrauliczny mechanizm krocący, który można

było szybko, łatwo i ręcznie transportować pomiędzy poszczególnymi zespołami.

Dźwigary – kolejne wyzwanie

Szczególne wyzwanie stanowiło także deskowanie dźwigarów skośnych i V-kształtnych słupów platformy jezdnej. W tym przypadku konieczne było zadeskowanie i zabetonowanie dźwigarów odrębnie od urządzenia przejezdnego – i to na bardzo ograniczonej powierzchni. Ze względu



Powierzchnia pomostu jest wsparta na 70 słupach w kształcie litery V na wysokości ponad 10 m



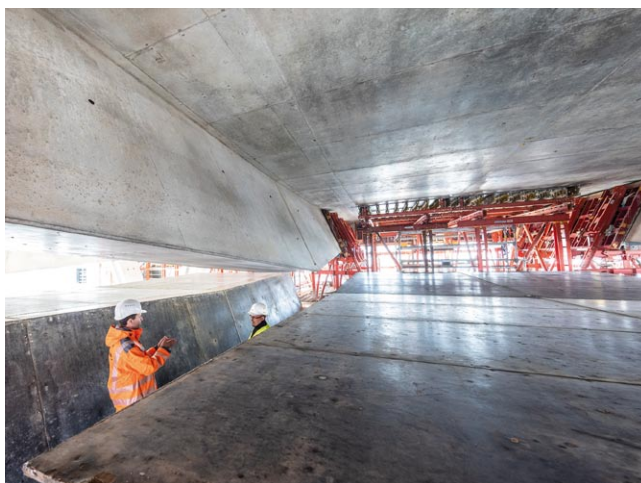
Firma PERI wspomogła budowę platformy jezdnej, dostarczając rozwiązanie w formie urządzenia przejezdnego



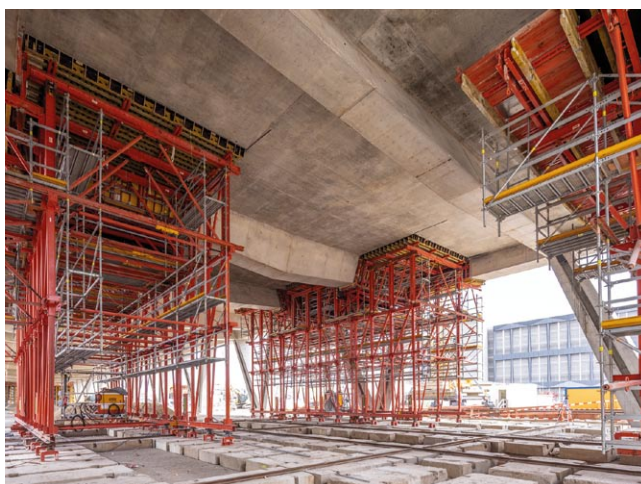
Platformy robocze zostały wykonane przy użyciu zestawu rusztowań PERI UP



Zintegrowany układ hydrauliczny



Deskowanie skośnych i V-kształtnych dźwigarów platformy jezdnej



Połączone dwa systemy modułowe VARIOKIT i PERI UP



Urządzenie przejezdne skróciło czas budowy platformy jezdnej

na mniejszą wysokość konstrukcyjną od gabarytu deskowania dźwigarkowego udało się to zrealizować za pomocą urządzenia z mechanizmem składającym oraz deskowania panelowego MAXIMO. Umożliwiło to również uzyskanie pożądanej klasy betonu architektonicznego SB2. Deskowanie było obsługiwane z platformy PERI UP umieszczonej w przestrzeni wewnętrznej wózka szalunkowego. W celu spełnienia wszelkich wymogów bezpieczeństwa pracy wszystkie punkty dostępu i platformy robocze w urządzeniu przejezdnym zostały wykonane przy użyciu zestawu rusztowań PERI UP.

Szybszy i bezpieczniejszy proces dzięki doskonałej dokumentacji

Dokumentacja urządzenia przejezdnego była głównym obszarem zainteresowania całej kadry inżynierskiej. Oprócz sprawdzalnych obliczeń konstrukcyjnych, które obejmowały ponad 1500 stron stworzono częściowo cyfrową instrukcję obsługi z niezależnym oznaczeniem CE. Skanując kody QR, można było odtworzyć krótkie nagrania wideo, które szczegółowo wyjaśniały poszczególne etapy pracy.

Betonowanie pierwszego 36-metrowego odcinka trwało ponad 16 godzin. Wszystkie deformacje mieściły się w zakresie wymaganych tolerancji. Aby zakończyć projekt, należało wykonać łącznie 14 etapów budowy. Ważące prawie 500 ton urządzenie przejezdne PERI zapewniło cykl rotacji w ciągu zaledwie jednego tygodnia – o prawie dwa tygodnie szybciej dla jednego odcinka betonowania niż pierwotnie planowano.

Wykonawca: Max Bögl Group, Frankfurt, Niemcy
Obsługa w terenie: Centrum Kompetencji PERI
w Norymberdze, Weissenhorn
Zdjęcia: PERI SE

Nad SOHO 16 zawisła wiecha



SOHO 16 to kolejne budynki mieszkalne w koncepcji SOHO by Yareal, które Unibep SA buduje wzdłuż ul. Żupniczej na warszawskim Kamionku. Całość zaprojektowana zgodnie z ideą 15-Minute City ma pełnić rolę tętniącego życiem lokalnego centrum. Projekt cechuje bogactwo i różnorodność materiałów wykończeniowych, dbałość o szczegóły oraz wysoka jakość, która jest znakiem rozpoznawalnym dewelopera.

Tradycyjna budowlana wiecha zawisła na inwestycji SOHO 16 31 stycznia 2023 r. W uroczystości wzięli udział przedstawiciele inwestora – Yareal Polska, m.in. wiceprezes zarządu Jacek Zengteler i project manager Kinga Wiśniewska-Marczuk. Obecni byli również inspektorzy nadzoru z firmy MJL oraz zespół projektowy z pracowni HRA Architekci. Generalnego wykonawcę, firmę Unibep SA, reprezentowali wiceprezes zarządu Krzysztof Mikołajczyk i dyrektor rynku Dariusz Turowski oraz kadra budowy.

Kolejny etap SOHO by Yareal to cztery budynki mieszkalne, każdy zaprojektowany w nieco innym standardzie. Budynek B wyposażony jest w 5 klatek oraz ma od 9 do 7 pięter. Następny – dwuklatkowy budynek C ma 9 kondygnacji. Między budynkami B i C zostały wzniesione dwa niższe, jednoklatkowe



Michał Babkiewicz, kierownik budowy Unibep SA

budynki – D i K – z 6 poziomami. Są to obiekty o podwyższonym standardzie, oferujące większe apartamenty.

W czterech budynkach powstanie w sumie 296 mieszkań, a łączna powierzchnia użytkowa wyniesie 17 tys. m².

– Przez wiele lat działalności Unibep wypracował sobie solidną pozycję wykonawcy – lidera wśród firm budujących dla deweloperów mieszkaniowych. Dziś możemy pochwalić się portfolio ponad 36 tys. wybudowanych mieszkań, których znacząca część to lokale premium i o podwyższonym standardzie – powiedział podczas uroczystości Krzysztof Mikołajczyk, wiceprezes zarządu Unibep SA oraz dyrektor budownictwa. – Dziękujemy Yareal Polska za długoletnią partnerską współpracę, wyrozumiałość oraz merytoryczne zaangażowanie i wsparcie naszej kadry budowy na każdym etapie realizacji projektów – dodał.

Ważne są detale i różnorodność wykończenia

Duże osiedla mieszkaniowe, składające się z kilku budynków, zazwyczaj definiuje identyczny styl i materiał wykończeniowy. Projekt SOHO 16 wyłamuje się temu trendowi, kusząc przyszłych lokatorów bogatą różnorodnością elewacji, balustrad zewnętrznych, okien, przegród balkonowych, tarasów, płytek podłogowych i ściennych oraz wielu innych elementów stanowiących nie tylko o atrakcyjności wizualnej obiektu, ale również o jego jakości.

– Etapem, obok którego nie można przejść obojętnie, spoglądając na plany budowy SOHO 16, są prace wykończeniowe,



Krzysztof Mikołajczyk, wiceprezes zarządu Unibep SA, dyrektor budownictwa



Jacek Zengteler, wiceprezes zarządu Yareal Polska



Kadra budowy Unibep SA uczestnicząca w budowie SOHO 16 wraz z przedstawicielami Yareal Polska

a dokładniej różnorodność materiałów zastosowanych w budynkach – mówi Michał Babkiewicz, kierownik budowy Unibep SA. – Takie rozwiązanie to rzadkość wśród deweloperów. Jednak Yareal słynie ze swojego przywiązania do detali i jakości. Nam pozostaje cieszyć się, że deweloperzy wybierają Unibep generalnym wykonawcą ambitnych projektów mieszkaniowych – dodał.

Dużym wyzwaniem przy realizacji projektów bogatych w detale jest z pewnością proces pozyskania podwykonawców z referencjami, którzy sprostatą oczekiwaniom inwestora.

– Istotną część czasu procesu budowlanego SOHO 16 zajmuje wyszukanie i pozyskanie z rynku sprawnych oraz rzetelnych dostawców, którzy na czas dostarczą nam jakościowy materiał, a z drugiej strony podwykonawców, którzy precyzyjnie odwzorują zamysł inwestora – wyjaśnia kierownik budowy.

– Następnie należy pogrupować wszystkie materiały i odpowiednio je zakontraktować. A to również jest niemałym wyzwaniem w planowaniu prac budowlanych, zwłaszcza w sytuacji, kiedy wspomniane materiały są tak bardzo zróżnicowane – dodaje.

Inwestycja w duchu 15-Minute City

SOHO by Yareal budowane jest zgodnie z ideą 15-Minute City. Koncepcja ta została opisana jako „powrót do lokalnego stylu życia”. Jest to układ przestrzeni miejskiej, pozwalający ludziom na dostęp do miejsc codziennego użytku, takich jak sklepy, punkty usługowe, placówki medyczne i edukacyjne w ciągu 15 minut drogi pieszo lub rowerem od ich miejsca zamieszkania, bez konieczności podróżowania samochodem lub komunikacją miejską.

W inwestycji SOHO znajdzie się kilkadziesiąt lokali na wynajem, zapewniających dostęp do usług, handlu i rozrywki, a także duża przestrzeń dla restauracji, barów i kawiarni w specjalnie dla nich dostosowanej hali gastronomicznej. Wszystkie budynki mieszkalne powstające w ramach SOHO skupione będą wzdłuż 300-metrowego parku linearnego. Zielony teren zajmie ponad hektar powierzchni – powstanie na bazie 17 tysięcy roślin, w tym ponad 100 drzew.

SOHO 18 budową roku 2021!

Warto wspomnieć, że sąsiadujący z SOHO 16 dziewięcikonkondygnacyjny budynek mieszkalny SOHO 18 został nagrodzony statuetką I stopnia w konkursie „Budowa Roku 2021”. Konkurs jest organizowany corocznie przez PZITB przy współdziałaniu Ministerstwa Budownictwa oraz Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego. Jego celem jest wyłonienie obiektów budowlanych, na których osiągnięto wyróżniające się wyniki realizacyjne.

Generalnym wykonawcą inwestycji SOHO 18 była również firma Unibep.



SOHO 16, Warszawa



SOHO 18, Warszawa

Kolejny etap inwestycji SOHO by Yareal

27 stycznia 2023 roku Unibep SA podpisała kolejną umowę z Yareal Polska na realizację III etapu inwestycji SOHO przy ul. Mińskiej w Warszawie. Inwestycja będzie obejmować realizację 2 budynków mieszkalnych wielorodzinnych o wysokości od 5 do 6 kondygnacji nadziemnych ze wspólnym garażem podziemnym na 175 miejsc postojowych. W budynkach znajdzie się łącznie 146 mieszkań i 12 lokali usługowych. Zakończenie realizacji jest planowane na IV kwartał 2024 roku.

Budimex zakończył prace na gazociągu Goleniów – Ciecierzycy jednym z odcinków Baltic Pipe

Budimex zakończył prace przy budowie gazociągu, który wchodzi w skład realizowanego przez GAZ-SYSTEM projektu Baltic Pipe. To najdłuższy, bo mierzący blisko 122 km, lądowy odcinek gazowej magistrali, która umożliwi dostawę do Polski gazu ze złóż norweskich.

– To dla nas bardzo ważny kontrakt, zarówno ze względu na skalę, byliśmy bowiem odpowiedzialni za wykonanie najdłuższego lądowego odcinka Baltic Pipe, jak i konieczność zapewnienia najwyższej jakości gazociągu. Jednocześnie udało nam się, mimo trudnej sytuacji na rynku materiałów budowlanych i odpływowi ukraińskich pracowników, utrzymać wysokie tempo prac. Realizowany przez GAZ-SYSTEM projekt Baltic Pipe to strategiczny element infrastruktury naszego kraju, który wzmocni bezpieczeństwo energetyczne państwa. Tym bardziej cieszy nas, że jako największa polska spółka budowlana mogliśmy brać w nim udział – mówi Artur Popko, prezes zarządu Budimex S.A., generalnego wykonawcy odcinka.

Technologia Direct Pipe łączy elementy technologii mikrotunelowania oraz horyzontalnych przewierć sterowanych (HDD). Urabianie gruntu odbywa się poprzez obrót tarczy wiertniczej zainstalowanej w głowicy mikrotunelowej znajdującej się z przodu instalowanej rury. Zwiercony urobek transportowany jest na powierzchnię terenu do systemu separacji, gdzie jest oddzielany od cyrkulującej płuczki wiertniczej zatłaczanej ponownie do głowicy urabiającej. Specjalna prasa pchająca Pipe Thruster wciska w grunt wcześniej przygotowany rurociąg.

Wiercenie rozpoczęło na przełomie listopada i grudnia 2021 roku, poprzedzone zostało pracami przygotowawczymi, tj. budową placów i dróg, komory startowej z dwoma stanowiskami dla kotwienia stacji pchających. W celu prowadzenia prac zgromadzono niezbędne materiały płuczki, paliwa oraz części zamienne. Prace były prowadzone w cyklu 24 godzin na dobę, siedem dni w tygodniu, nad pracami wiertniczymi czuwał personel wiertniczy wspierany specjalistycznymi serwisami, których zadaniem było między innymi utrzymywanie optymalnych właściwości reologicznych płuczki wiertniczej.

Zastosowane przez Budimex technologie pozwalają na mało inwazyjne przekraczanie trudnych geologicznie lub

urbanizacyjnie terenów, są więc najbardziej przyjazne dla środowiska i przyspieszają realizację prac. Przewiert pod Wartą w najniższym punkcie położony jest na głębokości aż 40 m. Na pozostałych fragmentach gazociąg został ułożony na głębokości minimum 1,2 m w odpowiednio przygotowanym wykopie na niektórych odcinkach zabezpieczonym ściankami szczelnymi ze względu na panujące warunki geologiczne. Rurociągowi towarzyszy także odpowiednia infrastruktura i obiekty technologiczne.

– Oprócz samego rurociągu, o długości blisko 122 km, połączonego za pomocą ok. 8 tys. spoin, zrealizowaliśmy także

cztery obiekty technologiczne: rozbudowę Tłoczni Gazu Goleniów o zespół śluzy nadawczej tłoka oraz budowę zespołów zaporowo-upustowych w Kolonii Kiczarowo, Przywodziu oraz Buszowie – mówi Szczepan Konopczak, kierownik kontraktu z firmy Budimex. Zakres 122-kilometrowej inwestycji realizowanej przez Budimex obejmuje między innymi:

- budowę części liniowej gazociągu o średnicy DN1000 MOP 8,4 MPa na odcinku od tłoczni Goleniów do stacji śluz Ciecierzycy;
- przebudowę Tłoczni Gazu Goleniów obejmującą: Goleniów-Płoty, DN 500 MOP 6,3MPa Odolanów-Police, DN700 MOP 8,4MPa Szczecin-Lwówek;
- budowę liniowego zespołu zaporowo-upustowego ZZU Kolonia-Kiczarowo z układami obejściowymi;

- budowę liniowych zespołów zaporowo-upustowych, ZZU Przywodzie i ZZU Buszów wraz z układami obejściowymi wyposażonymi w kolektory umożliwiające podłączanie nowych stacji/odbiorców, przyłączami energetycznymi, instalacją AKPiA i telemetrii oraz pozostałą infrastrukturą;
- budowę systemu czynnej ochrony antykorozyjnej gazociągu;
- nagazowanie i uruchomienie gazociągu.



Więcej informacji jest dostępnych na www.budimex.pl

ArCADia-TERMOCAD Audyt 9

Program w wersji ArCADia-TERMOCAD Audyt przeznaczony jest do wykonywania audytów energetycznych i remontowych. Ma również możliwość opracowania audytu efektywności energetycznej, umożliwiając uwzględnienie w opracowaniu m.in. wymianę opraw oświetleniowych lub źródeł światła oraz wymianę sprzętu i urządzeń elektrycznych celem obniżenia zużycia energii przez budynek. Na podstawie wykonanego audytu istnieje możliwość opracowania audytu powykonawczego.

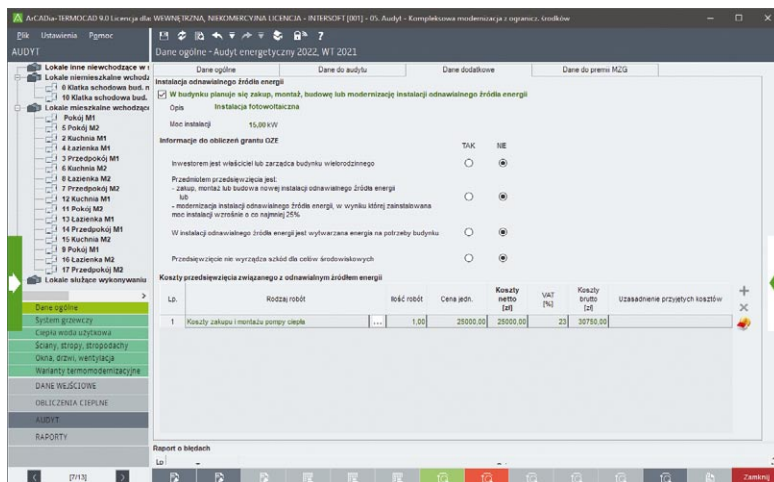
Nowa wersja programu obejmuje zmianę sposobu naliczania premii termomodernizacyjnej oraz remontowej wynikającej z ustawy z dnia 29 września 2022 r. o zmianie niektórych ustaw wspierających poprawę warunków mieszkaniowych, a także nowy wzór kart audytu energetycznego i remontowego zgodny z wydanym do tej ustawy rozporządzeniem MRiT z dnia 15 grudnia 2022r., wchodzącym w życie 29.12.2022 r.

Aktualizacja uwzględnia:

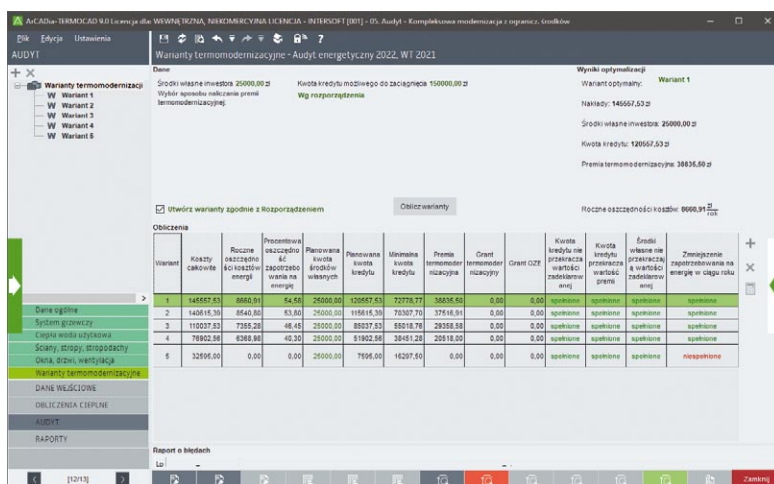
- zmianę wysokości premii termomodernizacyjnej oraz remontowej,
- grant termomodernizacyjny,
- grant OZE,
- premię MZG oraz grant MZG dla budynków należących do mieszkaniowego zasobu gmin,
- nowy wzór karty audytu.

Efekt obliczeń jest raport z kartą audytu zestawiający ze sobą dane dla budynku przed modernizacją i po niej dla wybranego wariantu optymalnego.

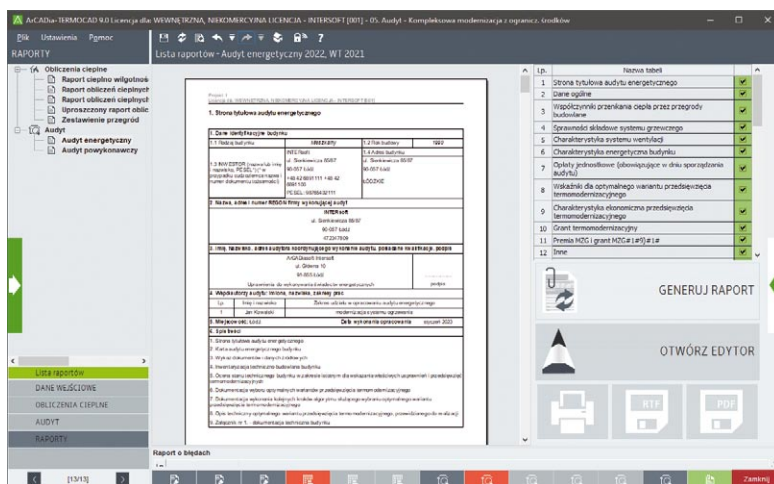
Modelowanie bryły budynku umożliwia zaimplementowany do programu w pełni funkcjonalny edytor graficzny TERMOCADIA, który umożliwia import rysunków w formacie DWG oraz import i eksport projektów systemu ArCADia BIM. Dzięki temu rozwiązaniu oprogramowanie do obliczeń energetycznych budynków jest jeszcze lepiej zintegrowane z naszym systemem projektowania ArCADia BIM, którego celem jest jak najlepsze wspieranie projektantów w pracy zgodnie z założeniami BIM (Building Information Modeling).



ArCADia-TERMOCAD Audyt – dane ogólne



ArCADia-TERMOCAD Audyt – warianty termomodernizacyjne



ArCADia-TERMOCAD Audyt – raport dla audytu energetycznego

Zebranie Sekcji Inżynierii Przedsiębiorstw Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk w Ciechanowie

Ostatnie zebranie Sekcji Inżynierii Przedsiębiorstw Budowlanych w roku 2022 odbyło się 10 listopada w Ciechanowie w siedzibie firmy Metaltech.



Otwarcie zebrania przez prof. Elżbietę Radziszewską-Zieliną

Zebranie składało się z dwóch części. W pierwszej części prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina – przewodnicząca Sekcji Inżynierii Przedsiębiorstw Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk powitała uczestników otwartego zebrania Sekcji w głównej siedzibie grupy METALTECH-PIASECKI w Ciechanowie oraz podziękowała panom prezesom mgr. inż. Pawłowi Piaseckiemu i mgr. Rafałowi Piaseckiemu za zaproszenie, udostępnienie sali na zebranie Sekcji oraz możliwość zobaczenia zakładów produkcyjnych. Podziękowała również członkowi Sekcji IPB, mgr. inż. Michałowi Wrzoskowi – prezesowi Peri Polska za pomoc w zorganizowaniu zebrania.

Następnie uczestnicy posiedzenia przyjęli porządek obrad oraz protokół z ostatniego zebrania.

Jako kolejny zabrał głos mgr inż. Aleksander Niski, dyrektor techniczny firmy Metaltech, który przedstawił jej historię. Metaltech jest firmą rodzinną, która powstała w 1981 roku, posiada cztery zakłady produkcyjne: dwa główne w Ciechanowie i dwa mniejsze w Płońsku oraz Czosnowie. Produkcja jest mocno zdywersyfikowana, od dużych konstrukcji budowlanych, m.in. hal stalowych, poprzez elementy średnie oraz nieduże, w tym precyzyjne urządzenia. Przedsiębiorstwo produkuje dla wielu specjalistycznych branż, nie tylko budowlanej, również motoryzacyjnej, odbioru odpadów, medycznej i wielu innych. Metaltech posiada jedną z najnowocześniejszych cynkowni ogniowych i wysokotemperaturowych w Polsce i Europie. Więcej o przedsiębiorstwie i jego działalności można było dowiedzieć się podczas zwiedzania zakładów produkcyjnych.

Następnie profesor Elżbieta Radziszewska-Zielina poprosiła o wystąpienie prezesa Michała Wrzoska, który jako szef PERI Polska od lat współpracuje z Metaltechem, produkującym elementy specjalistyczne również na potrzeby firmy PERI.

Obecnie produkowane są elementy wykorzystywane przy budowie tunelu drogowo-kolejowego pod Bałtykiem, łączącego Danię i Niemcy – Tunel Fehmarnbelt. Jest to najdłuższy dotychczas realizowany tunel w tej technologii – 18 km. Wcześniej zostały zrealizowane dwa krótsze: 3,5 km w ramach przeprawy Dania-Szwecja, w ramach przeprawy Oersund oraz 6 km w ramach przeprawy Hongkong-Macao. Na wszystkie te inwestycje technologię dostarczało PERI, podobnie jak teraz – dla Fehmarnbelt. W projekt w dużej mierze jest zaangażowane PERI Polska.



Prezentacja Aleksandra Niskiego o firmie Metaltech



Piotr Borucki z PERI omówił technologię budowy tuneli zatapianych

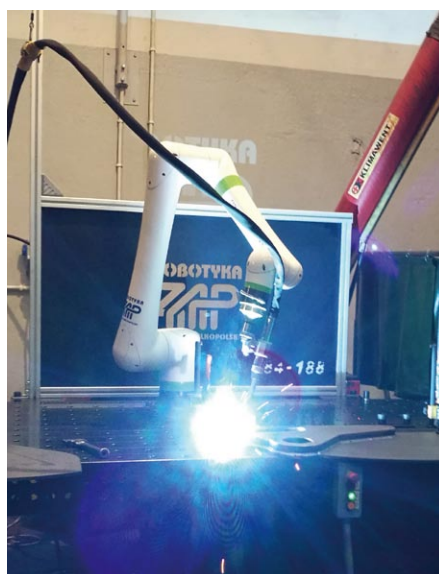


Część uczestników podczas zwiedzania



Cynkowanie ogniowe elementów

Michał Wrzosek oddał głos mgr. inż. Piotrowi Boruckiemu – głównemu technologowi w PERI Polska, który przedstawił bardzo ciekawą prezentację na temat technologii budowy tuneli zatapiających na przykładzie tuneli: Oresund, Hongkong-Macao oraz Fehmarnbelt. Tunel Fehmarnbelt ma sięgać 40 m w głąb Bałtyku i połączyć Danię z Niemcami. Tunel będzie miał 18 km długości, zostanie ułożony z zatopionych na dnie Morza Bałtyckiego prefabrykowanych segmentów i połączy brzegi cieśniny między niemiecką wyspą Fehmarn a duńską wyspą Lolland, aby usprawnić transport pomiędzy Danią a Niemcami. Czas podróży ma się skrócić do 7 minut pociągiem lub 10 minut samochodem, z 45 minut przeprawy promem jak obecne. Na budowę



Cobot do spawania seryjnego małogabarytowych elementów

drogowo-kolejowego tunelu składają się dwie dwupasmowe jezdnie i dwa tory kolejowe. Budowa ruszyła w 2020 r. Tunel będzie się składał z 89 masywnych betonowych sekcji, każda z sekcji będzie miała 217 m długości, 42 m szerokości i 9 m



Elementy wykonane dla PERI na budowę tunelu Fehmarnbelt

wysokości, a ich waga wyniesie 73 tys. ton. Sekcje będą transportowane specjalnymi barkami. Budowa tunelu jest jednym z największych europejskich projektów infrastrukturalnych, a jej budżet wynosi ponad 7 mld euro. Obiekt ma zostać oddany do użytku w 2029 r.

Przedstawione prezentacje były bardzo interesujące i wywołały ożywioną dyskusję wśród Członków i Sympatyków Sekcji IPB.

Podsumowując tę część zebrania, przewodnicząca Sekcji IPB KILiW PAN podziękowała wszystkim prelegentom, a następnie przedstawiła najważniejsze informacje na temat działalności Sekcji, aktualnych wydarzeń, w tym konferencji pod patronatem Sekcji oraz aktywności publikacyjnej członków, wydania numeru specjalnego PB oraz monografii Sekcji IPB KILiW PAN,

podziękowała również sponsorom tych wydań.

Następnie odbyła się druga część zebrania, ubrani w kamizelki i kaski, podzieleni na dwie grupy, uczestnicy zebrania udali się na zwiedzanie Zakładu Mechanicznego i Cynkowni Ogniowej – oba zakłady znajdują się w Ciechanowie w niedalekiej odległości. Uczestnicy mieli możliwość zobaczenia produkcji elementów do budowy tunelu Fehmarnbelt. Zwrócono uwagę na wytwarzane elementy, malowane na kolor czerwony dla firmy PERI. Po prawie 2 godzinach zwiedzania zakładów wszyscy uczestnicy zostali zaproszeni na obiad do hotelu Atena. Zebranie Sekcji udało się znakomicie, uczestnicy byli pod dużym wrażeniem możliwości technicznych i organizacyjnych firmy Metaltech.

prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina
mgr inż. Grażyna Furmańczyk-Ziemska

Link do filmu o technologii budowy tunelu:
<https://www.youtube.com/watch?v=zf7C5DiEVpA>
METALTECH: <https://www.metaltech.pl/>

Numer styczniowo-lutowy „Przeglądu Budowlanego” prezentuje artykuły przygotowane przez członków i sympatyków Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Autorom bardzo dziękujemy za przygotowanie artykułów. Dziękujemy serdecznie za pozyskanie artykułów i pomoc prof. dr hab. inż. Elżbiecie Radziszewskiej-Zielinie – przewodniczącej Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych KILiW PAN oraz prof. dr. hab. inż. Kazimierzowi Furtakowi – przewodniczącemu Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN za merytoryczne wsparcie. Dziękujemy członkom KILiW PAN mgr. inż. Dariuszowi Blocherowi z Budimex S.A. i mgr. inż. Michałowi Wrzaskowi z PERI Polska Sp. z o.o. oraz mgr. inż. Mirosławowi Boryczce Przewodniczącemu Rady Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa za dofinansowanie druku tego numeru.

Redakcja

Sekcja Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN powstała w 1952 roku. Nazwa Sekcji w kolejnych latach ewoluowała począwszy od Organizacji i Mechanizacji Robót/Budowy poprzez Organizację i Ekonomikę Budownictwa; Mechanizację, Organizację i Ekonomikę Budownictwa; Organizację i Zarządzanie w Budownictwie aż po aktualną nazwę Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych, ustaloną ostatecznie w 2007 roku. Rozszerzał się też zakres problematyki badawczej Sekcji, wynikający z rozwoju nauki, techniki i potrzeb społecznych. Pierwszym przewodniczącym Sekcji został w 1952 roku prof. Aleksander Dyżewski, a od 1975 roku przyznawana jest Nagroda PZITB imienia prof. Aleksandra Dyżewskiego za wybitne osiągnięcia naukowe i praktyczne z zakresu inżynierii przedsięwzięć inwestycyjnych i procesów budowlanych. Działalność Sekcji jest zgodna z celami i zadaniami Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, jak również założenia programowe Sekcji są zgodne z założeniami KILiW PAN. W nawiązaniu do Jubileuszu 70-Lecia KILiW PAN (24.05.2022, Międzyzdroje), 28 września 2022 r. w Kołobrzegu, podczas cyklicznej konferencji IPB, Sekcja IPB uroczystie obchodziła swój Jubileusz 70-lecia. Prezentację na temat historii Sekcji, sylwetki dotychczasowych przewodniczących Sekcji, rozwoju specjalizacji Sekcji, działalności Sekcji, programu – przedstawiły prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina i prof. dr hab. inż. Anna Sobotka. Prezentacja znajduje się na stronie Sekcji http://sipb.pk.edu.pl/Dokumenty/jubileusz_28_09_2022.pdf.



Zarządzanie ryzykiem w przedsięwzięciach budowlanych na gruncie prawnym i naukowym

Risk management in construction projects-legal and scientific terms

prof. dr hab. inż. Dariusz Skorupka (ORCID:0000-0002-6347-6562), mgr inż. Dominika Dudziak-Gajowiak (ORCID: 0000-0001-6898-7241), Politechnika Wrocławska, dr inż. Artur Duchaczek (ORCID: 0000-0002-6263-5322), dr Agnieszka Bekisz (ORCID: 0000-0002-6386-6579), Akademia Wojsk Lądowych, dr inż. Magdalena Kowacka (ORCID: 0000-0002-3553-9853), Stowarzyszenie WIOSNA

DOI 10.5604/01.3001.0016.2685

Streszczenie: W artykule poruszono problematykę zmienności warunków realizacji przedsięwzięcia budowlanego. W związku z tym, że zmiana warunków jest czymś naturalnym i permanentnym, warto zastanowić się nad jej prognozą. Przy czym interesuje nas nie tyle sama prognoza, co negatywne skutki występowania zmian. Aby im zapobiec, należy próbować je przewidywać i być przygotowanym do ich minimalizacji, a nawet całkowitej neutralizacji. Temu właśnie służą procedury i metody przedstawione przez autorów artykułu. Autorzy w swoich analizach opierali się na gruncie prawnym, przedstawionym w normie i ustawie oraz na badaniach własnych, których efektem było opracowanie autorskiej metody analizy ryzyka.

Słowa kluczowe: ryzyko, budownictwo, procesy budowlane.

Abstract: The article raises the variability of the conditions for the implementation of the construction project. Due to the fact that changing the conditions is something natural and permanent, it is worth considering its forecast. At the same time, we are interested not so much by the forecast itself but the negative effects of changes. To prevent them, they should be predicted and be prepared to minimize them and even complete neutralization. And this is what the procedures methods presented by the authors of the article is for. In their analyses, the authors based their analyzes on the legal grounds presented in the standard and the Act, as well as on their own research, which resulted in the development of a proprietary risk analysis method.

Keywords: risk, construction, construction processes.

1. Wprowadzenie

Metody zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwach budowlanych są szeroko stosowane na światowym rynku. Nie są to metody doskonałe, ale w większości dające pewne wyobrażenie o problemie zakłóceń budowlanych. Wyzwanie przy ich opracowywaniu polega przede wszystkim na trudności modelowania niepewności i ryzyka jako zjawiska, w tym w przedsiębiorstwach budowlanych. Oprócz problemów czysto naukowych zasadniczym wyzwaniem pozostaje kwestia użyteczna, ponieważ kierownicy budów, inwestorzy często bardziej ufają swojej intuicji niż proponowanym metodom spełniającym rolę systemów wspomagania decyzji. Jednak przy dużych inwestycjach wykorzystuje się coraz częściej metody oparte na algorytmach umożliwiających identyfikację, kwantyfikację i analizę wpływu czynników ryzyka na realizację przedsięwzięcia budowlanego. Przykład takiej autorskiej metody (*Method of Construction Risk Assessment – MOCRA II*) do kompleksowej analizy ryzyka w przedsiębiorstwach budowlanych opisano w artykule [1–4].

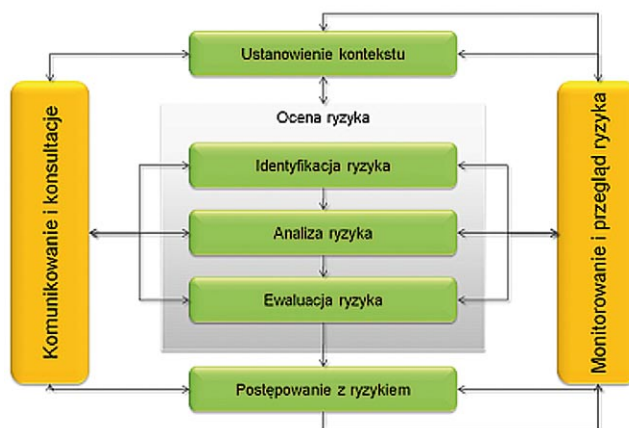
2. Podstawy formalnoprawne procedury zarządzania ryzykiem

2.1. Założenia wstępne

Problematyka dotycząca zarządzania ryzykiem, w tym także w przedsiębiorstwach budowlanych, ma swoją genezę w latach osiemdziesiątych poprzedniego wieku. Jak każdy nowy obszar naukowy zarządzanie ryzykiem miało swoich propagatorów i oponentów. Odpowiedzią na niekończącą się dyskusję, naturalną dla środowiska naukowego, ale jednocześnie udowadniającą pewną potrzebę usystematyzowania zagadnień związanych z ryzykiem było opracowanie norm oraz ustaw regulujących kwestie prawne w tym obszarze. W związku z tym od kilkunastu lat problematyka zarządzania ryzykiem przestała być tylko przedmiotem debat na konferencjach naukowych, a stała się także wymogiem prawnym szczególnie rygorystycznie przestrzegającym w sektorze finansów publicznych. Główne założenia przedstawione w normach i aktach prawnych zostały opisane w pierwszym rozdziale artykułu.

2.2. Zarządzanie ryzykiem według normy PN-EN ISO 31000

Według normy [5], „struktura ramowa zarządzania ryzykiem, to zestaw elementów zawierających podstawy i ustalenia organizacyjne w zakresie projektowania, wdrażania, monitorowania, dokonywania przeglądów i ciągłego doskonalenia zarządzania ryzykiem w całej organizacji”. Zarządzanie ryzykiem dotyczy całej organizacji, na wielu jej obszarach i poziomach, w każdym czasie, jak również wobec określonych funkcji. Odnosząc się do schematu (rys. 1), zgodnie z wytycznymi w [5, 6] sugeruje się, aby komunikacja z interesariuszami dotyczyła wszystkich etapów procesu zarządzania ryzykiem. Komunikacja powinna być zaplanowana i dobrze



Rys. 1. Proces zarządzania ryzykiem wg ISO 31000 [5, 6]

zorganizowana, co umożliwi efektywność i spójność zarządzania ryzykiem w całej organizacji.

Kolejnym elementem przedstawionym w modelu ideograficznym na rysunku 1 jest ustalanie kontekstu. Zakłada on konieczność zbadania zewnętrznych i wewnętrznych więzi, a także ich wpływu na samo ryzyko i proces zarządzania ryzykiem. Określając kontekst zarządzania ryzykiem, należy uwzględnić cele organizacji, zakres podejmowanych działań, a także przyjętą metodę oceny ryzyka [5, 6]. Opisywana norma [5, 6] sprowadza ocenę ryzyka do trzech elementów: identyfikacji ryzyka, analizy ryzyka oraz ewaluacji ryzyka. Podczas identyfikacji ryzyka zaleca się, aby były identyfikowane źródła ryzyka, obszar wpływów, zdarzenia ich przyczyny i potencjalne następstwa [5, 6]. Celem tego etapu jest stworzenie listy ryzyk opartej na tych zdarzeniach, które mogą tworzyć, stymulować, zapobiegać, przeszkadzać, przyspieszać lub opóźniać osiągnięcie celów [5, 6]. Identyfikacja ryzyka jest bardzo istotna z punktu widzenia poprawności oceny. Nieuwzględnione, nawet bardzo istotne czynniki ryzyka nie zostaną wzięte pod uwagę w przyszłych analizach. Zakłada się, że analiza ryzyka jest wykonywana na różnych poziomach szczegółowości w zależności od celu analizy oraz dostępnych informacji. Analiza może być jakościowa, ilościowa lub może być kombinacją powyższych w zależności od okoliczności [5, 6]. Z kolei celem ewaluacji ryzyka jest badanie i poprawa skuteczności procedur zarządzania ryzykiem na podstawie wyników analizy ryzyka. Na podstawie ewaluacji ryzyka możemy określić strategię postępowania z ryzykiem. Do strategii postępowania z ryzykiem możemy zaliczyć: podjęcie lub zwiększenie ryzyka w celu wykorzystania szansy, usunięcie źródła ryzyka, zmiana prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka, zmiana konsekwencji, dzielenie ryzyka z inną stroną lub stronami (łącznie z umowami i finansowaniem ryzyka), utrzymanie ryzyka na podstawie świadomej decyzji [5, 6].

Bardzo istotnym elementem w procesie zarządzania ryzykiem jest także zagadnienie monitorowania ryzyka. Powinno ono obejmować dobrze zaplanowane, regularne weryfikacje oraz nadzory. Istotną rzeczą wydaje się tutaj

jasne określenie osoby odpowiedzialnej za prowadzenie tego działania [5, 6].

Zgodnie z założeniem normy [5, 6] prawidłowe wdrożenie procedur zarządzania ryzykiem powinno wpłynąć na zwiększenie skuteczności osiąganych celów także poprzez wsparcie proaktywnego zarządzania. Ponadto powinno zwiększyć świadomość potencjalnych zagrożeń czy możliwości minimalizacji ich wpływu na realizowane przedsięwzięcie jak również zwiększyć świadomość prawną.

2.3. Identyfikacja ryzyka na podstawie Ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych

Wymieniona ustawa obejmuje przedsiębiorstwa i instytucje w pełni lub częściowo finansowane z budżetu państwa. W obszarze budownictwa dotyczy zatem państwowych firm budowlanych, ale także wszystkich kierowników komórek organizacyjnych odpowiedzialnych za inwestycje budowlane finansowane ze środków publicznych. W Komunikacie Ministra Finansów z dnia 6 grudnia 2012 r., odnoszącym się do Ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych przedstawiono szczegółowe wytyczne dla sektora finansów publicznych w zakresie planowania i zarządzania ryzykiem. Sprawa jest na tyle istotna, że formalizuje i zakreśla ramy prawne wszystkim podmiotom finansowanym w ramach sektora finansów publicznych. W komunikacie, który odnosi się do ustawy wymienionej w tytule rozdziału zapisano: „Niniejsze wytyczne uzupełniają zapisy Standardów kontroli zarządczej dla jednostek sektora finansów publicznych (Komunikat Nr 23 Ministra Finansów z dnia 16 grudnia 2009 r. w sprawie standardów kontroli zarządczej dla sektora finansów publicznych, Dz. Urz. Min. Fin. Nr 15, poz. 84), dalej Standardy, w zakresie planowania działalności oraz zarządzania ryzykiem” [8]. W cytowanym komunikacie zarządzanie ryzykiem definiuje się jako element kontroli zarządczej. Precyzuje się także następujące kwestie: „Kierownicy jednostek organizacyjnych oraz kierownicy jednostek w dziale administracji rządowej powinni otrzymać jasny komunikat ze strony odpowiedniego kierownika oraz ministra kierującego działem, że w jednostkach powinny funkcjonować adekwatne, skuteczne i efektywne systemy zarządzania ryzykiem. Należy podkreślić, że realny sens wdrożenia systemów zarządzania ryzykiem występuje, gdy w jednostkach dokonywana jest rzetelna identyfikacja i ocena ryzyka, a informacje z systemu zarządzania ryzykiem są wykorzystywane w codziennym zarządzaniu daną jednostką” [8]. Zgodnie z przyjętymi zapisami wymienionych aktów prawnych identyfikację czynników ryzyka wykonuje

się nie rzadziej niż raz w roku w odniesieniu do celów i zadań. Jeśli wystąpi zmiana warunków, w których funkcjonuje organizacja, należy dokonać ponownej identyfikacji czynników ryzyka [8].

Zgodnie z założeniami przedstawionymi w wymienionym akcie prawnym ryzyko występuje na wszystkich szczeblach organizacji (kierownik jednostki, kierownictwo średniego szczebla, pracownicy), dlatego też identyfikacja źródeł ryzyka również powinna być przeprowadzana na wszystkich poziomach jednostki [8]. Jeśli chodzi o źródła ryzyka to mogą one być wewnętrzne oraz występować w otoczeniu jednostki organizacyjnej. Identyfikując ryzyka należy wziąć pod uwagę wszystkie ryzyka, niezależnie od miejsca/źródła ich powstania [8]. Przykłady czynników zewnętrznych i wewnętrznych: czynniki zewnętrzne (zmieniające się oczekiwania lub potrzeby obywateli, zmiany przepisów prawa, zagrożenia naturalne, zmiany gospodarcze, zmiany gospodarcze, naciski na jednostkę z zewnątrz, zmiany technologiczne), czynniki wewnętrzne (charakter wykonywanej działalności, kultura organizacji, dostępne środki finansowe, plany i strategie, komunikacja, systemy informatyczne, liczba pracowników i ich kwalifikacje, odpowiedzialność i postawa kierownictwa, liczba, rodzaj i wielkość dokonywanych operacji finansowych, przetwarzanie informacji) [8].

W opisywanym akcie prawnym określa się także, jako bardzo istotny, sposób opisywania ryzyka. Bardzo ważną zasadą w opisie ryzyka jest podanie jego przyczyn i skutków, ponieważ ma to zasadnicze znaczenie w ustaleniu wiarygodnego poziomu istotności ryzyka. W dalszej części analizy ma to również wpływ na określenie procedury postępowania z ryzykiem [8].

Zgodnie z zapisami przedstawionymi w opisywanych aktach prawnych istnieje kilka technik identyfikacji ryzyka. Jako przykłady tych technik wymienia się: listy potencjalnych zdarzeń budowlanych na podstawie doświadczeń, moderowane warsztaty i wywiady, analiza rzeczywistych procesów oraz burzę mózgów [8].

		SKUTEK				
		Bardzo niski	Niski	Średni	Wysoki	Bardzo wysoki
		1	2	3	4	5
PRAWDOPODOBIEŃSTWO	Prawie pewne	5	Ś	W	K	K
	Prawdopodobne	4	Ś	W	K	K
	Możliwe	3	N	Ś	W	K
	Mało prawdopodobne	2	N	Ś	Ś	W
	Rzadkie	1	N	N	Ś	W

Poziom ryzyka	Opis działania
Niski (N)	Poziom ryzyka akceptowany – działania podejmowane w zależności od wymaganych nakładów
Średni (Ś)	Poziom ryzyka nieakceptowany – działanie może zostać przesunięte w czasie, ale wymaga okresowego monitorowania
Wysoki (W)	Poziom ryzyka nieakceptowany – działanie może zostać przesunięte w czasie, ale wymaga stałego monitorowania
Krytyczny (K)	Poziom ryzyka nietolerowany – wymaga natychmiastowego działania

Rys. 2. Przykład macierzy ryzyka [9]

Ważną rolę w próbie opisu ryzyka odgrywają uczestnicy procesu identyfikacji ryzyka. Do uczestników procesu identyfikacji ryzyka zalicza się kierownictwo najwyższego szczebla, kierownictwo średniego szczebla, wybranych pracowników oraz audytu [8].

2.4. Analiza ryzyka na bazie Ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych

Kolejnym elementem procesu zarządzania ryzykiem po dokonaniu jego identyfikacji jest analiza ryzyka. Jej celem jest kwantyfikacja ryzyka, czyli nadanie czynnikom ryzyka wartości wymiernych. Kwantyfikacja ryzyka może sprowadzać się do określenia prawdopodobieństwa wystąpienia danego czynnika ryzyka oraz jego wpływu na przedsięwzięcie. Ponadto istotną rzeczą jest określenie tzw. akceptowalnego poziomu ryzyka. Głównym celem analizy ryzyka jest określenie tzw. istotności ryzyka poprzez określenie prawdopodobieństwa wystąpienia danego ryzyka i możliwych jego skutków. Najbardziej popularnym kwantyfikatorem oceny ryzyka jest iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka z oceną jego skutków. Po skwantyfikowaniu ryzyka określamy jego akceptowany poziom. Poziom ryzyka, który jest akceptowalny, zależy od indywidualnych założeń, doświadczenia, a także w jakimś stopniu odwagi kadry kierowniczej. Ta analiza sprowadza się w praktyce do odpowiedzi na pytanie: co jesteśmy w stanie poświęcić żeby osiągnąć cel? Decyzja dotycząca poziomu ryzyka, który jest do zaakceptowania powinna być podana do wiadomości wszystkich uczestników organizacji zainteresowanych osiągnięciem celu [7, 8]. Zgodnie z wytycznymi opisywanych aktów prawnych akceptowany poziom ryzyka może być wyrażony: przy użyciu tych samych lub podobnych kryteriów, które są wykorzystywane w analizie ryzyka, czyli przy użyciu stopnia prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka i jego skutków [7, 8]. Rzetelne i wiarygodne opisanie poszczególnych czynników ryzyka umożliwia wskazanie poziomu ryzyka akceptowanego dla wszystkich uczestników przedsięwzięcia. Ponadto zakłada się, że różne jednostki organizacyjne realizujące podobne zadania mogą akceptować ryzyka na różnym poziomie. Może to wynikać z różnego podejścia do ryzyka kadry kierowniczej. W celu poprawy przejrzystości analizy ryzyka stosuje się jej wizualizację w postaci graficznej kwantyfikacji ryzyka. Wykorzystuje się w tym celu mapy ryzyka lub macierze ryzyka (rys. 2).

Opisywane akty prawne są bardzo rozbudowane i przewidziane do kompleksowych analiz ryzyka, dlatego będą przedmiotem dalszych wnikliwych analiz pod kątem ich wykorzystania w budownictwie. Wyniki przeprowadzonych analiz zostaną przedstawione w kolejnych artykułach.

3. Metoda MOCRA II

3.1. Założenia metody

MOCRA – II (*Method of Construction Risk Assessment – II*) to metoda przewidziana do kompleksowej analizy ryzyka

przedsięwzięć budowlanych. Jest metodą uniwersalną i można ją wykorzystać do analizy każdego rodzaju obiektu budowlanego. Metoda MOCRA-II powstała na bazie metody MOCRA, która była pierwszą wersją umożliwiającą identyfikację ryzyka, jego kwantyfikację oraz mitygację i alokację w harmonogramach awaryjnych. Zasadniczą zmianą różniącą obie metody jest zastosowanie w metodzie MOCRA II bardziej wyrafinowanej identyfikacji i specyfikacji czynników ryzyka, którą oparto na BIG DATA [4].

W odróżnieniu od innych metod MOCRA II umożliwia alokację ryzyka w planach rzeczowo-finansowych. Fakt ten zasadniczo podnosi walor użyteczny metody i daje możliwość analizy zmian parametrów procesu budowlanego. Tymi parametrami zazwyczaj jest czas i koszt realizacji obiektu budowlanego. Alokacja czynników ryzyka może dotyczyć poszczególnych zadań przewidzianych do realizacji na budowie. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość precyzyjnego odniesienia potencjalnych zakłóceń w poszczególnych etapach przedsięwzięcia budowlanego, a następnie określenia wpływu czynników ryzyka na cały proces budowlany [4].

Metoda jest bardzo rozbudowana i w związku z tym jej elementy będą przedmiotem analizy w kolejnych artykułach.

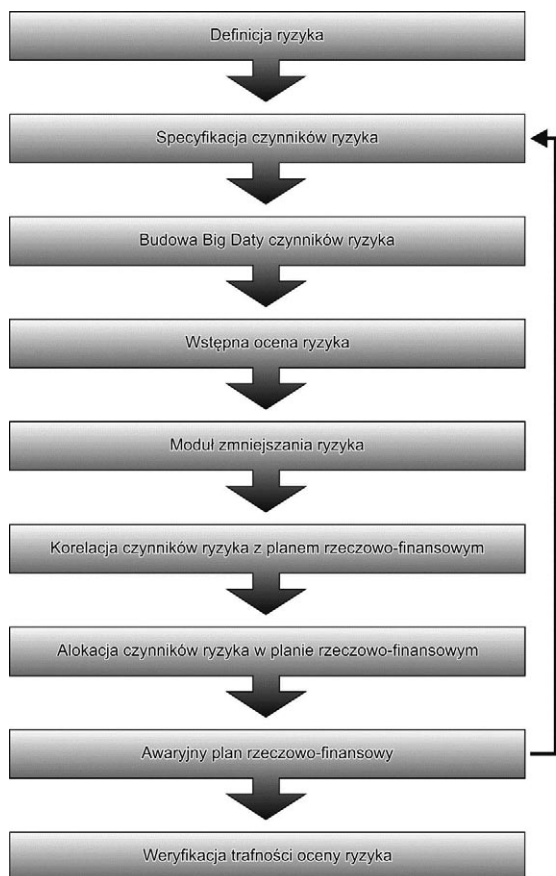
3.2. Model ideowy metody

Pierwszym elementem procedury zaproponowanej w metodzie jest określenie obszaru analizy poprzez zdefiniowanie pojęcia ryzyka. Jest to w jakimś stopniu analogia do elementu związanego z ustaleniem kontekstu przedstawionego w normie PN-EN ISO 31000. Należy jednak zaznaczyć, że pierwsza wersja metody MOCRA została opublikowana przed rokiem 2009, a zatem przed publikacją wymienionej normy. Wracając do sedna opisu jasne zdefiniowanie pojęcia ryzyka jest bardzo istotne, ponieważ stanowi fundament dalszej analizy [4].

Kolejny element metody, zaznaczony na modelu ideowym (rys. 3), to specyfikacja czynników ryzyka. Ogrywa ona zasadniczą rolę w efektywnej ocenie ryzyka, ponieważ brak precyzji podczas tego etapu analizy może doprowadzić do pominięcia istotnych, a czasami nawet krytycznych czynników ryzyka. Taka sytuacja może doprowadzić do dużych błędów analizy ryzyka faktycznie podważających jej sens.

Jak wspomniano wcześniej, w metodzie MOCRA II proponuje się budowanie własnej Big Daty, w której gromadzone są informacje oparte na doświadczeniach danego wykonawcy, czyli specyfikacji czynników ryzyka, które wystąpiły w przeszłości podczas realizacji przedsięwzięć budowlanych. Takie podejście podnosi w sposób zdecydowany walor użyteczny metody m.in. poprzez umożliwienie skutecznej i precyzyjnej jej ewaluacji [4].

Kolejnym etapem analizy po specyfikacji czynników ryzyka jest kwantyfikacja i ocena ryzyka, która obejmuje: wstępną ocenę ryzyka, moduł zmniejszania ryzyka, korelację czynników ryzyka z planem rzeczowo-finansowym, alokację czynników ryzyka w planie rzeczowo-finansowym, budowę



Rys. 3. Schemat ideowy metody MOCRA II [4]

awaryjnych planów rzeczowo-finansowych oraz weryfikację trafności oceny ryzyka [4].

Metoda umożliwi ponowną ocenę i dopasowanie czynników ryzyka do konkretnych zadań w harmonogramie realizacji budowy. Następnie po tej operacji realizowany jest transfer zmniejszonego ryzyka, do harmonogramu rzeczowo-finansowego danego przedsięwzięcia budowlanego. Na bazie tych informacji opracowywane są warianty harmonogramów awaryjnych [4]. Harmonogramy awaryjne ze względu na swój bardzo duży walor użyteczny będą tematem osobnego artykułu.

Po zakończeniu budowy dokonuje się oceny trafności przeprowadzonej analizy ryzyka, czyli poddaje się ocenie trafność przeprowadzonych prognoz. W ocenie uwzględnia się identyfikację czynników ryzyka, czyli poprawność ich zestawienia, ponadto – precyzję kwantyfikacji ryzyka oraz jego alokacji w harmonogramach. Do analizy wykorzystuje się specjalnie

Rys. 4. Fragment zestawienia kosztów realizowanego obiektu [4]

Lp.	Nazwa	Robocizna	Materiały	Sprzet	Kp.	Kz.	Z
1	Roboty ziemne	29945,60	0,00	31456,60	46051,65	0,00	12894,46
2	Fundamenty, słup-hala	75364,26	22232,46	68912,60	108207,65	666,97	30298,14
3	Fundamenty - budynek administracyjny	19862,00	1507,86	2500,00	16771,50	45,24	4696,02
4	Izolacje	67901,20	34185,00	6100,30	55501,13	1025,55	15540,32
5	Stropy prefabrykowane - hala	6984,30	119934,63	9983,20	12725,63	3598,04	3563,18
6	Ściany, stropy, słupy-budynek administracyjny	95326,14	135880,10	13962,31	81966,34	4076,40	22950,57
7	Schody	6321,50	7348,83	2240,10	6421,20	220,46	1797,94

opracowane współczynniki trafności oceny ryzyka dla kryterium czasu i kosztu [4].

Metoda przeznaczona jest do analizy ryzyka przez wykonawcę przedsięwzięcia budowlanego. To założenie jest zasadnicze, ponieważ determinuje specyfikację czynników ryzyka. Zdarza się stosunkowo często w literaturze przedmiotu, że obszary inwestora i wykonawcy budowlanego są ze sobą utożsamiane. Takie podejście prowadzi do bardzo dużych błędów prowadzonych analiz.

4. Przykład wykorzystania metody

4.1. Założenia wstępne i identyfikacja czynników ryzyka

Analizowane zadanie inwestycyjne to budowa hali produkcyjnej z częścią administracyjno-socjalną w miejscowości Busko-Zdrój. Wykonawcą obiektu jest firma B (ochrona danych). Przedsiębiorstwo funkcjonuje od kilkudziesięciu lat na rynku budowlanym i zajmuje się głównie budownictwem kubaturowym. Fragment zestawienia kosztów, tabelę elementów scalonych przedstawiono na rysunku 4.

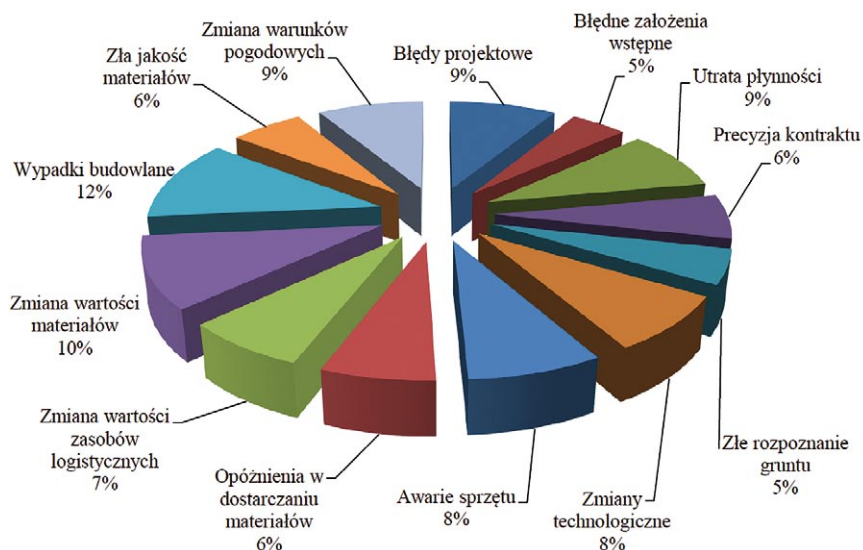
W związku z tym, że rozmiar pełnej analizy wykonanej na podstawie metody MOCRA II zajmuje około 70 stron, w artykule zaprezentowano jedynie wybrane fragmenty prowadzonej analizy. Na poziomie przedsięwzięcia budowlanego wyróżniono 13 czynników ryzyka dotyczących danego przedsięwzięcia. W tym przypadku tych czynników jest 13:

$$A_K^{rp} = \{a_{K1}^{rp}, a_{K1'}^{rp}, a_{K2}^{rp}, \dots, a_{K13}^{rp}\}. \quad (1)$$

W dalszej części analizy następuje fizyczny opis zmiennych. Poniżej dokonano specyfikacji następujących czynników ryzyka:

- a_{K1}^{rp} – błędy projektowe,
- a_{K2}^{rp} – błędne założenia wstępne do projektu,
- a_{K3}^{rp} – utrata płynności,
- a_{K4}^{rp} – precyzja umowy,
- a_{K5}^{rp} – błędne rozpoznanie gruntu,
- a_{K6}^{rp} – zmiany technologiczne,
- a_{K7}^{rp} – awarie sprzętu,
- a_{K8}^{rp} – opóźnienia w dostawach zasobów,
- a_{K9}^{rp} – zmiana cen zasobów energetycznych,

Rys. 5. Hierarchiczna ocena czynników ryzyka (koszt) na poziomie przedsięwzięcia budowlanego [4]



a_{k10}^{rp} – zmiana cen materiałów budowlanych,

a_{k11}^{rp} – wypadki budowlane,

a_{k12}^{rp} – zła jakość materiałów,

a_{k13}^{rp} – zmiana warunków pogodowych.

Z wykonanej analizy (jej szczegółów nie ma w artykule) suma wartości liczbowych wag dla tego poziomu jest równa:

$$\sum_{i=1}^{13} w_i^{rp} = 0,088 + 0,046 + \dots + 0,087 = 1 \quad (2)$$

Podobnie jak na innych poziomach do ustalenia hierarchii czynników ryzyka wykorzystano metodę AHP oraz program komputerowy AHP-DS. Szczegółów tej analizy także nie ma w treści artykułu.

Po ustaleniu wartości liczbowych wag obliczono ryzyko dla poszczególnych czynników ryzyka. Działanie opisano na przykładzie czynnika 2:

$$R_2^p = p(a_2^p) \times (c_2^p) = 0,08 \times 100 = 8\% \quad (3)$$

Następnie obliczono ryzyko dla poszczególnych czynników z poziomu projektu budowlanego będących w relacji z poziomem otoczenia dalszego lub bliższego:

$$R_{\psi_1}^{rp_k} = \Psi_1^{rp_k} \sum_{i=1}^{11} R_i^{rk} W_i^{rk} = \Psi_1^{rp_k} S^{rk} = 54,3\% \quad (4)$$

Szczegóły przedstawionej analizy można znaleźć w monografii [4] oraz w innych publikacjach autorów tego artykułu.

4.2. Wizualizacja hierarchii czynników ryzyka

Wizualizację zależności hierarchicznych poszczególnych czynników ryzyka dla kryterium kosztu na poziomie przedsięwzięcia budowlanego przedstawiono na rysunku 5.

Zwieńczeniem analizy jest alokacja skwantyfikowanego i zmitygowanego ryzyka w harmonogramach budowlanych i opracowywania tzw. harmonogramów awaryjnych lub planów kontyngencji. Treści dotyczące tych analiz zostaną przedstawione w dalszej części badań.

5. Podsumowanie

Obszar zarządzania ryzykiem w przedsięwzięciach budowlanych pozostaje przez cały czas tematem dyskusyjnym, a jednocześnie uciążliwym. W prowadzonych badaniach poszukiwana jest metoda, która sprosta niełatwym wyzwaniom

analizy ryzyka w branży budowlanej. Próba odpowiedzi na te wyzwania jest m.in. opisana metoda. Autorska metoda MO-CRA II jest przewidziana do kompleksowej analizy ryzyka obejmującej, jak to opisano wcześniej, identyfikację, kwantyfikację ryzyka oraz możliwość jego mitygacji i alokacji w harmonogramie budowlanym. Takie harmonogramy nazywamy harmonogramami awaryjnymi. Mają one wiele zalet także uciążliwych i w związku z tym będą przedmiotem dalszych analiz. Istotną kwestią, z punktu widzenia autorów stają się nowe uwarunkowania prawne związane z procedurą zarządzania ryzykiem oraz kulturą organizacyjną, która wywiera coraz większą presję na wykonawców dotyczącą potrzeby wdrażania szeroko rozumianej analizy ryzyka. Przedstawiony artykuł stanowi wstęp do złożonej, ale istotnej analizy, jaką jest identyfikacja i kwantyfikacja ryzyka. Problemy dotyczące analizy ryzyka, czy szeroko rozumianego zarządzania ryzykiem są bardzo rozległe i wymagają rozbudowanych analiz i przykładów, dlatego będą przez autorów opisywane w osobnych artykułach.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Skorupka D., Metoda oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć inżyniersko-budowlanych, Zeszyty Naukowe WSOWL 3, 145 (2007), str. 79–88
- [2] Duchaczek A., Skorupka D., The optimisation of the selection of means of transport for the implementation of chosen construction projects, KSCE Journal of Civil Engineering (2018), DOI: <https://doi.org/10.1007/s12205-017-0280-z>.
- [3] Duchaczek A., Skorupka D., A Risk Assessment Method of Bridge Facilities Damage in the Aspect of Potential Terrorist Attacks, Periodica Polytechnica Civil Engineering 60(2)2016, str. 189–198
- [4] Skorupka D., Innovations in Construction Projects, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2019
- [5] PN-EN ISO/IEC 31010:2009: Zarządzanie ryzykiem – Metody szacowania ryzyka (Risk management, Risk assessment techniques)
- [6] PN- N ISO 31000:2018: – Zarządzanie ryzykiem – zasady i wytyczne (Risk management, Principles and guidelines)
- [7] Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych
- [8] <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzienniki-resortowe/szczegolowe-wytyczne-dla-sektora-finansow-publicznych-w-zakresie-34712595>
- [9] Poradnik GIODO, Jak stosować podejście oparte na ryzyku, str. 23, kwiecień, 2018

Analiza ryzyka kosztu realizacji przedsięwzięcia budowlanego w aspekcie zmiany przepisów regulujących zakres dokumentacji projektowej

Risk analysis of the cost of the construction project in the aspect of changing the regulations governing the scope of project documentation

dr inż. Jan Kowalski (ORCID: 0000-0002-8944-311X), dr inż. Marzena Lendo-Siwicka (ORCID: 0000-0003-3457-2464), dr inż. Grzegorz Wrzesiński (ORCID: 0000-0001-7715-3927), dr inż. Katarzyna Pawluk (ORCID: 0000-0002-6632-832X), Instytut Inżynierii Lądowej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

DOI 10.5604/01.3001.0016.2686

Streszczenie: W Polsce w ostatnich latach znacznie wzrosła dynamika podejmowanych i planowanych inwestycji związanych z realizacją podziemnych sieci sanitarnych. Wiele z tych inwestycji jest realizowana z pomocą dofinansowania z UE. Warto zadbać, aby środki te były zużywane możliwie najefektywniej. Jednym z ważnych etapów osiągnięcia tego celu jest właściwe przygotowanie tych inwestycji. Istotnym elementem jest zatem szczegółowa analiza dokumentów kontraktowych oraz zmian, jakie zachodzą w kontekście nowelizacji podstawowych aktów prawnych, jak np. nowelizacja ustawy Prawo budowlane i Rozporządzenie Ministra Rozwoju w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego. W artykule zaprezentowano analizę zagrożeń, jakie mogą wystąpić w trakcie planowania oraz realizacji przedsięwzięć budowlanych, pozyskiwanych w ramach zamówień publicznych.

Słowa kluczowe: projekt budowlany, projekt techniczny, prawo budowlane, zagrożenia.

Abstract: In Poland, the dynamics of undertaken and planned investments related to the implementation of underground sewer lines has significantly increased in recent years. Many of these investments are implemented with the help of EU funding. It is worth ensuring that these resources are used as efficiently as possible. One of the important steps in achieving this goal is the proper preparation of these investments. An important element is therefore a detailed analysis of contract documents and changes that occur in the context of the amendment of basic legal acts, such as the amendment to the Construction Law Act and the Regulation of the Minister of Development on the detailed scope and form of the construction project. The article presents an analysis of threats that may occur during the planning and implementation of public contracts projects.

Keywords: construction design, technical design, construction law, threats.

1. Wprowadzenie

Realizacja inwestycji budowlanych obarczona jest wieloma rodzajami zagrożeń. Niektóre z nich można zidentyfikować na etapie procedury przetargowej, kolejne zaś dopiero po szczegółowej i obszernej kwerendzie dokumentacji kontraktowej, w tym technicznej. Zazwyczaj identyfikacja tych zagrożeń spoczywa na wykonawcach, którzy planują pozyskać nowe zlecenie np. w ramach Ustawy zamówień publicznych.

Realizacja nowych kontraktów może być wykonana przez wykonawców według różnych form ich zatrudnienia [1–4]. Natomiast prace projektowe i/lub realizacyjne w terenie muszą bezwzględnie być skorelowane z polskimi aktami prawnymi np. z ustawą Prawo budowlane [5].

W celu ułatwienia wykonawcom oraz inwestorom identyfikacji formalnych zagrożeń już na etapie procedury przetargowej

autorzy w artykule przedstawiają indywidualną analizę dokumentacji przetargowej w zakresie nowelizacji aktów prawnych. Pod rozwagę brana była nowelizacja Rozporządzenia Ministra Rozwoju w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego.

Jak wiadomo, nowelizacja Rozporządzenia Ministra Rozwoju w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U., poz. 1609) obowiązuje od 19 września 2020 r. [6]. Zastępuje Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r., w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2018, poz. 1935) [7]. Nowelizacja wprowadza kilka zmian w zakresie formy i zakresu tzw. dokumentacji technicznej. A mianowicie pojawił się nowy składowy element w postaci projektu technicznego, który nie jest wymagany na etapie pozyskiwania decyzji pozwolenia

na budowę, a musi być koniecznie opracowany przed rozpoczęciem prac w terenie. Projekt techniczny przekazywany jest również organowi nadzoru budowlanego na etapie składania wniosku o wydanie decyzji o pozwoleniu na użytkowanie lub zawiadomienia o zakończeniu robót. Ostatecznie więc projekt ten będzie weryfikowany pod kątem jego zgodności z poprzednimi częściami projektu budowlanego dopiero na etapie procedury uzyskania pozwolenia na użytkowanie. Nie oznacza to jednak, że inwestor będzie mógł zwlekać z jego sporządzeniem do samego końca prac budowlanych – zgodnie bowiem z art. 42 ust. 1 pkt 4 znowelizowanego Prawa budowlanego [8], przed rozpoczęciem robót do obowiązków inwestora należy przekazanie kierownikowi budowy projektu budowlanego wraz z projektem technicznym. Są również wyjątki od potrzeby opracowania projektu technicznego. Projektu tego nie trzeba sporządzać w przypadku budowy lub przebudowy urządzeń budowlanych oraz podziemnych sieci uzbrojenia terenu, jeżeli całość problematyki może być przedstawiona w projekcie zagospodarowania działki lub terenu (nowe brzmienie art. 34 ust. 3b ustawy Prawo budowlane) oraz oczywiście wtedy, kiedy wykonywane są roboty niewymagające ani zgłoszenia, ani pozwolenia na budowę. W pozostałych przypadkach projekt techniczny powinien zawierać dokładne wyniki rozwiązań konstrukcyjnych obiektu wraz z wynikami obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, charakterystyki energetycznej, projektowanych niezbędnych rozwiązań technicznych i materiałowych oraz w zależności od potrzeb – dokumentacji geologiczno-inżynierskiej lub geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych. Zgodnie z art. 42.1., ustawy Prawo budowlane [8] wymóg opracowania projektu technicznego dotyczy m.in. inwestycji związanych z budową sieci wodociągowych, kanalizacyjnych, ciepłych oraz gazowych o ciśnieniu roboczym nie wyższym niż 0,5 MPa. Tym samym dokument ten staje się wiodącym technicznym materiałem procedury przetargowej, szczególnie w zakresie opracowania przez potencjalnego wykonawcę oferty przetargowej.

Dodatkowo nowelizacja zmieniła formę oraz liczbę załączników do wniosku o pozwolenie na budowę. Zmian jest bardzo dużo, ale na potrzeby niniejszych analiz autorzy skupiają się na wybranych zmianach w projekcie budowlanym. Według nowelizacji zatwierdzeniu podlegają 3 egzemplarze projektu zagospodarowania działki lub terenu oraz projektu architektoniczno-budowlanego (przed zmianą zatwierdzane były 4 egzemplarze). Kolejną przykładową różnicą pomiędzy „nowym” [6] a „starym” [7] rozporządzeniem jest zmiana, gdzie: opinie, uzgodnienia, pozwolenia i inne dokumenty, o których mowa w art. 33 ust. 2 ustawy Prawo budowlane [8] oraz w zależności od potrzeb nie są załącznikiem do Planu zagospodarowania terenu, Projektu architektoniczno-budowlanego czy Projektu technicznego. Jest to odrębny element projektu budowlanego.

Dla inwestycji, które są finansowane ze środków publicznych, jednym z dokumentów, na podstawie którego jest możliwość ustalenia wartości zamówienia na roboty budowlane, jest kosztorys inwestorski (art. 34.1 pkt. 1 PZP) [5]. Biorąc pod uwagę Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego... [9], dokumentem, który stanowi podstawę do sporządzania kosztorysu inwestorskiego, jest projekt budowlany (art. 3.1 ww. rozporządzenia). W skład projektu budowlanego powinien wejść projekt zagospodarowania działki lub terenu sporządzony na aktualnej mapie do celów projektowych, projekt architektoniczno-budowlany oraz przedmiotowy projekt techniczny. Projekt techniczny powinien zawierać informacje dotyczące niezbędnych rozwiązań technicznych i materiałowych, które są konieczne do prawidłowego wykonania kosztorysu inwestorskiego. Można by było spekulować, że specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót budowlanych wraz z projektem architektoniczno-budowlanym (zwłaszcza po zmianach) nie będzie dokumentem wystarczającym, aby kosztorysant miał możliwość dokładnego rozpoznania rozwiązań technologicznych i materiałowych. Biorąc pod uwagę opinie kosztorysantów STWiOR, bardzo rzadko jest przygotowana w sposób wystarczająco szczegółowy na potrzeby kosztorysu inwestorskiego.

2. Przebieg badania

Prezentowane analizy zostały opracowane na podstawie badań w zakresie postępowania przetargowego, dotyczące inwestycji wodno-kanalizacyjnej na obszarze województwa mazowieckiego. Planowana inwestycja realizowana jest w formule „Buduj”, czyli za opracowanie dokumentacji odpowiedzialny jest zamawiający.

Wykonawca jest zobowiązany do wybudowania sieci kanalizacji sanitarnej o łącznej długości ponad 3 km. W ramach zadania mają być wykonane prace zarówno metodą wykopu otwartego, mikrotunelingu oraz przewiertu dwustopniowego. Po wykonaniu prac wykonawca jest zobligowany do przywrócenia terenu do stanu pierwotnego (odtworzenia warstw konstrukcyjnych oraz wierzchnich układu komunikacyjnego).

W pierwszej kolejności badacze przeanalizowali zapisy dokumentów przetargowych oraz kolejno dokumentacji technicznej. Podczas kwerendy zwracano uwagę na zbieżność załączonych dokumentów względem zmian, nowelizacji prawa, o których mowa na wstępie artykułu. Jako ważny punkt kontrolny wyznaczono konieczność korelacji dokumentów kontraktowych w stosunku do nowelizacji przywołanych rozporządzeń. Pytanie badawcze było następujące: „Czy procedura przetargowa powinna posiadać aktualne dokumenty przed czy po okresie wejścia w życie nowelizacji Rozporządzenia Ministra Rozwoju w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego?”

Ostatecznie odpowiedzią na postawione pytanie badawcze były wyniki analizy decyzji pozwolenia na budowę z dnia 13.04.2021 roku, która jednoznacznie wskazała, iż dokumenty przetargowe powinny być tożsame z nowelizacją obowiązującą od 19 września 2020 r. Fakt ten został również potwierdzony w trakcie konsultacji z autorem dokumentacji oraz wniosku o wydanie decyzji pozwolenia na budowę. Potwierdzono, iż od samego początku cały proces pozyskiwania decyzji był procedowany zgodnie z nowelizacją, dlatego też do właściwego urzędu zostały przekazane tylko trzy egzemplarze projektu budowlanego. Zgodnie z nowymi wytycznymi w skład załączników do wniosku aplikacyjnego nie dołączono projektów technicznych. Projekt techniczny został przekazany wykonawcy robót dopiero kilka tygodni po podpisaniu umowy realizacyjnej i nie był częścią dokumentacji przetargowej. W tym miejscu nasuwa się pytanie, w jaki sposób przyszły wykonawca przygotował dokumenty ofertowe, oraz czy dokumentacja na podstawie, której dokonano wyboru wykonawcy była rzetelnie opracowana? Prawdopodobnie do opracowania kosztorysu ofertowego wykonawca posiłkował się projektem wykonawczym,

który był jednym z załączników w procedurze przetargowej. Projekt ten mimo, że zawierał szczegółowe informacje wykonawcze, nie był projektem technicznym w rozumieniu nowelizacji ustawy Prawo budowlane. Niezrozumiałym jest również proces określenia przez inwestora finansowych tzw. warunków brzegowych przedmiotu zamówienia, ponieważ jak wspomniano we wstępie, projekt techniczny z punktu widzenia wyceny inwestorskiej jest dokumentem niezwykle istotnym. Uregulowane powinny w nim być m.in. szczegółowe rozwiązania konstrukcyjne, projekty instalacji, charakterystyka energetyczna obiektu i, w razie potrzeby, inne opracowania istotne na etapie sporządzania kosztorysu inwestorskiego, a w późniejszym etapie kosztorysu ofertowego przez potencjalnych wykonawców. Zatwierdzenie w pierwszej kolejności przez organ administracji architektoniczno-budowlanej projektu zagospodarowania działki lub terenu wraz z projektem architektoniczno-budowlanym wydając tzw. decyzję o wydaniu pozwolenia na budowę bez projektu technicznego powoduje, że coraz częściej brakuje tego dokumentu na etapie przygotowania dokumentacji przetargowej.

Tabela 1. Przykładowe zagrożenia (opracowanie własne)

Lp.	Zagrożenie	Skutek	
		dla inwestora	dla wykonawcy
1	Uchylenie decyzji pozwolenia na budowę przez właściwy organ administracyjny (w przypadku zmian istotnych).	<ul style="list-style-type: none"> • Inwestor ma obowiązek uzyskania zamiennej decyzji pozwolenia na budowę. • Konieczność dokonywania ew. dodatkowych uzgodnień z interesariuszami stron postępowania. • Konieczność sfinansowania ew. robót odtworzeniowych, które nie były konieczne do wykonania w pierwotnym terminie realizacji (np. zarządca drogi wykonał w czasie procedowania nowej decyzji renowację odtworzenia drogi asfaltowej). 	Brak skutków, jeżeli uchylenie decyzji nastąpi w fazie projektowania, za który nie był odpowiedzialny wykonawca. W przeciwnym wypadku konsekwencje jak dla pktu 2.
2	Wstrzymanie inwestycji przez lokalny nadzór budowlany po przekazaniu terenu budowy wykonawcy.	Poniesienie dodatkowych nakładów z tytułu: wydłużenia czasu realizacji inwestycji.	Poniesienie kosztów związanych z: <ul style="list-style-type: none"> • przygotowaniem oferty, • koszty związane z mobilizacją, • ew. koszty zakupionych materiałów oraz innych usług.
3	Unieważnienie procedury przetargowej.	Zwrot kosztów dofinansowania jednostce dofinansowującej wraz z odsetkami skarbowymi.	Poniesienie kosztów związanych z: <ul style="list-style-type: none"> • przygotowaniem oferty, • koszty związane z mobilizacją, • ew. koszty zakupionych materiałów oraz innych usług, • koszty opracowania roszczenia do inwestora w zakresie zwrotu poniesionych strat oraz tzw. utraconych korzyści.
5	Roszczenie wykonawcy w zakresie elementów robót nieuwjętych w procedurze przetargowej.	Ewentualne długotrwałe postępowania sądowe skutkujące nakazem zwrotu poniesionych kosztów dla wykonawcy oraz utraconych korzyści.	Odrzucenie roszczenia inwestora oraz długotrwałe postępowania sądowe.

Poza perturbacjami organizacyjnymi powyższe zaniedbania mogą być źródłem wielu zagrożeń, a tym samym konfliktów prawnych, zarówno dla inwestora, jak i wykonawcy. Przedstawione w niniejszej pracy studium przypadku nie miało dotkliwych konsekwencji dla stron postępowania. Niemniej jednak w przyszłości mogą wystąpić brzemienne skutki dla wszystkich interesariuszy, łącznie z mieszkańcami, którzy od wielu lat oczekiwali na podłączenie swoich nieruchomości np. do miejskiej sieci kanalizacyjnej. Nie wspominając o problemach inwestora w zakresie rozliczenia ewentualnego wsparcia finansowego z jednostką dofinansowującą. Konsekwencje w tym zakresie mogą być dotkliwe i w skrajnych przypadkach inwestor może nie tylko utracić dofinansowanie, ale musi zwrócić nieprawidłowo wydatkowane fundusze wraz z odsetkami skarbowymi.

Celem zobrazowania problemu autorzy w tabeli 1 przedstawiają przykładowe zagrożenia, które mogą zaistnieć w podobnych inwestycjach w momencie zmiany przepisów prawa (w tzw. okresie przejściowym). Należy podkreślić, że autorzy nie dokonywali analiz w zakresie skutków prawnych w relacji inwestor-wykonawca, a jedynie na podstawie obserwacji stwierdzają, jakie mogą być te zagrożenia.

3. Podsumowanie

Temat planowania inwestycji z uwzględnieniem ewentualnych zagrożeń był wielokrotnie w literaturze poruszany [10–16]. W szczególności autorzy chcieli w niniejszej publikacji zwrócić uwagę na możliwe wystąpienie zagrożeń w procesie inwestycyjnym w momencie przejścia (zmiany) przepisów ze starych na nowe. Jak wykazali autorzy, temat ten również jest istotny i może mieć poważne konsekwencje prawne dla wszystkich stron postępowania. Omawiane studium przypadku dotyczy inwestycji realizowanej w formule „Buduj”. Dlatego jak widzimy w tabeli 1, zagrożenia są skorelowane zarówno z inwestorem, jak i wykonawcą robót. Nie poruszano odpowiedzialności projektanta. Do dalszych rozważań autorzy pozostawiają procedurę przetargową realizowaną w formule „Projektuj” i „Buduj”, gdzie odpowiedzialnym za opracowanie dokumentacji projektowej oraz realizację prac wraz z pozyskaniem pozwolenia na budowę będzie generalny wykonawca.

Autorzy nie rozważali zagrożeń, jakie mogą się ujawnić w sytuacji, gdy po wybudowaniu obiektu i w trakcie użytkowania pozwolenia na użytkowanie okaże się, że projekt

techniczny zawiera nieprawidłowości i nie będzie odpowiednio skoordynowany z pozostałymi elementami projektu budowlanego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] FIDIC, tekst angielski 1999, tekst polski Stowarzyszenie Inżynierów Doradców i Rzeczoznawców (SIDiR), członek FIDIC.2005, trzecie wydanie
- [2] Heine A., Umowy i przetargi dotyczące budownictwa, Wydawnictwo SIDiR, Warszawa, 2003
- [3] Heine A., Słownictwo stosowane do problematyki przetargowej, Wydawnictwo SIDiR, Warszawa, 2003
- [4] Piliśzek J., Zdzieńkowski P., Siwowski T., Kiernożycki W., Podręcznik stosowania. Zastosowanie warunków kontraktowych FIDIC przy realizacji projektów w ramach Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego, Warszawa, 2006
- [5] Ustawa Prawo zamówień publicznych z dnia 11 września 2019 r. (Dz.U. 2019, poz. 2019)
- [6] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2020, poz. 1609 t.j.)
- [7] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2018, poz. 1935 t.j.)
- [8] Ustawa z dnia 7 lipca 1994r. – Prawo budowlane (Dz.U. 2020, poz. 1333 t.j.)
- [9] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym z dnia 29 grudnia 2021 r. (Dz.U. 2021, poz. 2458)
- [10] Lendo-Siwicka M., Pawluk K., Żerek P., Trach R., Rozliczenia wprowadzonych zmian na kontrakcie inwestycji infrastrukturalnych według warunków kontraktowych FIDIC – studium przypadku, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, Wydawnictwo SGGW, tom 27, 3(81)2018, str. 387–398, DOI:10.22630/PNIKS.2018.27.3.38
- [11] Lendo-Siwicka M., Połoński M., Pawluk K., Identification of the interference in the investment process during the realization of a shopping center – a case study, Archives of Civil Engineering, Polska Akademia Nauk – Instytut Podstawowych Problemów Techniki, tom. 62, 1/2016, str. 159–172, DOI:10.1515/ace-2015-0058
- [12] Lendo-Siwicka M., Pawluk K., Połoński M., Goszczyńska A., Zarządzanie realizacją kontraktów budowlanych zgodnie z procedurami FIDIC w opinii wykonawców, Materiały Budowlane 6/2016, str. 154–155, DOI:10.15199/33.2016.06.67
- [13] Kowalik M., Drozd W., Nowelizacja prawa budowlanego a uzyskanie pozwolenia na budowę domu, materiały konferencyjne 53. Międzynarodowa Konferencja Naukowa Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych IPB 2022, Kołobrzeg, 28–30 września 2022 r., Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2022
- [14] Kowalski J., Połoński M., Identyfikacja ryzyka wynikającego z wpływu interesariuszy na realizację inwestycji kolejowych w Polsce, Acta Scientiarum Polonorum – Architektura 16(4)2017, str. 83–92
- [15] Kowalski J., Połoński M., Identification of risk investment using the Risk Matrix on railway facilities, Open Engineering 8(1)2018, str. 506–512
- [16] Kowalski J., Połoński M., Lendo-Siwicka M., Risk Factors for delays in rail investments implemented in the Design & Build contracts, MATEC Web of Conferences, 262, 07007, 2019

Serdecznie zapraszamy autorów do publikowania
w „Przeglądzie Budowlanym”

Za publikację w naszym miesięczniku uzyskuje się **40** punktów

Rynek mieszkaniowy w Polsce – analiza popytu i podaży

Real Estate market in Poland – demand and supply analysis

mgr inż. Dagmara Adamkiewicz, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej,
prof. dr hab. inż. Elżbieta Radziszewska-Zielina (ORCID: 0000-0002-3237-4360),
dr inż. Bartłomiej Szewczyk (ORCID: 0000-0002-8147-4050), Wydział Inżynierii Lądowej,
Politechnika Krakowska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2687

Streszczenie: W artykule omówiono parametry opisujące rynek nieruchomości oraz czynniki wpływające na sytuację na tym rynku. Na podstawie analizy dostępnych danych omówiono aktualną sytuację na rynku nieruchomości mieszkaniowych w Polsce. Określono zmiany popytu i podaży, a także przeanalizowano zmiany cen nieruchomości mieszkaniowych.

Słowa kluczowe: rynek nieruchomości, rynek mieszkaniowy, popyt, podaż.

Abstract: The article discusses the parameters describing the real estate market and the factors influencing the situation on this market. Based on the analysis of available data, an attempt was made to discuss the current situation on the residential real estate market in Poland. Changes in supply and demand were determined, and changes in house prices were analysed.

Keywords: real estate market, housing market, demand, supply.

1. Wprowadzenie

W ostatnich kwartałach społeczeństwo polskie odczuło wiele zmian, a także niepewność w każdym sektorze gospodarki. Niemożliwe do przewidzenia wydarzenia, takie jak epidemia koronawirusa, a później wybuch konfliktu zbrojnego w państwie sąsiadującym oddziaływały na rynek nieruchomości mieszkaniowych w Polsce. Zmiany zachodzące w gospodarce polskiej (np. zmiany cen usług, materiałów budowlanych, czy też zmiany polityki kredytowej) spowodowały, iż popyt na budownictwo mieszkaniowe był trudny do oszacowania.

W artykule podjęto się określenia zmiany popytu i podaży na rynku nieruchomości w Polsce w ostatnich latach. Zakres opracowania obejmuje analizę cen na wtórnym i pierwotnym rynku mieszkaniowym w Polsce w oparciu o dostępne dane.

2. Cechy charakterystyczne rynku nieruchomości mieszkaniowych

Rozważania należy rozpocząć od określenia cech opisujących rynek nieruchomości oraz określenia czynników kształtujących sytuację na tym rynku. Rynek nieruchomości charakteryzuje się niepewnością, brakiem jednolitości, niedoskonałością, małą elastycznością popytu i podaży, małą efektywnością, występowaniem wymogu fachowej obsługi oraz posiadaniem lokalnego, a także nieformalnego

charakteru [1]. Wahania cen na rynku nieruchomości spowodowane są kilkoma czynnikami [2]:

- trendem (tendencją rozwojową), czyli długookresowym, regularnym kierunkiem zmian (zarówno spadkiem, jak i wzrostem) [3];
 - wahaniami przypadkowymi będącymi wynikiem wystąpienia zdarzeń losowych, w przypadku których nie ma możliwości określenia ich czasu wystąpienia ani siły. Do głównych źródeł tych wahań zalicza się zdarzenia wywołane siłami przyrody, takie jak susze, powodzie, epidemie czy też zdarzenia o charakterze politycznym np. wojny lub strajki [4];
 - wahaniami sezonowymi (periodyczne) związanymi bezpośrednio lub pośrednio z przemijaniem pór roku. Następstwa tych wahań są znane i w dużej mierze możliwe do przewidzenia z uwagi na ich regularność [5];
 - wahaniami koniunkturalnymi określonymi jako powtarzające się ze względną regularnością zmiany aktywności gospodarczej społeczeństwa, wyrażające się w ekspansji lub w kurczeniu się tej aktywności wokół trendu [6]. Wahania koniunkturalne spowodowane są oddziaływaniem czynników ekonomicznych, co w znaczący sposób odróżnia je od wahań sezonowych.
- Głównymi czynnikami kształtującymi sytuację na rynku nieruchomości w 2022 roku w Polsce były czynniki demograficzne, odpływ dużej liczby uchodźców z Ukrainy, podniesienie stóp procentowych, wzrost inflacji, poziom bezrobocia, zmienna dynamika cen w każdym sektorze gospodarki,

a także dalszy spadek dostępności mieszkań w największych miastach w Polsce [7].

Rozwiązanie problemów mieszkaniowych młodych Polek i Polaków stanowi jedno z największych wyzwań. Posiadanie mieszkania jest jednym z głównych celów młodych osób i to one stanowią kluczową rolę na rynku nieruchomości w Polsce. [8, 9]. W ostatnich latach buduje się oraz oddaje do użytkowania coraz więcej nowych mieszkań, natomiast liczba obywateli spada. Oznaczałoby to, iż sytuacja mieszkaniowa w Polsce jest coraz lepsza, jednakże po kompleksowej analizie danych można stwierdzić, że kryzys mieszkaniowy nadal się utrzymuje. W największych miastach Polski popularne jest zjawisko zakupu mieszkań w celach inwestycyjnych, dlatego deweloperzy bardzo szybko sprzedają nowe mieszkania i rozpoczynają kolejne inwestycje [7].

Sytuację mieszkaniową w Polsce można opisać za pomocą kilku wartości liczbowych (na podstawie danych GUS [10], 2021 rok, chyba że wskazano inaczej):

- liczba ludności ogółem: 37,996 mln,
- liczba mieszkań ogółem: 15,3 mln,
- średnia powierzchnia mieszkania: 52,6 m²,
- przeciętna powierzchnia użytkowa nowo oddanego mieszkania: 92,8 m² (2020 r.– 88,7 m²),
- przeciętna powierzchnia użytkowa mieszkania przypadająca na 1 osobę w Polsce: 27,4 m²,
- przeciętna liczba osób na 1 izbę w Polsce: 0,66 (dla 2020 roku),
- przeciętna liczba osób na 1 mieszkanie: 2,54 (dla 2020 roku).

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [11] mieszkanie to zespół pomieszczeń mieszkalnych i pomocniczych, mający odrębne wejście wraz z wydzielonymi stałymi przegrodami budowlanymi, umożliwiające stały pobyt ludzi i prowadzenie samodzielnego gospodarstwa domowego, a jego minimalna powierzchnia użytkowa w Polsce to 25 m². Deweloperzy coraz częściej oddają do użytkowania lokale o powierzchni mniejszej od tej wymaganej prawem. Formalnie lokale te nie otrzymują statusu mieszkania, a na rynku nieruchomości

często nazywane są mikroapartamentami, których polskie prawo nie definiuje. Popyt na lokale o niewielkim metrażu, który zlokalizowany jest w centrum miast jest wysoki, a nabywcy często przeznaczają je na cele inwestycyjne.

3. Analiza popytu i podaży na rynku nieruchomości mieszkaniowych

3.1. Budownictwo mieszkaniowe w Polsce w 2022 roku

W efekcie wcześniej wdrażanych działań przez deweloperów na rynku mieszkaniowym w Polsce, zgodnie z danymi opublikowanymi przez GUS, w II kwartale 2022 roku oddano do użytkowania rekordowo dużą, jak na dany okres, liczbę mieszkań. Oddano do użytkowania ponad 54,6 tys. mieszkań, tj. więcej o ok. 2,2 tys. względem II kw. 2021 r. i mniej o ok. 0,3 tys. względem poprzedniego kwartału. Oddano głównie mieszkania na sprzedaż i wynajem (61%) oraz indywidualne (38%). W II kw. 2022 r. wydano ok. 92,8 tys. pozwoleń na budowę mieszkań, tj. więcej o ok. 5,7 tys. względem II kw. 2021 r. oraz więcej o ok. 14,9 tys. względem poprzedniego kwartału. W II kw. 2022 r. rozpoczęto budowę ok. 66,4 tys. mieszkań, tj. o ok. 14,5 tys. mniej względem II kw. 2021 r., ale więcej o ok. 13,1 tys. względem poprzedniego kwartału.

3.2. Ceny transakcyjne 1 m² mieszkania w Polsce

Wysokość ceny transakcyjnej 1 m² mieszkania ma bezpośredni związek z powierzchnią mieszkania oraz liczbą pokoi w mieszkaniu. Nie jest to jednak jedyny czynnik warunkujący jej wysokość. Kluczowa jest również wielkość rynku nieruchomości w danej lokalizacji. Duży rynek charakteryzuje się wysoką konkurencyjnością oraz różnorodnością, nie tylko nieruchomości, ale również cen. Z kolei na małym rynku nieruchomości, z uwagi na brak konkurencyjności, zauważalna jest jednorodność pod względem wysokości ceny metra kwadratowego mieszkania.

Średnie ceny transakcyjne 1 m² mieszkania w największych miastach w Polsce na podstawie danych opublikowanych w raporcie przez Związek Banków Polskich zostały zaprezentowane w tabeli 1.

Tabela 1. Średnie ceny transakcyjne 1 m² mieszkania w największych miastach w Polsce

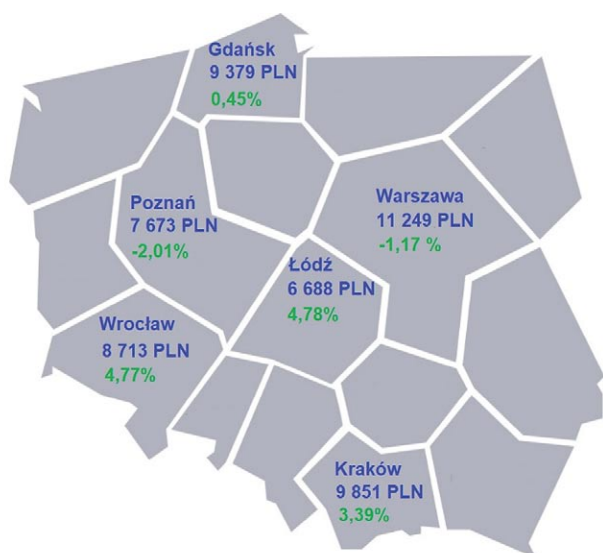
Rok	Okres	Warszawa	Wrocław	Gdańsk	Kraków	Poznań	Łódź
2015	I kw.	7267	5475	5289	5921	5509	3782
	II kw.	7354	5534	5253	5973	5454	3732
	III kw.	7463	5617	5287	6044	5502	3720
	IV kw.	7339	5563	5343	6013	5426	3742
2016	I kw.	7422	5687	5423	6141	5564	3677
	II kw.	7503	5554	5388	6279	5429	3621
	III kw.	7651	5533	5525	6128	5489	3714
	IV kw.	7527	5540	5687	6310	5530	3898

Średnie ceny transakcyjne 1 m² mieszkania w II kwartale 2022 roku w największych miastach Polski oraz zmianę średnich cen transakcyjnych 1 m² mieszkania w II kwartale 2022 roku w stosunku do I kwartału 2022 roku w ujęciu procentowym pokazano na rysunku 1. Analiza danych opublikowanych przez Związek Banków Polskich w zakresie średniej ceny transakcyjnej 1 m² powierzchni użytkowej mieszkania dla największych miast w Polsce pokazuje, iż najwyższy wzrost w II kw. 2022 roku względem I kw. 2022 roku został odnotowany w Łodzi (4,78%)

Tabela 1. cd.

Rok	Okres	Warszawa	Wrocław	Gdańsk	Kraków	Poznań	Łódź
2017	I kw.	7659	5560	5562	6332	5465	3729
	II kw.	7704	5585	5717	6202	5445	3864
	III kw.	7787	5701	5919	6361	5622	3913
	IV kw.	7882	5928	6162	6489	5727	3972
2018	I kw.	7824	5936	6215	6429	5668	4017
	II kw.	7961	5941	6327	6567	5685	4077
	III kw.	8062	6060	6676	6765	5932	4042
	IV kw.	8117	6150	6808	6789	6026	4201
2019	I kw.	8247	6275	6821	6922	6109	4284
	II kw.	8447	6546	7046	7029	6214	4553
	III kw.	8790	6638	7329	7301	6366	4709
	IV kw.	9 021	6921	7711	7714	6532	5037
2020	I kw.	9228	7160	7797	7968	6637	5324
	II kw.	9331	7064	8007	7873	6827	5519
	III kw.	9568	7286	8227	8132	7023	5633
	IV kw.	10 081	7227	8289	8 015	6988	5651
2021	I kw.	10 073	7464	8616	8446	6887	5839
	II kw.	10 224	7598	8757	8738	7222	5853
	III kw.	10 738	7932	9173	9249	7601	6189
	IV kw.	11 082	8197	9378	9285	7762	6278
2022	I kw.	11 382	8317	9337	9528	7831	6382
	II kw.	11 249	8713	9379	9851	7673	6688

Pogrubiony w tabeli został oznaczony spadek w II kw. 2022 r. średniej ceny transakcyjnej 1 m² mieszkania w stosunku do I kw. 2022 r. (źródło: Związek Banków Polskich, Centrum Amron)



Rys. 1. Średnie ceny transakcyjne 1 m² mieszkania w II kwartale 2022 roku oraz zmiana średniej ceny transakcyjnej 1 m² mieszkania w II kwartale 2022 roku w stosunku do I kwartału 2022 roku w ujęciu procentowym (źródło: opracowanie własne na podstawie Związek Banków Polskich, Centrum Amron)

oraz we Wrocławiu (4,77%). Natomiast w Warszawie, mieście charakteryzującym się największym rynkiem nieruchomości w Polsce oraz najwyższymi średnimi cenami transakcyjnymi, odnotowano po raz pierwszy od wielu kwartałów spadek (o 1,17%) średniej ceny transakcyjnej 1 m² mieszkania. Spadek o 2,01% średniej ceny transakcyjnej 1 m² mieszkania został również odnotowany w Poznaniu. W pozostałych miastach, tj. Gdańsk, Kraków zauważalny jest wzrost cen, pomiędzy I kwartałem 2022 roku a II kwartałem 2022 roku (odpowiednio o: 0,45% i 3,39%).

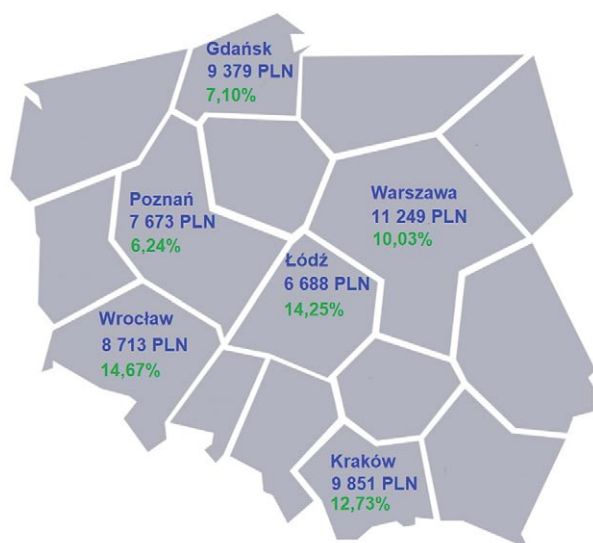
Spośród analizowanych w niniejszym artykule średnich cen transakcyjnych 1 m² mieszkania odnotowanych w największych miastach Polski, mimo zauważalnego spadku cen w dwóch z nich (tj. Warszawa oraz Poznań) należy przedmiotowe dane rozważyć w ujęciu kompleksowym. Z analizy rok do roku zauważalny jest ciągły wzrost wartości nieruchomości w Polsce. Analiza średniej ceny transakcyjnej 1 m² mieszkania pokazuje, iż ceny w II kwartale 2022 roku wzrastają w stosunku do cen w II kwartale 2021 roku.

Kolejno przeanalizowano oraz przedstawiono na rysunku 2 średnie ceny transakcyjne 1 m² mieszkania w II kwartale 2022 roku oraz zmianę średniej ceny 1 m² mieszkania w II kwartale 2022 roku w stosunku do II kwartału 2021 roku w ujęciu procentowym.

Największe wzrosty średniej ceny mieszkań odnotowano we Wrocławiu (o 14,67%), Łodzi (o 14,25%) oraz Krakowie (o 12,73%), najniższy wzrost wystąpił natomiast w Poznaniu – o 6,24%. W Warszawie wzrost ceny z II kwartału 2022 roku w stosunku do II kwartału 2021 roku wyniósł 10,03%.

3.3. Liczba udzielonych kredytów mieszkaniowych w Polsce

Zgodnie z danymi opublikowanymi przez Narodowy Bank Polski (NBP) [7] aktywność na rynku kredytowym w 2022 roku znacznie spadła w wyniku stale pogarszającej się sytuacji gospodarczej oraz wzrostu stóp procentowych. Dodatkowo w wyniku zaostrzenia zasad udzielania kredytów znacznie spadła zdolność kredytowa. Perspektywa dalszych zmian w sektorach gospodarki mających wpływ na rynek nieruchomości mieszkaniowych nie zachęca potencjalnych kredytobiorców do zawierania długoterminowych zobowiązań finansowych. W wyniku pogarszającej się sytuacji finansowej gospodarstw domowych NBP odnotował znaczny spadek popytu na kredyty mieszkaniowe w Polsce.



Rys. 2. Średnie ceny transakcyjne 1 m² mieszkania w II kwartale 2022 roku oraz zmiana średniej ceny transakcyjnej 1 m² mieszkania w II kwartale 2022 roku w stosunku do II kwartału 2021 roku w ujęciu procentowym (źródło: opracowanie własne na podstawie Związku Banków Polskich, Centrum Amron)

Zestawienie zmiany popytu na kredyty mieszkaniowe w Polsce w ujęciu procentowym zostało przedstawione w tabeli 2. W II kwartale 2022 roku NBP odnotował spadek popytu na kredyty mieszkaniowe na poziomie aż 87,40%, natomiast na III kwartał prognozowany był spadek na poziomie 73,40%.

Posiadanie własnego mieszkania oznacza pewnego rodzaju niezależność, a także nadaje status społeczny [12]. Młode osoby stanowią największy odsetek wśród osób kupujących nieruchomości na cele mieszkaniowe [9]. Duża liczba mieszkań kupowana jest za pomocą finansowania kredytem hipotecznym. W ostatnich miesiącach liczba udzielonych kredytów znacząco spadała, co pokazują dane w tabeli 3 zaczerpnięte z Newslettera Kredytowego Biura Informacji Kredytowej (BIK) [15].

W III kwartale 2022 roku liczba udzielonych kredytów mieszkaniowych znacznie spadła w stosunku do tego samego okresu w roku 2021. W roku 2021 we wrześniu udzielono ogółem aż 25,3 tysięcy kredytów mieszkaniowych o wartości

Tabela 3. Liczba udzielonych kredytów mieszkaniowych w Polsce

Rok	Miesiąc	Liczba (tys. szt.)		Wartość (mld PLN)	
		w miesiącu	narastająco od początku roku	w miesiącu	narastająco od początku roku
2021	lipiec	24,6	157,1	8,094	49,764
	sierpień	24,6	181,3	8,197	57,77
	wrzesień	25,3	205,6	8,477	65,969
2022	lipiec	9	100,3	2,967	34,749
	sierpień	7,4	108,0	2,426	37,253
	wrzesień	7,3	114,8	2,385	39,448

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych w Newsletterze Kredytowym BIK

Tabela 2. Zestawienie zmiany popytu na kredyty mieszkaniowe w Polsce w ujęciu procentowym

Rok	Kwartał	Zmiana popytu w ujęciu procentowym
2021	III kwartał	14,60%
	IV kwartał	- 47,40%
2022	I kwartał	- 87,30%
	II kwartał	- 87,40%
	III kwartał	- 73,40% (oczekiwania ekspertów NBP)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Narodowego Banku Polskiego

8,477 mld zł. Analogicznie, we wrześniu 2022 roku liczba udzielonych kredytów spadła do 7,3 tysięcy (mniej o 71% w stosunku do września 2021 r.), a ich wartość wynosiła 2,385 mld zł.

3.4. Liczba transakcji kupna-sprzedaży lokali mieszkalnych

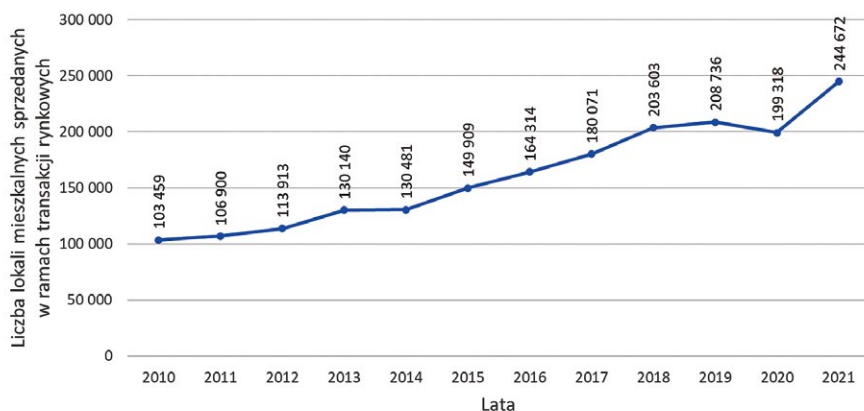
W Polsce w ostatnich latach dokonywanych jest coraz więcej transakcji kupna-sprzedaży lokali mieszkaniowych (rysunek 3). Ogółem w 2021 roku liczba ta wynosiła 244 672, z czego 101 219 to transakcje dokonywane na rynku pierwotnym natomiast 143 453 – na rynku wtórnym.

Liczba dokonanych transakcji jest bezpośrednio powiązana z wielkością przedmiotowego rynku nieruchomości. Dane dla sześciu największych miast Polski (Warszawa, Wrocław, Kraków, Gdańsk, Łódź, Poznań) przedstawia tabela 4. Najwięcej transakcji kupna-sprzedaży w 2021 roku ogółem dokonano w Warszawie (21 286), natomiast najmniej w Poznaniu (6 382). W podziale na kategorie rynku pierwotnego i rynku wtórnego dane te kształtują się już nieco inaczej. W Poznaniu zaobserwowano największy udział transakcji (71%) dokonanych na rynku pierwotnym w ogólnej liczbie transakcji rynkowych, natomiast najmniejszy w Warszawie (44%). Wynika z tego, że nieruchomości z rynku wtórnego cieszą się największym zainteresowaniem w Warszawie (56%), a najmniejszym w Poznaniu (29%).

4. Podsumowanie

Głównym celem artykułu było omówienie aktualnej sytuacji na rynku nieruchomości mieszkaniowych w Polsce. Analizując dostępne dane z ostatnich lat w opublikowanych raportach dotyczących rynku nieruchomości, można stwierdzić, że rynek mieszkaniowy jest bardzo wrażliwy na zmiany w gospodarce. W efekcie ostatnich wydarzeń,

Rys. 3. Liczba lokali mieszkalnych sprzedawanych w ramach transakcji rynkowych w Polsce w latach 2010–2021 (źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS)



takich jak epidemia czy konflikt zbrojny, perspektywa na poprawę warunków mieszkaniowych w Polsce nie polepsza się. Mimo, iż deweloperzy w 2022 roku oddali rekordową dużą liczbę mieszkań do użytkowania w Polsce, podaż na polskim rynku nieruchomości nadal kształtuje się na wysokim poziomie, a ceny transakcyjne 1 m² mieszkania na rynkach nieruchomości mieszkaniowych wzrastają. Wysokie stopy procentowe, pogarszająca się sytuacja finansowa gospodarstw domowych spowodowana wysokim poziomem inflacji, malejąca zdolność kredytowa to tylko niektóre z czynników, które przyczyniają się do ciągłego wzrostu cen [7, 14]. Te same czynniki mają również znaczny wpływ na spadek aktywności na rynku kredytowym, a tym samym na zmniejszenie grupy potencjalnych nabywców mieszkań, ponieważ zakup nieruchomości mieszkaniowej najczęściej finansowany jest przy pomocy kredytów hipotecznych. Mimo wielu czynników niesprzyjających rozwojowi rynku nieruchomości inwestorzy wdrażają nowe inwestycje, co potwierdza rosnąca liczba wydawanych pozwoleń na budowę w 2022 roku. Dawno rozpoczęty kryzys mieszkaniowy nadal trwa, a społeczeństwo dąży do zaspokojenia podstawowych potrzeb mieszkaniowych [15, 16]. Prawdopodobnie, niezrealizowany obecnie popyt na nieruchomości mieszkaniowe powróci po ustabilizowaniu się sytuacji gospodarczej oraz finansowej gospodarstw domowych w Polsce.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bryx M., Rynek nieruchomości system i funkcjonowanie, Wydawnictwo Poltex, Warszawa, 2006
- [2] Trojanek R., Wpływ wahań koniunkturalnych na lokalne rynki mieszkaniowe, Studia i Materiały Towarzystwa Naukowego Nieruchomości, tom 9, 1/2011, str. 81–93, Olsztyn
- [3] Koniunktura gospodarcza Polski, Analiza grup produktowych, red. M. Rekowski, Wydawnictwo AE w Poznaniu, Poznań, 1997
- [4] Paschawer J., Prawo wielkich liczb i prawidłowości procesu masowego, PWE, Warszawa, 1967
- [5] Lubiński M., Analiza koniunktury i badania rynków, Dom Wydawniczy Elipsa, Warszawa 2002.
- [6] Koniunktura gospodarcza, red. Z. Kowalczyk, PWE, Warszawa, 1982
- [7] Raport AMRON-SARfin, Ogólnopolski raport o kredytach mieszkaniowych i cenach transakcyjnych nieruchomości, Związek Banków Polskich, Raporty 1/2020–2/2022
- [8] Strączkowski Ł., Preferencje nabywców mieszkań na lokalnym rynku nieruchomości, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, 2021
- [9] Strączkowski Ł., Możliwości nabywcy młodych osób na lokalnym rynku nieruchomości mieszkaniowych., Tendencje rozwoju współczesnego rynku nieruchomości mieszkaniowych, str. 66–81, Poznań, 2022, <https://doi.org/10.18559/978-83-8211-124-8/4>
- [10] Główny Urząd Statystyczny, Bank Danych Lokalnych
- [11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2017 poz. 2285)
- [12] Ford J., Young adults and owner occupation: A changing goal? W: J. Rugg (Ed.), Young people, housing and social policy, London: Routledge, 1999, <https://doi.org/10.4324/9780203207215>
- [13] Newsletter kredytowy Biura Informacji Kredytowej, Raporty 2020–2022
- [14] Narodowy Bank Polski, Cykliczne materiały analityczne NBP, Informacja o cenach mieszkań i sytuacji na rynku nieruchomości mieszkaniowych i komercyjnych w Polsce, I kwartał 2020 r. – II kwartał 2022 r.
- [15] Finlay S., Pereira I., Fryer-Smith E., Charlton A. I Roberts-Hughes R., The way we live now: What people need and expect from their homes, A research report for the Royal Institute of British Architect, Ipsos MORI and RIBA, 2012
- [16] Habitat for Humanity Poland, Problemy mieszkaniowe Polek i Polaków oraz ocena istniejących rozwiązań, Warszawa: Fundacja Habitat for Humanity Poland, 2018

Tabela 4. Liczba lokali mieszkalnych sprzedawanych w ramach transakcji rynkowych w Polsce w 2021 roku

Liczba lokali mieszkalnych sprzedanych w ramach transakcji rynkowych	Ogółem	Rynek pierwotny	Udział rynku pierwotnego w liczbie dokonanych transakcji ogółem	Rynek wtórny	Udział rynku pierwotnego w liczbie dokonanych transakcji ogółem
Ogółem	244 672	101 219	41%	143 453	59%
Powiat m. st. Warszawa	21 286	9 440	44%	11 846	56%
Powiat m. Wrocław	16 380	10 411	64%	5 969	36%
Powiat m. Kraków	15 566	9 041	58%	6 525	42%
Powiat m. Gdańsk	9 699	5 395	56%	4 304	44%
Powiat m. Łódź	9 291	4 373	47%	4 918	53%
Powiat m. Poznań	6 382	4 525	71%	1 857	29%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Projektowanie deskowań z wykorzystaniem technologii BIM

Formwork designing in BIM technology

dr inż. Mariusz Szóstak (ORCID: 0000-0003-4439-6599), Katedra Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, mgr inż. Mateusz Napiórkowski (ORCID: 0000-0002-6177-7767), Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Szkoła Doktorska, Politechnika Wrocławska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2696

Streszczenie: Deskowania systemowe są powszechnie wykorzystywane na placach budowy. W artykule omówiono aspekt projektowania, doboru i modelowania deskowań. W ramach przeprowadzonych analiz wykonano przegląd dostępnych na rynku nakładek do modelowania deskowań wybranych producentów. Wykorzystując nakładkę PERI Library+ do programu Autodesk Revit zamodelowano przykładowy projekt deskowania ściennego i stropowego. Dodatkowo wykonano analizę przydatności modelowania, która pozwoliła na wskazanie korzyści, jakie zapewnia BIM w aspekcie deskowań systemowych.

Słowa kluczowe: deskowanie, BIM, biblioteka, Autodesk Revit, budownictwo.

Abstract: System formwork is commonly used on construction sites. The article discusses the aspect of designing, selection and modeling formwork. As part of the conducted analyses, authors present a review of plugins available on the market for formwork modeling from selected formwork manufacturers. Using the PERI Library+ plug-in for Autodesk Revit, authors modeled an example of wall and floor formwork project. In addition, an analysis of the usefulness of modeling was carried out, which allowed to indicate the benefits of BIM in aspect of system formwork.

Keywords: formwork, BIM, library, Autodesk Revit, construction industry.

1. Wprowadzenie

Pomimo możliwości konstruowania deskowań w oparciu o wiedzę i doświadczenie projektanta związane z wykorzystaniem materiałów powszechnie uznawanych za tańsze [1] (np. płyta OSB, drewno, stal, tworzywa sztuczne itp. [2]) deskowanie systemowe jest obecne na większości budów w Polsce prowadzonych przez generalnych wykonawców. Idea tego typu deskowania jest bardzo prosta. Dzięki wykorzystaniu jednej formy do uzyskania konstrukcji, standardowych rozmiarów płyt, łatwemu sposobowi ich łączenia oraz małych odchyłek związanych z deformacją w wyniku parcia mieszanki betonowej (przy spełnieniu wymogów danego systemu) zapewnia ono szybsze tempo wznoszenia konstrukcji.

Przez pojęcie deskowanie rozumie się urządzenie do robót budowlanych stanu surowego w postaci tymczasowej konstrukcji z płyt, elementów nośnych i łączników używanych przy wykonywaniu monolitycznych konstrukcji betonowych i żelbetowych w celu nadania odpowiednich kształtów mieszance betonowej [3]. Natomiast przez pojęcie deskowanie systemowe rozumie się ogół elementów składających się na dany system, przetestowany przez producenta i opisany w dokumentacji techniczno-ruchowej (DTR) [4].

2. Projektowanie oraz kryteria doboru deskowań

W literaturze polskiej zagadnienie dotyczące projektowania deskowań nie jest tematem szeroko omawianym i większość dostępnych informacji oraz zaleceń w tym zakresie pochodzi od producentów dostarczających tego typu rozwiązania na rynek polski. Warto tutaj wspomnieć, że dotychczasowa polska norma dotycząca deskowań: PN-M-47850:1990 Deskowania dla budownictwa monolitycznego, została wycofana i do dzisiaj nie została zastąpiona inną, obowiązującą w tym zakresie. Z kolei normy: PN-EN 12812:2005 Deskowania – warunki wykonania i ogólne zasady projektowania; PN-EN 74-1:2006 Złącza, sworznie centrujące i podstawki stosowane w deskowaniach i rusztowaniach – Część 1 oraz PN-EN 74-2:2009 Złącza, sworznie centrujące i podstawki stosowane w deskowaniach i rusztowaniach – Część 2 zostały wycofane i zastąpione przez PN-EN 12812:2008 Falsework – performance requirements and general design (wersja angielska), która nie została jeszcze przetłumaczona na język polski. We wspomnianej normie PN-EN 12812:2008 określono m.in. warunki wykonania i metody konstruowania konstrukcji deskowań oraz ustalono zasady jakie należy uwzględnić w celu wykonania bezpiecznej konstrukcji deskowania. Podano informacje gdy deskowanie wykorzystywane jest

do podparcia „konstrukcji stałej” oraz informacje dotyczące jego posadowienia. Nie określono natomiast wymagań dotyczących szalunku, pomimo że szalunek ten może być częścią konstrukcji deskowania. Zgodnie z normą parametrem wiodącym, związanym z projektowaniem, jest parcie mieszanki betonowej. Należy jednak pamiętać, że projektując deskowanie powinniśmy zwrócić również szczególną uwagę na aspekt technologiczny [5], ekonomiczny [6] oraz praktyczny [7].

Podążając za wymaganiami wynikającymi z norm, deskowania powinny być projektowane i konstruowane w taki sposób, by przenosić wszelkie oddziaływania, którym są poddane podczas procesu budowy (wspomniane hydrostatyczne parcie mieszanki betonowej [8]), a równocześnie być wystarczająco sztywne, aby były zachowane tolerancje określone dla danej konstrukcji [9]. Należy tak zaprojektować i wykonać deskowanie, aby w trakcie jego pracy oraz w wyniku jego demontażu nie doszło do zniekształcenia kształtu, funkcji, wyglądu czy trwałości wznoszonej konstrukcji. Rozwiązania systemowe dostępne na rynku są podzielone w zależności od elementu jaki ma zostać wykonany. Wiąże się to przede wszystkim z zupełnie innymi siłami działającymi na deskowanie. Dla ściany żelbetowej rolą deskowania będzie przeniesienie sił od parcia mieszanki betonowej w poziomie, natomiast dla stropu żelbetowego, gdzie (prawie) wszystkie siły będą działać w płaszczyźnie pionowej, rolą deskowania będzie przeniesienie sił na podłoże nośne.

Prace związane z zaprojektowaniem i wykonaniem deskowań są procesem bardzo kosztownym i czasochłonnym, dlatego wybór odpowiedniego rodzaju lub systemu deskowania jest bardzo istotny z uwagi na kryterium: czas-koszt [10]. Czynniki decydującymi przy wyborze deskowań są:

- aspekty techniczne: nośność deskowania, ciężar deskowania, wymiary deskowania, wytrzymałość na parcie mieszanki betonowej;
- aspekty ekonomiczne: koszt robocizny podczas montażu i demontażu deskowania, koszt zakupu lub dzierżawy deskowania,
- aspekty organizacyjne: warunki lokalizacji budowy, logistyka na placu budowy,
- aspekty środowiskowe: stopień recyklingu elementów deskowaniowych [11].

3. Modelowanie deskowań

W ramach czwartej rewolucji przemysłowej (przemysł 4.0), rozwoju cyfryzacji budownictwa [12], zbliżającą się piątą rewolucją przemysłową (przemysł 5.0) [13] oraz coraz szerszego zastosowania technologii BIM [14] producenci dostarczający deskowania zaczęli opracowywać cyfrowe biblioteki ze swoim rozwiązaniami. Niektóre rozwiązania są już dostępne od kilku lat, a kolejni producenci rozwijają swoje portfolio o usługi związane z BIM. Rozwiązania oferowane przez wybranych producentów wraz z programami dedykowanymi nakładkami przedstawiono w tabeli 1.

Ideą wykonania informatycznego, przestrzennego, trójwymiarowego modelu (BIM-3D) deskowań jest poprawa czytelności i jasności wykonania dokumentacji projektowej i zawartych w niej informacji dla wykonawców deskowań podczas ich montażu na placu budowy. Opracowanie dokumentacji projektowej za pomocą modelu 3D pozwala na łatwiejszą identyfikację poszczególnych elementów składowych deskowań, a także pozwala na szybsze generowanie zestawień elementów.

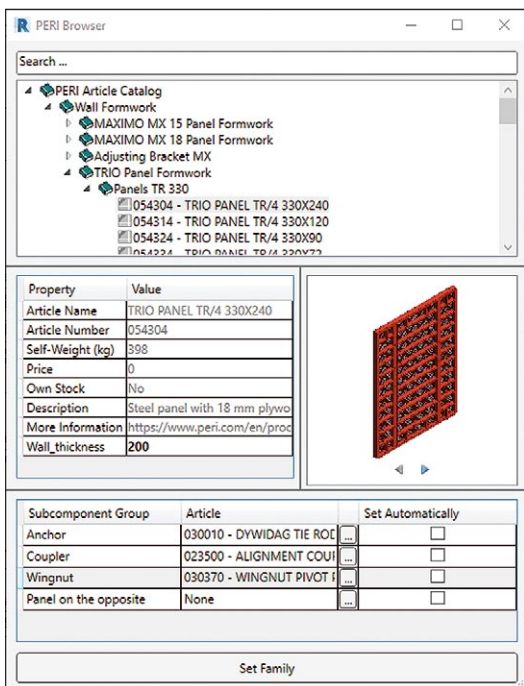
Poprawnie wykonany model 3D deskowań może stanowić cenne źródło informacji zarówno dla projektantów deskowań, jak i dla wykonawców i inwestorów. Model 3D może być wykorzystany do opracowania wizualizacji, a dzięki temu do poprawienia komunikacji z inwestorem.

Projektowanie, niezależnie czy w 2D czy w 3D, odnosi się do tych samych reguł i wytycznych. W przypadku deskowania systemowego będzie to dokumentacja techniczno-ruchowa (DTR). W DTR producenci szczegółowo opisują poszczególne etapy wykonania deskowań w celu bezpiecznego użytkowania ich produktów. Z pomocą dokumentacji techniczno-ruchowej użytkownik może sam zaplanować, ile materiału będzie musiał zamówić, a za pomocą wyżej wymienionych rozwiązań może wykonać swój własny projekt.

Na potrzeby artykułu wykonano model deskowania ściennego. Do modelowania deskowań w programie Autodesk Revit zastosowano opracowane przez Peri Polska biblioteki PERI Library+ zawierające rodziny deskowań i elementów dodatkowych. Modelowanie rozpoczęto od punktów charakterystycznych, czyli wszystkich narożników. Modelowanie punktów charakterystycznych pozwala na poznanie

Tabela 1. Wybrane nakładki do modelowania deskowań wybranych producentów

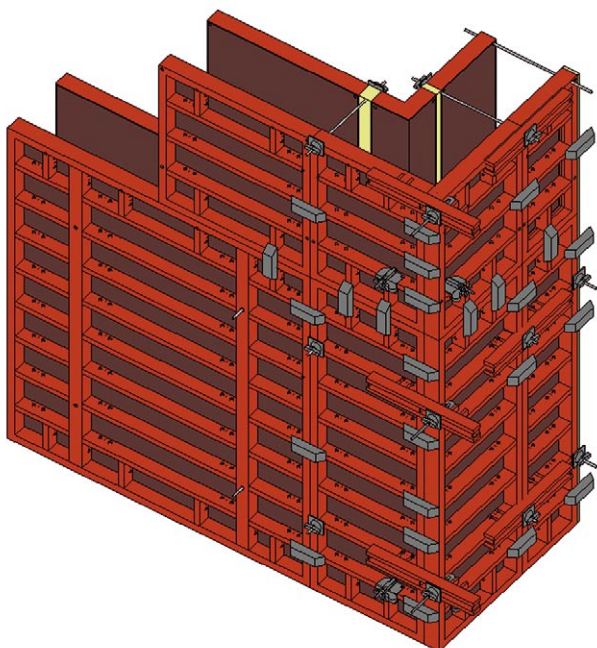
L.p.	Producent	Nakładka	Program
1	PERI	PERI Library+for Autodesk Revit	Autodesk Revit
2	PERI	Tekla Library+Systemy PERI	Tekla Structure 3D
2	Doka	DokaCAD dla Revit	Autodesk Revit
3	ULMA	ULMA studio	Autodesk Revit
4	Hünnebeck	Hünnebeck product libraries for Trimble Tekla Structure 3D	Tekla Structure 3D
5	Hünnebeck	Hünnebeck product libraries for Autodesk Revit 3D	Autodesk Revit
6	Ringer	BIM ² form	Autodesk Revit



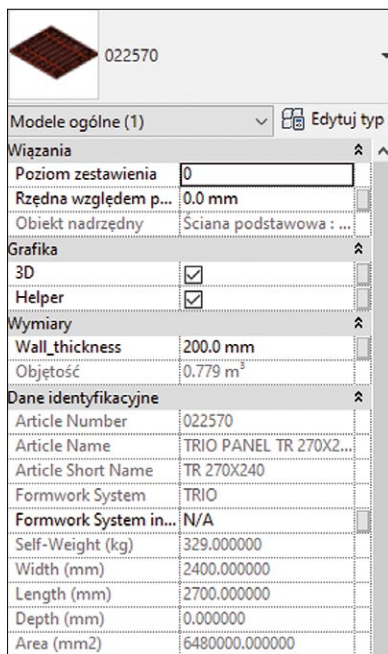
Rys. 1. Przeglądarka PERI Library+

rzeczywistych wymiarów elementów i odległości między nimi, dla których należy wykonać deskowanie.

Podstawową zasadą projektowania deskowania ściennego jest uzyskanie jak najmniejszych przerw między elementami deskowania, w których konieczne będzie użycie kompensacji w postaci krawędziaków. Cyfrowe wstawienie deskowania do modelu zostało wykonane za pomocą nakładki PERI Library+ w programie Autodesk Revit. Biblioteka PERI Library+ umożliwia wstawienie elementów do modelu wraz z ich akcesoriami. Dla płyt ściennych akcesoriami są: zamki, ściągę oraz nakrętki na ściągę. Biblioteka, przedstawiona



Rys. 3. Model naroża



Rys. 2. Parametry deskowania wstawionego do modelu

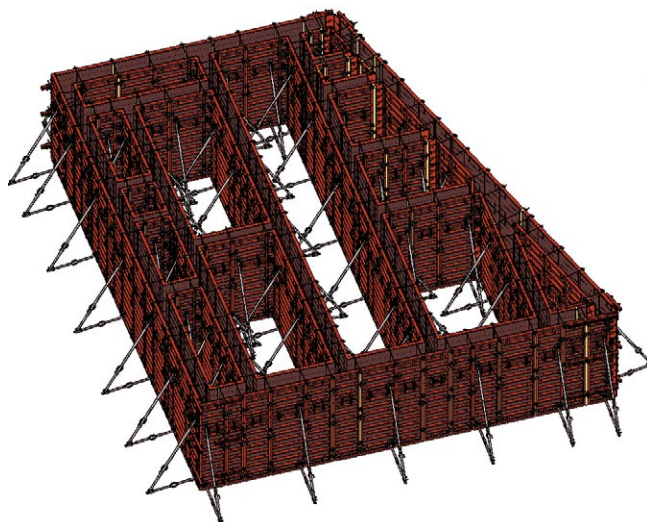
na rysunku 1, umożliwia również dodawanie wszystkich elementów oddzielnie (ręcznie). Dzięki zastosowaniu do modelowania nakładki wstawiony element ma szereg informacji, takich jak: długość, szerokość, wysokość, waga, objętość i numer artykułu, co przedstawiono na rysunku 2. Przykładowe modele deskowania ściennego z wykorzystaniem nakładki PERI Library+ w programie Autodesk Revit przedstawiono na rysunkach 3–4.

4. Analiza przydatności modelowania na przykładzie biblioteki PERI LIBRARY+

Dzięki wykonaniu projektu w technologii BIM na poziomie BIM-3D

użytkownik (projektant deskowania) ma dostęp do automatycznych zestawień elementów deskowania generowanych w oparciu o modelowane informacje. Rozszerzając model o kolejny wymiar, jakim jest czas i uzyskanie modelu w technologii BIM na poziomie 4D, pozwala na dokładne zaplanowanie dostawy deskowań na placu budowy. Prawidłowo wykonany model może również zostać wykorzystany do wstępnego oszacowania kosztów – model BIM na poziomie 5D. Aspekty techniczne między danymi producentami są bardzo zbliżone i to cena dzierżawy jest czynnikiem decydującym o wyborze deskowania, a więc jak najlepsze zaplanowanie obrotu materiału na terenie budowy zwiększa oszczędności po stronie dzierżawcy [11].

Eksport rysunków 2D, zestawień/list materiałowych, oszczędność czasu projektowania, a także symulacja 4D postępu



Rys. 4. Model całościowy deskowania ściennego

prac poszczególnych etapów budowy to podstawowe korzyści, jakie zapewnia BIM. To również zmniejszenie nakładu prac dla projektanta deskowań oraz zmniejszenie nakładu prac na późniejszych etapach procesu budowlanego z uwagi na przejrzystość danych i bezpośredni eksport z modelu. Dzięki planowaniu rozwiązań deskowaniowych, kontroli kolizji w oparciu o model BIM możliwe jest uzyskanie zwiększonej niezawodności planowania i optymalizacji procesu budowlanego. Oprócz zwizualizowanego harmonogramu pracy z deskowaniem dodatkową możliwością jest wykonanie symulacji, która pozwala na podgląd wykonywanych elementów w czasie rzeczywistym. Dzięki modelowanemu deskowaniu możliwa jest wizualizacja złożonych sekwencji deskowania (od podstawowego renderowania i animacji po wirtualną rzeczywistość). W obecnych czasach, przy podobnych rozwiązaniach technicznych, ważne jest, aby w sposób obrazowy przedstawić swoje rozwiązanie inwestorowi. Pozwala to producentom być bardziej konkurencyjnym oraz pozyskiwać niezdecydowanych klientów.

5. Podsumowanie

Technologia BIM jest coraz szerzej dostępna w sektorze deskowań systemowych. Dostawcy deskowań oferują klientom pomoc w zakresie projektowania, np. proponując pobranie nakładki do programów, umożliwiającej wykonanie projektu z wykorzystaniem ich produktów. Producenci nie tylko tworzą aplikacje dedykowane programom, takim jak Autodesk Revit lub Tekla Structure 3D, ale również udostępniają je swoim klientom za darmo lub po wcześniejszej rejestracji. Praca z nakładkami pozwala wykonywać projekty czytelniejsze i bardziej przejrzyste oraz rozwijać je o kolejne informacje.

Dzięki technologii BIM można jeszcze lepiej, niż w tradycyjnym procesie projektowania, dopasować rozwiązania szalunkowe do procesu budowy, co znacząco przyczynia się do sukcesu inwestycji. Zaletami sposobu pracy z wykorzystaniem

modelowania BIM jest niezawodne planowanie i większa oszczędność czasu. Wszystko wskazuje na to, że już niedługo wirtualna budowa, cyfrowy bliźniak stanie się standardowym narzędziem, a prawdziwe miejsce prowadzenia prac zostanie jeszcze bardziej zautomatyzowane.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Informacja o cenach materiałów budowlanych IMB 4 kwartał 2022, Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organizacyjnych Budownictwa Promocja Sp. z o.o., Sekocenbud, zeszyt 57 (2123), 2022
- [2] Szruba M., Deskowania i rusztowania, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne 3–4/2016, str. 64–67
- [3] Orłowski Z., Systemy deskowań ramowych wielkowymiarowych, Inżynier budownictwa 4/2012
- [4] Drozd W., Zima K., Deskowania systemowe jako element kształtujący współczesną architekturę – analiza techniczno-ekonomiczna, Świat Nieruchomości 1(71)2010, str. 28–31
- [5] Ibadov N., Kaczorek K., Projektowanie technologiczne oraz dobór deskowań stosowanych w budownictwie inżynieryjnym na przykładzie budownictwa mostowego, Inżynier budownictwa 5/2014, str. 64–69
- [6] Biruk S., Jaśkowski P., Dobór elementów deskowania ścian z uwzględnieniem kryteriów ekonomicznych, Budownictwo i Architektura 12(1)2013, str. 7–14
- [7] Ignatowski P., Deskowania, najczęstsze błędy przy ich doborze, Inżynier budownictwa 10/2011, str. 82–86
- [8] Gołaszewski J., Cygan G., Drewniak M., Właściwości reologiczne mieszanek betonu samozagęszczalnego a parcie na deskowanie, Materiały Budowlane 6/2016, str. 79–80, 85
- [9] Bajorek G., Słonina S., Odbiór deskowań do konstrukcji z betonu, Inżynier budownictwa 4/2017
- [10] Krawczyńska-Piechna A., Wykorzystanie metod wielomodelowej analizy dyskryminacyjnej do wyboru systemu deskowania stropowego, Materiały Budowlane 8/2017, str. 113–115
- [11] Malara J., Analiza techniczno-ekonomiczna systemów deskowań, Inżynier budownictwa 6/2018, str. 58–61
- [12] Lis T., Małyś T., Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy w aspekcie wdrażanych rozwiązań Przemysłu 4.0, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie, 1/2021 str. 95–105
- [13] Szóstak M., Napiórkowski M., Analiza możliwości zastosowania wirtualnej rzeczywistości w szkoleniach BHP w budownictwie, Przegląd Budowlany 9–10/2022, str. 138–140
- [14] Nowobilski T., Sawicki M., Szóstak M., BIM in Polish public tenders – analysis of selected tender procedures, Springer, International Scientific Conference Environmental Challenges in Civil Engineering, Environmental Challenges in Civil Engineering, 2021, str. 181–194



**Zapraszamy
na VII Konferencję
Naukowo-Techniczną
„Aktualne Problemy
w Budownictwie Ogólnym
i Inżynierii Przedsięwzięć
Budowlanych – BUDIN 2023”**

**Szklarska Poręba,
30–31 marca 2023 r.**

Tematyka Konferencji

• budownictwo ogólne • remonty i modernizacja obiektów budowlanych • badania, badania nieniszczące, diagnostyka materiałów i obiektów budowlanych • fizyka budowli, budownictwo zrównoważone i efektywność energetyczna budynków • komputerowe metody modelowania i projektowania obiektów budowlanych • technologia i zarządzanie w budownictwie

Terminy

- przesłanie zgłoszenia uczestnictwa w Konferencji, tematu referatu, informacji o eksponatach na wystawę lub o wystąpieniu promocyjnym
- przesłanie przez organizatorów informacji o zakwalifikowaniu tematu referatu i wzoru jego przygotowania
- nadesłanie pełnego tekstu artykułu do wybranego czasopiisma – 28.02.2023
- opublikowanie artykułu w wybranym czasopiśmie – zgodnie z harmonogramem wydawniczym

Organizatorzy

- Katedra Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska – prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz
- Komitet Naukowy – przewodniczący: dr hab. inż. Jarosław Konior, prof. uczelni
- Komitet Organizacyjny – przewodniczący: dr inż. Mariusz Szóstak

Zgłoszenie uczestnictwa

- zgłoszenie tematu referatu prosimy przesłać na adres e-mail: marek.sawicki@pwr.edu.pl
- zgłoszenie uczestnictwa w Konferencji, wystąpienia promocyjnych lub wystaw sponsorów prosimy przesłać na adres e-mail: mariusz.szostak@pwr.edu.pl

Więcej szczegółów o Konferencji:

<http://kbo-wbliw.pwr.edu.pl/konferencja-budin>

Wymagania Zamawiających w zakresie stosowania technologii BIM w zamówieniach publicznych

Requirements of Ordering Procurers regarding the use of BIM technology in public procurement

dr inż. Mariusz Szóstak (ORCID: 0000-0003-4439-6599), Katedra Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2697

Streszczenie: Technologia BIM coraz częściej wykorzystywana jest w polskim budownictwie, również przez zamawiających publicznych. Celem artykułu jest analiza wybranych polskich postępowań przetargowych, w których zamawiający w przedmiocie zamówienia wskazał obowiązek wykorzystania technologii BIM. Analizie ilościowej i jakościowej podano 25 wymagań technologii BIM stawianych wykonawcom w wybranych 15 polskich postępowaniach przetargowych.

Słowa kluczowe: technologia BIM, zamówienia publiczne, postępowania przetargowe, realizacja robót budowlanych, wymagania zamawiającego.

Abstract: BIM technology is increasingly being used in the Polish construction industry, also by public procurers. The purpose of this article is to analyse selected Polish tender proceedings in which the contracting authority has indicated in the subject of the contract the obligation to use BIM technology. A quantitative and qualitative analysis was made of 25 BIM technology requirements for contractors in selected 15 Polish tendering procedures.

Keywords: BIM technology, public procurement, tendering procedures, execution of works, Employer's Information Requirements.

1. Wprowadzenie

W Polsce technologia BIM coraz częściej dotyczy zarówno wykonawców, jak i inwestorów/zamawiających publicznych. Pierwszy publiczny przetarg uwzględniający jej elementy dotyczył budowy w 2014 r. kompleksu Muzeum Józefa Piłsudskiego w Sulejówku. Ze względu na wdrażanie tej technologii jej wymóg spotkał się z krytyką oferentów i Zamawiający zaniechał uwzględniania BIM. Rozpoczęło to szereg zmian w podejściu polskich inwestorów i inżynierów. Artykuł 69. ustawy o Prawie zamówień publicznych z 2019 r. [1] pozwolił Zamawiającym, w przypadku zamówień na roboty budowlane lub konkursów, wymagać od Wykonawcy oferty lub prac konkursowych sporządzonych „przy użyciu narzędzi elektronicznego modelowania danych budowlanych lub innych podobnych narzędzi, które nie są ogólnie dostępne”. Otworzyło to nową furtkę dla stosowania technologii BIM i spowodowało, że powstały kolejne postępowania przetargowe z jej ujęciem, które przedstawiono w niniejszym artykule.

W poniższej pracy przeanalizowano 15 wybranych postępowań dotyczących realizacji robót budowlanych w Polsce z zastosowaniem technologii BIM pod kątem: przedmiotu zamówienia, wymaganej wiedzy i doświadczenia personelu, zamawiającego i zapisów w nich zawartych.

2. Technologia BIM

Podstawowym pojęciem wykorzystywanym w artykule jest technologia BIM. Technologia – czyli dziedzina techniki zajmująca się opracowywaniem nowych metod, procesów produkcji i pracy. Co w takim razie nowego do procesu budowlanego wprowadziła technologia BIM? Co różni ją na tle dotychczasowych sposobów zarządzania projektem budowlanym? Akronim „BIM” rozumiany jest na różne sposoby [2], z których każdy należy łączyć z poprzednimi i obecnie funkcjonują trzy jego podstawowe rozwinięcia:

- *Building Information Model* – model informacji o budowlu,
- *Building Information Modelling* – modelowanie informacji o budowlu,
- *Building Information Management* – zarządzanie informacją o budowlu.

BIM jest zbiorem kilku założeń, które tylko razem pokazują w pełni możliwości stosowania tej technologii. Całkowity obraz tego, z jakimi celami mierzy się ta technologia, można uzyskać dopiero po zrozumieniu każdego z osobna. Nieprzypadkowo rozwinięcia tego akronimu zostały przedstawione w takiej kolejności, ponieważ na samym początku o tej technologii mówiono głównie jak o modelu – najczęściej trójwymiarowym i przestrzennym 3D. Później rozwinięcie tej

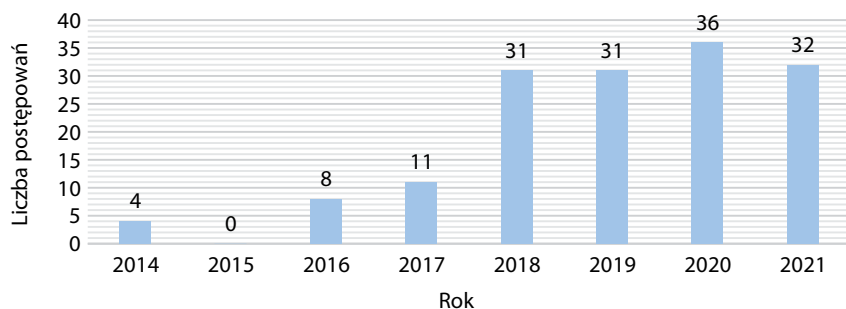
technologii ewoluowało i rozumiano je jako proces związany z modelowaniem, tj. generowaniem danych o budowlu. Z biegiem czasu technologię przedstawiano jako zarządzanie informacją o budowlu i to w tym rozwinięciu mieszczą się wcześniejsze omówione rozwinięcia tego akronimu.

Pierwsze rozwinięcie tego słowa definiuje BIM jako model informacji o budowlu, a więc cyfrowy opis fizycznych i funkcjonalnych właściwości budowlu, służący za źródło wiedzy i wszelkich danych o obiekcie. Model ten jest w pełni dostępny dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego i może stanowić niezawodną podstawę do podejmowania decyzji w trakcie cyklu jego funkcjonowania, począwszy od pierwszej koncepcji, aż do rozbiórki budynku [3].

BIM rozumiany jako modelowanie informacji o budowlu to proces twórczego generowania i wykorzystania danych o budowlu, jej projektowania, budowy i eksploatacji w trakcie pełnego funkcjonowania. BIM rozumiany jako proces pozwala, aby wszyscy zainteresowani uczestnicy inwestycji mieli dostęp do tych samych informacji, w tym samym czasie, m.in. przez interoperacyjność platform technologicznych. Modelowanie jest zatem procesem obejmującym generowanie i zarządzanie cyfrowymi reprezentacjami cech fizycznych i funkcjonalnych budowlu [4].

W końcu BIM to zarządzanie informacją o budowlu, a więc organizacja i kontrola procesów inwestycyjnych poprzez wykorzystanie parametrów cyfrowego modelu budowlu dla dokonywania wymiany informacji w całym cyklu inwestowania. Dzięki wizualnej komunikacji, poprzez obiekty trójwymiarowe, możliwe jest wczesne rozpoznawanie możliwości, zrównoważonego i efektywnego, interdyscyplinarnego i interakcyjnego projektowania, kontroli w trakcie i na miejscu budowy [5]. Niezależnie od stosowanego rozwinięcia akronim BIM za każdym razem należy rozumieć kompleksowo jako proces tworzenia i zarządzania danymi o budowlu w całym jego cyklu życia. U podstaw technologii BIM wykorzystuje się oprogramowanie do trójwymiarowego, dynamicznego modelowania budowlu w czasie rzeczywistym. Tak więc każdy model, opracowany zgodnie z technologią BIM, obejmuje informacje geometryczne, takie jak: geometrię poszczególnych elementów budowlu i relacje przestrzenne pomiędzy nimi, a także informacje niegeometryczne, takie jak: właściwości materiałowe, koszty poszczególnych komponentów budowlanych itp. Technologia BIM to także odpowiednie podejście do automatyzacji i optymalizacji gromadzenia danych o budowlu [6]. Należy podkreślić, że technologia BIM nie odnosi się jedynie do etapu projektowania obiektu budowlanego, ale do pełnego cyklu życia tego obiektu, tj. planowania, projektowania, realizacji, użytkowania/ zarządzania, rozbiórki [7].

Rys. 1. Liczba postępowań wymagających technologii BIM w Polsce na przestrzeni lat



3. Postępowania przetargowe a zastosowanie technologii BIM

Zgodnie z ustawą o zamówieniach publicznych [1] warunki i wymagania pozwalające na przystąpienie do postępowania przetargowego znajdują się w Specyfikacji Warunków Zamówienia – podstawowym dokumencie, który jest przygotowywany przez Zamawiającego.

Do tej pory wszystkie szczegóły dotyczące wymagań Zamawiającego znajdowały się w SWZ. Zastosowanie technologii BIM w postępowaniach przetargowych rozszerzyło dotychczasową dokumentację przetargową o tak zwany EIR (ang. *Employer's Information Requirements*). W polskim procesie inwestycyjnym oraz prawie zamówień publicznych nie ma jeszcze odpowiednika tego dokumentu, ale najczęściej można go spotkać pod nazwą „Wymagania Informacyjne Zamawiającego”, „Wymagania BIM”, „Wytyczne BIM” czy „Metodyka Wykonawcy”.

EIR to dokument określający wymagania Zamawiającego w odniesieniu do metod, procesów, standardów oraz informacji, jakie należy zawrzeć w modelu/dokumentacji podczas realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego, przy wykorzystaniu technologii BIM. Dokument określa cele BIM i aktywności, ważne z punktu widzenia inwestora, a także sposób wymiany informacji. W praktyce EIR traktowany jest często jako część SWZ lub oddzielny załącznik.

4. Analiza dokumentacji przetargowych

Korzystając z wyszukiwarki postępowań zamówień publicznych: ted.europa.eu, znaleziono 153 pozycje przetargowych, ogłoszonych w okresie sierpień 2014 – grudzień 2021 r. w Polsce. Szczegółowa analiza zgromadzonych danych wskazuje, że liczba wszystkich postępowań z wykorzystaniem nowej technologii w naszym kraju wzrasta wraz upływem czasu, co przedstawiono na rysunku 1.

To bardzo dobra informacja. Zainteresowanie tematem jest coraz większe, inwestorzy zyskują świadomość rozwoju nowych technologii w budownictwie i są na nie otwarci. Znaczącą przewagę w stosowaniu tej technologii obejmują duże miasta, takie jak: Warszawa, Poznań, Wrocław, Kraków, co przedstawiono na rysunku 2. Korzystają na tym przy należne do nich mniejsze miejscowości. Prawdopodobnie taki podział i centralizacja będzie się utrzymywać jeszcze



Rys. 2. Mapa przetargów z wykorzystaniem technologii BIM

przez dłuższy czas, zanim nie zostaną określone obligatoryjne wytyczne prawne. Wdrażanie nowych technologii musi mierzyć się z poniesieniem dużych kosztów początkowych, na które nie mogą pozwolić sobie wszyscy. Liczbę wszystkich postępowań przetargowych z uwzględnieniem lokalizacji, w której postępowanie zostało ogłoszone, przedstawiono w tabeli 1.

Dalszą analizę zawężono do 15 wybranych postępowań, których przedmiotem zamówienia były roboty budowlane. Do analizy dokumentacji wyodrębniono 25 elementów technologii BIM, których poszukiwano w wybranych

Tabela 1. Zestawienie liczby postępowań przetargowych dla danej lokalizacji z wykorzystaniem technologii BIM

L.p.	Lokalizacja	Liczba postępowań
1	Warszawa	67
2	Poznań	20
3	Wrocław	12
4	Kraków	7
5	Szczecin	6
6	Gdańsk	5
	Żurawica	5
7	Lublin	4
	Łódź	4
	Opole	4
8	Konstancin -Jeziorna	3
	Marki	3
	Sulejówek	3
9	Mikołów	2
	Płock	2
	Rzeszów	2
10	Oświęcim	1
	Przemyśl	1
	Strzelce Opolskie	1
	Zagórze	1

postępowaniach. Analizę występowania elementów technologii BIM w Specyfikacji Warunków Zamówienia przedstawiono w tabeli 2.

Liczbę występujących elementów/wymagań technologii BIM w danym przetargu przedstawiono na rysunku 3, a liczbę występowania analizowanego elementu/wymagania w zbiorze wszystkich postępowań przetargowych – na rysunku 4.

Z rysunku 3 wynika, że średnio na jeden przetarg występowało 16 elementów/wymagań. Najmniejsza liczba elementów występujących w przetargu to 6, natomiast największa 23. Co ważne, żadne z postępowań nie zawierało wszystkich przyjętych do analizy elementów. Na podstawie przeprowadzonej analizy zgromadzonych danych zauważono, że:

- w wymaganiach Zamawiającego, w kontekście opracowywanej dokumentacji projektowej, odchodzi się od tradycyjnej formy dokumentacji w 2D, na rzecz opracowania modelu 3D. Oczywiście dalej zachowana jest dokumentacja płaska i rysunki 2D, ale zgodnie z EIR mają one być generowane z modeli 3D. We wszystkich analizowanych przetargach dokumentacja ma być prowadzona w formie elektronicznego modelu (100%);
- znaczna część postępowań (93%) kładzie nacisk na konieczność opracowania modelu z uwzględnieniem czasu realizacji, tj. informację dotyczącą harmonogramu prac – model BIM 4D;
- ponad połowa postępowań przetargowych (60%) wymagała od wykonawcy wykonania modelu BIM 5D, w zakresie optymalizacji kosztów w zamówieniu w trakcie trwania inwestycji;
- w wybranych postępowaniach pojawiły się wymagania dotyczące opracowania modelu BIM 6D oraz 7D w zakresie energooszczędności (40%) oraz zarządzania obiektem w czasie jego użytkowania (40%);
- 2/3 zamawiających oczekiwała od wykonawcy powołania specjalistów w zakresie stosowania technologii BIM, między innymi: modelarzy i programistów BIM, menadżerów projektu BIM, itp.;
- szczegółowość opisanych elementów/wymagań przez poszczególnych zamawiających jest bardzo zróżnicowana. Część elementów opisywana jest bardzo wnikliwie, natomiast inne wymagania zostają poruszane w sposób lakoniczny, zostawiający duże pole do interpretacji dla wykonawców;
- analizując daty, w których ogłoszone zostały poszczególne analizowane postępowania przetargowe nie stwierdza się, że czas miał wpływ na jakość i ilość wymagań zamawiającego.

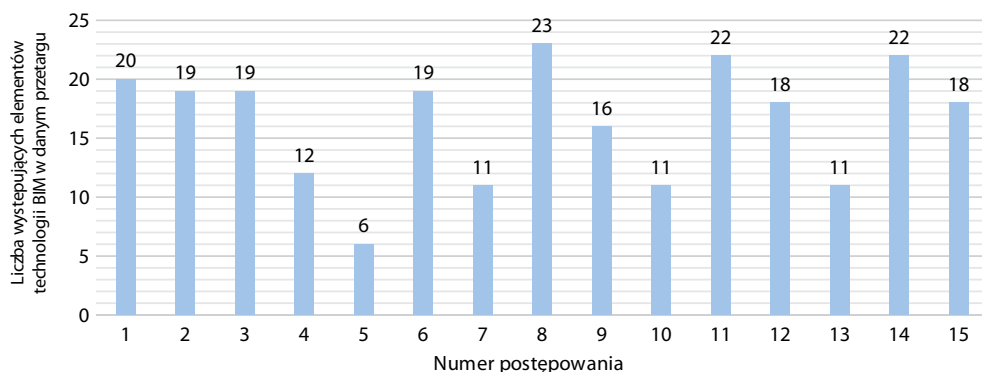
Wyniki przeprowadzonej analizy dotyczącej wiedzy i doświadczenia uczestników postępowania przetargowego przedstawiono w tabeli 3.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że:

- w 10 postępowaniach przetargowych wymagana była wiedza i doświadczenie wykwalifikowanego personelu (modelarze, menadżerowie BIM) ubiegającego się o zamówienie (67%),

Tabela 2. Analiza występowania poszczególnych elementów technologii BIM w przetargach budowlanych

Postępowanie przetargowe nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Elementy technologii BIM dla postępowania przetargowego	Występowanie danego elementu w postępowaniu														
EIR – Wymagania BIM	✓	✓	✓	✓	–	✓	–	✓	–	–	✓	✓	–	✓	✓
Wymagania BIM zawarte w SIWZ	–	✓	✓	–	✓	✓	✓	–	✓	✓	–	–	✓	–	✓
Wymagany BEP – Plan realizacji BIM	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓
Słownik pojęć	✓	✓	✓	✓	–	✓	–	✓	–	–	✓	✓	✓	✓	✓
Model 3D	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Harmonogram prac (model 4D)	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Optymalizacja kosztów (model 5D)	✓	✓	–	✓	–	✓	–	✓	–	–	✓	–	✓	✓	✓
Energooszczędność i ekologiczność	✓	–	–	–	✓	–	–	✓	–	–	✓	–	✓	✓	–
Standaryzacja nazewnictwa, GUW, tolerancji, pomiarów, jednostek	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓
Skaning laserowy i fotogrametria	✓	–	✓	–	–	–	–	✓	–	–	✓	–	–	–	–
Określenie formatów plików	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Określenie oprogramowania/zastosowanie platformy CDE	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓
Wykonawca udostępniła oprogramowanie Zamawiającemu	✓	✓	✓	–	–	–	–	–	–	✓	✓	✓	–	✓	✓
Szkolenia	✓	✓	✓	–	–	✓	–	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	–
Poziomy szczegółowości	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	–	–	✓	✓	✓	✓	✓
Realizacja w oparciu o skoordynowane modele BIM	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	✓	✓
komunikacja w oparciu o skoordynowane modele BIM	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	–	–	✓	✓	–	✓	✓
Bezpieczeństwo informacji/danych	✓	–	✓	–	–	✓	✓	✓	–	–	✓	✓	–	✓	✓
Wizualizacje	–	–	–	–	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓
Role i zakres obowiązków i kompetencji uczestników/personelu	–	✓	✓	–	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	–
Zarządzanie projektem: kontrola, systematyzacja danych, komunikacja, częstotliwość i miejsce spotkań	✓	✓	✓	–	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–
Analiza i plan zarządzania ryzykiem	–	–	–	–	–	–	–	✓	–	–	–	–	–	–	–
koordynacja i wykrywanie kolizji	✓	✓	✓	–	–	✓	✓	✓	✓	–	✓	–	–	✓	✓
Raportowanie okresowe	✓	✓	✓	–	–	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	✓	✓	–
Model powykonawczy	✓	✓	✓	✓	–	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	–	✓	✓
Koordynacja obiektem w trakcie jego użytkowania	–	–	–	–	–	–	–	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	–

Rys. 3. Liczba występujących elementów/wymagań technologii BIM w danym przetargu

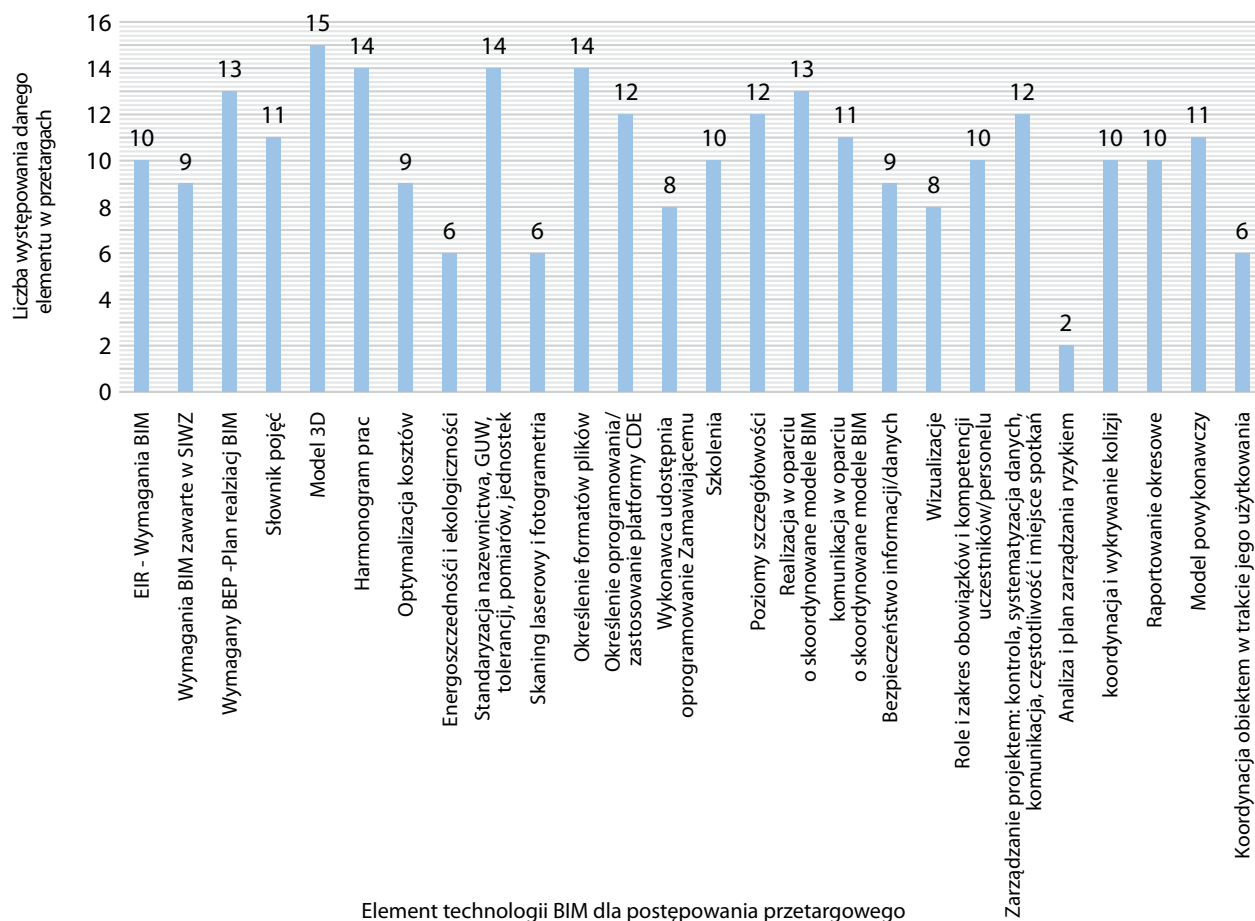
- w 9 postępowaniach uznano, wiedzę i doświadczenie wykonawcy, jako wymagane w zakresie BIM (60%),
- pomimo wskazania wymogów wykorzystania technologii w realizacji projektu w 5 postępowaniach nie określono specjalistów w zakresie technologii BIM, jak również nie wykazano się wystarczającym poziomem wiedzy w tej dziedzinie,
- kryterium oceny oferty przy wyborze najkorzystniejszej oferty, dotyczące technologii BIM, zostało uwzględnione tylko w 9 przypadkach (60%).

5. Podsumowanie

Analiza postępowań przetargowych pokazała, że w polskich zamówieniach publicznych technologia BIM, z roku na rok, jest coraz częściej stosowana i wymagana przez zamawiających. Niestety, wdrażanie tej metodologii jest znaczącym przeskokiem dla przedsiębiorców, co wskazuje tempo jej

rozpowszechniania się. Aby przyspieszyć proces wdrażania nowych technologii, prowadzonych jest wiele szkoleń o tej tematyce zarówno dla wykonawców, jak i dla zamawiających, a ponadto w programach kształcenia wielu uczelni pojawiły się specjalności w tym zakresie.

Dzięki szkoleniom zamawiający zaczęli implementować do dokumentacji przetargowych wymagania BIM (EIR), jednak ich treść i jakość diametralnie się od siebie różnią. Wiedza zamawiających na temat technologii BIM jest zróżnicowana, jednak następuje znaczna poprawa i postępowania przetargowe są coraz częściej nacechowane jej elementami. W artykule analizie poddane były przetargi, w których wystąpił termin BIM, jednak w ogólnym rozrachunku łączna liczba przetargów budowlanych w Polsce wyniosła 96 631 postępowania w latach 2014–2021. Wynika z tego,



Element technologii BIM dla postępowania przetargowego

Rys. 4. Liczba występowania analizowanego elementu/wymagania w zbiorze wszystkich postępowań przetargowych (opis elementów/wymagań zgodnie z tabelą 2)

Tabela 3. Wiedza i doświadczenie uczestników postępowania/udział technologii BIM w ocenie ofert

Postępowanie przetargowe nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Wiedza i doświadczenie wykonawcy w zakresie BIM	✓	✓	✓	-	-	✓	-	✓	-	-	✓	✓	-	✓	✓
Wymagana wiedza i doświadczenie personelu w zakresie BIM	-	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-
Technologia BIM w kryterium oceny ofert [%]	0	0	45	0	0	10	20	60	3	8,33	10	5	40	0	0

że przetargi w technologii BIM stanowią 0,16% wszystkich postępowań budowlanych.

W postępowaniach przetargowych występuje duża różnorodność i nieporządek wymogów zamawiającego. Dokumentacja jest nieszablonoowa i brak jej, jak w przypadku projektu budowlanego, instrukcji, co jest niezbędne do kompletnie przygotowanych materiałów dla ubiegających się o przetarg. Kamieniem milowym tych przemian będzie wprowadzenie nowych przepisów, które usystematyzują budowlany proces inwestycyjny. Jedną z prób określenia standardów jest opracowany projekt zasad przygotowania i realizacji inwestycji kubaturowych w Polsce zgodny z normą PN-EN ISO 19650 i krajowym prawem budowlanym przez Polski Związek Pracodawców Budownictwa przy współudziale Urzędu Zamówień Publicznych oraz firm generalnych wykonawców [8] oraz działania powołanej przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii Grupy Roboczej do spraw BIM.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ustawa z dnia 11 września 2019 r. Prawo zamówień publicznych (Dz.U. 2019, poz. 2019)
- [2] Kasznia D., Magiera J., Wierzowiecki P., BIM w praktyce, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2018
- [3] Attenni M., Informative Models for Architectural Heritage, Heritage 2/2019, str. 2067–2089
- [4] Enshass M., Al Hallaq L., Tayeh B., Limitation Factors of Building Information Modeling (BIM) Implementation, The Open Construction and Building Technology Journal 13/2019, str. 189–196
- [5] Doan D., Ghaffarianhoseini A., Naismith N., Zhang T., Ehman A., Tookey T., Ghaffarianhoseini A., What is BIM? A Need for A Unique BIM Definition, MATEC Web of Conferences 266, 2019, str. 05005
- [6] Skrzypczak I., Oleniacz G., Leśniak A., Zima L., Mrówczyńska M., Kazak J., Scan-to-BIM method in construction: assessment of the 3D buildings model accuracy in terms inventory measurements, Building Research & Information, 2022, str. 1–22
- [7] Kovacs A., Micsik A., Method for Evaluating a Building Information Model, Periodica Polytechnica Civil Engineering 63, 2019, str. 541–549
- [8] Piwkowski W., Styliński J., BIM Standard PL, Polski Związek Pracodawców Budownictwa, Warszawa, 2020

Wykorzystanie skaningu laserowego i chmur punktów na budowie. Część III

The use of laser scanning and point clouds on the construction site. Part III

dr inż. Paweł Nowak (ORCID: 0000-0002-7072-9564), dr inż. Jerzy Rośton (ORCID: 0000-0002-7072-9564), Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, mgr inż. Karol Romatowski, STRABAG Sp. z o.o.

DOI 10.5604/01.3001.0016.2698

Streszczenie: Trzeci z serii czterech artykułów [15, 16] przedstawia wykorzystanie skaningu laserowego oraz pracę z chmurą punktów na budowie. Przedstawiono przygotowanie do skanowania oraz proces skanowania – od przygotowania skanera poprzez różne procesy, takie jak pomiary w terenie, rejestracja i eksport danych. Autorzy przedstawili także szereg problemów, na jakie może natknąć się skanujący i praktyczne sposoby ich rozwiązywania. Pokazano także możliwości wykorzystania skanera oraz chmury punktów do przedmiarowania oraz wykonywania obmiarów – na podstawie rzeczywistego projektu – przy pracach wyburzeniowych wentylatorni, remontowanego szpitala. Autorzy przedstawiają także założenia i wstępne rezultaty projektu ID4EX związanego z wykorzystaniem immersive design w budownictwie.

Słowa kluczowe: innowacje, budownictwo, inwentaryzacja, skaningu laserowy, chmura punktów.

Abstract: The third in a series of four articles [15, 16] presents the use of laser scanning and work with a point cloud on a construction site. The preparation for scanning and the scanning process are presented – from scanner preparation through various processes such as field measurements, data registration and export. The authors also presented a number of problems that the scanner may encounter and practical ways of solving them. It also shows the possibilities of using a scanner and a cloud of points for take-off and taking measurements – based on a real project – for the demolition works of the ventilation room, the renovated hospital. The authors also present the assumptions and preliminary results of the ID4EX project related to the use of immersive design in construction.

Keywords: innovation, construction, inventory, laser scanning, point cloud.

1. Wprowadzenie

W niniejszym artykule autorzy kontynuują wskazanie możliwości wykorzystania skaningu laserowego na terenie budowy. Fenomen skanerów laserowych jest spowodowany dokładnością pomiarów, które można zestawić na równi z pomiarami wykonywanymi tradycyjnymi metodami z wykorzystaniem tachimetrów, dla których każdy milimetr jest kluczowy. Celem autorów jest pokazanie możliwości wykorzystania skaningu laserowego w wykonywaniu przedmiarów i obmiarów. Artykuł zawiera informacje dotyczące sprzętu wykorzystywanego w trakcie pomiarów w terenie oraz oprogramowania towarzyszącego. Został w nim przedstawiony cykl pracy ze skanerem laserowym, począwszy od wejścia na teren budowy i rozstawienia instrumentu pomiarowego poprzez pobranie danych i ich obróbkę – do sposobów wykorzystania uzyskanej chmury punktów. Dodatkowo wskazano potencjalne zastosowanie skaningu laserowego do wsparcia działania systemów immersive design w budownictwie.

2. Skaningu laserowy – praca z chmurą punktów

2.1. Praca ze skanerem w terenie i tworzenie chmur punktów

Pracę w terenie ze skanerem laserowym można podzielić na dwie części: planowanie skanowania i samo skanowanie. Skanowanie w terenie [1] nie jest zagadnieniem skomplikowanym pod względem obsługi skanera, np. Skaner Trimble X7 [2] działa kompatybilnie z dedykowanym Tabletem T10 z oprogramowaniem Trimble Perspective. Podczas procesu skanowania obsługa skanera odbywa się właśnie poprzez wykorzystanie tabletu. Czynniki na jakie należy zwrócić uwagę przed przystąpieniem do skanowania [3, 4], jeszcze przed wyjściem w teren to:

- przygotowanie narzędzi do skanowania,
- skanowany obiekt lub jego fragment,
- warunki atmosferyczne,
- cel skanowania.

Przed każdym wyjściem w teren należy sprawdzić zawartość wolnego miejsca na dysku na tablecie oraz ile wolnego miejsca pozostało na karcie SSD w skanerze, na której rejestrowane są dane ze skanowania. Należy także upewnić się, że baterie skanera i tabletu są naładowane i nie rozładują się w trakcie pracy. Ładowanie baterii zajmuje dużo czasu i nie jest możliwe doładowanie baterii na niezbędne minimum, które pozwoli później dokończyć skanowanie. Niezbędnymi narzędziami do wykonywania pracy w terenie jest trójnóg, na którym umieszcza się skaner na danym stanowisku pomiarowym oraz zadbanie o odpowiednie

doświetlenie, na przykład przenośne halogeny akumulatorowe, które pozwolą oświetlić pomieszczenie w przypadku małej ilości światła słonecznego. Halogeny są bardzo przydatne podczas skanowania, aby na każdym stanowisku oprócz pomiaru skanerem mającego na celu utworzenie chmury punktów, wykonano zdjęcia na stanowiskach pomiarowych. Opcja wykonywania zdjęć skanerem jest ważna z kilku powodów. Zdjęcia są wykorzystywane do kolorowania chmur punktów i bez wykonania zdjęć, niemożliwe jest uzyskanie chmury punktów w rzeczywistych kolorach skanowanego obiektu. Ponadto zdjęcia bardzo ułatwiają znajdowanie punktów georeferencyjnych na skanach, czyli tak zwanych celów, ale także innych elementów, które w formie chmury punktów pozostają trudne do zidentyfikowania.

Przed skanowaniem użytkownik powinien wcześniej poznać projekt. Przygotowując się do skanowania, należy wcześniej sprawdzić, jakiego typu obiekt będzie skanowany i jakie napotka się warunki do skanowania w danym miejscu. Inaczej należy zaplanować skanowanie obiektów mostowych i inaczej zamkniętych przestrzeni halowych czy biurowych [5]. Ważne są wymiary skanowanych obiektów, ponieważ skanowanie jest zajęciem czasochłonnym.

Przed wyjściem w teren warto wcześniej zaplanować sobie rozmieszczenie stacji skanowania, czyli stanowisk pomiarowych. Wcześniejsze zaplanowanie przebiegu prac zawsze przynosi wiele informacji i nie inaczej jest w przypadku skanowania. Dzięki wcześniejszemu zaplanowaniu skanowania użytkownik jest w stanie przewidzieć, ile czasu zajmie skanowanie, zakładając, że będzie skanował na każdym stanowisku z tą samą ustawioną gęstością skanu.

Ważnym czynnikiem, który wpływa nie tylko na czas pracy w terenie, ale także na jakość wykonywanych pomiarów, jest otoczenie i warunki pracy [7, 8]. Przemieszczające się obiekty, takie jak ludzie czy pojazdy, często znajdują się w zakresie widzenia skanera, co oznacza, że znajdą się na chmurze punktów. Dowiązywanie i rejestracja skanów w terenie polega na pokrywaniu się kolejnych chmur punktów i szukaniu „części wspólnych”. W sytuacji gdzie otoczenie zmienia się względem kolejnych stanowisk, może to powodować problemy z rejestracją kolejnych stacji skanowania oraz zasłaniania niektórych elementów skanowanych obiektów przez przemieszczające się obiekty.

Warunki atmosferyczne także wpływają na jakość skanowania i wykonywania zdjęć. Skaner X7 może pracować w niekorzystnych warunkach pogodowych bez straty jakości i dokładności wykonywanych pomiarów. Wilgotność powietrza nie wpływa na jakość skanów. Dodatkowo skaner może pracować w skrajnych temperaturach od -20°C do nawet $+50^{\circ}\text{C}$. Skaner jest odporny na działanie wody oraz zakurzenie urządzenia. Nie powinno się skanować jednak podczas silnych opadów deszczu lub śniegu oraz w bardzo zakurzonych miejscach ze względu na jakość uzyskiwanych chmur punktów.

Cel skanowania jest niezwykle ważny. Inaczej należy podejść do skanowania mającego na celu opracowanie chmury punktów, która ma służyć jako inwentaryzacja obiektu, a inaczej, jeśli chodzi o skanowanie mające na celu późniejsze przeprowadzenie analiz konkretnych elementów [9, 10]. Dzięki zagęszczaniu rozmieszczenia stacji skanowania i ustawień większych gęstości skanowania (od gęstości skanowania zależy czas pracy na danym stanowisku pomiarowym oraz liczba uzyskanych punktów w chmurze) można stworzyć dokładniejsze, składające się z większej liczby punktów projekty.

Podczas skanowania należy zwrócić uwagę także na materiał skanowanych obiektów, ponieważ skanery laserowe działają na zasadzie odbicia wiązki od danych powierzchni. Aby dokładnie zeskanować materiały czarne, jak na przykład asfalt lub ekrany komputerów czy telewizorów lub materiały odbijające, takie jak na przykład stal nierdzewna, należy wybrać przed skanowaniem tryb wysokiej czułości, który pozwoli w lepszej jakości uzyskać chmury punktów na takich materiałach.

2.2. Pomiary w terenie

Największą zaletą pracy ze skanerem Trimble X7 jest możliwość rejestracji skanów z poszczególnych stanowisk w terenie, z poziomu tabletu. Dotychczasowe skanery laserowe wymagały używania specjalnych znaczników w postaci czarno-białych tarcz lub sfer, które umożliwiały wyrównywanie pomiarów z poszczególnych stanowisk i łączenia ich w całą chmurę punktów. Zabieg ten odbywał się już na stanowisku stacjonarnym (biuro), po uzyskaniu danych z terenu w dedykowanym oprogramowaniu. Proces rejestracji skanów z poszczególnych stanowisk odbywa się automatycznie przy wykorzystaniu zestawu współpracujących urządzeń: skanera X7 i tabletu T10 wraz z oprogramowaniem Trimble Perspective [12, 13, 14].

Po wykonaniu skanowania na stanowisku pomiarowym zarówno skany, jak i zdjęcia wykonane przez skaner zostają pobrane na urządzenie obsługujące skaner. Użytkownik w trakcie pracy w terenie ma możliwość wyświetlania pozyskanych skanów i ich rejestracji. Dane wyświetlane na ekranie urządzenia obsługującego skaner pozwalają na tworzenie znaczników, notatek oraz wykonywania pomiarów. Wykorzystanie notatek umożliwi opisanie napotkanego problemu w trakcie pracy. Pozwala to przekazać informacje odnośnie do danego zagadnienia osobom mającym w przyszłości korzystać z chmury punktów lub zostawienia konkretnej informacji o tym czego dany problem dotyczył (rys. 1).

Wykonany skan od razu może posłużyć do pracy inżynierowi na budowie. Użytkownik może od razu w terenie wykonywać pomiary mające na celu sprawdzenie wysokości poszczególnych urządzeń lub elementów, sprawdzenia rozstawu profili w ściankach g-k lub zmierzenia powierzchni skanowanego obiektu i wielu innych.

Rys. 1. Trimble Perspective – wykonywanie pomiarów w terenie (opracowanie własne)

2.3. Rejestracja skanów

Rozpoczynając skanowanie, użytkownik ma możliwość ustawienia układu współrzędnych lub podczas rejestracji pierwszego skanu ustawienia układu współrzędnych w sposób automatyczny. Na podstawie zeskanowanych elementów, to znaczy umiejscowienia w przestrzeni poszczególnych punktów chmury, orientacja układu współrzędnych zostaje dobrana automatycznie, ustawiając jedną z osi układu wzdłuż największego wychwyconego elementu pionowego. Współrzędna Z jest ustalana automatycznie dzięki wbudowanemu systemowi automatycznej kompensacji urządzenia. Automatyczne samopoziomowanie ma zakres do 5° (dokładność geodezyjna) oraz dokładność automatycznego kompensatora mniejszą niż 3", co jest równe możliwemu odchyleniu rzędu 0,3 mm na 20 metrach. Przed każdym procesem skanowania urządzenie dokonuje także automatycznej kalibracji bez dodatkowej pracy użytkownika czy dodatkowych znaczników skanowania w formie tarczki lub sfer. Kalibracja zasięgu, kątowna oraz Smart zapewnia naniesienie odpowiednich poprawek błędów kolimacji czy odchyleni osi poziomej, pionowej oraz celowej. Nanosi poprawkę odległości do albedo i pomiaru odległości oraz monitoruje warunki atmosferyczne, naświetlenie terenu, wibracje oraz prędkość pionową w celu uzyskania optymalnej wydajności.

Po wykonaniu kolejnych skanów i ich pobraniu w programie Trimble Perspective odbywa się automatyczna rejestracja danych. Polegająca na nałożeniu wykonanego skanu na wybrane wcześniej stanowisko pomiarowe. Nałożenie chmur polega na szukaniu części wspólnych elementów i usytuowania punktów w przestrzeni dwóch różnych skanów. Automatyczna rejestracja jest dodatkowo wspomagana systemem nawigacji inercyjnej, który śledzi pozycję, orientację i ruch urządzenia. Automatyczna orientacja i wyrównanie skanu z ostatnim lub wybranym przez użytkownika skanem wyświetla użytkownikowi raport z rejestracji, w którym znajdują się informacje o spójności dowiązania (w procentach), błędzie wyrównania skanów (w jednostce długości) oraz poziomie nałożenia na siebie skanów (w procentach).

Jeśli rejestracja nie jest satysfakcjonująca od razu w oprogramowaniu Perspective, użytkownik ma możliwość ręcznego dowiązania skanów i ponownej rejestracji. Odbywa się to na dwa sposoby – pierwszym jest ustawienie wykonanego skanu względem poprzednich stanowisk poprzez obrót i przesunięcie w płaszczyźnie XY, w taki sposób, aby wpasować wizualnie skan do projektu. Ten sposób jest szybszy i wydajniejszy. Powodem tego jest samopoziomowanie skanów, czyli użytkownik dowiązując skany nie martwi się płaszczyzną Z układu współrzędnych. Jego zadaniem jest



znalezienie na rzucie 2D i chmurze 3D części wspólnych skanów i nasunięcie ich na siebie. Do tego wykorzystywany jest dotykowy ekran tabletu. Pozwala to na szybką pracę i korektę dowiązań w terenie. Po każdym nasunięciu odbywa się ponowna rejestracja i program w formie raportu informuje o jakości dowiązania.

Drugim sposobem jest dowiązanie poprzez punkty wspólne. To dowiązanie polega na pracy na dzielonym ekranie, gdzie na dwóch stanowiskach wskazuje się dwa punkty wspólne obydwu skanów. Na tej podstawie dowiązuje się jeden skan do drugiego, ponownie wykorzystując dotykowy ekran tabletu. Ta metoda nie jest tak dokładna ze względu na ograniczenie do 2 punktów wspólnych, których można szukać na skanach.

2.4. Uzyskane dane i ich eksport

Uzyskiwane dane z pomiarów w terenie zostają zbierane w pamięci skanera, na karcie SD oraz na tablecie w oprogramowaniu Perspective. Skaner X7 zapisuje surowe dane z pojedynczych stanowisk pomiarowych. Te dane potraktowano jako dane zapasowe. Powodem takiego podejścia było korzystanie z danych zapisywanych na tablecie T10. Tam podczas pracy w terenie chmury punktów tworzone poprzez dowiązywanie pojedynczych skanów do siebie za pomocą algorytmów „cloud to cloud” dostępnych z poziomu urządzenia do obsługi instrumentu pomiarowego X7.

Podczas pracy tworzone gotowe do eksportu projekty, które przygotowywano do wykorzystania na stanowisku stacjonarnym w Trimble RealWorks. W TRW pracowano z chmurami punktów i dokonywano ostatecznego sprawdzania jakości dowiązania i wyrównania skanów.

Wykonując eksport danych z Perspective, utworzony projekt można od razu pokolorować, program wykorzysta do tego zdjęcia utworzone razem ze skanami na stanowiskach pomiarowych. Ponadto można doprecyzować, czyli automatycznie wyrównać projekt. Jest to możliwe także w TRW i tak były opracowywane chmury punktów przez autorów. Celem takiego postępowania było zapewnienie kontroli nad wykonywanymi działaniami.

Dane uzyskiwane ze skaningu laserowego zajmują bardzo dużo pamięci, ważne jest więc, aby w miarę postępów prac zaopatrzyć się w nośniki danych. Po utworzeniu bowiem kilku projektów pamięci – zarówno na karcie SD w skanerze, jak i na tablecie – zacznie brakować miejsca. Dane trzeba więc usuwać, a co za tym idzie, nie będzie ich można przywrócić, o ile nie zostaną przed usunięciem zapisane na innym dysku bądź innym nośniku danych.

3. Problemy w trakcie pracy w terenie i sposoby ich rozwiązania

Można wymienić następujące wyzwania pojawiające się w trakcie pracy w terenie:

- brak możliwości rejestracji skanów w terenie – niemożliwość dowiązania, czyli rejestracji jednego skanu na drugi w terenie, z poziomu tabletu może być spowodowany kilkoma czynnikami, a często jest wynikiem sumą różnych zmiennych, które mogą wpłynąć na pomiar instrumentem. Pierwszym z czynników, który może uniemożliwić rejestrację jest za mała część wspólna kolejnych skanów. Nałożenie się na siebie pojedynczych skanów nie daje odpowiedniego pokrycia i program może mieć problem z automatycznym umiejscowieniem w układzie współrzędnych skanów względem siebie. Ten problem często wyświetla się użytkownikowi w formie raportu, który mówi, jaki jest stopień nakładki skanów na siebie. Rozwiązaniem jest poprawa dowiązania ręcznie, a w przypadku gdy to nie zadziała, należy wykonać dodatkowy skan pomiędzy niedowiązany wcześniej skanami. Za pomocą trzeciego stanowiska uda się połączyć dwa pozostałe, nie bezpośrednio ze sobą, ale poprzez umiejscowienie ich w odpowiednim miejscu w układzie współrzędnych.

Innym powodem nieudanej rejestracji może być za duże zatłoczenie pomieszczenia. Kiedy na skanach znajdzie się dużo szumów, automatyczna rejestracja zostanie utrudniona. Powodem będą punkty przedstawiające przemieszczających się ludzi. Będą to części chmur punktów, które nie będą się nakładać, ponieważ nie będą stanowiły punktów wspólnych. Rozwiązaniem tego problemu może być ponowne wykonanie skanu na danym stanowisku. Takie zjawiska należy jednak minimalizować na etapie planowania skanowania. Jeśli nie jest możliwe uniknięcie tego problemu podczas planowania, można przemieszczając się z jednego stanowiska na kolejne, odgradzać strefy ruchu taśmami BHP, aby chwilowo blokować możliwość przemieszczania się ludzi w danym obszarze podczas wykonywania skanowania.

- brak odpowiedniego doświetlenia – brak doświetlenia jest utrudnieniem wpływającym, nie na tworzenie chmury punktów, ale na pozyskiwanie zdjęć ze stanowisk. Przy nieodpowiednim, to znaczy niewystarczającym oświetleniu skanowanych powierzchni, wykonywanie zdjęć może zajmować więcej czasu. Dodatkowo uzyskiwane obrazy nie zawsze oddadzą

faktyczne tekstury i kolory skanowanych elementów przy nieodpowiednim oświetleniu. Stąd w rozdziale o pracy w terenie wspomniano o przenośnych źródłach światła w postaci halogenów. Zdjęcia wykonywane podczas pomiarów mają ogromne znaczenie przy tworzeniu pokolorowanych chmur punktów, ale także są ważne ze względu na rozpoznawanie elementów. Niekiedy na skanach ciężko jest rozpoznać konkretne fragmenty chmury i przypisać je do jakiegoś elementu. Dzięki zdjęciom możliwe jest uzupełnienie informacji z chmur punktów oraz identyfikacja różnych elementów.

- niewystarczająca liczba punktów – niewystarczająca liczba punktów może się pojawiać przy trudnych do pomierzenia dla skanera powierzchni. Może też wynikać z celu skanowania. Podczas skanowania obiektów, które później miały zostać dowiązane do globalnych układów współrzędnych, umieszczano cele, czyli punkty georeferencyjne. Skany, na których znajdują się takie punkty, należy wykonywać w niedużej odległości lub przy zwiększeniu gęstości skanów. Celem takiego podejścia jest uniknięcie sytuacji, gdzie punkty chmury punktów nie pokryją się z celami i akurat w punkcie przecięcia, gdzie wykonywany był pomiar geodety, nie będzie ani jednego punktu chmury.

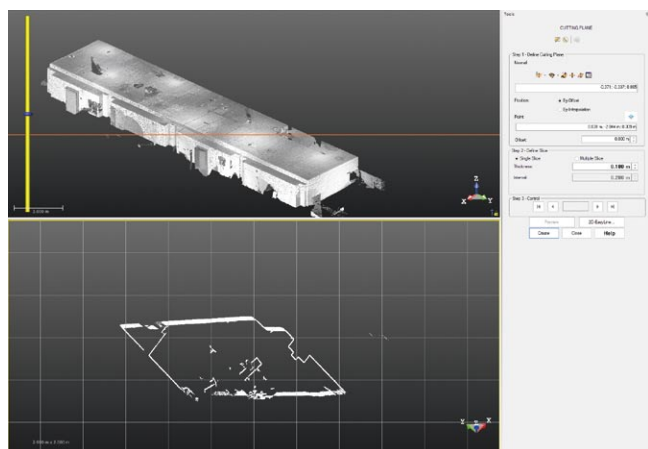
- niedostępne dla skanera miejsce – martwe pola są powszechne przy skanowaniu i spowodowane są sposobem pracy i działania skanerów laserowych. Są to fragmenty projektu, gdzie brakuje punktów na chmurach. Takie braki są spowodowane przesłanianiem elementów. Podczas skanowania ściany, znajdujące się przed nią rusztowanie spowoduje dziury w obrazowaniu płaszczyzny ściany przez punkty chmury. Dzieje się tak, ponieważ laser, który jest emitowany z jednostki centralnej skanera nie dociera do danych powierzchni i nie ma możliwości zarejestrowania danych, do których nie dociera wiązka lasera. Uniknięcie takich sytuacji jest możliwe poprzez zagęszczenie stacji pomiarowych podczas pracy w terenie. Niewidoczne na jednym skanie fragmenty powierzchni zostaną zeskanowane na innym stanowisku i razem dają obraz, który jest przez te skany uzupełniany względem siebie. Zdarzyć się mogą jednak sytuacje, gdzie dane fragmenty otoczenia nie zostaną zeskanowane z powodu przesłaniających elementów. Przykładem mogą być elementy, które znajdują się blisko innych elementów i w znacznej części je zasłaniają (płyty OSB oparte o ściany). Jedynym możliwym uniknięciem takich sytuacji jest skanowanie przed montażem trwałych przesłaniających elementów lub przygotowywanie otoczenia, na przykład przez uprzątnięcie miejsca wykonywania pomiarów.

4. Wykorzystanie chmur punktów do przedmiarowania i wykonywania obmiarów

W słowniku języka polskiego przedmiar jest to pojęcie budowlane oznaczające wyliczenie ilości robót, wstępne zestawienie zasobów pracy oraz materiałów. Przedmiar robót



Rys. 2. Chmura punktów – widok ze stanowiska (opracowanie własne)



Rys. 3. Tworzenie przekrojów w TRW (opracowanie własne)

jest podstawą rozliczeń finansowych i powinien być wykonywany z największą możliwą dokładnością i rzetelnością. Zgodnie z podaną w rozporządzeniu ministra infrastruktury z 18 maja 2004 roku przedmiar robót jest opracowaniem zawierającym zestawienie przewidywanych do wykonania prac wraz z ich opisem. Na budowie szpitala (opisanego w I i II części tej serii artykułów), przed wykonywaniem prac rozbiórkowych posadzek w pomieszczeniach wentylatorni (rys. 2), na budynku istniejącym szpitala należało wykonać przedmiar robót. Aby zakontraktować podwykonawcę oraz wycenić planowane prace, potrzebne były informacje o powierzchni pomieszczeń i metrach sześciennych posadzek, które planowano rozebrać. W dokumentacji projektowej nie wszystkie wymiary były zgodne z rzeczywistością, a ponadto autorzy nie dysponowali przekrojami, które mogłyby oddać stan faktyczny posadzek wykonanych w wymaganych pomieszczeniach. Do zadania postanowiono wykorzystać skanowanie laserowe. Planowano zeskanować

pomieszczenia w celu wykonania inwentaryzacji i uwiecznienia stanu istniejącego przed wykonywanymi pracami. Po wykonaniu skanowania postanowiono na podstawie chmur punktów wykonać przedmiar robót, aby uzyskać powierzchnie oraz różnice wysokości pomiędzy podniesieniami posadзки, jakie występowały we wszystkich pomieszczeniach, które poddano pomiarom.

W celu wykonania dokładnego przedmiaru wykorzystano oprogramowanie RealWorks. Po zgraniu chmur punktów, bez przeszedzenia chmur i przygotowaniu chmur punktów, przystąpiono do wyeksportowania potrzebnych rzutów i przekrojów z uzyskanych skanów. Do wykonania przekrojów wykorzystano narzędzie Cutting Plane dostępne w zakładce Production w RealWorks.

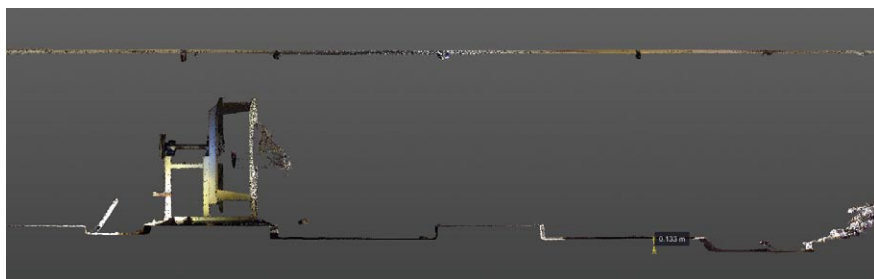
Praca przy wykonywaniu przekrojów przez chmurę punktów jest bardzo intuicyjna. Do pracy program proponuje dwa okna widokowe (rys. 3). W jednym widać chmurę punktów przeciętą zadaną przez użytkownika płaszczyzną. W drugim oknie zaś program wyświetla chmurę punktów wyciętą z chmury pierwotnej zadaną płaszczyzną.

Wykorzystując panel po prawej stronie na rysunku 3, wybrano, które osie powinny zostać zablokowane i przygotowywano odpowiednie płaszczyzny i tym samym rzuty oraz przekroje umożliwiające pomiary. Użytkownik pracując w RealWorks, ma możliwość wybrania dowolnej płaszczyzny cięcia oraz szerokości wycięcia chmury płaszczyzną (rys. 4). Dzięki tak wyciętym przekrojom z chmur punktów możliwe było dokładne pomierzenie różnic wysokości pomiędzy poszczególnymi powierzchniami posadzek (rys. 5).

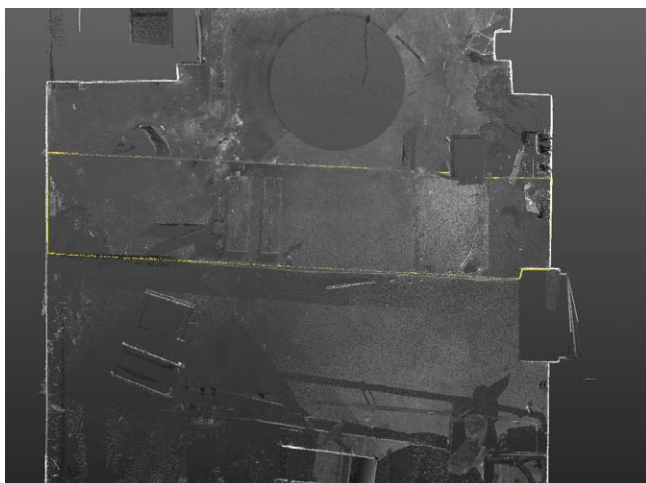
Praca związana zaś z pomiarami powierzchni ze względu na różnice wysokości posadzek nie mogła polegać na stworzeniu wycięcia z chmury punktów. Do pomiarów powierzchni autorzy wykorzystali narzędzie Section Box, w którym ograniczono widok w taki sposób, aby możliwe było pracowanie



Rys. 4. Przekrój przez chmurę punktów wentylatorni (opracowanie własne)



Rys. 5. Pomiar różnicy wysokości fragmentów posadзки w przekroju (opracowanie własne)



Rys. 6. Pomiar powierzchni z chmury punktów w TRW (opracowanie własne)

w widoku „z góry” na chmurę punktów imitującym rzut. Wykonywanie pomiarów na chmurze punktów jest możliwe z poziomu Trimble RealWorks. Narzędzie Polyline Drawing pozwala na tworzenie obrysów poszczególnych sekcji chmury w rzucie dzięki zablokowaniu pracy w 2D.

Rysując kolejne polilinie w widoku „z góry”, pomierzono wszystkie pomieszczenia i uzyskano powierzchnie w metrach kwadratowych (rys. 6). W trakcie wykonywania pomiarów na chmurze od razu przygotowano przedmiary, które posłużyły jako podstawa do zakontraktowania podwykonawcy i rozliczenia prac wyburzeniowych w pomieszczeniach wentylatorni. Wydaje się, że wykonanie skanowania i przedmiarowanie na podstawie skanów jest pracochłonne i wymaga dokładności. W zamian uzyskano jednak bardzo dokładny przedmiar robót, które bez chmur punktów byłoby bardzo trudno dokładnie policzyć i przedmiar wymagałby stosowania wielu uproszczeń, co mogłoby wpłynąć na końcowe ilości zakontraktowanych robót.

Tworząc przedmiar, autorzy podzielili go na 4 części odpowiadające kolejnym pomieszczeniom wentylatorni. Pomieszczenia zostały dodatkowo oznaczone różnymi kolorami w przedmiarze. Następnie przyjmowano poziom zero, czyli poziom posadzki w pomieszczeniach (w każdym pomieszczeniu poziom zero mógł być inny). Następnie mierzono powierzchnię danego fragmentu posadzki i ustalano, na jakiej wysokości względem poziomu zero znajduje się poziom wyniesienia. W ten sposób stworzono przedmiar powierzchni wszystkich pomieszczeń z wydzieleniem fragmentów o różnych wysokościach, co zostało uwzględnione w przedmiarze w komórkach podpisanych jako „wysokość”. Każdy kolejny fragment opisano kolejną liczbą porządkową oraz umieszczono dla każdego fragmentu informację o powierzchni i wysokości. Dzięki takiemu przedmiarowi udało się dokładnie określić ilość robót, jakie miały zostać zlecone do wykonania. Dokładność pomiaru pozwoliła na dokładne oszacowanie powierzchni i ilości posadzek do skucia w ramach kontraktowanego zlecenia. Wykonanie skanowania i przedmiaru

zajęło łącznie niecałe dwa dni robocze. Prawdopodobnie można wykonać wyżej opisaną pracę szybciej, jednak należy pamiętać, że wykonując przedmiary ręcznie, przy użyciu dalmierzy ręcznych czy innych urządzeń pomiarowych najczęściej spotykanych na budowie, nie uzyskamy takiej samej dokładności. Pracując z chmurą punktów, autorzy mieli pewność, że wykonywana praca: skanowanie, stworzenie chmury punktów, wykonanie rzutów, pomiary i ostatecznie stworzenie przedmiaru, będą bardzo dokładne i pozwolą uniknąć błędów, które mogłyby się zdarzyć w trakcie obliczeń na podstawie tradycyjnych pomiarów w terenie.

5. ID4EX – dydaktyczny projekt ERASMUS+

Projekt ID4Ex (ERASMUS+ numer: 2021-1-PL01-KA220-HED-000032239, pt. Immersive Design and New Digital Competences for the Rehabilitation and Valorization of the Built Heritage) ma na celu spełnienie priorytetów strategii Europa 2030 w zakresie zatrudnienia i edukacji poprzez wykorzystanie nowoczesnych technologii. Sektor budowlany stoi obecnie przed wielkimi wyzwaniami czwartej rewolucji przemysłowej. W tym kontekście cyfryzacja sektora stanowi ważny bodziec do stawienia czoła nie tylko wyzwaniom związanym ze skutecznością i wydajnością pracy, ale również z doskonaleniem umiejętności i edukacją. Immersyjne podejście do projektowania to innowacja, która może prowadzić do powstawania nowoczesnych, inkluzywnych produktów i usług angażujących wszystkie podmioty i interesariuszy danego procesu.

Promotorem projektu jest Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (kierownik projektu dr inż. Jerzy Rośłon), a partnerami: Centoform (organizacja szkoleniowa VET), Włochy; Association of Building Surveyors and Construction Experts, Irlandia; Universidade da Madeira, Portugalia; Özyeğin University, Turcja; Polskie Stowarzyszenie Menedżerów Budownictwa, Polska; MORE (firma informatyczna), Włochy oraz University of Ferrara, Włochy. Logo i link do strony projektu pokazano na rysunku 7.

Projekt adresowany jest przede wszystkim do studentów i uczelni wyższych, ale także do architektów, inżynierów, specjalistów w dziedzinie budownictwa oraz organizacji zajmujących się kształceniem.

Głównym celem projektu jest wspieranie rozwoju umiejętności i kompetencji poprzez inkluzyjne podejście do zagadnień związanych z dziedzictwem budowlanym. W tym celu wykorzystane mają być nowoczesne rozwiązania: kluczowe

Rys. 7. Logo projektu oraz QR code z dostępem do strony www (opracowanie własne)



Rys. 8. Kościół Chora, kod QR dla wideo oraz wnętrze obiektu w VR (Özyeğin University)

technologie wspomagające (ang. *Key Enabling Technology*, KET), wirtualna rzeczywistość (ang. *Virtual Reality*, VR), immersyjne interaktywne doświadczenia (ang. *Immersive Interactive Experience*, IIE), czy zaawansowane modelowanie 3D. Dodatkowo, projekt zakłada:

- uaktualnienie i unowocześnianie istniejących programów szkoleniowych dotyczących dziedzictwa budowlanego dzięki nowoczesnym technologiom immersyjnym,
- podniesienie efektywności nauczania i uczenia się poprzez zastosowanie angażujących metod inkluzyjnych,
- zwiększenie synergii wykorzystania nowoczesnych technologii w zespołowym środowisku pracy, które jednocześnie zapewnia odpowiedni rozwój osobisty,
- zwiększenie współpracy między instytucjami edukacyjnymi i przedsiębiorstwami w UE w celu zwiększenia szans odbiorców projektu na zatrudnienie.

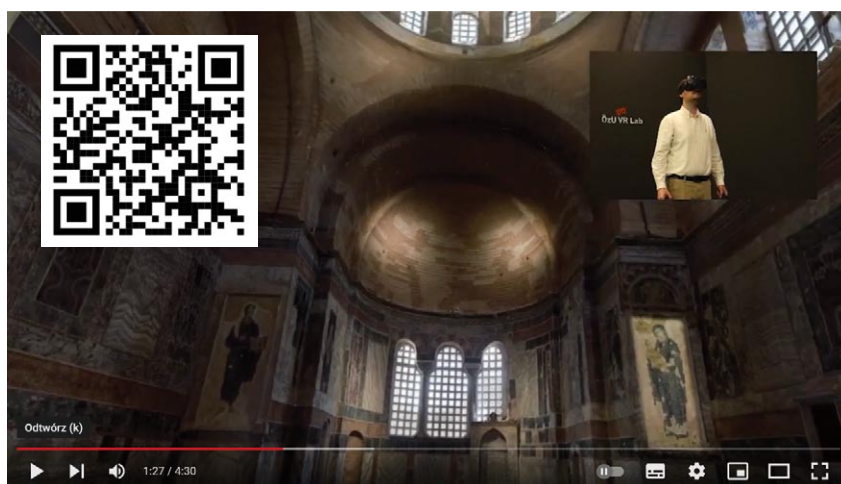
W ramach projektu powstają między innymi:

- raport dotyczący najlepszych praktyk i zastosowań technologii VR do renowacji i waloryzacji budynków o wysokim znaczeniu dla dziedzictwa kulturowego i budowlanego,
- moduły szkoleniowe dotyczące immersyjnego projektowania,
- zestaw cyfrowych narzędzi szkoleniowych dotyczący immersyjnego projektowania.

Wspomniany raport zawiera między innymi przykłady zastosowania skanerów laserowych do rewitalizacji zabytkowych obiektów, np. bizantyjskiego kościoła Chora znajdującego się w Stambule w Turcji – rysunek 8. Raport (dostępny na stronie projektu – rysunek 7) zawiera także linki do dodatkowych materiałów filmowych.

6. Podsumowanie

Skanery laserowe mają bardzo szeroki zakres zastosowań w budownictwie. W poprzednich częściach cyklu przedstawiono wykorzystanie skaningu m.in. do sprawdzania jakości wykonywanych prac, ugięć stropów czy tworzenia dokumentacji prac zanikowych. W niniejszym artykule zaprezentowano możliwości wykorzystania skaningu laserowego w wykonywaniu przedmiarów i obmiarów. Skanery sprawdzają się zarówno w pracy nad nowoczesnymi, jak i zabytkowymi obiektami. Co więcej, modele utworzone za pomocą skanerów pozwalają na pracę w nowoczesnym, immersyjnym, wirtualnym środowisku. Bardzo możliwe, że już niebawem skanery laserowe będą nieodłącznym wyposażeniem każdej budowy.



BIBLIOGRAFIA

- [1] Tomiak K., Wywił M., Analiza porównawcza naziemnego skaningu laserowego z technologią fotogrametryczną UAV, NaviGate BLOG, 2020
- [2] Trimble-X7-arkusz-danych, System skanowania laserowego 3D
- [3] Rebolj D., Pučko Z., Čuš Babič N., Bizjak M., Mongus D., Point cloud quality requirements for Scan-vs-BIM based automated construction progress monitoring, *Automation in Construction*, tom 84, 2017, str. 323–334, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.021>.
- [4] Bosché F., Guillemet A., Turkan Y., Haas C. T., Haas R., Tracking the built status of MEP works: assessing the value of a Scan-vs-BIM system, *Journal of Computing in Civil Engineering* 28(2014) 5014004, str. 1–28, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000343](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000343)
- [5] Byzdra A., Bernat M., Chmielecki M., Laskowski P., Orzechowski J., Rzepa S., Ziółkowski P., Zastosowanie naziemnego skaningu laserowego i przetwarzanie danych: inwentaryzacja i inspekcja obiektów budowlanych, *Wydawnictwo Polskiego Internetowego Informatora Geodezyjnego I-NET. PL & Katedra Geodezji WILiS Politechnika Gdańska*, 2016, str. 1–120
- [6] Rosłon J., Nicał A., Nowak P., Immersive Design for Built Heritage Valorization and Rehabilitation, *EDULEARN22 Proceedings*, 2022, str. 3037–3042
- [7] Mikulski S., *Metody triangulacji laserowej w skanerach trójwymiarowych*, Poznań University of Technology Academic Journals, *Electrical Engineering*, 2013, nr 75, str. 239–245
- [8] Wężyk P., *Naziemny skaningu laserowy, Teledetekcja i fotogrametria obszarów leśnych*, Geomatyka w Lasach Państwowych – cz. I podstawy, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 2010, str. 343–355
- [9] Kaspar M., Pospisil J., Stroner M., Kremen T., Tejkal M., *Laser Scanning in civil engineering and land surveying*, Vega s.r.o., Republika Czeska, 2004
- [10] Shan J., Toth C. K. (Eds.), *Topographic laser ranging and scanning: principles and processing*, CRC press, 2018
- [11] Petrie G., Toth Ch. K., *Introduction to Laser Ranging, Profiling and Scanning*, [w]: Toth Ch. K., Shan J., *Topographic LASER Ranging and scanning: Principles and Processing*, CRC Press Taylor Francis Group, Boca Raton, USA, 2009
- [12] Vogel M., Day R., Jackson G., Lezennec A., Lepere G., *Inside the Trimble X7: Deep Dive into Trimble X7 Auto-Calibration Trimble Geospatial, Optical & Imaging*
- [13] Vogel M., Bader M., Jackson G., Lezennec A., Lepere G., *Inside the Trimble X7: Deep Dive into Trimble X-Drive Technology, Trimble Geospatial, Optical & Imaging*
- [14] Publikacja firmy Trimble, *STUDENT GUIDE, Trimble® RealWorks® Software*
- [15] Nowak P., Rosłon J., Romatowski K., Wykorzystanie skaningu laserowego i chmur punktów na budowie. Część I, *Przegląd Budowlany* 5–6/2022, str. 34–44, ISSN 0033-2038
- [16] Nowak P., Rosłon J., Romatowski K., Wykorzystanie skaningu laserowego i chmur punktów na budowie. Część II, *Przegląd Budowlany* 7–8/2022, str. 64-73, ISSN 0033-2038

Analiza wykorzystania kontenerów morskich w budownictwie mieszkaniowym w kontekście gospodarki cyrkulacyjnej. Część I

Analysis of the use of shipping containers in housing construction in the context of the circular economy. Part I

mgr inż. Martyna Skorupa, JACOBS, prof. dr hab. inż. Anna Sobotka (ORCID: 0000-0002-4477-8821), AGH Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie

DOI 10.5604/01.3001.0016.2699

Streszczenie: Artykuł przedstawia zagadnienie wykorzystania odpadów w budownictwie na przykładzie kontenerów transportowych. Jest ono sednem logistyki zwrotnej oraz gospodarki cyrkulacyjnej. Analizę i ocenę wykorzystania kontenerów transportowych do budowy budynków wykonano na przykładzie autorskiego projektu domu jednorodzinnego z kontenerów morskich w porównaniu do budynku w technologii tradycyjnej. Zaprezentowano wyniki obliczeń wskaźników Ecopoint, dla obu technologii, wskazując wpływ rozwiązań materiałowych na środowisko. Ocenę technologii wykonano za pomocą analizy wielokryterialnej oraz macierzy SWOT. Według WT2021 technologia kontenerowa może być z powodzeniem stosowana. Natomiast decyzja uzależniona jest od potrzeb inwestora z przewagą celowości stosowania technologii kontenerowej do budynków użyteczności publicznej i komercyjnej.

Słowa kluczowe: zagospodarowanie odpadów, kontenery transportowe, domy z kontenerów, ocena wielokryterialna, SWOT.

Abstract: The paper presents the issue of the use of waste in the construction industry using the example of transportation containers. It is at the heart of reverse logistics and the circular economy. The analysis and evaluation of the use of shipping containers for the construction of buildings was made on the example of the author's design of a single-family house from shipping containers in comparison with a building with traditional technology. The results of Ecopoint index calculations, for both technologies, were presented, indicating the impact of material solutions on the environment. The evaluation of technologies was carried out using multi-criteria analysis, and a SWOT matrix. According to WT2021, container technology can be successfully applied. However, the decision depends on the needs of the investor with the predominance of the desirability of using container technology for public and commercial buildings.

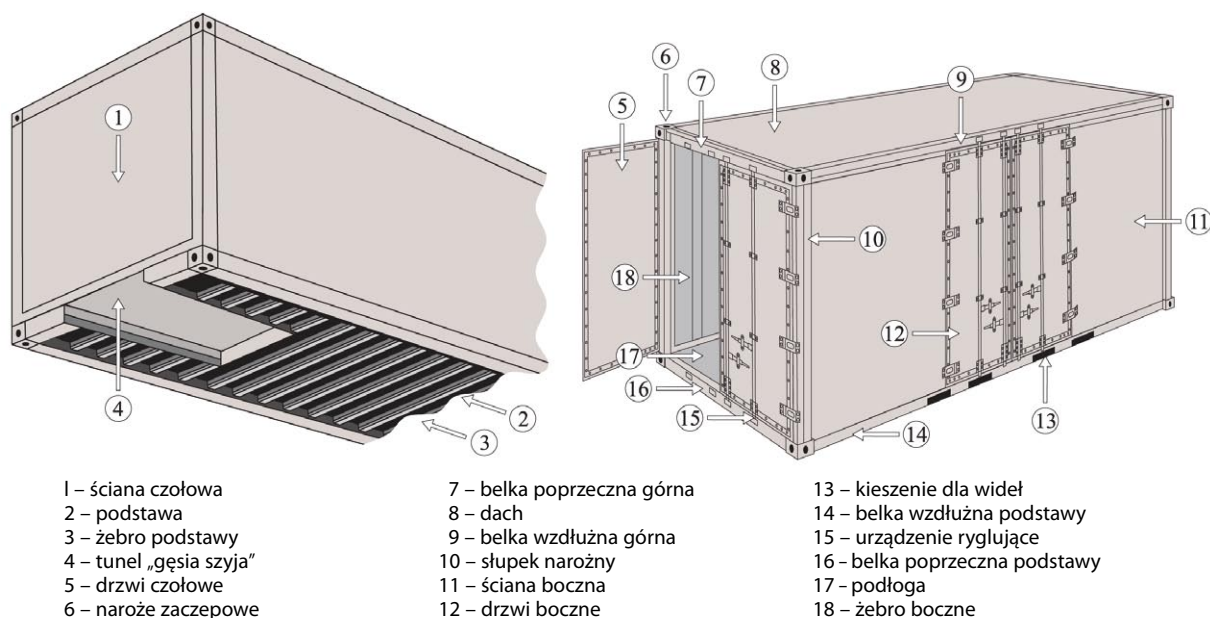
Keywords: waste management, shipping containers, container houses, multi-criteria evaluation, SWOT.

1. Wprowadzenie

Odważni inwestorzy decydują się na budynki wykonane z odpadów budowlanych, jak również z innych sektorów gospodarki. Przykładem mogą być tzw. budynki ze śmieci – „earthship” w całości z odpadów, jak też częściowo wykorzystujące materiały z rozbiórek obiektów budowlanych, wśród nich elementy nadające się do ponownego zastosowania lub nowe wyroby z recyklingu odpadów, np. betonowych. Zagospodarowanie odpadów w taki sposób przyczynia się do rozwoju koncepcji gospodarki cyrkulacyjnej, a tym samym wyeliminowania modelu linearnego. Gospodarka liniowa opiera się na trywialnym schemacie „weź, wyprodukuj, zużyj i wyrzuć”, który całkowicie odbiega od współczesnych trendów zorientowanych na zrównoważony rozwój. Z kolei gospodarka o obiegu zamkniętym opiera się na długofalowym myśleniu o produkcji i jest

bezpośrednio związana z jego cyklem życia. Zakłada nieskończony przepływ wyrobu w obiegu, a także wykluczenie powstawania odpadów. Głównym zadaniem jest odzyskanie (lub nadanie mu) wartości i zamknięcie cyklu życia, poprzez ponowne włączenie do łańcucha dostaw dla nowej produkcji [1]. W procesie zagospodarowania odpadów kluczową rolę odgrywa logistyka zwrotna (odzysku) [2]. W budownictwie mają zastosowanie odpady też z innych branż oraz sektorów. Przykładem są odpady z górnictwa lub energetyki stosowane w produkcji kruszyw sztucznych [3]. Metody odzysku mogą być bardzo różne – recykling, ponowne użycie itd.

Z sektora transportowego pochodzi szczególny rodzaj odpadu, który może być użyty w budownictwie bez przetwarzania – do budowy domów. Są to kontenery transportowe, które stanowią przedmiot badań i analizy w niniejszym opracowaniu.



1 – ściana czołowa
2 – podstawa
3 – żebro podstawy
4 – tunel „gęsia szyja”
5 – drzwi czołowe
6 – naroże zaczepowe

7 – belka poprzeczna górna
8 – dach
9 – belka wzdłużna górna
10 – słupek narożny
11 – ściana boczna
12 – drzwi boczne

13 – kieszenie dla wideł
14 – belka wzdłużna podstawy
15 – urządzenie ryglujące
16 – belka poprzeczna podstawy
17 – podłoga
18 – żebro boczne

Rys. 1. Elementy konstrukcji kontenera [8]

Celem artykułu jest przedstawienie wykorzystania odpadów w postaci kontenerów transportowych do budowy domów. Wybrany przykład to realizacja domu jednorodzinnego z użyciem kontenerów morskich i jego ocena w porównaniu z budynkiem wykonanym w powszechnie w Polsce stosowaną tzw. technologią tradycyjną. W pracy przedstawiono konstrukcję kontenera z punktu widzenia zastosowania do budowy budynku, przykładowe realizacje oraz porównanie dwu wariantów technologii budowania domów: kontenerowej i tradycyjnej, w kontekście spełnienia warunków technicznych WT2021 [24]. Przedstawiono autorski projekt domu jednorodzinnego z kontenerów oraz wybrano do analizy porównawczej dom wykonany w technologii tradycyjnej o podobnej powierzchni użytkowej i zbliżonych parametrach, z dostępnych katalogów [4]. Warianty domów oceniono za pomocą dwóch metod analizy wielokryterialnej: wskaźników syntetycznych [5] i AHP (Analytical Hierarchy Processes [6]) oraz macierzy SWOT. Analiza wyników wskazuje wady i zalety obu technologii, zwłaszcza w kontekście gospodarki cyrkulacyjnej i zrównoważonego rozwoju.

2. Kontener transportowy jako konstrukcja nośna budynku

2.1. Charakterystyka kontenerów morskich

Architektura kontenera transportowego określana jest mianem *cargotecture* (ang. *cargo* – ładunek). Nazwa ta została użyta po raz pierwszy przez Hybrid Architecture w 2003 roku w celu scharakteryzowania budynków zbudowanych całkowicie lub częściowo z odzyskanych kontenerów morskich ISO [7]. Tak więc ten rodzaj architektury opiera się na adaptacji kontenera transportowego do pełnienia funkcji głównego elementu konstrukcyjnego

obiektów budowlanych. W ten sposób jednostka ładunkowa zostaje ponownie włączona do łańcucha dostaw, a jej cykl życia pozostaje zamknięty. Dzięki temu ilość odpadów z tego sektora zmniejsza się, a architektura poszerza o nowe możliwości. Rozwój konteneryzacji transportu morskiego zapoczątkował Malcom P. McLean jako alternatywę dla przewozu drogowego [8], oszczędzając w ten sposób czas i koszty. Ważnym etapem w rozwoju tej technologii transportu było opracowanie standardowych wymiarów kontenera oraz wymagań technicznych (ISO668).

Budowa kontenera jest stosunkowo prosta, pomimo że składa się z wielu elementów (rys. 1). Stalową konstrukcję stanowi rama, na którą składają się słupki narożne oraz belki poprzeczne i wzdłużne. Na nich budowana jest podstawa i dach. Podstawa jest dodatkowo wzmocniona przez żebra poprzeczne, ponieważ musi przenosić masę ładunków. Naroża są najmocniejszą częścią konstrukcji wykonaną ze wzmocnionej stali. Wszystkie wymagania wytrzymałościowe zawarte w normie ISO 668 są spełnione. Ściany boczne i czołowe skrzyni wykonane są najczęściej z falistej blachy stalowej.

Wymiary kontenera zależą od jego rodzaju. Do budowy typowych obiektów mieszkalnych używa się kontenerów uniwersalnych ogólnego przeznaczenia. Tego typu jednostki mają trzy główne wielkości: 20' (6058 mm) Standard, 40' (12192 mm) Standard oraz 40' (12192 mm) High Cube. Ostatni z wymienionych charakteryzuje zwiększona wysokość – 9'6" (2896 mm). Wyróżniamy także kontenery z otwartym dachem oraz o otwartych bokach, których pojedyncze jednostki również znajdują zastosowanie w projektach architektonicznych.

Pierwszy dom kontenerowy powstał w Ameryce, zaprojektowany przez architekta Adama Kalkina. W Europie *cargotecture*



Rys. 2. Hotel z kontenerów Quadrum Ski w Gruzji [9]



Fot. Sergio Pirrone

Rys. 3. Dom jednorodzinny z kontenerów w Chile [10]

jest szybko rozwijającym się trendem i oprócz jednorodzinnych powstają budynki wielorodzinne i użyteczności publicznej. Z uwagi na regularny kształt i modułowe wymiary kontenery można ustawiać jeden na drugim, otrzymując w ten sposób budynki wielopiętrowe. Dzięki nieograniczonym możliwościom zmian konfiguracji i łączenia kontenerów na świecie powstało wiele realizacji budynków z ponownie wykorzystanych jednostek transportowych. Kilka z nich przedstawiają rysunki 2–6.

2.2. Technologia budowania z kontenerów

Kontener jako odpad przedstawia duży problem. Proces przetworzenia jest zwykle bardzo kosztowny i skomplikowany, a jednocześnie pochłaniający dużo energii, jak również zwrot do miejsca wysłania. Z tego powodu te stalowe skrzynie są porzucane w portach, często w nienaruszonym stanie. Początkowo były wykorzystywane w budownictwie jako schrony o różnym przeznaczeniu. Z biegiem czasu możliwości ich zastosowania ewoluowały między innymi do alternatywy dla tradycyjnych obiektów mieszkalnych. Adaptacja kontenerów do nowej funkcji stała się zrównoważoną praktyką budowania spełniając idee logistyki

odzysku. Recykling stalowych skrzyń pozwala zmniejszyć zapotrzebowanie na nowe materiały budowlane oraz energię ucieleśnioną w stosunku do budownictwa tradycyjnego. Pomysł odzysku jest bardziej ekonomiczny niż budownictwo konwencjonalne. Koszty zakupu skrzyni zależą od stopnia jej zużycia, wielkości oraz odległości transportu do miejsca przeznaczenia. W pracy [14] oszacowano cenę



Fot. Dave Southwood

Rys. 4. Budynek wielorodzinny z kontenerów w Johannesburgu na 100 mieszkań zasilanych energią słoneczną i wykorzystujących wodę deszczową [11]



Rys. 5. Kampus studencki z 1000 kontenerów koło Amsterdamu w Keetwenen [12]



Rys. 6. Scandinavia Resort w Zatorze z 40 kontenerów [13]

całorocznego domu kontenerowego wykończonego „pod klucz” pomiędzy 3000–3800 zł/m².

Kontenery mogą przenosić duże obciążenia, są szczególnie wytrzymałe i trwałe. Ponadto są odporne na zmienne warunki atmosferyczne i co równie ważne – na ogień. Wbrew pozorom konstrukcja jest lekka, co stanowi dodatkowy atut. Wszystkie powierzchnie konstrukcji muszą być zabezpieczone antykorozyjnie farbą przeznaczoną do malowania kontenerów.

Fundament pod budynek kontenerowy jednorodzinny może być wykonany z bloczków, ale też stosowane są inne rozwiązania, w zależności od typu, wielkości obiektu i warunków gruntowych. Wykonanie posadowienia z betonowych słupków polega na wywierceniu minimum czterech otworów pod ściany podłużne kontenera, a następnie umieszczeniu w nich deskowania traconego i wypełnieniu mieszanką. Najlepiej jest użyć betonu wodoszczelnego klasy W8, gdyż dzięki temu nie zachodzi konieczność wprowadzania zbrojenia oraz izolacji przeciwwilgociowej. Połączenie skrzyni kontenerowej z fundamentem polega na przyspawaniu jej do umieszczonych na głowicy słupków stalowych elementów kotwiących. Alternatywę stanowią także rozwiązania wykorzystujące śruby kotwiące lub kotwy wklejane [14]. Spawanie jest jednak nie tylko łatwiejsze, ale również najbardziej odpowiednie dla kontenerów wykonanych ze stali.

Montaż części nadziemnej budynku, która ze względu na wymiary kontenerów (ok. 29,74 m² pow. kontener 40') składa się co najmniej z 2 (lub kilku) skrzyń, wymaga zapewnienia dobrego połączenia. Stosuje się metodę tzw. łączenia mostowego (ang. *bridge fitting*). To rozwiązanie wykorzystuje się w przypadku kontenerów ze ścianami bocznymi, które należy w pierwszej kolejności wyciąć szlifarką. Następnie ustawione obok siebie jednostki łączy się w narożnikach specjalnymi śrubami spinającymi. Jeśli jednak mamy do czynienia z kontenerami bez ściany bocznej, sprawa znacznie się upraszcza, gdyż pojemniki te wystarczy skrócić w narożnikach za pomocą śrub. Dodatkowo takie połączenie jest uszczelniane, głównie na dachu oraz pomiędzy słupkami kontenerów.

Przed rozpoczęciem jakichkolwiek prac wykończeniowych, stalowe oczyszczone z zanieczyszczeń chemikaliami lub rdzą skrzynie należy zabezpieczyć środkiem antykorozyjnym. Następnie ocieplając konstrukcję, trzeba zdecydować, czy izolację ułożyć na zewnątrz czy od wewnątrz. W przypadku domów całorocznych zastosowanie izolacji wewnętrznej może skutkować niespełnieniem przepisów dotyczących wymaganej wysokości pomieszczeń, a dodatkowo powierzchnia użytkowa ulegnie zmniejszeniu. Izolacja zewnętrzna zapewnia lepszą izolację akustyczną. Materiały do izolacji to np. wełna mineralna, pianka poliuretanowa oraz polistyren. Mocowane są one do konstrukcji za pomocą specjalnych klejów lub plastikowych kołków [15]. Gotową izolację stanowią także płyty warstwowe. Elewację budynku

można wykonać z tynku cienkowarstwowego na siatce z włókna szklanego (gdy podłożem jest wełna mineralna). Wykonuje się również elewację z desek drewnianych o grubości 16–25 mm, wodoodpornej sklejki o grubości 8–12 mm lub gotowych elementów systemowych z blachy jak panele lub kasetony [14].

Wybór ocieplenia zewnętrznego determinuje także potrzebę wykonania pokrycia dachowego. Dach może mieć różną konstrukcję w zależności od potrzeb inwestora. Jeśli użytkownik chciałby mieć strych, należy wykonać tradycyjny dach dwuspadowy. Gdy nie ma takiego zapotrzebowania, dach jest praktycznie gotowy, gdyż kontener w swojej konstrukcji go ma. Trzeba go tylko odpowiednio zaizolować i wykonać pokrycie. Ważne jest także, by zadbać o dobrą wentylację dachu oraz zapewnić odpowiednie nachylenie. Stropodach wentylowany składa się z warstwy paroizolacji z folii polietylenowej, aluminiowej lub PCV oraz warstwy termicznej z wełny mineralnej lub styropianu. Na stropie wykonuje się konstrukcję nośną pokrycia, która dodatkowo zapewnia wymagany spadek. Najczęściej zbudowana jest z drewna – sosny lub świerku. Na konstrukcji układa się warstwę spadkową, np. z płyt OSB lub sklejki, a na niej z kolei pokrycie dachowe, przeważnie papę bitumiczną układaną w dwóch warstwach. Pokrycie oddzielone jest od stropu szczeliną wentylacyjną, zapewniającą prawidłowy przepływ wilgoci [16].

Przed pracami wykończenia wnętrza należy wykonać instalacje. Zaletą domów kontenerowych jest możliwość łatwego ukrycia przewodów w przestrzeni ścian czy podłóg oraz wnękach blachy trapezowej. Instalację grzewczą może stanowić ogrzewanie podłogowe ze względu na dużą ilość miejsca w przestrzeni podłogowej. Rekomendowanym typem źródła energii w tego typu obiektach jest instalacja elektryczna. Nie ma również przeciwwskazań w stosowaniu wszelkiego typu instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii, jak pompy ciepła. Rozprowadzenie pozostałych instalacji sanitarnych, czyli wody oraz kanalizacji wykonuje się tak samo jak w domu tradycyjnym, pod posadzką. Jako wentylację można zastosować mechaniczną z systemem rekuperacji. Z uwagi na elektryczne zasilanie budynku inwestorzy często decydują się na zainstalowanie paneli fotowoltaicznych.

Wewnętrzne poszycie ścian, sufitu i podłogi wykonać można z płyt wiórowych lub płyt gipsowo-kartonowych. W przypadku obudowy z drewna lub ceramiki trzeba wyłożyć stalową powierzchnię płytami pilśniowymi grubości 12 mm lub pianką PE grubości 5–10 mm. Istnieje możliwość pozostawienia tych elementów w stanie surowym, jeśli pozyskany kontener jest w dobrym stanie [14]. Okna i drzwi osadza się we wcześniej wykonanych w ścianach otworach. Takie ściany ulegają osłabieniu, dlatego konstrukcję należy dodatkowo wzmocnić.

Na podstawie dostępnych Specyfikacji Technicznych Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych w zakresie budowy

Tabela 1. Porównanie technologii tradycyjnej z elementów drobnowymiarowych i kontenerowej w kontekście wymagań wskazanych w ustawie Prawo budowlane

Wymagania wg PB	Technologia tradycyjna	Technologia kontenerowa
Nośność i stateczność konstrukcji.	Fundamenty najczęściej – ławy. Budynki murowane są ciężkie i kruche, podatne na uszkodzenia spowodowane trzęsieniem ziemi. Skomplikowane posadowienie do budowy na zboczu. Szywność przestrzenna zapewniona przez ściany ustawione poprzecznie i podłużnie do osi podłużnej budynku. Obciążenia pionowe ze ścian i stropów przenoszone na fundament. Obciążenia poziome przenoszone przez ściany poprzeczne nośne bądź usztywniające. Trwałość kilkaset lat.	Fundamenty z bloczków betonowych. Wysoka stabilność sejsmiczna. Łatwość budowy na zboczach. Duża wytrzymałość dzięki sztywnej konstrukcji wzmocnionej belkami i dodatkowymi profilami. Narożne słupki kontenera przenoszą największe obciążenia. Wytrzymała podłoga kontenera ze względu na konieczność przeniesienia obciążenia ładunków i wózków widłowych. Mała wytrzymałość dachu, należy zbudować nad nim nową konstrukcję. Konieczność wzmocnienia ścian w miejscach wyciętych otworów. Konieczne wzmocnienia w miejscu łączenia kontenerów innych niż narożnik. Trwałość ok. 25 lat.
Bezpieczeństwo pożarowe.	Wysoka odporność ogniowa ceramiki, silikatów, betonu komórkowego. Możliwość zastosowania izolacji przeciwpożarowej.	Wysoka odporność ogniowa stali nierdzewnej. Możliwość zastosowania izolacji przeciwpożarowej.
Higiena zdrowia i środowiska.	Duże zużycie surowców oraz duża ilość odpadów przy realizacji. Bardzo dobra paroprzepuszczalność ze względu na zdolność do akumulacji wilgoci ścian. Materiały konstrukcyjne mają lepszą izolacyjność, jednak dodatkowe ocieplenie jest konieczne.	Recykling zużytych kontenerów. Farby zastosowane do zabezpieczenia antykorozyjnego mogą być toksyczne, wydzielają szkodliwe związki i zanieczyszczają powietrze wewnątrz. Kontener może być zanieczyszczony chemikaliami z przewożonych ładunków. Stalowa blacha ma niski stopień izolacji termicznej, konieczne jest ocieplenie. Brak akumulacji ciepła i wilgoci.
Bezpieczeństwo użytkowania i dostępności obiektu.	Możliwość zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania oraz dostosowania dla osób z niepełnosprawnością.	Możliwość zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania oraz dostosowania obiektu dla osób z niepełnosprawnością.
Ochrona przed hałasem.	Ściany z ceramiki, a w szczególności z silikatów powodują bardzo niską przenikalność dźwięków, czyli dobrą akustykę pomieszczeń.	Bez odpowiedniej izolacji akustycznej budynek narażony na hałas.
Oszczędność energii i izolacyjność cieplna.	Dobra akumulacja ciepła ścian.	Brak akumulacji ciepła przez ściany.
Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych.	Możliwość zastosowania energooszczędnych materiałów oraz zastosowania urządzeń wykorzystujących odnawialne źródła energii.	Możliwość zastosowania energooszczędnych materiałów oraz możliwość zastosowania urządzeń wykorzystujących odnawialne źródła energii.

Źródło: Opracowanie własne

obiektów z kontenerów wyszczególniono wymagania, które muszą spełniać. Konstrukcję należy zabezpieczyć przed korozją (minimum trzema warstwami) oraz przygotować jej powierzchnię zgodnie z normą PN-EN ISO 12944. Dodatkowo każdorazowo trzeba wykonać odtłuszczenie i odpylenie powierzchni stali. Miejsca, które będą stykać się z betonem, trzeba również odpowiednio oczyścić. Każda jednostka transportowa powinna zawierać komplet dokumentów, potwierdzających

wykonanie zgodne ze standardem ISO. Montaż kontenerów musi wykonywać wykwalifikowana kadra. Wszystkie połączenia śrubowe powinny spełniać szereg uwarunkowań dotyczących montażu śrub. Transport pojemników może odbywać się po uprzednim ich zabezpieczeniu przed uszkodzeniami lub utratą stateczności. Nie jest do tego wymagany specjalistyczny sprzęt, a jedynie środki transportu dostosowane do przewożenia tego typu gabarytów [17].

Chcąc wybudować obiekt mieszkalny z kontenerów, należy uzyskać pozwolenie na budowę lub dokonać zgłoszenia, zgodnie z Prawem budowlanym [18].

Budownictwo kontenerowe jest swoistym rodzajem technologii modułowej. Możliwe jest dowolne kształtowanie konstrukcji, dzięki czemu nie ogranicza wyobraźni projektantów i odpowiada na potrzeby klientów. Charakteryzuje się szybkością i łatwością montażu oraz transportu i przyczynia do osiągnięcia krótkiego czasu budowy. Jakkolwiek budowa wymaga dużego placu budowy oraz pracy żurawi i dużych jednostek transportowych.

3. Porównanie technologii w świetle wymagań przepisów prawnych

Ocenę budynków zrealizowanych z wykorzystaniem kontenerów zw. budynkami kontenerowymi, a technologię budowania – technologią kontenerową wykonano, porównując budynek kontenerowy jednorodzinny z domem zaprojektowanym w powszechnie stosowanej w Polsce technologii tradycyjnej (tzn. z elementów drobnowymiarowych).

W pierwszej kolejności wykonano porównanie obu technologii budowania w kontekście przepisów Prawa budowlanego (tab. 1). Według przepisów Prawa budowlanego (art. 5.2) „obiekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej [19]. Te wymagania dotyczą także budynków wykonywanych przy zastosowaniu wyrobów z odzysku i recyklingu zarówno odpadów budowlanych, jak i innych gałęzi przemysłu.

Porównanie zawarte w tabeli 1 wskazuje na ograniczenia występujące w obu technologiach, na które należy uwzględnić w projektowaniu budynków.

Dane dotyczące budynku jednorodzinnego w technologii tradycyjnej uzyskano na podstawie katalogów projektów gotowych. Wybrano dom o powierzchni użytkowej 96,93 m², parterowy, niepodpiwniczony, o ścianach z bloczków z betonu komórkowego H+H 24 cm oraz styropianu Termo Organika 20 cm, otynkowane, o stropie drewnianym. Dach dwuspadowy, o nachyleniu 30°. Więźba – drewniane więzary kratowe, a pokrycie z dachówek ceramicznej. Ogrzewanie podłogowe, kocioł gazowy, wentylacja grawitacyjna. Ogólny opis techniczny i rysunki znajduje się w [20].

Dalsza część artykułu będzie opublikowana w następnym numerze „Przeglądu Budowlanego”.

BIBLIOGRAFIA

[1] Bukowski H., Fabrycka W., Budownictwo w obiegu zamkniętym w praktyce, Raport Instytutu Innowacji i Odpowiedzialnego Rozwoju, Warszawa, 2019

- [2] Sobotka A., Sagan J., Sikora A., Logistyka odzysku w remontach obiektów budowlanych, *Materiały Budowlane* 6/2016
- [3] Góralczyk S., Baic I., Odpady z górnictwa węgla kamiennego i możliwości ich gospodarczego wykorzystania, *Polityka Energetyczna*, tom 12, zeszyt 2/2, 2009
- [4] Gotowe projekty domów. <https://www.archon.pl/>, dostęp: 04.12.2022
- [5] Szwabowski J., Deszcz J., Metody wielokryterialnej analizy porównawczej: podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań w budownictwie, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2001
- [6] Fabisiak L., Ziemia P., Wybrane metody analizy wielokryterialnej w ocenie użyteczności serwisów internetowych, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, 2011
- [7] Koźmińska U., Nowe materiały w architekturze mieszkaniowej, Reutilizacja, recykling, upcykling, cradle-to-cradle – przyszłość czy utopia? Katedra Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego, Instytut Projektowania Urbanistycznego, Wydział Architektury, Politechniki Krakowskiej, *czasopismo Środowisko Mieszkaniowe*, tom 11, 2013, str. 256–263
- [8] Wiśnicki B., *Vademecum konteneryzacji – Formowanie kontenerowej jednostki ładunkowej*, Szczecin, 2006
- [9] Hotel Quadrum Ski. <http://quadrum-gudauri.com/>, dostęp: 04.12.2022
- [10] Sebastian Irrarrazaval Arquitectos Chile, Projekt pracowni architektonicznej. <https://www.sebastianirrazaval.net/>, dostęp: 04.12.2022
- [11] Wang L., LOT-EK upcycles 140 shipping containers into an apartment complex in South Africa, inhabit, 27/2018. <https://inhabitat.com/lot-ek-upcycles-140-shipping-containers-into-an-apartment-complex-in-south-africa/>, dostęp: 04.12.2022.
- [12] Forrest A., Living in a steel box: are shipping containers really the future of housing? *Theguardian*, 30/2007. <https://www.theguardian.com/cities/2015/oct/09/living-steel-box-shipping-containers-future-housing>, dostęp: 04.12.2022
- [13] Hotel Scandinavia Resort, <https://scandinaviamarine.pl/pl>, dostęp: 04.12.2022
- [14] Dominiak P., Dom z kontenerów. Ile kosztują kontenery morskie i jak zbudować z nich dom, *MuratorDom*, 10/2020. <https://murator-dom.pl/przed-budowa/prezentacje-domow/dom-z-kontenerow-ile-kosztuja-kontenery-morskie-i-jak-zbudowac-z-nich-dom-aa-mgnd-9G35-Kgct.html>,dostęp: 04.12.2022
- [15] Projekty domów z kontenerów morskich, nadające się do mieszkania, własnymi rękami i na zamówienie, zdjęcia, recenzje. Dom kontenerów morskich: projekt, konstrukcja, izolacja, cena. *Makemone* 03/2019: <https://makemone.ru/pl/remont-i-dizajn/kuhni-v-kvartire/proekty-domov-iz-morskih-konteinerov-prigodnye-dlya-zhilya-svoimi.html>,dostęp: 04.12.2022
- [16] Stropodach wentylowany, *MuratorDom*, 09/2009. <https://murator-dom.pl/budowa/dach/-stropo-dach-wentylowany-aa-gZnn-6iQD-rY3Y.html>,dostęp: 04.12.2022
- [17] STWiORB Budynek użyteczności publicznej Dom spotkań w Opawicy, gmina Głubczyce, [glubczyce:https://glubczyce.pl/download/attachment/13424/-specyfikacja-wykonania-i-odbioru-robot.pdf](https://glubczyce.pl/download/attachment/13424/-specyfikacja-wykonania-i-odbioru-robot.pdf),dostęp: 04.12.2022
- [18] Leśniewicz M., Domy z kontenerów. Ile kosztują? Czy wymagają pozwolenia? Wady i zalety budownictwa kontenerowego, *Regiodom*, 03/2019. <https://regiodom.pl/domy-z-kontenerow-ile-kosztuja-czy-wymagaja- pozwolenia-wady-i-zalety-budownictwa-kontenerowego/ar-c9-15520225>,dostęp: 04.12.2022
- [19] Prawo budowlane, Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r.
- [20] Dom w Kruszczykach 5. <https://www.archon.pl/>,dostęp: 04.12.2022
- [21] Abbe O., Hamilton L., BRE Global Environmental Weighting for Construction Products using Selected Parameters from EN 15804, 2017
- [22] Skorupa M., Analiza porównawcza adaptacji kontenerów transportowych na obiekty budownictwa mieszkalnego z tradycyjną technologią budowy domów jednorodzinnych, praca magisterska, AGH, 2022
- [23] Szałata Ł., Zwoździak J., Analiza SWOT jako podstawowe narzędzie w zarządzaniu środowiskiem, *Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska* 13/2011
- [24] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 7 czerwca 2019, poz. 1065)

Problematyka GOZ w polskim sektorze budowlanym

Circular economy issues in the Polish construction sector

dr hab. inż. Jerzy Obolewicz, prof. IBOA (ORCID: 0000-0002-7866-0039), dr hab. inż. arch. Adam Baryłka, prof. uczelni (ORCID: 0000-0002-0181-6226), Instytut Naukowy Inżynierii Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych

DOI 10.5604/01.3001.0016.2700

Streszczenie: Filozofia GOZ (gospodarka o obiegu zamkniętym) dotyczy spraw klimatu, środowiska naturalnego i zrównoważonego gospodarowania zasobami. Jest to szczególnie ważne w polskim sektorze budowlanym. W artykule dokonano analizy dostępnej literatury i aktów prawnych oraz skupiono się na definicjach związanych z tym zagadnieniem w celu przeprowadzenia transformacji w kierunku GOZ.

Słowa kluczowe: budownictwo, zrównoważony rozwój, filozofia gospodarki o obiegu zamkniętym, polski sektor budowlany.

Abstract: The Circular Economy philosophy concerns climate, natural environment and sustainable management of resources. This is particularly important in the Polish construction sector. The article analyzes the available literature and legal acts and focuses on definitions related to this issue in order to carry out the transformation towards circular economy.

Keywords: construction, sustainable development, circular economy philosophy, Polish construction sector.

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach w Polsce obserwuje się znaczny wzrost zainteresowania sprawami klimatu, środowiska naturalnego i zrównoważonego gospodarowania zasobami. Uwaga skupia się na producentach tworzywa sztucznego, żywności, czy branży transportowej. Stosunkowo mało dostrzegalnym problemem jest wpływ budownictwa na stan gospodarki, społeczeństwa i środowiska. Natomiast, oficjalne statystyki mówią, że polski sektor budowlany zużywa najwięcej surowców, emituje najwięcej gazów cieplarnianych oraz produkuje najwięcej odpadów spośród wszystkich gałęzi gospodarki [1], a to, zdaniem autorów, wymaga transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym [8].

Z punktu widzenia praktyki budowlanej podstawowym sposobem, w którym sektor budowlany w Polsce należy modyfikować jest transformacja z modelu gospodarki liniowej na cyrkularny. W ogólnym założeniu budowlany model cyrkularny polega na jak najdłuższym utrzymaniu obiektów w obiegu gospodarczym przy równoczesnej maksymalizacji ich wartości ekonomicznej. Jest to radykalnie odmienna wizja od standardowego procesu życia obiektu budowlanego, w którym po pozyskaniu surowców obiekt budowlany jest wytwarzany, eksploatowany, po czym staje się odpadem.

Zdaniem praktyków polski sektor budowlany jest idealną branżą na wprowadzenie modelu gospodarki o obiegu zamkniętym i zdaniem autorów wymaga transformacji w tym kierunku [8]. Obiekty budowlane charakteryzują się wysoką trwałością, możliwością ich remontu, rozbudowy czy nadbudowy i dostosowań do nowych wymagań użytkowników [13].

2. Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ)

Gospodarki państw członkowskich UE różnią się od siebie, w związku z czym nie istnieje jeden właściwy model gospodarowania. Aby to ujednoczyć, pod koniec 2015 r. Komisja Europejska opublikowała komunikat dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym. Był on zestawem propozycji działań, które mają przyczynić się do zmiany modelu rozwoju gospodarczego w kierunku GOZ odpowiedniego dla wszystkich państw członkowskich.

Pojęcie: gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ), często nazywana gospodarką obiegu zamkniętego pochodzi z języka ang. od circular economy i jest różnie interpretowana w Polsce (tab. 1).

Analiza wymienionych sformułowań dotyczących GOZ pozwoliła zdefiniować gospodarkę obiegu zamkniętego dla polskiego budownictwa.

GOZ – Gospodarka o Obiegu Zamkniętym (circular economy) jest modelem gospodarczym przyszłości, w którym zasoby krążą w obiegu zamkniętym w całym cyklu życia obiektu budowlanego, tzn. surowce, materiały, produkty, półfabrykaty i prefabrykaty budowlane pozostają w gospodarce tak długo, jak jest to możliwe. Oznacza to, że obiekty budowlane powinny być tak planowane, projektowane, produkowane i eksploatowane, aby minimalizować wytwarzanie odpadów oraz należy poszukiwać alternatyw dla ich ponownego zagospodarowania (nie utylizacji) jako surowców wtórnych [13].

3. Obiekty budowlane w inżynierii lądowej

Obiekty budowlane to techniczne obiekty antropogeniczne, takie jak: budynki, budowle i obiekty małej architektury,

Tabela 1. Definiowanie GOZ [13]

Lp.	Źródło	Definicja
1	Ratusz K., Kosecki M., Eko – rozwiązania na jutro w sektorze rolno-spożywcym. Polskie Produkty dla transformacji do Gospodarki o Obiegu Zamkniętym.	Gospodarka o obiegu zamkniętym – regeneracyjny system gospodarczy, w którym minimalizuje się zużycie surowców i wielkość odpadów oraz emisję i utratę energii poprzez tworzenie zamkniętej pętli procesów, w których odpady z jednych procesów są wykorzystywane jako surowce dla innych, co maksymalnie zmniejsza ilość odpadów produkcyjnych [17].
2	Klasa A., Publikacja pokonferencyjna „Gospodarka Obiegu Zamkniętego”, UWM w Olsztynie, Olsztyn 2019	GOZ – model gospodarki, która opiera się na założeniu, że wartość produktów, materiałów i zasobów ma być utrzymywana w gospodarce tak długo, jak to możliwe, by w efekcie ograniczyć wytwarzanie odpadów do minimum [6].
3	Kulczycka J., E. Pędziwiatr E., Gospodarka o obiegu zamkniętym – definicje i ich interpretacje, [w]: Kulczycka J. (red.), Gospodarka o obiegu zamkniętym w polityce i badaniach naukowych, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków, 2019	Gospodarka o obiegu zamkniętym – cyrkularna jest modelem gospodarczym, którego celem jest zapewnienie takiej działalności człowieka, w efekcie której nie odnotowuje się negatywnych skutków wpływu działalności gospodarczej na środowisko naturalne czy życie ludzkie [7].
5	Piesik S., Polskie produkty dla transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków, 2021	GOZ – model rozwoju gospodarczego, w którym – przy zachowaniu warunku wydajności – spełnione są następujące podstawowe założenia: wartość dodana surowców/zasobów, materiałów i produktów jest maksymalizowana oraz ilość wytwarzanych odpadów jest minimalizowana, a powstające odpady są zagospodarowywane zgodnie z hierarchią sposobów postępowania z odpadami (zapobieganie powstawaniu odpadów, przygotowywanie do ponownego użycia, recykling, inne sposoby odzysku, unieszkodliwienie) [16].
5	Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, Ministerstwo Rozwoju i Technologii, Warszawa, 2019	GOZ – Gospodarka o obiegu zamkniętym (circular economy) jest koncepcją gospodarczą, w której produkty, materiały oraz surowce powinny pozostawać w gospodarce tak długo, jak jest to możliwe, a wytwarzanie odpadów powinno być jak najbardziej zminimalizowane [8].
6	Kaczyńska E., Urbanowicz P., Gospodarka Obiegu Zamkniętego Publikacja pokonferencyjna, Warmińsko-Mazurski Ośrodek Doradztwa Rolniczego z siedzibą w Olsztynie, Olsztyn, 2019	Podejście charakterystyczne gospodarki o obiegu zamkniętym zakłada minimalizację ilości generowanych odpadów na poziomie projektowania i standardowo obejmują innowacje w całym łańcuchu wartości, a nie tylko rozwiązania na koniec cyklu życia produktu [5].
7	Parlament Europejski Aktualności https://www.europarl.europa.eu/news/pl	GOZ – model produkcji i konsumpcji, który polega na dzieleniu się, pożyczaniu, ponownym użyciu, naprawie, odnawianiu i recyklingu istniejących materiałów i produktów tak długo, jak to możliwe. W ten sposób wydłuża się cykl życia produktów. W praktyce oznacza to ograniczenie odpadów do minimum. Kiedy cykl życia produktu dobiega końca, surowce i odpady, które z niego pochodzą, powinny zostać w gospodarce. Można je z powodzeniem wykorzystać ponownie, tworząc w ten sposób dodatkową wartość [15].
8	Olsztyńska I., Materiały budowlane w gospodarce o obiegu zamkniętym, Energia i Recykling: gospodarka obiegu zamkniętego 1/2018, str. 43–45	Gospodarka o obiegu zamkniętym jest koncepcją, w której produkty, materiały oraz surowce powinny pozostawać cały czas w obiegu gospodarczym. Oznacza to, że produkty powinny być tak projektowane i produkowane, aby minimalizować wytwarzanie odpadów oraz poszukiwać alternatyw dla ich ponownego zagospodarowania (nie utylizacji) jako surowców wtórnych [14].
9	GOZ w Praktyce https://gozwpraktyce.pl	GOZ to model gospodarczy przyszłości, w którym zasoby krążą w zamkniętym obiegu. Zmaksymalizowana jest ich wartość dodana, a zminimalizowane powstawanie odpadów [1].
10	Gruis V., Circular Buildings: constructing a sustainable future, Holland Circular Hotspot, NL, Netherlands, 2022	Transformacja w kierunku GOZ obejmuje wszystkich uczestników cyklu życia obiektu budowlanego: architektów, projektantów, wykonawców i użytkowników obiektów budowlanych we współpracy z instytucjami rządowymi, nauki i edukacji [4].
11	Tomaszewska J., Polski sektor budowlany a GOZ, Materiały budowlane 12/2019	Proces transformacji w kierunku GOZ w budownictwie wymaga podejścia holistycznego, angażującego wszystkie ogniwa łańcucha dostaw, na wszystkich etapach cyklu życia obiektu budowlanego [20].
12	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy	Zapobieganie powstawaniu i zmniejszenie ilości odpadów oraz negatywnego wpływu ich wytwarzania i gospodarowania nimi oraz zmniejszenie całkowitego wpływu użytkowania zasobów i poprawa efektywności takiego użytkowania ma zasadnicze znaczenie dla przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym [2].

które należy planować, projektować, budować i eksploatować tak, aby minimalizować wytwarzanie odpadów oraz poszukiwać alternatyw dla ich ponownego zagospodarowania (nie utylizacji) jako surowców wtórnych zgodnie z zasadami inżynierii lądowej [2].

Inżynieria lądowa, określana często jako budownictwo lądowe i wodne jest dyscypliną nauk inżynieryjnych i technicznych kształtującą powierzchnię Ziemi pod potrzeby egzystencji człowieka. Łączy w sobie umiejętności, takie jak analizowanie, projektowanie, wznoszenie oraz utrzymanie wszelkich obiektów budowlanych, w cyklu ich życia, w aspekcie technicznym, ekonomicznym, gospodarczym i społecznym [13]. Tradycyjnie obiekty budowlane powinny być trwałe, użyteczne, piękne i bezpieczne [21].

Trwałość

Trwałością obiektu budowlanego należy traktować okres, w którym obiekt zachowuje swoje właściwości użytkowe. Jest ona określona dla normalnych, czyli założonych przy projektowaniu, warunków eksploatacji i wyraża się okresem użytkowania, w którym właściwości użytkowe utrzymują się na poziomie nie niższym niż dopuszczalny. W literaturze cecha ta definiowana jest w dość różnorodny sposób, gdzie zamiennie stosuje się pojęcia: trwałość, oczekiwana trwałość, okres użytkowania, projektowany okres użytkowania, przewidywany okres użytkowania, trwałość ustalona w drodze eksploatacji [19].

Przy określaniu trwałości obiektu budowlanego należy analizować jego zużycie. Zużycie to utrata wartości w stosunku do kosztu wzniesienia obiektu nowego. Wyróżnia się: zużycie techniczne (fizyczne), funkcjonalne (użytkowe) oraz środowiskowe. Zużycie techniczne jest z jednej strony zużyciem wynikającym z wieku obiektu budowlanego, trwałości zastosowanych materiałów, jakości wykonawstwa budowlanego, sposobu użytkowania i warunków eksploatacyjnych, wad projektowych oraz prowadzonej gospodarki remontowej, zaś z drugiej strony jest wynikiem zużycia poszczególnych jego elementów konstrukcyjnych, wykończeniowych i instalacji. Przy ocenie zużycia technicznego obiektu należy uwzględnić takie czynniki wpływające bezpośrednio na stan poszczególnych elementów, jak: ruchy gruntów i osiadanie, szkody górnicze, poziom wód gruntowych, wstrząsy i drgania, odkształcenia termiczne, agresywne działanie pyłów i związków chemicznych itp. Zużycie funkcjonalne wynika z porównań zastosowanych w danym przypadku projektowych rozwiązań użytkowych do aktualnie preferowanych (ocena nowoczesności). Powstaje podczas oceny zastosowanych w obiekcie budowlanych rozwiązań projektowych, użytych materiałów budowlanych, wykończeniowych i wyposażenia w instalacje wewnętrzne w stosunku do obecnie stosowanych i preferowanych rozwiązań, a także uwzględnia przeznaczenie, sposób użytkowania obiektu budowlanego oraz możliwości zmiany funkcji lub sposobu użytkowania.

Przy ocenie zużycia funkcjonalnego należy uwzględnić rozwiązania materiałowe, postęp technologiczny w budownictwie,

rozwiązania architektoniczno-konstrukcyjne, standard i stosowane materiały wykończeniowe, komfort i funkcjonalność użytkową, a także zmianę norm i przepisów w zakresie możliwości dalszego użytkowania obiektu budowlanego. W przypadku obiektów specjalistycznych należy również uwzględnić możliwości dostosowania obiektu do innej funkcji oraz ocenić utrudnienia uniemożliwiające zmianę funkcji obiektu i sposobu jego wykorzystania. Zużycie środowiskowe związane jest ze środowiskiem i czynnikami je charakteryzującymi, takimi jak hałas, zanieczyszczenia czy też zmiana planu zagospodarowania przestrzennego [22].

Użyteczność

Użyteczność w wąskim tego słowa ujęciu ekonomicznym traktowana jest jako zdolność do zaspokajania potrzeb, zaś w szerszym tego słowa znaczeniu jako satysfakcja i przyjemność z użytkowania. Przy czym należy pamiętać, że cecha ta ulega zmianie wraz z upływem czasu, tzn. obiekty budowlane ulegają zużyciu w czasie ich użytkowania. W pierwszym etapie, który obejmuje około 20 lat, następuje ok. 30% zużycie techniczne, a po dalszych 20 latach niewłaściwej eksploatacji obiekt budowlany traci w 100% techniczne bezpieczeństwo eksploatacji. W wielu przypadkach zarówno zużycie, jak i użyteczność bywają rezultatem nieprawidłowego utrzymania obiektu budowlanego. Przepisy prawa budowlanego nakładają na właściciela lub zarządcę obiektu budowlanego szereg obowiązków związanych z utrzymaniem obiektu i jego prawidłową eksploatacją [13].

Piękno

Piękno z praktycznego punktu widzenia to pozytywna właściwość estetyczna bytu wynikająca z zachowania proporcji, harmonii barw, dźwięków, stosowności, umiaru i użyteczności, odbierana przez zmysły. Przykładów piękna można poszukiwać: w naturze, rzeźbie, malarstwie czy też architekturze. Najprościej ujmując – estetyka jest próbą zdefiniowania piękna za pomocą sytuacji estetycznej [3]. Piękna architektura to architektura, której widok jest dla ludzi przyjemny. Architektura jest sztuką i ma wielki wpływ na nasze otoczenie [22].

Bezpieczeństwo

Bezpieczeństwo to pojęcie oznaczające stan wolny od wystąpienia lub ryzyka obrażeń, niebezpieczeństw lub strat. Mówiąc o bezpieczeństwie w budownictwie, należy je kojarzyć zwykle z pracą na budowach i eksploatacją obiektów budowlanych [9–12, 23].

Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia w budownictwie, szerzej w inżynierii lądowej, jest jedną z nadrzędnych kwestii, bowiem przestrzeganie stosownych przepisów decyduje o zdrowiu i życiu ludzi zaangażowanych w budowlany proces inwestycyjny, obejmujący planowanie projektowanie, wykonawstwo i eksploatację obiektów budowlanych wraz z ich rozbiórką, czy też modernizacją, przebudową, rozbudową czy nadbudową [18].

4. Podsumowanie

Transformacja w kierunku GOZ w polskim sektorze budowlanym wymaga podjęcia działań w całym cyklu życia obiektu budowlanego, tzn. w planowaniu, projektowaniu, budowaniu, eksploatacji/użytkowaniu oraz likwidacji, w następujących aspektach/wymiarach: technicznym, ekologicznym, ekonomicznym oraz społecznym zgodnie z wymaganiami i zasadami GOZ z wykorzystaniem nowoczesnych technologii i zachowaniem bezpieczeństwa.

Dzięki nowoczesnym technologiom z zakresu oprogramowania komputerowego, np. BIM, przydatnym do projektowania, wizualizacji, analiz i współpracy można podejmować lepsze decyzje. Korzystanie z narzędzi informatycznych usprawnia codzienną pracę wszystkich uczestników procesu budowlanego i minimalizuje ryzyko potencjalnych błędów. Automataczne generowanie rysunków, raportów, analiz, harmonogramów i innych niezbędnych informacji o obiekcie również eliminuje ryzyko związane z tzw. czynnikiem ludzkim. Umożliwienie uczestnikom procesu budowlanego efektywnego współdzielenia zadań i informacji o obiekcie przyczynia się do wspierania rozproszonych aktywnych zespołów procesowych. Wiedza dostępna dzięki wykorzystaniu modelowania, np. 3D już na etapie planowania przedsięwzięcia budowlanego może posłużyć zarówno do zidentyfikowania podstawowych zagrożeń, które mogą wystąpić w trakcie realizacji budowy, użytkowania obiektu, jak również do stworzenia odpowiednich systemów zapewniających spełnienie wymogów gospodarki o obiegu zamkniętym w poszczególnych etapach cyklu życia obiektu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bukowski H., Fabrycka W., Budownictwo w obiegu zamkniętym w praktyce, Wydawnictwo INNOWO, Warszawa, 2019
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy...
- [3] Gołaszewska M., Estetyka współczesności, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 2001
- [4] Gruis V., Circular Buildings: constructing a sustainable future, Holland Circular Hotspot, NL, Netherlands, 2022
- [5] Kaczyńska E., Urbanowicz P., Gospodarka Obiegu Zamkniętego, publikacja pokonferencyjna, Warmińsko-Mazurski Ośrodek Doradztwa Rolniczego z siedzibą w Olsztynie, Olsztyn, 2019
- [6] Klasa A., Publikacja pokonferencyjna Gospodarka Obiegu Zamkniętego, UWM w Olsztynie, Olsztyn, 2019
- [7] Kulczycka J., Pędziwiatr E., Gospodarka o obiegu zamkniętym – definicje i ich interpretacje, [w]: Kulczycka J. (red.), Gospodarka o obiegu zamkniętym w polityce i badaniach naukowych, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków, 2019
- [8] Ministerstwo Rozwoju i Technologii Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, Warszawa, 2019
- [9] Obolewicz J., Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia w budowlanym procesie inwestycyjnym, rozdz. [w]: Bezpieczeństwo pracy w budownictwie, E. Błażik-Borowa, K. Czarnocki, A. Dąbrowski, B. Hoła, A. Misztela, J. Obolewicz, J. Walusiak-Skorupa, A. Smolarz, J. Szer, M. Szóstak, Politechnika Lubelska, 2015
- [10] Obolewicz J., Uwarunkowania prawne bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w budownictwie, Modern Engineering 1/2016
- [11] Obolewicz J., Baryłka A., Bezpieczeństwo pracy i ochrona zdrowia jako jeden z dezyderatów bezpieczeństwa kulturowego, Wyższa Szkoła Agrobiznesu w Łomży, Zeszyty Naukowe 66(2017)
- [12] Obolewicz J., Demoskopia bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia przedsięwzięć budowlanych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2018
- [13] Obolewicz J., Transformacja w kierunku GOZ w budownictwie, ref. [w]: I Konferencja Naukowo-Dydaktyczna Gospodarka o obiegu zamkniętym w budownictwie, Polskie, Stowarzyszenie Rzeczników i Bięgłych Sądowych Oddział Podlaski, Łomża, 2022
- [14] Olsztyńska I., Materiały budowlane w gospodarce o obiegu zamkniętym, Energia i Recykling nr 1, Gospodarka obiegu zamkniętego, 2018
- [15] Parlament Europejski Aktualności <https://www.europarl.europa.eu/news/pl>
- [16] Piesik S., Polskie produkty dla transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków, 2021
- [17] Ratusz K., Kosecki M., Eko – rozwiązania na jutro w sektorze rolno-spożywczym, Polskie Produkty dla transformacji do Gospodarki o Obiegu Zamkniętym, 2020
- [18] Szruba M., Czym jest bezpieczeństwo w budownictwie, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne 1(94)2021
- [19] Szykulska B., Biuro Obsługi Nieruchomości i Doradztwa Inwestycyjnego BONDI, 2020
- [20] Tomaszewska J., Polski sektor budowlany a GOZ, Materiały budowlane 12/2019
- [21] Witruwiusz, Traktat O architekturze ksiąg dziesięć, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1956
- [22] Zabielski J., Szafranko E., Wybrane problemy oceny stanu technicznego obiektów budowlanych w świetle obowiązującego prawa i stosowanej metodyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Przegląd Budowlany 7–8/2021
- [23] Tomaszewicz D., Baryłka A., Influence of measuring deviations of the components of layered walls on their durability, Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych 3(2020) <https://doi.org/10.37105/iboa.75>

Zapraszamy na XIX Krajową Konferencję
**MECHANIKI GRUNTÓW
I INŻYNIERII GEOTECHNICZNEJ**

oraz

VIII Ogólnopolską Konferencję
MŁODYCH GEOTECHNIKÓW

Temat wiodący konferencji:
Aktualne zagadnienia geotechniki

Gliwice, 4–7 lipca 2023 r.

Sekretariat Konferencji: dr inż. Magdalena Kowalska

Katedra Geotechniki i Dróg Politechniki Śląskiej, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, Wydział Budownictwa, pok. 213, tel.: 504-233-377

e-mail: magdalena.kowalska@polsl.pl strona internetowa: <http://pkg-slask.org.pl/xix-konferencja-mechaniki-gruntow/>



Tematyka

- Badania laboratoryjne i terenowe
- Zagadnienia teoretyczne i modelowanie w geotechnice
- Wzmacnianie podłoża gruntowego
- Geotechnika a kwestie środowiskowe
- Projektowanie geotechniczne
- Budownictwo komunikacyjne i podziemne
- Forum Nauka – Praktyka

Analiza porównawcza wybranych technologii budowania obiektów mieszkalnych w kontekście socjalnym

Comparative analysis of selected technologies for building residential buildings in the social context

dr inż. Aleksandra Radziejowska (ORCID: 0000-0002-3190-7129), Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, AGH Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie

DOI 10.5604/01.3001.0016.2704

Streszczenie: W artykule podjęto się porównania budynków mieszkalnych budowanych w dwóch najczęściej występujących technologiach w Polsce. Porównanie wykonano z uwagi na aspekt socjalny, jeden z trzech głównych aspektów zrównoważonego budownictwa. Do porównania wykorzystano autorską metodę oceny socjalnej, która pozwala określić wskaźnik jakości socjalnej oraz wartości ocen cząstkowych w ocenianych kategoriach i subkategoriach. Wykazano, że ocena taka pozwoli zarządcy nieruchomości wskazać najważniejsze i priorytetowe działania prowadzące do poprawy jakości socjalnej obiektów, a co za tym idzie zadowolenia mieszkańców.

Słowa kluczowe: aspekt socjalny, budynki mieszkalne, analiza wielokryterialna, zrównoważone budownictwo.

Abstract: The article undertakes a comparison of residential buildings built with the two most common technologies in Poland. The comparison was made in view of the social aspect, one of the three main aspects of sustainable construction. For the comparison, the author's method of social assessment was used, which allows to determine the social quality index and the values of partial assessments in the assessed categories and subcategories. It has been shown that such an assessment will allow the property manager to identify the most important and priority measures leading to the improvement of the social quality of the facilities and, consequently, the satisfaction of residents.

Keywords: social aspect, residential buildings, multi-criteria analysis, sustainable construction.

1. Wprowadzenie

W Polsce dominuje zabudowa wielorodzinna w formie mniejszych lub większych jednostek mieszkalnych. Przez wiele lat, w szczególności w latach 70. ubiegłego wieku dominowały obiekty wykonane w technologii wielkiej płyty. Rozwój tej technologii wynikał z sytuacji gospodarczo-politycznej kraju. Tak naprawdę już w powojennej Polsce największym problemem gospodarczym był znaczny deficyt mieszkań. Zniszczone w czasie wojny budynki nie spełniały warunków zasiedlenia, potrzebny był inny pomysł na szybkie i stosunkowo tanie wybudowanie masowej liczby mieszkań. W tym czasie dojrzała również wizja jednego z najbardziej znanych architektów francuskich Le Corbusiera, który zaproponował w latach pięćdziesiątych jednostkę marsylską – pierwowzór późniejszej wielkiej płyty [1]. Pomysł Le Corbusiera był bardzo ciekawy, jednak niektóre jego elementy nie były praktyczne z punktu widzenia planów masowego budownictwa. Stąd też ostatecznie zaczerpnięto pomysł na proste masywne żelbetowe obiekty, bez proponowanej przez wizjonera spójnej koncepcji zielonej otaczającej je rozległej przestrzeni. W miastach Europy, w tym Polski zaczęły powstawać masywne bryły, jednak

usytuowanie ich w otoczeniu wszechotaczającej zieleni zostało zgrabnie sprowadzone na drugi plan.

Do lat 90. obserwujemy w Polsce powstawanie głównie blokowisk w technologii wielkiej płyty, aż do zmiany ustroju politycznego kraju. Z początkiem tych lat m.in. z uwagi na wygaszanie państwowych zakładów prefabrykacji wielką płytę zaczyna wypierać technologia tradycyjna udoskonalona, w której szkielet najczęściej wykonany jest z żelbetu, natomiast ściany, zwłaszcza niekonstrukcyjne budowane są z elementów drobnowymiarowych. Taki nurt pozostał do dzisiaj, co przez ostatnie 30 lat spowodowało, że w Polsce w budownictwie wielorodzinnym dominują budynki mieszkalne wybudowane właśnie w tych dwóch technologiach.

Ze względu na to, że w naszej strefie klimatycznej przeciętny mieszkaniec spędza prawie 80% czasu w tzw. czterech ścianach, zasadne jest zapewnienie w nich odpowiedniego komfortu. Stąd w artykule przedstawiono ocenę aspektu socjalnego, jednego z trzech równoważnych aspektów zrównoważonego budownictwa dla wyżej wymienionych dwóch technologii budynków mieszkalnych wielorodzinnych.

2. Trzy aspekty zrównoważonego budownictwa

Budowanie zgodnie z ideą zrównoważonego budownictwa staje się powoli standardem. Ustosunkowanie się do jego trzech aspektów: środowiskowego, ekonomicznego i socjalnego pozwala na podniesienie standardu wielu osiedli, a co za tym idzie pozwala zapewnić coraz lepszy komfort ich użytkowania. Już na etapie planowania i projektowania istotne jest podjęcie kroków w celu uwzględnienia aspektów zrównoważonego budownictwa. Począwszy od zakupu działki, inwestor powinien poszukiwać lokalizacji, która zapewni mieszkańcom dostęp do komunikacji zbiorowej, ograniczając w ten sposób konieczność poruszania się samochodami emitującymi zanieczyszczenia dla środowiska. Na etapie projektowania osiedli należy przewidzieć obiekty usługowe, tereny zielone oraz miejsca postojowe w szczególności dla rowerów, hulajnóg itp. [2].

Przez ostatnie lata powstało kilka metod certyfikacji budynków umożliwiających ocenę w różnych fazach cyklu ich życia, np. BREEAM, LEED, CASBEE itp. Jednak oceny te skupiają się na aspekcie środowiskowym, w dość znaczący sposób upraszczając np. aspekt socjalny. Prawdopodobna przyczyna tkwi w próbie uniwersalności metod, które pozwalają certyfikować budynki różnego typu. Nie uwzględniono tutaj specyfiki budynków mieszkalnych, które znacznie bardziej wpływają na społeczność.

Natomiast jeśli chodzi o aspekt ekonomiczny – to tutaj od kilkunastu lat funkcjonuje ocena kosztów cyklu życia obiektu, co pozwala na szacowanie kosztów różnych wariantów obiektów, tym samym pozwalając na poszukiwania najbardziej ekonomicznego rozwiązania. Najmniej opisany, a już na pewno nie w sposób kompleksowy pozostaje aspekt socjalny, który jest szczególnie ważny w przypadku oceny budynków mieszkalnych, stąd też w artykule skupiono się właśnie na nim [3].

Społeczeństwo w Polsce starzeje się, co wpływa zarówno na konieczność dostosowania się do ich potrzeb, innych niż u młodych ludzi, ale również wymaga dostosowania obiektów do niepełnosprawności, które wynikają zarówno z dużej wypadkowości, jaka obserwowana jest od lat, jak również chorób, które dotyczą właśnie starzejące się społeczeństwo. W przypadku nowych inwestycji wydaje się dość łatwym zadaniem już na etapie ich planowania i projektowania uwzględnienie tych potrzeb, inaczej jednak wygląda sytuacja w przypadku obiektów istniejących, nierzadko użytkowanych już od wielu lat. Ważna jest w tym przypadku świadomość nie tylko zarządcy lub właściciela obiektu, ale także jego mieszkańców. Dzięki świadomości społeczeństwa możliwe będzie dostosowywanie tych obiektów do nowych potrzeb, ponosząc tym samym mniejsze nakłady finansowe na nieprzemysłane i niejednokrotnie niepotrzebne remonty.

3. Wyznaczenie wskaźnika socjalnego z użyciem autorskiej metody oceny aspektu socjalnego obiektów mieszkalnych

Metoda oceny socjalnych wartości użytkowych budynku wymaga określenia wielu parametrów. Są one podstawą do wykorzystania analizy wielokryterialnej [4–7]. Wykorzystana metoda polega na potraktowaniu budynku jako systemu, którego struktura składa się ze wzajemnie oddziaływujących na siebie i otoczenie czynników, takich jak: kompozycja, otoczenie i struktura, a także ich cechy – zwane dalej kryteriami oceny. Wzajemna relacja między nimi ma istotny wpływ na stan techniczny obiektu, bowiem w przypadku, gdy stan jednego z nich ulega pogorszeniu, cierpią kolejne, a w konsekwencji cały system [3].

Ze względu na znaczną liczbę kryteriów, zgodnie z zaleceniami przedstawionymi w normie [8] oraz propozycją przedstawioną w artykule [9], dokonuje się ich podziału na mniejsze grupy zwane subkategoriami, te natomiast przyporządkowuje się do sześciu głównych kategorii. Metoda oceny została opracowana poprzez krytyczną analizę przepisów prawnych, norm, wywiady eksperckie oraz obecnych użytkowników, stosując narzędzia statystyczne i logikę rozmytą. Informacje dotyczące prowadzenia badań, jak również samej metody oceny przedstawione zostały obszernie w doktoracie autorki niniejszego artykułu. W celu łatwej aplikacji dla użytkownika aplikacji wprowadzono stałą pięciostopniową skalę ocen wyrażającą: 5 – stan bardzo dobry, 4 – stan dobry, 3 – stan dostateczny, 2 – stan zły, 1 – stan bardzo zły [3].

Następnie w proponowanej metodzie wyznaczone zostały wagi dla każdego z kryteriów, subkategorii oraz kategorii. Wagi ustalono w oparciu o przeprowadzenie kilkuset ankiet wśród mieszkańców dwóch województw: małopolskiego oraz śląskiego. Ankiety były przeprowadzane w latach 2014–2015 poprzez bezpośredni kontakt i/lub wywiad z mieszkańcami osiedli mieszkaniowych (ponad 300 mieszkań). Przeprowadzenie właściwego badania poprzedzone było badaniem próbnym na mniejszej grupie kontrolnej (kilkunastu osób). Uzyskane dane ankietowe zostały sprawdzone pod względem poprawności za pomocą wybranych miar statystycznych. Dodatkowo część kryteriów, do oceny których wymagana jest specjalistyczna wiedza budowlana, została poddana ocenie eksperckiej. Ocenę przeprowadzono w oparciu o bezpośredni wywiad z 17 ekspertami [3, 10–12]. Podczas finalnego wyznaczania wskaźnika jakości socjalnej zdecydowano wagi pozostawić jako wartości niezmiennie ustalone w oparciu o przeprowadzone ankiety z uwagi na możliwość porównania obiektów ocenianych w różnym czasie.

Oceny częściowe uzyskane dla każdej badanej cechy zostają zagregowane za pomocą wskaźnika sumacyjnego skorygowanego na każdym poziomie szczegółowości. Ostatecznie użytkownik dostaje jednolicebowy wskaźnik wyrażony wzorem:

$$O_D(t) = \sum_{i=1}^6 O_C^i \cdot L_C^i \quad (1)$$

W metodzie wyniki oceny socjalnej uzyskiwane przez badany obiekt należy porównać z cechami budynku referencyjnego (odniesienia). Budynek odniesienia jest hipotetyczną konstrukcją odzwierciedlającą wszelkie wymogi zawarte w przepisach budowlanych oraz normach. Obiekt referencyjny nie jest natomiast obiektem idealnym i może uzyskać on ocenę niższą niż obiekt oceniany.

Ostatecznie ocena socjalna polega na wyznaczeniu wskaźnika jakości socjalnej będącego ilorazem różnicy otrzymanych ocen dla budynku analizowanego do budynku referencyjnego podzielonych przez wartość oceny budynku referencyjnego:

$$\Delta_{R+D}(t) = O_R(t) - O_D(t) \quad (2)$$

$$\delta = \frac{\Delta_{R+D}(t)}{O_R(t)} \cdot 100\% \quad (3)$$

gdzie:

$O_R(t)$ – socjalna wartość użytkowa budynku referencyjnego w czasie t ,

$O_D(t)$ – socjalna wartość użytkowa analizowanego budynku w czasie t .

Ostatecznie zaproponowano 5-stopniową klasyfikację, podobnie jak w przypadku gwiazdek hotelowych, która pozwoli ocenić „atrakcyjność socjalną” badanego budynku. Proponowana klasyfikacja budynku została przedstawiona w tabeli 1.

Tabela 1. Proponowana klasyfikacja budynku/mieszkania ze względu na stopień spełnienia właściwości socjalnych

Ocena budynku (liczba gwiazdek)	Stopień spełnienia socjalnych właściwości użytkowych $\delta = \frac{\Delta_{R+D}(t)}{O_R(t)} \cdot 100\%$
5	$^1 \Delta_{R+D}(t) < 0$
4	$0,0\% \leq \delta < 20\%$
3	$20\% \leq \delta < 40\%$
2	$40\% \leq \delta < 60\%$
1	$\delta \geq 60\%$

¹ wyraża się wzorem $\Delta_{R+D}(t) = O_R(t) - O_D(t)$

Więcej na temat opracowanej metody oceny jakości socjalnej można przeczytać m.in. w rozprawie doktorskiej autorki [3].

4. Ocena wybranych technologii budownictwa mieszkaniowego

4.1. Wskazania do wyboru analizowanych obiektów

Analiza porównawcza obecnego stanu mieszkalnictwa (technologia tradycyjna udoskonalona) z obiektami wznoszonymi dawniej, a których warunki konstrukcyjne pozwalają na dalsze ich użytkowanie (wielka płyta) pozwoli zbadać, jak na przestrzeni ostatnich lat zadbano o uwzględnianie aspektu socjalnego

(społecznego) w budownictwie mieszkalnym. W tym celu zostaną przedstawione, a następnie porównane wyniki oceny socjalnej budynków wybudowanych w technologii wielkiej płyty oraz w technologii tradycyjnej udoskonalonej.

Analizie poddano 4 budynki – dwa wykonane w technologii wielkiej płyty i dwa w technologii tradycyjnej udoskonalonej. W przypadku wielkiej płyty są to obiekty zlokalizowane w różnych miastach, przy czym jeden z nich znajduje się na dużym krakowskim osiedlu, drugi natomiast w niewielkiej miejscowości Jędrzejów w województwie świętokrzyskim. Natomiast obiekty wybudowane w technologii tradycyjnej udoskonalonej poddane ocenie zlokalizowano w tym samym mieście, w Krakowie, jednak wybrano całkowicie odmienną lokalizację, a co za tym idzie inną kompozycję układu urbanistycznego otoczenia.

4.2. Budynek 1 (wielka płyta w Krakowie)

Pierwszy obiekt został zrealizowany w technologii wielkiej płyty i jest zlokalizowany na osiedlu Prądnik Biały (rys. 1). Do centrum można się dostać autem w 15 minut, a w odległości 300 m jest przystanek autobusowy. Wokół budynku jest dużo zieleni, mały plac zabaw i ścieżki pieszo-rowerowe, umożliwiające aktywne spędzanie czasu. W pobliżu osiedla znajduje się tętniący życiem targ „Plac imbramowski”, a także drogeria, restauracje, szpital, szkoły i przedszkole. Budynek ma 12 kondygnacji z podpiwniczeniem oraz częścią usługową na parterze. W piwnicach zlokalizowano piwniczki lokatorskie, pomieszczenia techniczne i przyłącza. Na parterze znajduje się wejście do części mieszkalnej budynku – klatka schodowa, dwie windy, wiatrołap, dolna komora zsypu śmieci, pomieszczenia na wózki i rowery. W pozostałej części parteru (usługowej) zlokalizowano pasaż handlowy. Na kondygnacjach od 1 do 11 położone są pomieszczenia mieszkalne. Do każdego z nich przynależy własny balkon. W części mieszkalnej na każdym piętrze znajdują się cztery mieszkania. Budynek nie jest ogrodzony, ale ma mały parking mieszczący 12 samochodów, oddzielony szlabanem [13].

4.3. Budynek 2 (wielka płyta w Jędrzejowie)

Budynek został wykonany w technologii wielkiej płyty, a dokładnie technologii kielecko-szczecińskiej zlokalizowany jest na jednym z jędrzejowskich osiedli. Jest to obiekt 5-kondygnacyjny, podpiwniczony, pięcioklatkowy [14]. Każde z mieszkań jest wyposażone w widną kuchnię i balkon. W budynku nie ma windy. W pobliżu znajduje się cała infrastruktura towarzysząca, tj. sklepy, szkoła, pływalnia, tereny zielone. Do centrum Jędrzejowa jest około 1,5 km. Wokół budynku znajduje się zieleń, brakuje tutaj ogrodzenia i ochrony. Dla budynku nie przewidziano wydzielonego parkingów, stąd mieszkańcy parkują wzdłuż ulicy.

4.4. Budynek 3 (tradycyjna technologia udoskonalona na obrzeżach)

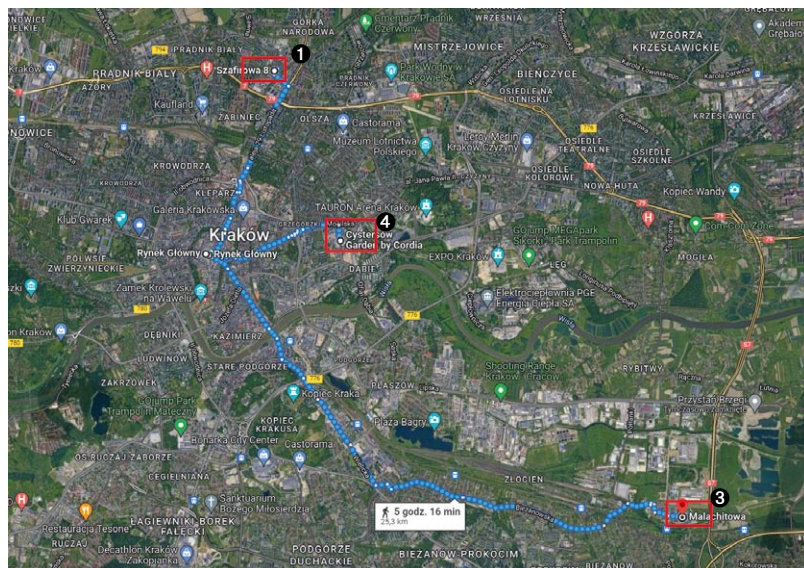
Kolejny budynek znajduje się na osiedlu Złocien wchodzącej w skład Dzielnicy XII Bieżanów-Prokocim. Budowanie osiedli

Rys. 1. Lokalizacja analizowanych obiektów krakowskich (1 – wielka płyta, 3 i 4 – technologia tradycyjna udoskonalona) (źródło: opracowanie własne na podstawie map google)

lub pojedynczych budynków w dużej odległości od centrum nazywane jest zjawiskiem „wyspowego osadnictwa wewnątrz miasta”, co wynika z poszukiwania przez deweloperów działek w granicach administracyjnych miasta, ze względu na niższą cenę parceli budowlanych (rys. 1). Tereny te, otoczone obszarami przemysłowymi, poprzemysłowymi, leśnymi bądź o zupełnie innych funkcjach, stają się odizolowane od centrum miasta i tworzą tak zwane „miasto w mieście” [15]. Oferta mieszkań w tej lokalizacji jest przeważnie kierowana do średniozamożnej grupy społecznej, która za główne kryterium dobru mieszkań wybiera cenę – kosztem gorszych walorów przestrzennych, komunikacyjnych oraz funkcjonalnych. Poążanie za ideą zrównoważonego budownictwa bywa w takich przypadkach utrudnione. Ogromne osiedla na terenach podmiejskich, pozbawione bezpośrednich powiązań komunikacyjnych z centrum miasta, skłaniają ich użytkowników do korzystania z transportu indywidualnego. Skutkuje to niewydolną infrastrukturą drogową oraz emisją zanieczyszczeń do środowiska. Dodatkowo osiedla otoczone strefami o odmiennej funkcji generują uciążliwy dla mieszkańców hałas oraz ograniczają jego rozwój. Przykładem takiego osiedla jest właśnie Złocień – jedno z najszybciej rozwijających się osiedli w Krakowie [2].

4.5. Budynek 4 (tradycyjna technologia udoskonalona w centrum dużego miasta)

Budynek znajduje się przy ulicy Cystersów w dzielnicy Grzegórzki w Krakowie. Obiekt zlokalizowany jest 10 minut drogi od centrum. W niewielkiej odległości od budynku znajduje się bogata infrastruktura, m.in. kawiarnie, sklepy, restauracje, centrum medyczne, szkoły i przedszkole. Lokalizacja obiektu sprzyja również rekreacji z uwagi na bliskość klubu sportowego, siłowni i ścieżek rowerowych. Przystanek autobusowy położony jest tuż przy budynku, natomiast tramwajowy w odległości 4 minut. Położenie osiedla przy ulicy Cystersów względem ścisłego centrum Krakowa przedstawiono na rysunku 1. Osiedle składa się z pięciu budynków w ułożeniu wokół dziedzińca z zielenią, ciągami pieszymi i pieszo-jezdnymi oraz małą architekturą. Ma ogrodzenie, automatyczną bramę wjazdową, całodobową ochronę oraz monitoring. Badany obiekt ma 9 kondygnacji nadziemnych, z czego na ostatniej są lokale typu „penthouse”. W części podziemnej zlokalizowane są parking, komórki lokatorskie, pomieszczenia do gromadzenia odpadów oraz techniczne. Na parterze budynku znajdują się hol główny, mieszkania

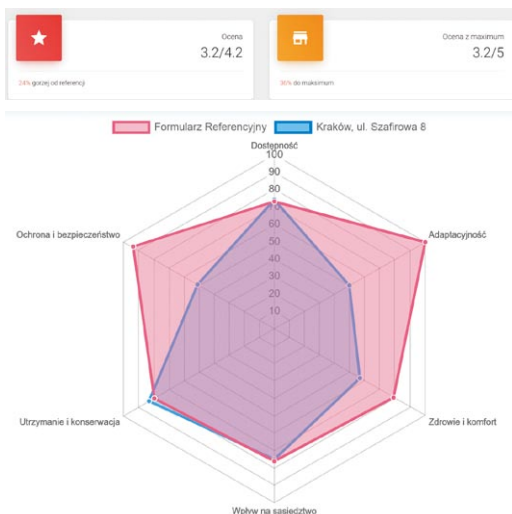


oraz komórki lokatorskie. Na pozostałych kondygnacjach są pomieszczenia mieszkalne zróżnicowane pod względem wielkości oraz komórki lokatorskie. Do każdego mieszkania przynależy balkon lub ogródek [13].

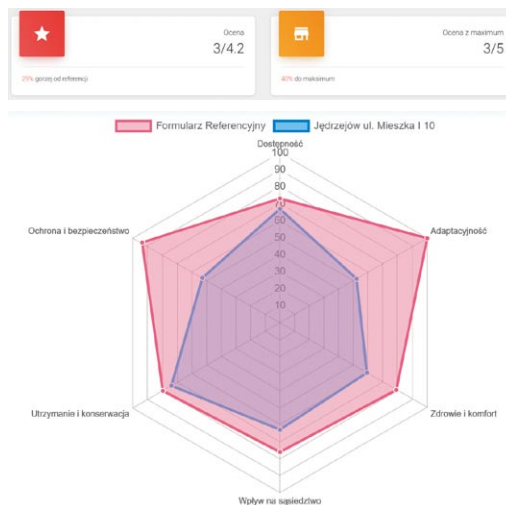
5. Wyniki i porównanie ocen analizowanych budynków

Analizowane obiekty reprezentują najbardziej powszechne technologie budowania obiektów mieszkalnych w Polsce. Wybrano do analizy po dwa budynki w każdej z technologii, jednak różnicując je. Budynki w technologii wielkiej płyty zlokalizowane są w dwóch różnych województwach, w których jeden znajduje się w dużej metropolii – Krakowie, natomiast drugi w dużo mniejszym Jędrzejowie. Pozwoli to zaobserwować różnice w ocenie socjalnej, jeśli wystąpią, obiektów realizowanych w tej samej technologii, jednak w różnych warunkach społeczno-gospodarczych. W przypadku analizowanych obiektów w technologii tradycyjnej udoskonalonej wybrano nowsze inwestycje wybudowane w ostatnich kilkunastu latach, tym razem oba budynki są zlokalizowane w Krakowie, jednak w zupełnie innym otoczeniu i bliskości od centrum. W celu oceny badanych budynków we wszystkich z nich przeprowadzono badania ankietowe wśród mieszkańców i ekspertów, np. administratorów, zarządców). Wyniki końcowe ocen zestawiono na rysunku 2, gdzie przedstawiono zarówno jednolicebny wskaźnik jakości socjalnej dla każdego z budynków, jak również wyniki poszczególnych ocen w postaci wykresów sieci pajęczej dla kategorii głównych. Zarówno po wartościach wskaźników jakości socjalnej, jak i wykresach pajęczych widać, że wyższe oceny uzyskały obiekty wybudowane w technologii tradycyjnej udoskonalonej. Obiekty te zostały wybudowane co najmniej kilkanaście lat później, co nasuwa wniosek, że w polskim budownictwie mieszkaniowym coraz bardziej uwzględniane są potrzeby użytkowników, ale również zmieniają się wymogi prawne, zmuszając inwestorów do realizacji inwestycji w wyższym

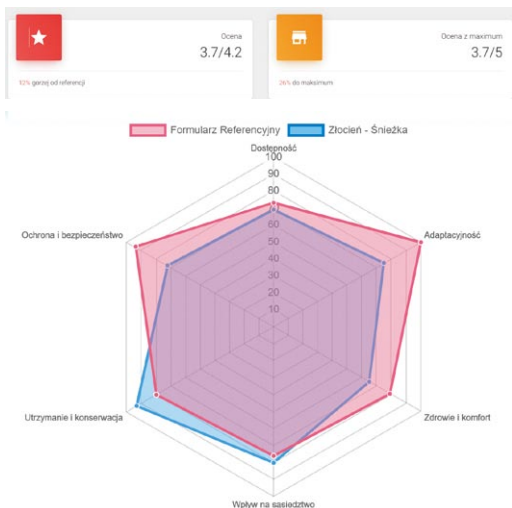
Budynek nr 1 (wielka płyta w Krakowie)



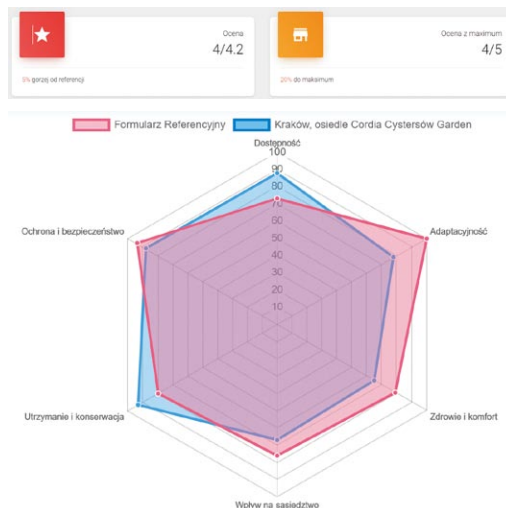
Budynek nr 2 (wielka płyta w Jędrzejowie)



Budynek nr 3 (technologia tradycyjna udoskonalona na obrzeżach miasta)



Budynek nr 4 (technologia tradycyjna udoskonalona w bliskości centrum)



Rys. 2. Ocena jakości społecznej oraz wykresy sieci pajęczy dla sześciu głównych kategorii dla badanych obiektów

standardzie. Ponadto można zauważyć, że lokalizacja inwestycji ma bardzo duże znaczenie i znacząco wpływa na ocenę końcową budynków. Obiekty zarówno wykonane w technologii wielkiej płyty, jak i tradycyjnej udoskonalonej zlokalizowane w wysoko ocenianej infrastrukturze towarzyszącej i jednocześnie bliżej centrum zyskały wyższe oceny wskaźnika jakości społecznej niż obiekty w tych samych technologiach jednak w „gorszej” lokalizacji. Mimo że sama lokalizacja stanowi jedno z wielu kryteriów oceny społecznej, można przypuszczać, że znacząco wpływa ona na opinię mieszkańców co do pozostałych ocenianych cech budynku.

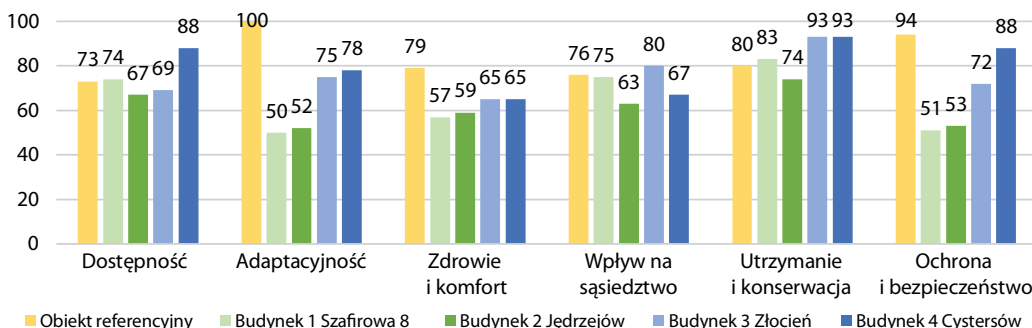
Biorąc pod uwagę uzyskane oceny, sporządzono wykresy obrazujące zróżnicowane oceny w zależności od ocenianej kategorii, które zestawiono na rysunku 3. Oprócz wyników oceny badanych obiektów umieszczono również ocenę obiektu referencyjnego stanowiącego obiekt porównawczy.

wiązań instalacyjnych i systemów typu „smart”, czego przyczynami są: wysokie koszty, jak również brak obligatoryjności ich stosowania.

W kategorii wpływ na sąsiedztwo najniższą notę uzyskał budynek w technologii wielkiej płyty zlokalizowany w niewielkiej miejscowości, co może wynikać z dominującej tam zabudowy niskiej, jednorodzinnej. Ciekawy jest też niski wynik oceny budynku, który w pozostałych kategoriach oceniany jest najwyżej – budynku nr 4. Zjawisko to wynika z dużego, niestety negatywnego wpływu tego budynku na otoczenie, ponieważ w centrum miast często lokalizuje się inwestycje w już bardzo gęstej zabudowie, mogą one tym samym wpływać na zacienianie sąsiednich inwestycji i powodować uciążliwości dla mieszkańców już istniejącej w pobliżu zabudowy. Kategoria utrzymanie i konserwacja również została oceniona wyżej w budynkach 3 i 4, co wynika między innymi z mniejszego stopnia zużycia

Z wykresów można zaobserwować, że w ocenie kategorii 1 – dostępność najwyższe oceny zostały, niezależnie od ich technologii, budynki zlokalizowane bliżej centrum z bogatą infrastrukturą towarzyszącą i bliskością komunikacji miejskiej. Kategoria adaptacyjność zdecydowanie lepiej wypadła w ocenianych budynkach zrealizowanych w technologii tradycyjnej udoskonalonej, co wynika z bardziej restrykcyjnych przepisów obowiązujących w czasie ich wznoszenia, większych możliwości modyfikacji układów mieszkań oraz wyposażenia ich w nowoczesne rozwiązania i udogodnienia dla mieszkańców. Zdrowie i komfort stanowi najmniej zróżnicowaną w ocenie kategorię, co może wynikać ze stosowania podobnych rozwiązań instalacyjnych, w jakie wyposaża się budynki mieszkalne, tj. wentylację grawitacyjną i grzejniki konwekcyjne. Nadal brakuje stosowania nowoczesnych roz-

Rys. 3. Ocena właściwości socjalnych dla badanych budynków



poszczególnych ich elementów. Ostatnia kategoria ochrona i bezpieczeństwo została oceniona wysoko zarówno w nowoczesnym zlokalizowanym w centrum budynku nr 4, jak również w budynku nr 1 wykonanym w technologii wielkiej płyty. Wyższe oceny budynków 3 i 4 nie dziwią z uwagi na wyposażenie ich w odpowiednie systemy przeciwpożarowe, ogrodzenie, monitoring itd.

6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wskazały różnice w ocenie wskaźnika jakości socjalnej analizowanych obiektów. Zaobserwowano, że obiekty wybudowane w technologii tradycyjnej udoskonalonej uzyskały wyższe oceny, czego przyczynami mogą być zarówno zmieniające się z czasem wymogi prawne i normowe, jak również coraz wyższe wymagania samych użytkowników. Zaobserwowano, że duży wpływ na ocenę ma lokalizacja badanego obiektu. Dogodna lokalizacja i bogata infrastruktura towarzysząca wpływają na większe zadowolenie użytkowników, co przyczynia się do wyższego oceniania ich miejsc zamieszkania.

Mimo nadal dobrego stanu technicznego obiektów w technologii wielkiej płyty są one oceniane gorzej niż obiekty nowsze, zrealizowane najczęściej w technologii tradycyjnej udoskonalonej. Różnice te wynikają m.in. z czynników, takich jak: wąskie klatki, stare instalacje, słaba wentylacja i brak zapewnienia wystarczającej ochrony i bezpieczeństwa.

Przeprowadzona analiza obiektów w aspekcie socjalnym pozwala wysunąć kilka wniosków. Współczesne budownictwo jest realizowane w coraz gęstszej zabudowie, należy zatem projektując nowe nieruchomości, zadbać o większą przestrzeń wokół budynku. Pozwoli to na uzyskanie terenów rekreacyjnych na osiedlu i uniknięcie problemów z dostępem do światła dziennego oraz wymianą powietrza (tzw. zapewnienie korytarzy powietrznych). Warto rozważyć proste i niedrogie rozwiązania wpływające na zmniejszenie kosztów utrzymania części wspólnych i otoczenia na osiedlach z wielkiej płyty poprzez zastosowanie np. oświetlenia energooszczędnego LED. W przypadku budynku z wielkiej płyty kluczowa jest także wymiana piecyków gazowych, które mogą doprowadzać do zatrucia mieszkańców tlenkiem węgla. W niedługim czasie kwestią priorytetową może się również okazać konieczność przystosowania tych budynków do osób o specjalnych potrzebach.

Podsumowując, warto przeprowadzać ocenę socjalnych właściwości budynków mieszkalnych, aby móc wprowadzać

świadome zmiany i poprawiać komfort życia mieszkańców. Ocena taka pozwoli zarządcy nieruchomości wskazać najważniejsze i priorytetowe działania prowadzące do poprawy jakości socjalnej obiektów, a co za tym idzie zadowolenia mieszkańców. Z uwagi na dominujące kryterium zysku obecnych deweloperów ważne jest również zaostrożenie przepisów regulujących system zabudowy oraz tworzenie spójnych planów zagospodarowania przestrzennego miast.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Jednostka Marsylska Le Corbusiera, matka wszystkich bloków – Bryła – ikony architektury (online), Available: https://www.bryla.pl/bryla/1,85298,14647562, Jednostka_Marsylska_Le_Corbusiera__matka_wszystkich.html (Accessed: 08-Dec-2022)
- [2] Hołdys A., Analiza kompleksów budynków wielorodzinnych, w technologii tradycyjnej udoskonalonej, w kontekście socjalnym, 2022
- [3] Radziejowska A., Metoda oceny socjalnych właściwości użytkowych obiektów mieszkalnych w aspekcie zrównoważonego budownictwa, Kraków: rozprawa doktorska, AGH, 2018
- [4] Dytczak M., Wybrane metody rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych w budownictwie – Redo, 2010
- [5] Deszcz J. S., Metody wielokryterialnej analizy porównawczej: podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań w budownictwie, 2001
- [6] Trzaskalik T., Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2008
- [7] Nermend K. and Wydawnictwo Naukowe PWN, Metody analizy wielokryterialnej i wielowymiarowej we wspomaganie decyzji, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017
- [8] PN-EN 16309+A1: Zrównoważoność obiektów budowlanych – Ocena socjalnych właściwości użytkowych budynków – Metodyka obliczania, 2014
- [9] Radziejowska A., The assessment of the social performance of residential buildings, Archives of Civil Engineering, tom 67, 3/2021, str. 543–564
- [10] Zając S., Izdebski W., Skudlarski J., Metoda ekspercko-matematyczna jako narzędzie wspomagające prognozowanie i naukowe rozwiązywanie skomplikowanych zadań, [w:] Efektywność zarządzania zasobami organizacyjnymi, Krosno: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie, 411 stron, ISBN 978-83-64457-17-3, 2015, str. 331–355
- [11] Radziszewska-Zielina E., Metody badań marketingowych w budownictwie: podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych – Radziszewska-Zielina, Elżbieta – FBC, 2006
- [12] Ostańska A., Propozycja synergicznego zarządzania i oszczędzania energii w osiedlu mieszkaniowym opartej na opinii mieszkańców – przykład Lublina, Teka 2021 nr 1 Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych, Oddział PAN w Lublinie, tom 17
- [13] Sędlak M., Analiza wielowymiarowa, w kontekście socjalnym, technologii budowania budynków i zespołów mieszkalnych oraz ich eksploatacji, praca magisterska, AGH, 2022
- [14] Bołewińska E. T., Ocena socjalna budynków z wielkiej płyty. projekt inżynierski, 2019
- [15] Klus K., Wpływ lokalizacji inwestycji mieszkaniowych na prawidłowy rozwój Krakowa1, Przestrzeń/Urbanistyka/Architektura, tom. 2, 2019, str. 7–20

Technologiczne, ekologiczne i ekonomiczne uwarunkowania stosowania betonu samozagęszczalnego

Technological, ecological and economic conditions for the use of self-compacting concrete

prof. dr hab. inż. Jacek Gołaszewski (ORCID: 0000-0003-4110-5581),
Katedra Inżynierii Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli, Politechnika Śląska w Gliwicach

DOI 10.5604/01.3001.0016.2705

Streszczenie: Rozwój współczesnej technologii betonu przebiega w kierunku uzyskania betonu o minimalnym wpływie na środowisko, wytrzymałego, trwałego, możliwie samoobsługowego w wykonaniu i użytkowaniu oraz o szczególnych, dodatkowych funkcjonalnościach. Do takich betonów zalicza się beton samozagęszczalny BSZ. W artykule omówiono i przedyskutowano techniczne, ekonomiczne i ekologiczne aspekty stosowania betonu samozagęszczalnego w odniesieniu do całego cyklu życia konstrukcji. Pokazano, że chociaż koszt betonu samozagęszczalnego może być większy, jego stosowanie umożliwia obniżenie pracochłonności i energochłonności procesu betonowania oraz umożliwia uzyskanie mniej materiałochłonnych i trwalszych konstrukcji betonowych o dłuższym okresie użytkowania. Przedyskutowano proekologiczny aspekt technologii betonu samozagęszczalnego, w tym szczególnie możliwości wykorzystania różnych materiałów odpadowych i z recyklingu.
Słowa kluczowe: beton, technologia, konstrukcje, beton samozagęszczalny BSZ.

Abstract: The development of concrete technology is proceeding in the direction of obtaining concrete with minimal environmental impact, strong and durable and as self-service as possible to make and use, and with special additional functionalities. Such concretes include self-compacting concrete. The article reviews and discusses the technical, economic and environmental aspects of using self-compacting concrete in relation to the life cycle of the structure. It is shown that although the cost of self-compacting concrete may be higher, its use makes it possible: to reduce the labor and energy consumption of the concreting process and to obtain less material-intensive and more durable concrete structures with a longer service life. The pro-environmental aspect of self-compacting concrete technology was discussed, especially including the possibility of using various waste and recycled materials.

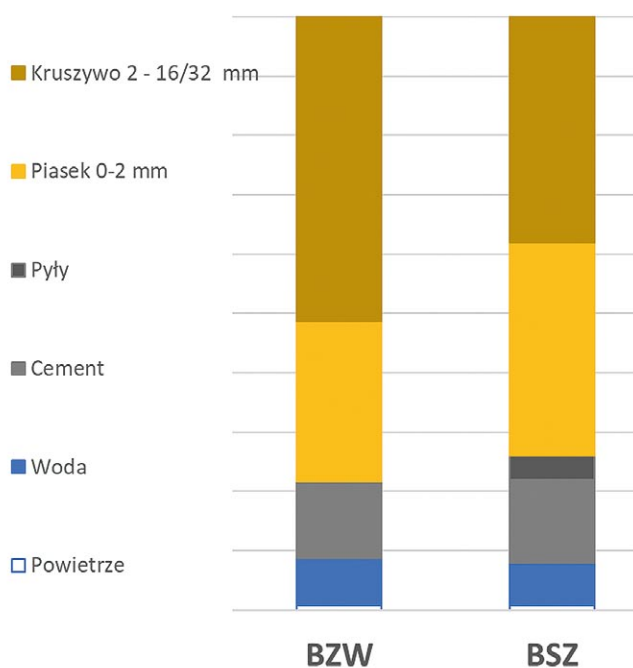
Keywords: concrete, technology, structures, BSZ self-compacting concrete.

1. Wprowadzenie

Zgodnie z normą PN-EN 206 [1] beton samozagęszczalny (BSZ) definiuje się jako beton, który pod własnym ciężarem rozplywa się i zagęszcza, wypełnia deskowanie ze zbrojeniem, kanały, ramy itp., zachowując jednorodność. Beton BSZ może być stosowany w takim samym zakresie jak beton zagęszczany wibracyjnie (BZW), a różni się od niego tym, że dobór jego składu i składników jest podporządkowany uzyskaniu mieszanki o właściwościach umożliwiających spełnienie ww. warunków. Kwestie projektowania betonu BSZ i specyfiki jego składu omówiono szeroko np. w [2–5], a porównanie typowych składów BSZ i BZW przedstawiono na rysunku 1. Technologia betonu BSZ opiera się ogólnie na tych samych zasadach co betonu BZW, może być więc postrzegana jako jej uzupełnienie – zasady i wymagania określone m.in. w normach PN-EN 206 [1] i PN-EN 13670 [6] pozostają niezmienione, konieczne jest natomiast ich uszczegółowienie. Różnice w technologii BSZ i BZW wynikają przede wszystkim z braku zagęszczania mechanicznego i ze zdecydowanie większej wrażliwości mieszanki BSZ na zmienność składników, składu, procedur i warunków

technologicznych. Specyfikę technologii betonu BSZ omówiono szczegółowo m.in. w [2–4]. Projektant i wykonawca betonu powinien ją uwzględnić, gdyż tylko wtedy będzie możliwe pełne wykorzystanie potencjału, jaki tkwi w technologii BSZ. Właściwości stwardniałych betonów BSZ i BZW nie różnią się od siebie istotnie, ewentualne różnice wynikają ze specyfiki składu betonu BSZ (rys. 1), a zwłaszcza dużej ilości zaczynu i frakcji pyłowych oraz małej ilości wody i niskiego w/c. Kwestie te szeroko przeanalizowano w bardzo licznych pracach, przy czym na szczególną uwagę zasługują prace monograficzne [2–4].

Dotychczasowe doświadczenia z zastosowania praktycznego betonów BSZ dowodzą, że dzięki specjalnym właściwościom ich mieszanki możliwe jest uzyskanie znacznych korzyści technicznych [2–4]. Dotyczy to zwłaszcza prefabrykacji, w której beton BSZ jest akceptowany i traktowany już jako typowe rozwiązanie technologiczne. W budownictwie monolitycznym BSZ pozostaje szczególnym rozwiązaniem projektowym i technologicznym o relatywnie dużym stopniu ryzyka, wymagającym wysiłku organizacyjnego i uwzględnienia szeregu dodatkowych wymagań oraz ograniczeń.



Rys. 1. Porównanie typowych składów BSZ i BZW

W artykule przedstawiono i przedyskutowano najważniejsze ekonomiczne, ekologiczne i technologiczne aspekty stosowania betonów BSZ w odniesieniu do poszczególnych etapów cyklu życia konstrukcji betonowej – projektowania, wykonania, użytkowania i rozbiórki.

2. Beton BSZ a projektowanie

Proces projektowania betonu BSZ jest bardziej skomplikowany niż BZW, przede wszystkim ze względu na dużą liczbę składników, konieczność wykonania większej liczby zarów próbnych oraz potrzebę weryfikacji powtarzalności właściwości mieszanki BSZ na zmiany składu i warunków technologicznych. Ma to jednak pomijalny wpływ na koszty produkcji betonu. Jak wskazano na rysunku 1, skład betonu BSZ różni się od składu betonu BZW przede wszystkim mniejszą ilością wody, zwiększoną zawartością frakcji pyłowych (spoiwo, dodatki mineralne i mączki, kruszywo frakcji mniejszej niż 0,125 mm), mniejszą ilością kruszywa grubego oraz większym punktem piaskowym. Z tego względu, i z uwagi na wyższe wymagania jakościowe, koszt materiałów w BSZ jest zwykle większy niż BZW. Różnice w składzie są szczególnie duże w przypadku betonów niższych klas i zanikają wraz ze wzrostem klasy betonu, różnice w koszcie pomiędzy BSZ i BZW wyższych klas są pomijalne. Wzrost kosztów BSZ można w pewnym stopniu kontrolować poprzez ograniczanie ilości cementu na rzecz tańszych dodatków mineralnych lub stosowanie materiałów odpadowych i z recyklingu (co jednak jest, jak wskazano poniżej, problematyczne); w pewnych przypadkach beton BSZ może być nawet tańszy [7], co w praktyce jednak jest trudne do uzyskania.

Dzięki stosowaniu betonu BSZ można projektować skomplikowane, innowacyjne elementy i konstrukcje z betonu, o dużej ilości zbrojenia i złożonych kształtach, a przy tym smuklejsze i dzięki temu lżejsze niż z betonu BZW. Umożliwia to również zmniejszenie zużycia betonu w konstrukcji, a tym samym jej kosztu. Obok korzyści technicznych niezwykle istotne są także nowe możliwości, jakie daje BSZ w zakresie swobody architektonicznego kształtowania elementów i konstrukcji z betonu, w tym także w zakresie wykończenia ich powierzchni. Stosowanie BSZ rozszerza również zakres wykorzystania betonu w konstrukcjach o wysokich wymaganiach architektonicznych. W tym aspekcie stosowanie betonu BSZ ma bez wątpienia bardzo pozytywny wpływ środowisko funkcjonowania człowieka, choć jest on trudny do wyrażenia w wymiarze ekonomicznym.

3. Beton BSZ a procesy produkcji i wykonania betonu

Produkcja betonu BSZ powinna odbywać się w wytwórniach wyposażonych w automatyczną kontrolę wilgotności kruszywa oraz kontrolę mocy pobieranej w trakcie mieszania, wymaga dodatkowej powierzchni składowania (większa liczba składników oraz konieczność osobnego składowania różnych partii materiałów), mieszalnika zapewniającego efektywne i szybkie mieszanie oraz odpowiednio wyposażonego laboratorium zakładowego do kontroli jakości składników i betonu. Przy wdrożeniu do produkcji betonu BSZ może być konieczna modernizacja istniejącej betonowni. Wymagane mogą być również dodatkowe, specjalne szkolenia pracowników ze względu na specyfikę technologii betonu BSZ. Konieczne jest również zapewnienie odpowiedniej obsługi laboratoryjnej umożliwiającej stałą ocenę i kontrolę jakości betonu BSZ. Uruchomienie produkcji i produkcja mieszanki BSZ wiąże się więc z poniesieniem dodatkowych kosztów. Jednak w większości jest to koszt ponoszony jednorazowo i przy normalnej skali produkcji jego wpływ na koszt betonu nie jest znaczący.

Czas cyklu mieszania BSZ nie odbiega od czasu mieszania BZW, a więc wydajność produkcji jest analogiczna. Można się natomiast spodziewać, że względu na większą płynność mieszanki BSZ, mniejszego zużycia sprzętu i tym samym mniejszych nakładów na jego utrzymanie.

Koszty związane kontrolą jakości BSZ są wyraźnie większe niż betonu BZW. Wynika to z konieczności:

- wzmożonej kontroli właściwości materiałów i jakości produkcji (badania kontrolne każdej nowej partii składników betonu),
- konieczności częstego korygowania składu ze względu na dużą wrażliwość BSZ na zmiany właściwości składników i/lub warunków wykonywania betonu, w tym nadzoru nad betonowaniem in situ.

Biorąc pod uwagę powyższe warto zauważyć, że dla producenta betonu towarowego stosowanie betonu BSZ nie

musi być jednoznacznie korzystne ekonomicznie i wiąże się z koniecznością poniesienia szeregu dodatkowych kosztów i zwiększonym ryzykiem technologicznym. Jednocześnie jednak należy wziąć pod uwagę istotną wartość dodaną, jaką jest możliwość zaoferowania odbiorcy (projektantowi, wykonawcy, inwestorowi) materiału pozwalającego spełnić jego wymagania.

Główną zaletą stosowania BSZ jest oczywiście ułatwione układanie i zagęszczanie mieszanki, zwłaszcza w elementach i konstrukcjach o gęstym zbrojeniu i skomplikowanym kształcie. Dzięki BSZ uzyskuje się skrócenie czasu betonowania i zmniejszenie liczby zatrudnionych robotników, a w konsekwencji wyraźne zmniejszenie nakładów pracy (rys. 2). Szczególnie korzystne jest stosowanie betonu BSZ do wykonania płyt, gdyż w tym przypadku nie tylko w pełni można wykorzystać możliwość szybkiego betonowania, ale również znacząco ograniczyć pracochłonny proces wykończenia powierzchni. Szybsze układanie mieszanki pozwala lepiej zorganizować jej dostawy i zredukować liczbę potrzebnego do tego sprzętu. Stosowanie BSZ ułatwia uzyskanie wysokiej jakości wykończenia powierzchni betonu i znacząco ogranicza lub nawet eliminuje konieczność wykonywania kosztownych i pracochłonnych poprawek. Analiza przykładów realizacji konstrukcji monolitycznych przedstawiona w [2, 4] wykazuje, że zależnie od rodzaju elementu i wielkości robót możliwe jest skrócenie czasu betonowania o 30–50%, liczby pracowników o 50–70%, a liczby roboczogodzin o 30–66%.

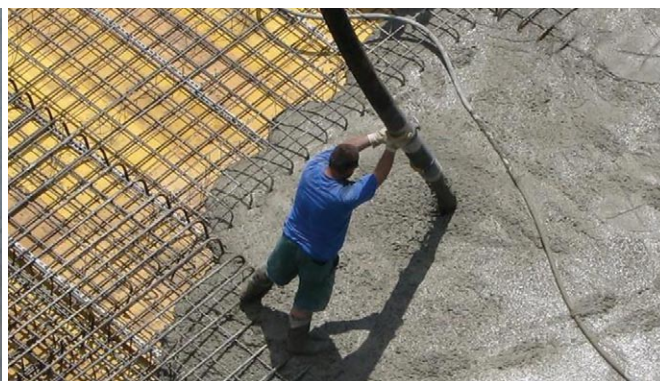
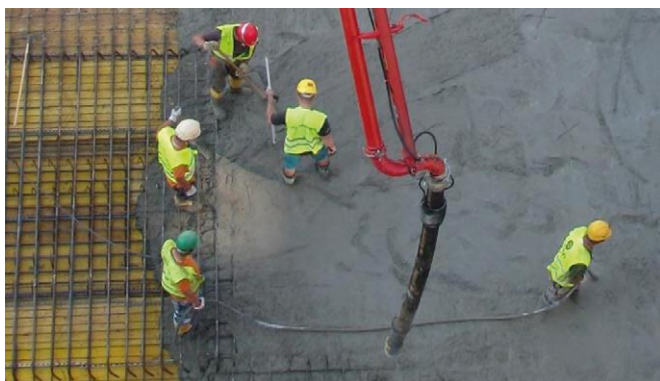
Wyeliminowanie zagęszczania wibracyjnego w prefabrykacji pozwala na uproszczenie form i zmniejszenie kosztów ich utrzymania, ograniczenie ilości sprzętu i potrzebnych instalacji, zmniejszenie zużycia sprzętu i kosztów jego utrzymania. Z danych dostępnych w [6] wynika, że stosowanie BSZ w prefabrykacji prowadzi do zmniejszenia zatrudnienia przy produkcji elementów od 15 do 50%, czasu ich wykonania o ok. 20% i w konsekwencji pracochłonności od 30 do 60%. Ważną korzyścią, podkreślaną przez producentów prefabrykatów, jest wysoka jakość wykończenia powierzchni elementów z BSZ, co ogranicza potrzebę wykonywania kosztownych i pracochłonnych poprawek, zmniejszając nakłady pracy w tym zakresie nawet o 90%.

Według [5] potencjalne korzyści wynikające z eliminacji wibracji dzięki stosowaniu BSZ wynoszą: zużycie energii 10%, koszt form 20%, koszt utrzymania sprzętu 10%, koszty zdrowotne (zwolnienia lekarskie pracowników) 10%.

Należy podkreślić, że wszystkie wyżej wymienione korzyści zależą od specyfiki warunków danej budowy czy zakładu prefabrykacji, specyfiki wykonywanych konstrukcji lub elementów prefabrykowanych i w wymiarze ekonomicznym mogą być bardzo różne. Wykonawca lub producent stosując BSZ, może więc nie tylko ograniczyć koszty, ale również lepiej zarządzać posiadanym lub wynajmowanym sprzętem, może tworzyć rezerwy czasowe lub przyspieszyć ukończenie obiektu (to oczywiście zależy od udziału robót betonowych w całości robót). W tym ostatnim przypadku beneficjentem może być również inwestor, który szybciej będzie korzystał z obiektu. Mniejsza energochłonność robót betonowych oraz mniejsze zużycie sprzętu przyczyniają się do uzyskania korzyści ekologicznych, są one jednak trudne do jednoznacznego określenia.

Wdrożenie technologii BSZ eliminuje wibrację i redukuje hałas, co przyczynia się do istotnej poprawy warunków pracy i zwiększenia bezpieczeństwa, zwłaszcza w prefabrykacji. Mniejszy hałas poprawia komunikację pomiędzy robotnikami, co zmniejsza ryzyko nieporozumień i wynikających z nich błędów. Mniejsza liczba sprzętu i pracowników zatrudnionych w procesach układania mieszanki BSZ zmniejsza ryzyko wypadków i kontuzji. Dzięki temu mniejsze są koszty wynikające z problemów zdrowotnych pracowników (mniej zwolnień lekarskich, mniejsze koszty ubezpieczeń i odszkodowań), choć dość trudno to zmniejszenie oszacować liczbowo.

Uzyskanie wskazanych powyżej korzyści ze stosowania BSZ wymaga jednak dodatkowych działań i poniesienia pewnych dodatkowych nakładów, wynikających przede wszystkim z konieczności uwzględnienia specyfiki technologii i składu BSZ. Przede wszystkim mieszanka BSZ w momencie jej układania w deskowaniach musi charakteryzować się założonymi w projekcie właściwościami i spełniać ustalone wymagania rozpląwu, lepkości, zdolności do przepływu i odporności na segregację, a ponadto zwykle wymagane jest ciągle betonowanie. W związku



Rys. 2. Betonowanie betonem BZW (po lewej) i betonem BSZ

Fot. Jacek Golaszewski

z tym konieczne jest ściśle przestrzeganie założonego dla danej mieszanki czasu transportu oraz zapewnienie rytmicznych jej dostaw. Ze względu na dużą płynność i brak konieczności zagęszczania mechanicznego czas układania BSZ w deskowaniach jest krótszy od betonu tradycyjnego. Wszystko to sprawia, że wymagania organizacyjne do spełnienia przy wykonywaniu BSZ są większe niż przy wykonywaniu betonu zwykłego, margines błędu znacznie mniejszy, w pewnych przypadkach konieczne może być również zapewnienie rezerwy sprzętowej na czas prowadzenia robót. Pracownicy muszą być dodatkowo przeszkoleni ze względu na specyfikę technologii betonu BSZ. Wymaga to zwiększonych nakładów organizacyjnych, czasem również większych nakładów sprzętowych.

Mieszanki o dużej płynności, choć łatwiejsze w układaniu, jednocześnie wywierają znacznie większe parcie boczne na deskowania. Stosowanie BSZ może powodować konieczność stosowania wzmocnionych deskowań (większa liczba ściągów i podpór) i/lub wolniejszej prędkości układania mieszanki, zwłaszcza w przypadku wykonywania wysokich elementów. Przy stosowaniu mieszanek BSZ deskowania projektuje się często przy założeniu pełnego parcia hydrostatycznego. Adekwatnie do zastosowanych wzmocnień wzrasta koszt wykonania deskowań, na co składa się zwiększenie liczby elementów deskowań, jak i pracochłonności ich montażu. Ponadto przy stosowaniu mieszanki BSZ konieczne jest doszczelnienie deskowań, co dodatkowo zwiększa nakłady pracy przy ich montażu i demontażu oraz czyszczeniu (nawet do 5%) oraz zwiększa zużycie materiałów dodatkowych (do 1% kosztów deskowań). Należy również zwrócić uwagę, że w przypadku elementów pionowych, ze względu na zwiększone parcie mieszanki i konieczność odpowiedniego jej odpowietrzenia, prędkość układania mieszanki betonowej może nie odbiegać od prędkości układania mieszanek BZW.

Jak już stwierdzono, większe zastosowanie beton BSZ znajduje w prefabrykacji. Wynika to z przede wszystkim z warunkowań technologiczno-organizacyjnych: Po pierwsze, stałość warunków produkcji w prefabrykacji ułatwia kontrolę jakości i produkcję betonu BSZ o powtarzalnych właściwościach; w zmiennych warunkach występujących przy realizacji konstrukcji monolitycznych na budowie jest to bez porównania trudniejsze i wymaga od producenta betonu i wykonawcy dużej dojrzałości technologicznej i organizacyjnej. Po drugie, wyeliminowany jest transport mieszanki na duże odległości, dzięki czemu nie występują problemy technologiczne i organizacyjne związane z zapewnieniem odpowiedniej płynności mieszanki w chwili jej układania. Po trzecie, betony BZW stosowane w prefabrykacji projektuje się tak, aby uzyskać dużą wytrzymałość wczesną, a skład takich betonów nie różni się znacząco od składu BSZ. W związku z tym koszt BZW i BSZ w prefabrykacji jest zbliżony, inaczej niż w przypadku typowych betonów stosowanych w budownictwie monolitycznym

gdzie koszt BSZ może być wyraźnie większy niż betonu BZW. I wreszcie, w prefabrykacji zwykle nie ma podziału na osobnego producenta betonu i wykonawcę konstrukcji, a za efekt końcowy w postaci prefabrykatu odpowiedzialny jest ten sam producent.

Warto wreszcie zauważyć znaczenie technologii betonu BSZ w kontekście wprowadzenia robotyzacji/automatyzacji do procesów budowlanych, co jest obecnie jednym z priorytetowych kierunków badawczo-rozwojowych. Dąży się do zastępowania coraz trudniej dostępnej i coraz droższej pracy ludzkiej pracą automatów lub robotów, co prowadzi do obniżenia kosztów przy jednoczesnym zwiększeniu jakości i wydajności produkcji oraz bezpieczeństwa pracy. Możliwość eliminacji procesu zagęszczania przy wykonaniu elementów i konstrukcji betonowych jest tutaj jednym z ważniejszych problemów, który można rozwiązać dzięki wdrożeniu BSZ.

Podsumowując, beton BSZ charakteryzuje się większym kosztem materiałów niż BZW, wymaga zwiększonych nakładów w trakcie projektowania i stałego nadzoru i korygowania składu w trakcie produkcji. Wszystko to powoduje, że koszt jednostkowy metra sześciennego BSZ może być większy niż betonu BZW, przy czym im większa klasa betonu, tym ta różnica jest mniejsza. Mniejsze są natomiast koszty wykonania betonu BSZ, tylko w przypadku wykonywania wysokich pionowych konstrukcji koszt ich wykonania może być zbliżony (ze względu na zwiększony koszt deskowania przy stosowaniu BSZ). Analizę ekonomiczną zasadności stosowania betonu BSZ powinno się przeprowadzać uwzględniając specyfikę danego przypadku i poziom technologiczny wykonawcy. Należy przy tym przypomnieć, że zasadność stosowania betonu BSZ nie wynika tylko z kosztu jego wykonania, ale przede wszystkim z efektów ekonomicznych i użytkowych eksploatacji wykonanej z niego konstrukcji.

4. Beton a koszt użytkowania konstrukcji

Zbliżony do składu betonów wysokowartościowych skład BSZ, w połączeniu ze zdolnością jego mieszanki do płynięcia i szczelnego wypełniania form dają możliwość uzyskania materiału o dużej szczelności oraz elementów i konstrukcji pozbawionych wad i uszkodzeń. Skutkuje to poprawą trwałości betonu w konstrukcji, co pozwala na wydłużenie cyklu jej użytkowania i zmniejszenie nakładów na utrzymanie. Dotyczy to zwłaszcza konstrukcji i elementów o skomplikowanych kształtach i/lub z dużą ilością zbrojenia, w przypadku których prawidłowe ułożenie i zagęszczanie mieszanki w tradycyjny sposób jest problematyczne. Stosowanie betonu BSZ daje jednak tylko potencjalną możliwość uzyskania tych korzyści. Czy i na ile zostanie ona wykorzystana, zależy od umiejętności projektanta konstrukcji i betonu, dojrzałości technologicznej i organizacyjnej producenta i wykonawcy BSZ oraz od specyfiki

danej realizacji. Szczególnie należy tutaj podkreślić znaczenie pielęgnacji BSZ, która musi być dobrze dostosowana do warunków dojrzewania i starannie prowadzona w całym wymaganym jej okresie.

5. Ekologiczne aspekty stosowania BSZ

Stosowanie każdego materiału, w tym również betonu BSZ należy rozpatrywać nie tylko w aspekcie technicznym czy ekonomicznym, ale również w odniesieniu do idei zrównoważonego rozwoju. Wiąże się ona w budownictwie przede wszystkim z:

- obniżeniem zapotrzebowania na surowce i energię w całym cyklu życia obiektu;
- zwiększeniem trwałości materiałów budowlanych i przedłużeniem okresu użytkowania obiektów;
- możliwością wykorzystania surowców odpadowych do produkcji materiałów i wznoszenia obiektów budowlanych oraz ponownym wykorzystaniem materiałów i elementów budowlanych po rozebraniu obiektu;
- minimalizacją wpływu procesów budowy, użytkowania i utylizacji obiektu na środowisko naturalne.

Generalnie beton, niezależnie od sposobu jego zagęszczania, dobrze spełnia powyższe wymagania, będąc jednym z bardziej zrównoważonych materiałów konstrukcyjnych stosowanych w budownictwie. Stosowanie BSZ dodatkowo przyczynia się do zmniejszenia wpływu procesów budowy, użytkowania i utylizacji obiektu na środowisko naturalne.

Dzięki BSZ produkcja betonu staje się mniej pracochłonna i energochłonna, co zmniejsza negatywny wpływ procesów wznoszenia obiektów budowlanych na środowisko. Stosowanie BSZ przyczynia się do zdecydowanej poprawy warunków bezpieczeństwa i higieny pracy, a zwłaszcza wyeliminowania szkodliwej wibracji oraz hałasu. Dzięki temu mniejsze są koszty wynikające z problemów zdrowotnych pracowników (mniejsza liczba zwolnień, mniejsze koszty ubezpieczeń i odszkodowań). Stosowanie BSZ ułatwia produkcję betonu o dużej wytrzymałości i trwałości. Dzięki temu można wydłużyć okres eksploatacji konstrukcji z betonu. Ważny jest również korzystny wpływ stosowania BSZ na walory architektoniczne konstrukcji betonowych.

Powszechnie uważa się, że do produkcji betonu można szeroko wykorzystywać różnego rodzaju surowce odpadowe i z recyklingu, w tym zwłaszcza te uciążliwe dla środowiska i zalegające na składowiskach. Takie podejście, niewątpliwie słuszne w założeniach, w praktyce jest jednak problematyczne ze względów technicznych, technologicznych i ekonomicznych, a w wielu przypadkach również ekologicznych. Dotyczy to zwłaszcza BSZ, w przypadku którego jakość stosowanych składników ma kluczowe znaczenie dla prawidłowego wykonania. Konieczność spełnienia warunków samozagęszczalności generuje potrzebę stosowania

w BSZ zwieszanej ilości frakcji pylastych. Stwarza to potencjał do intensywnego wykorzystania jako frakcji pylastych i zamiennika części cementu materiałów odpadowych i z recyklingu. Korzyści ekologiczne zależą jednak w tym przypadku wprost od ilości i rodzaju stosowanych dodatków i stopnia suplementacji nimi cementu. Na skalę przemysłową do BSZ stosowane są obecnie głównie mączki kamienne i popioły lotne spełniające wymagania normy PN-EN 206 [1]. W literaturze dostępne są bardzo liczne badania wskazujące na możliwość stosowania innych materiałów, np. popiołów fluidalnych, popiołów lotnych wapiennych [10], zmielonych odpadów z przemysłu ceramicznego, szklanego, metalurgicznego, pyłów z rozbiórki konstrukcji betonowych i wielu innych. Jednak w praktyce do stosowania tych materiałów konieczne jest pokonanie szeregu istotnych barier:

- technologicznych (zwłaszcza duża i niekontrolowana zmienność właściwości materiałów odpadowych i ograniczona, lokalna ich dostępność, konieczność kosztownej i energochłonnej waloryzacji),
- poznawczych (konieczne jest jednoznaczne określenie wpływu materiałów odpadowych na właściwości stwardniałego betonu, co wymaga szerokich i długotrwałych, a więc kosztownych badań) oraz
- formalnych (brak instrukcji, norm i innych dokumentów odniesienia).

6. Technologiczne aspekty stosowania BSZ

Technologia betonu BSZ opiera się na ogólnych zasadach i wymaganiach określonych w normach PN-EN 206 [1] i PN-EN 13670 [6], w pewnych aspektach konieczne jest jednak ich uszczegółowienie.

Przy produkcji betonu BSZ szczególnie ważna jest kontrola wilgotności kruszywa i adekwatna do tego korekta ilości dodawanej do mieszanki wody. Najwygodniejszym rozwiązaniem są systemy automatycznego pomiaru wilgotności kruszywa. Określone w normie PN-EN 206 [1] tolerancje dokładności dozowania składników są przy produkcji BSZ wystarczające. Czas i intensywność mieszania, objętość zarobu i kolejność dodawania składników powinny być optymalizowane doświadczalnie dla danej mieszanki i mieszalnika oraz ściśle przestrzegane w trakcie produkcji. Do kontroli konsystencji i powtarzalności produkcji mieszanki BSZ mogą być stosowane urządzenia do pomiaru mocy pobieranej przez silnik mieszalnika w trakcie mieszania. Urządzenia takie, w które wyposażone są nie tylko mieszalniki stacjonarne, ale również mieszalniki samochodowe dobrze sprawdzają się przy produkcji mieszanek BSZ, umożliwiając kontrolę konsystencji, powtarzalności właściwości mieszanki, jak również kontrolę jej składu, w tym zwłaszcza ilości dodawanej wody.

Przy betonowaniu BSZ istnieje możliwość wystąpienia pełnego parcia hydrostatycznego na deskowania. Wymusza

to stosowanie wzmocnionych deskowań, o zwiększonej liczbie podpór i ściągow, a więc deskowań systemowych o mniejszych elementach [8]. Jeśli betonowanie prowadzone jest przez pompowanie mieszanki od dołu, deskowania wymagają dodatkowego wzmocnienia ze względu na znaczący lokalny wzrost parcia.

Mieszanka BSZ w momencie jej układania w deskowaniach lub formach musi spełniać ustalone wymagania rozplywu, lepkości, przepływu i stabilności. Doraźne korygowanie konsystencji mieszanki BSZ powinno być traktowane jako absolutny wyjątek, ze względu na niepewny efekt i utrudnioną kontrolę jakości. Przy układaniu mieszanki BSZ nie powinny być używane jakiegokolwiek urządzenia wibracyjne, również w bezpośredniej bliskości miejsca betonowania.

Pielęgnację betonów BSZ prowadzi się na ogólnych zasadach, przedstawionych szczegółowo np. w [9]. Ze względu na dużą ilość zaczynu, dużą ilość drobnych frakcji oraz często opóźniony początek wiązania beton BSZ charakteryzuje się zwykle zwiększoną skłonnością do skurczu plastycznego. Z tego względu jego pielęgnację należy zaczynać bezpośrednio po ułożeniu i powinna być ona, zwłaszcza na początku, możliwie jak najbardziej intensywna.

7. Podsumowanie

Korzyści ze stosowania BSZ należy rozpatrywać indywidualnie dla każdego przypadku. Stosowanie BSZ daje możliwość uzyskania znaczących efektów technicznych, ekonomicznych oraz środowiskowych. Koszt BSZ jest nieco większy niż analogicznego betonu BZW, ale ekonomiczne efekty stosowania BSZ należy odnosić do całego cyklu życia konstrukcji. W tym aspekcie stosowanie BSZ pozwala

na uzyskanie mniej kosztownych konstrukcji dzięki obniżeniu pracochłonności i energochłonności ich wykonania, skróceniu czasu ich realizacji oraz lepszej odporności na agresywne oddziaływanie środowiska. Warunkiem koniecznym do osiągnięcia oczekiwanych korzyści jest prawidłowe zaprojektowanie składu BSZ oraz prawidłowa technologia jego wykonania. Stosowanie BSZ dzięki zmniejszeniu nakładów pracy i sprzętu zmniejsza wpływ procesów budowlanych na środowisko. Nie jest to jednak materiał technologicznie łatwy, czy i na ile możliwości, jakie daje, będą wykorzystane zależy od umiejętności projektanta konstrukcji i betonu, dojrzałości technologicznej i organizacyjnej producenta i wykonawcy oraz od specyfiki danej realizacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 206+A1:2016-12: Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [2] De Schutter G., Bartos P. J. M., Domone P., Gibbs J., Self compacting concrete, Dunbeath: Whittles Publishing, 2008
- [3] Szwabowski J., Gołaszewski J., Technologia betonu samozagęszczalnego, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków, 2010
- [4] Daczko J. A., Self-Consolidating Concrete: Applying what we know, CRC Press, 2012
- [5] Gołaszewski J., Projektowanie betonu samozagęszczalnego, PWN, Warszawa, 2021
- [6] PN-EN 13670:2011: Wykonywanie konstrukcji z betonu
- [7] Gołaszewski J., Stolarczyk D., Ekonomiczne aspekty stosowania betonów SCC, Przegląd Budowlany 2/2009
- [8] Gołaszewski J., Drewniak M., Dobór deskowań systemowych do wykonywania konstrukcji z betonu samozagęszczanego, Inżynieria i Budownictwo 11/2009
- [9] Bajorek G., Pielęgnacja betonu w okresie dojrzewania, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków, 2017
- [10] Ponikiewski T., Gołaszewski J., The influence of high-calcium fly ash on the properties of fresh and hardened self-compacting concrete and high performance self-compacting concrete, Journal of Cleaner Production, tom 72, 2014, str. 212–221

68. Krynicka Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB Gliwice, 24-28 września 2023 r.



Konferencja Krynicka 2023



Wydział Budownictwa
Politechniki Śląskiej

Tradycyjnie konferencja składać się będzie z dwóch części: problemowej i ogólnej. Myślą przewodnią części problemowej 68. edycji konferencji będą **Wyzwania budownictwa na terenach górniczych, pogórnich i zdegradowanych**. To szeroki temat, obejmujący nie tylko zagadnienia projektowania i wykonawstwa budynków i budowli w takich warunkach, ale także zagrożenia wynikające ze specyfiki terenów przemysłowych lub zdegradowanych w wyniku sposobu ich użytkowania oraz sposoby i możliwości efektywnego i bezpiecznego sposobu ich wykorzystania.

Przedmiotem części ogólnej konferencji będą następujące problemy naukowe:

Budownictwo hydrotechniczne • Budownictwo ogólne • Fizyka budowli • Geotechnika • Inżynieria materiałów budowlanych
• Inżynieria przedsięwzięć budowlanych • Inżynieria komunikacyjna: drogi, koleje, mosty • Inżynieria środowiska
• Konstrukcje betonowe • Konstrukcje metalowe • Mechanika konstrukcji i materiałów • Niezawodność konstrukcji

Biuro Konferencji: mgr inż. Marzena Gaura, mgr Małgorzata Lach – Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

<https://www.polsl.pl/rb/krynica-gliwice-2023>, e-mail: konferencjakrynica2023@polsl.pl

Wyzwania geotechniczne w rewitalizacji obiektów zabytkowych na przykładzie modernizacji Hotelu Grand we Wrocławiu

Geotechnical challenges in the revitalization of historic buildings on the example of the modernization of the Grand Hotel in Wrocław

mgr inż. Maciej Król (ORCID: 0000-0001-7473-0493), Keller Polska Sp. z o.o.

DOI 10.5604/01.3001.0016.2706

Streszczenie: Specjalistyczne prace fundamentowe stanowią coraz większy udział we współczesnych inwestycjach budowlanych. Szczególnie wymagające jest prowadzenie tych robót w terenach silnie zurbanizowanych. W artykule opisano sposoby zabezpieczenia głębokiego wykopu oraz podchwycenia fundamentów przy zastosowaniu technologii pali wierconych w orurowaniu i kolumn jet-grouting na przykładzie modernizacji zabytkowego Hotelu Grand we Wrocławiu. Zwrócono uwagę na właściwe planowanie i koordynację prac oraz ochronę sąsiedniej zabudowy, które decydują o optymalnym projektowaniu i realizacji.

Słowa kluczowe: głębokie wykopy, podchwycenie, pale wiercone w orurowaniu, jet-grouting, specjalistyczne prace geotechniczne, ochrona zabudowy.

Abstract: Special geotechnical works have increasing share in construction projects. It is particularly demanding to execute these works in highly urbanized areas. The paper describes the methods of deep excavations support and underpinning existing foundations using the technology of cased CFA piles and jet-grouting columns on the example of the modernization of the historic Grand Hotel in Wrocław. Attention was paid to the proper planning and coordination of works and protection of adjacent structures which determine the optimal design and execution.

Keywords: deep excavations, underpinning, cased CFA piles, jet-grouting, special geotechnical works, protection of adjacent structures.

1. Wprowadzenie

Dzisiejszy wygląd największych polskich miast kształtowany był przez pokolenia architektów, urbanistów i inżynierów budownictwa, a ich dziedzictwem są budynki zlokalizowane w najbardziej prestiżowych (a co za tym idzie, najbardziej dochodowych) lokalizacjach. Oczywiście jest, że na wielkość zysków wpływa położenie budynku. Nie dziwi zatem intensywne wykorzystywanie tych przestrzeni i modernizacja istniejących, często zabytkowych obiektów, do współczesnych wymagań zarówno użytkowników, jak i przepisów prawa. Dynamiczny rozwój technologiczny na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat, obserwowany w budownictwie, w tym w geotechnice, pozwala na realizację coraz bardziej ambitnych i skomplikowanych technicznie projektów. Do takich należą wyzwania związane z obniżeniem posadowienia istniejących obiektów, a wynikające z potrzeby budowy dodatkowych kondygnacji podziemnych.

2. Rewitalizacja obiektów zabytkowych

W przypadku obiektów zabytkowych charakterystyka lokalizacji jest w większości przypadków podobna: plombowa

zabudowa miejska, bliskie sąsiedztwo wrażliwych obiektów budowlanych, utrudnienia logistyczne, duża niejednorodność podłoża gruntowego, gęsta sieć infrastruktury podziemnej czy przeszkody w gruncie w postaci pozostałości dawnych



Rys. 1. Hotel dawniej i współczesna wizualizacja (materiały prasowe Rafin) [1]

Rys. 2. Wykonane prace geotechniczne [2]

budowli. Są to tylko niektóre z czynników podnoszących stopień trudności realizacji robót budowlanych.

Bardzo ważna jest dokładna analiza ryzyka, która powinna być przeprowadzona już na etapie koncepcji projektowych. Niezwykle pomocne na tym etapie są konsultacje architekta i konstruktora z inżynierem geotechnikiem i koordynacja branżowa poszczególnych rozwiązań. Zwróćmy uwagę, że większość powstających obecnie budynków realizowanych jest z wykorzystaniem różnych technologii geotechnicznych (zarówno w zakresie wzmocnień podłoża, jak i zabezpieczeń wykopów), a mimo to wciąż dziedzina ta traktowana jest marginalnie w całym procesie budowlanym. Wielu błędów lub nieporozumień można uniknąć poprzez zaangażowanie specjalistów branży geotechnicznej przy opracowaniu koncepcji, podobnie jak ma to miejsce z pozostałymi branżystami.

3. Rola geotechniki w procesie budowlanym

Modelowy przykład współpracy międzybranżowej można zilustrować na przykładzie rewitalizacji Hotelu Grand we Wrocławiu (rys. 1).

W sercu miasta, naprzeciwko Dworca Głównego, w 1903 r. wybudowano Hotel Du Nord, który stanowił wizytówkę dla podróżnych odwiedzających Wrocław i charakteryzował się należąca mu elegancją. Przemianowany po wojnie na Hotel Grand przez wiele lat był jednym z najbardziej prestiżowych hoteli w mieście. Transformacja ustrojowa i zmiany własnościowe w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku nie były łaskawe dla tego obiektu. Hotel przestał być użytkowany i przez kilkanaście lat budynek popadał w ruinę. Rewitalizacji obiektu podjęła się firma Rafin, która postanowiła przywrócić hotelowi dawną świetność.

Ze względu na znaczący stopień uszkodzeń istniejącej konstrukcji duża część budynku została wyburzona, pozostawiono tylko zabytkowe ściany frontowe, przeznaczone do odrestaurowania w pierwotnym stylu architektonicznym. Projekt przebudowy budynku zakładał wykonanie kondygnacji podziemnej w celu dostosowania do współczesnych standardów oraz powiększenia cennej przestrzeni użytkowej obiektu. Zabezpieczenia wykopów od strony sąsiedniej zabudowy oraz istniejącej ściany frontowej zostały zrealizowane za pomocą szeregu nowoczesnych metod geoinżynierskich.

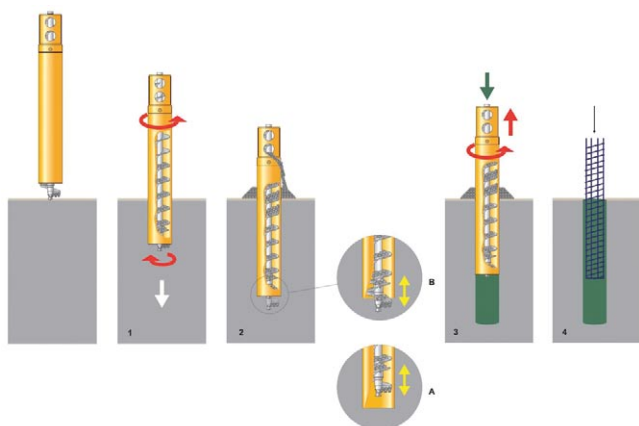
Głównym wyzwaniem okazało się wykonanie kondygnacji podziemnej w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących budynków. Należało tak dobrać technologię i zaprojektować



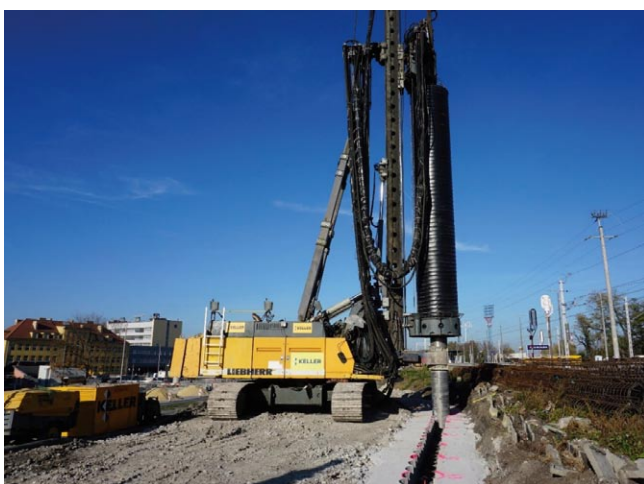
sposób zabezpieczenia wykopu, aby ograniczyć jego wpływ na budynek i infrastrukturę podziemną. Ponadto należało wzmocnić fundamenty oraz stateczność zabytkowej ściany frontowej. Co więcej, elementy zabezpieczenia wykopów istotnie wpływały na kształt i kubaturę kondygnacji podziemnej oraz etapowanie prac budowlanych, co zdecydowanie zwiększało stopień trudności projektowania i realizacji. Udział geotechnika na etapie prac przedprojektowych pozwolił na uwzględnienie niezbędnej przestrzeni wymaganej na zabezpieczenie wykopu (bardzo ważne ze względu na planowanie powierzchni pomieszczeń i przyszłą funkcjonalność obiektu), dobór odpowiednich technologii fundamentowania i optymalny harmonogram realizacji prac. Doświadczenia pokazują, że przestrzeń wymagana na elementy zabezpieczeń wykopu nie jest uwzględniana w planach zagospodarowania terenu oraz projektach architektoniczno-budowlanych. Kondygnacje podziemne projektowane są „na styk” z granicami nieruchomości w celu maksymalnego wykorzystania ich przestrzeni użytkowej. Często taka realizacja nie jest możliwa właśnie ze względu na wymóg zabezpieczenia głębokiego wykopu (a nie zawsze jest możliwość czasowego zajęcia działki sąsiedniej i wykonania demontowalnych obudów). Zdarza się, że informacja o konieczności zabezpieczenia wykopu pojawia się na etapie przetargu lub nawet wykonawstwa, kiedy kompletny projekt budowlany jest już zaakceptowany. Mając na uwadze czasochłonność procesu projektowego i uzgadniania formalności urzędowych, może być zdecydowanie za późno na jakiegokolwiek zmiany.

4. Zastosowane technologie geotechniczne

W celu zabezpieczenia głębokiego wykopu oraz ochrony sąsiedniej zabudowy, wykonano palisadę z pali wierconych w orurowaniu (CCFA – *Cased Continuous Flight Auger*). Technologia ta w literaturze branżowej nosi różne nazwy: VDW (Vor Der Wand), CFP (Cased Flight Auger Piles), SPGO (System Podwójnej Głowicy Obrotowej) lub CSP (Casing Secant

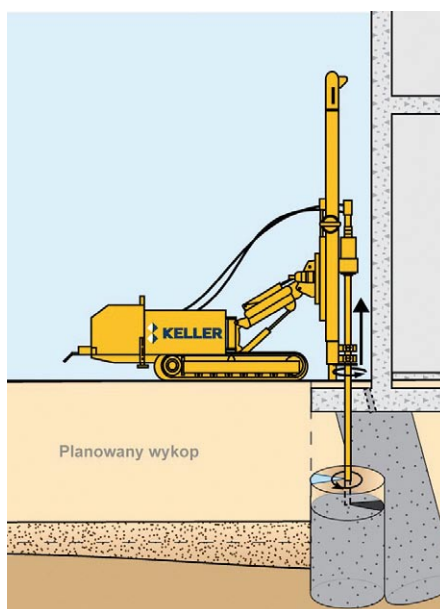


Rys. 3. Schemat wykonywania pali CCFA [4]



Rys. 4. Wykonywanie pali CCFA w murkach prowadzących

Piles). Sposób wykonania pali CCFA polega na jednoczesnym pogrążeniu rury osłonowej i ciągłego świda przy użyciu podwójnej głowicy. W czasie wiercenia wewnątrz rury świda wypełnia się betonem i utrzymuje jego niewielkie ciśnienie, przeciwdziałając penetracji gruntu oraz wody do wnętrza świda. W trakcie wiercenia możliwe jest wysuwanie rury względem świda, co w przypadku natrafienia na przeszkody ułatwia wiercenie. Po osiągnięciu projektowanej głębokości następuje faza stopniowego podnoszenia świda oraz rury i jednoczesnego betonowania trzonu pala pod ciśnieniem. Po zakończeniu betonowania w pal zostaje wprowadzone zbrojenie, najczęściej przy użyciu wibratora. Zastosowanie rury zakończonej koronką wiertniczą pozwala na dokładniejsze prowadzenie trzonu pala i przewiercanie się przez sąsiednie pale i przeszkody w podłożu.



Rys. 5. Schemat wykonywania kolumn Soilcrete [5]

Zabezpieczenie wykopu zaprojektowano, przyjmując schemat statyczny z rozparciem za pomocą konstrukcji stalowej. Ze względu na bliskie sąsiedztwo budynków należało dobrać odpowiednią sztywność obudowy w celu minimalizacji przemieszczeń. Zastosowanie pali w orurowaniu umożliwiło uzyskanie wymaganej dokładności w trudnych warunkach gruntowych z licznymi przeszkodami w postaci pozostałości fundamentów dawnej konstrukcji. Dodatkowym argumentem za użyciem pali CCFA była konieczność zastosowania technologii bezwibracyjnych z uwagi na wrażliwą zabudowę sąsiednią. Ponadto zaprojektowano dodatkowe pale oporowe (wykonywane tą samą metodą), na których oparto stalowe zastrzały dla zapewnienia stateczności ściany elewacyjnej.

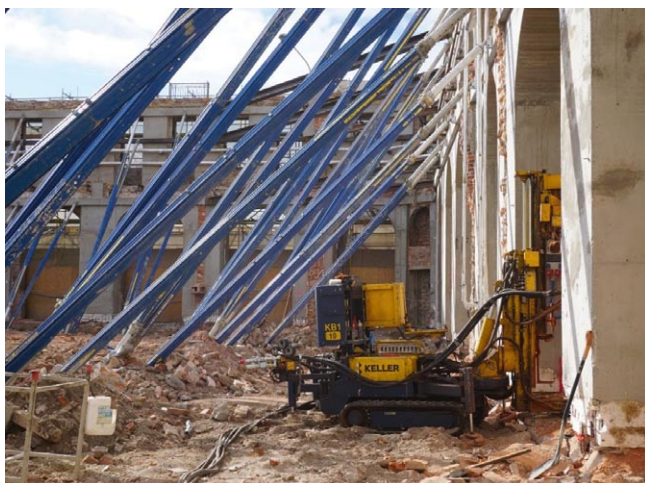
W celu zabezpieczenia fundamentów istniejącej ściany elewacyjnej zaprojektowano podchwycenie za pomocą iniekcji wysokociśnieniowej Soilcrete.

Iniekcja wysokociśnieniowa wytwarza bryły cementogruntu (Soilcrete®) za pomocą monitora zamontowanego na końcu żerdzi wierzących. Proces rozpoczyna się od wkręcenia monitora iniekcji wysokociśnieniowej na żądaną głębokość. Następnie przez dysze w monitorze zaczyna wydostawać się z dużą prędkością zaczyn cementowy (opcjonalnie z wodą i powietrzem). Zaczyn wycina i miesza grunt w trakcie wyciągania i obracania monitora.

W zależności od potrzeb oraz rodzajów gruntu wykorzystuje się jedną z trzech metod: system pojedynczego medium (tylko zaczyn cementowy), system podwójnego medium (zaczyn cementowy otoczony powietrzem) lub system potrójnego medium (woda otoczona powietrzem oraz osobno podawany zaczyn cementowy). W procesie iniekcji wysokociśnieniowej buduje się pełne kolumny lub częściowe kolumny oraz panele cementogruntowe, które zaprojektowane są na określoną wytrzymałość i/lub przesiąkalność.

Geometria brył oraz własności fizyczne cementogruntu projektowane są na podstawie badań podłoża gruntowego. Ponieważ jest to system oparty o erozję, istotną rolę w przewidywaniu geometrii, jakości i produkcji odgrywa podatność gruntów na erozję. Zazwyczaj grunty niespoiste są bardziej podatne na erozję przy użyciu iniekcji wysokociśnieniowej niż grunty spoiste.

Zabezpieczenie głębokiego wykopu i jednocześnie wzmocnienie fundamentów istniejącej ściany frontowej zrealizowano właśnie za pomocą kolumn Soilcrete. Zaletą podchwycenia fundamentów przy użyciu iniekcji wysokociśnieniowej jest możliwość wykorzystania bryły podbicia

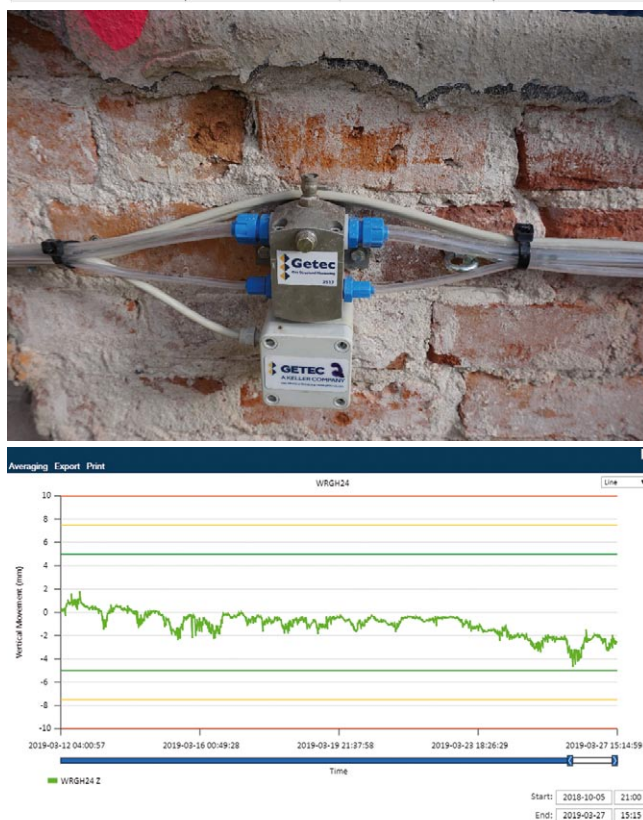
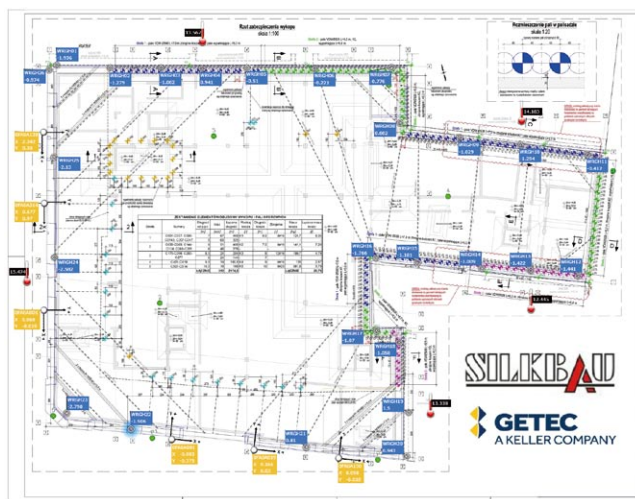


Rys. 6. Podchwycenie ściany elewacyjnej w technologii Soilcrete

jako szalunku jednostronnego i wykonania ścian garażu „na styk” do istniejących fundamentów. Pozwoliło to na uzyskanie dodatkowej przestrzeni w kondygnacji podziemnej, na tyle kluczowej, że nie można było jej przeznaczyć na zajęcie przez palisadę. Ważnym aspektem podchwycenia fundamentów jest konieczność uzyskania zgody właściciela budynku na wzmocnienie fundamentów, co nie zawsze jest zadaniem łatwym. W omawianym przypadku iniekcją wysokociśnieniową zrealizowano pod częścią obiektu należącą do inwestora (co z oczywistych przyczyn nie wymagało uzgodnień), natomiast wzdłuż budynków sąsiednich, ze względu na ograniczenie ingerencji w fundamenty istniejących obiektów, wykonano palisady.

5. Ochrona zabudowy

Ochrona sąsiedniej zabudowy to kluczowy aspekt, który należy rozważyć w projektowaniu zabezpieczeń głębokich wykopów. Szczegółowe algorytmy opisane są w instrukcji. Podstawowe dane do obliczeń statycznych powinny zostać zawarte w ekspertyzie stanu technicznego istniejących budynków. Rola ekspertyzy jest niezwykle ważna, ponieważ stanowi ona dokumentację istniejącego stanu technicznego, a zarazem dowód w przypadku ewentualnych roszczeń sąsiadów względem inwestora. Dobrze sporządzona analiza stanu technicznego powinna zawierać dokumentację fotograficzną rys, spękań i uszkodzeń, ocenę stopnia zużycia elementów konstrukcyjnych, oszacowanie dopuszczalnych przemieszczeń obiektu oraz odkrywki fundamentów z określeniem ich stanu technicznego oraz weryfikacją poziomu posadowienia. Nie należy marginalizować roli ekspertyzy i szukać w ich kosztach pozornych oszczędności. Pobieżna analiza, brak wizji lokalnej czy obliczeń sprawdzających mogą prowadzić do katastrofalnych skutków. Warto w tym miejscu podkreślić, że wykonanie oceny stanu technicznego budynków znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie wznoszonych obiektów jest wymogiem prawa budowlanego (par. 206, pkt. 1).



Rys. 7. Plan monitoringu przemieszczeń, fotografia czujnika i przykładowy wykres przemieszczeń

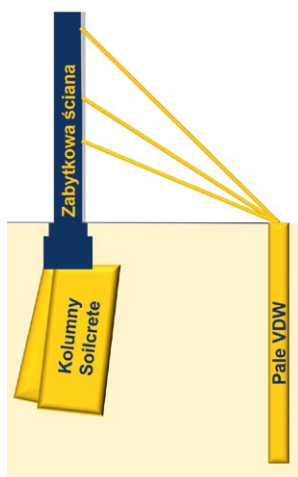
Drugim elementem właściwej ochrony zabudowy jest monitoring przemieszczeń. Pomiary osiadania i odchyień stanowią weryfikację przyjętych założeń projektowych i przedstawiają rzeczywiste zachowanie sąsiednich konstrukcji w wyniku wykonywania prac ziemnych, geotechnicznych czy wyburzeniowych. Wyniki monitoringu są informacją dla projektanta, kierownika budowy oraz inwestora, czy na każdym z etapów budowy jest zapewnione wymagane bezpieczeństwo budynków. Podobnie jak w przypadku ekspertyzy tak w przypadku prowadzenia monitoringu często można zauważyć błędy. Najczęstszym, a zarazem najbardziej problematycznym, jest brak pomiaru zerowego,

Rys. 8. Schemat oraz ilustracja wykonanych prac geotechnicznych

który powinien stanowić punkt odniesienia do rejestrowanych później wyników. Ważne jest, żeby pomiar początkowy przeprowadzić przed rozpoczęciem wszelkich prac, ponieważ to dostarczy informacji, jaka jest „odpowiedź” budynku na poszczególne etapy budowy. Drugim istotnym elementem pomiarów przemieszczeń jest ich częstotliwość.

Duże odstępy czasowe pomiędzy kolejnymi pomiarami lub brak prowadzenia odczytów po istotnych etapach budowy nie dostarczają wystarczających informacji o zachowaniu konstrukcji i uniemożliwiają zauważenie sytuacji potencjalnie niebezpiecznych. Skrupulatność przy prowadzeniu pomiarów geodezyjnych jest niezwykle istotna, zwłaszcza w przypadku kiedy budowa składa się z wielu etapów, a prace realizowane są przez liczne brygady, które nie są właściwie zaznajomione z lokalizacją reperów oraz harmonogramem pomiarów.

W przypadku Hotelu Grand wysoki stopień skomplikowania prac i liczne sąsiedztwo wrażliwych obiektów budowlanych wymagały szczególnej dokładności i częstotliwości prowadzenia pomiarów przemieszczeń. Z tego względu zdecydowano się zastosować automatyczny system pomiaru przemieszczeń z ciągłą rejestracją danych. Wyniki pomiarów były zapisywane i dostępne w trybie on-line dla wszystkich uczestników projektu. Takie rozwiązanie umożliwiałoby podgląd zachowania budynków w dowolnym czasie za pomocą aplikacji internetowej. Dodatkowo wprowadzono ostrzegawcze wartości przemieszczeń, po przekroczeniu których przesyłana była informacja do projektanta oraz kierownika budowy za pomocą wiadomości e-mail oraz SMS. System ostrzegawczy pozwalał na natychmiastową identyfikację przyczyny przemieszczeń i podjęcie środków zaradczych. Pomiarami objęto zarówno sąsiednią zabudowę, jak i zabytkową ścianę frontową. Monitoring obejmował rejestrację osiadania oraz przemieszczeń poziomych ilustrujących odchylenia ściany. Automatyczny system jest niezwykle użyteczny, ponieważ pozwala na obserwację przemieszczeń na każdym etapie realizacji prac, a zwłaszcza bezpośrednio podczas wykonywania robót geotechnicznych. Ponadto jest korzystny ekonomicznie w stosunku do częstych pomiarów geodezyjnych. Zastosowanie automatycznych systemów nie zwalnia z wykonania tradycyjnego pomiaru zerowego (stanowiącego punkt referencyjny dla dalszych odczytów) przed rozpoczęciem jakichkolwiek prac i podobnie jak system reperów geodezyjnych powinien być odpowiednio zabezpieczony przed przypadkowym uszkodzeniem.



6. Przebieg prac geotechnicznych

Charakterystycznym elementem prac w zwartej zabudowie miejskiej jest utrudniona logistyka. Tak było również w przypadku wykonywania prac budowlanych Hotelu Grand. Optymalny harmonogram i kolejność prowadzenia robót geotechnicznych były kluczowe dla pomyślnej realizacji całej inwestycji. Na stosunkowo niewielkiej przestrzeni należało zrealizować szereg prac zabezpieczających istniejące konstrukcje, po których mogły nastąpić roboty ziemne i żelbetowe.

Kolejność działań przedstawiono poniżej.

- Prace wyburzeniowe, polegające na demontażu elementów konstrukcji zagrażających bezpieczeństwu. Efektem prac rozbiórkowych było pozostawienie części ściany frontowej wraz ze stropami i ścianami poprzecznymi stabilizującymi elewację do momentu wykonania prac geotechnicznych.
- Przygotowanie platformy roboczej [10] – pozycja obowiązkowa dla wszelkich prac geotechnicznych. Szczególnie ważne w przypadku prowadzenia prac w obrębie dawnych budynków są: inwentaryzacja piwnic i ich właściwe zasypianie oraz wytyczenie i oznaczenie lub usunięcie sieci uzbrojenia podziemnego.
- Wykonanie żelbetowych murków prowadzących dla pali CCFA, ułatwiających realizację prac w trudnych warunkach gruntowych i zwiększających dokładność wykonania palisady.
- Realizacja pali CCFA. Zaprojektowano nośne pale żelbetowe (zbrojenie w postaci kosza stalowego) oraz wypełniające pale betonowe. Palisadę wykonano wzdłuż istniejących budynków sąsiednich. Po wykonaniu pali CCFA głowice rozkuto i zwińczone oczepem żelbetowym z elementami pod projektowaną konstrukcją rozparcia.
- Wykonanie pali oporowych w technologii CCFA, stanowiących oparcie zastrzałów stabilizujących ścianę elewacyjną przed utratą stateczności w wyniku działania siły wiatru.
- Montaż systemowych zastrzałów stalowych łączących pale oporowe z oczepami stalowymi i żelbetowymi zainstalowanymi



Rys. 9. Palisada zabezpieczająca sąsiednią zabudowę



Rys. 10. Zabezpieczenie ściany elewacyjnej

na ścianie elewacyjnej. Zastrzały należało zamontować pomiędzy stropami i ścianami istniejącej konstrukcji, przeznaczonej w następnej kolejności do wyburzenia.

- Podchwycenie fundamentów ściany elewacyjnej za pomocą iniekcji strumieniowej Soilcrete. Ze względu na ograniczenia wysokościowe (praca pod stalowymi zastrzałami) oraz utrudnioną logistykę należało dobrać odpowiednie gabaryty wiertnicy, które umożliwiały bezpieczną i efektywną pracę w trudnych warunkach terenowych (rys. 6).
- Odkopanie podchwycenia fundamentów do rzędnej zapewniającej stateczność konstrukcji i instalacja oczepu stalowego na kolumnach Soilcrete.
- Montaż konstrukcji stalowej zapewniającej rozparcie obudowy wykopu. Instalacja rur oraz kształtowników stalowych prowadzona była z dużą ostrożnością ze względu na niewielki plac budowy, utrudniony dostęp i liczne przeszkody w postaci pali oporowych i zastrzałów, pomiędzy którymi należało umieścić konstrukcję rozparcia (rys. 9, 10).
- Realizacja prac ziemnych do docelowej rzędnej dna wykopu oraz płyty fundamentowej.
- Montaż ukośnych rozparć stalowych, połączonych z płytą fundamentową, który umożliwił usunięcie rur rozpierających

wykop na poprzednich etapach prac. Zmiana sposobu rozparcia ułatwiła i umożliwiła bezkolizyjne prowadzenie prac żelbetowych w kondygnacji podziemnej.

- Wykonanie ścian kondygnacji podziemnej oraz stropu nad garażem stanowiącego docelową konstrukcję rozparcia dla obudowy wykopu. Po uzyskaniu wymaganej wytrzymałości betonu stropu, zdemontowano rozparcia stalowe.
- Sukcesywnie do realizacji kolejnych kondygnacji nadziemnych i zapewniania stateczności ściany elewacyjnej z połączeniem konstrukcją stropów, demontowano zastrzały stalowe. Po pełnym połączeniu ściany frontowej z nową konstrukcją usunięto pale oporowe.

7. Podsumowanie

W artykule, na podstawie rewitalizacji hotelu Grand we Wrocławiu, zwrócono uwagę na stopień złożoności prac geotechnicznych realizowanych w zwartej zabudowie miejskiej i dotyczących obiektów zabytkowych. Na złożoność zagadnienia wpływa „przenikanie” się różnych branż, zarówno w trakcie projektowania jak i wykonawstwa i oczywiste jest, że tylko właściwa koordynacja robót może prowadzić do pomyślnej realizacji całego przedsięwzięcia. Dlatego ważnym zadaniem jest rozwiązanie zagadnień geotechnicznych i właściwe zaplanowanie poszczególnych prac jeszcze na etapie projektowania i przygotowania przedsięwzięcia do realizacji. Nie uda się tego zrobić bez zaangażowania w proces projektowy, już na wczesnym etapie, inżyniera – geotechnika. Geotechnika, podobnie jak konstrukcja czy instalacje, to bardzo istotna branża, zwłaszcza w terenach wysoce zurbanizowanych. W niniejszym artykule przedstawiono, jak bardzo istotne dla bezpieczeństwa konstrukcji jest właściwe zaprojektowanie i przygotowanie robót geotechnicznych. Prace geotechniczne, jakkolwiek obecnie zupełnie niewidoczne na etapie użytkowania obiektu, odegrały znaczącą rolę na drodze przywracania do świetności Hotelu Grand.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Materiały prasowe Firmy Rafin
- [2] Fotografia ze strony: <https://fotopolska.eu/1424978,foto.html?o=b261897>, autor: Corvus monedula
- [3] Rychlewski P., Rurowane pale CFA, Inżynieria i Budownictwo 2012, <https://inzynierbudownictwa.pl/rurowane-pale-cfa/>
- [4] PW Keller nr 386/PW/WR/2018 Zabezpieczenie głębokiego wykopu za pomocą palisady wraz z tymczasowym zabezpieczeniem istniejącej ściany przed wpływem wiatru
- [5] PW Keller nr 542/PW/WR/2018 Podchwycenie fundamentów ściany elewacyjnej w technologii Soilcrete
- [6] Fotografie z archiwum firmy Keller Polska sp. z o.o.
- [7] Instrukcja ITB 376/2020: Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów
- [8] PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne
- [9] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane
- [10] Król M., Platformy robocze i nie tylko, czyli o bezpieczeństwie w geotechnice, Przegląd budowlany 9–10/2022

Analiza porównawcza systemów fotowoltaicznych w aspektach kryteriów technicznych i architektonicznych z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej MCE

Comparative analysis of photovoltaic systems in terms of technical and architectural criteria using the MCE multi-criteria analysis

mgr inż. arch. Yaryna Posuniak, dr hab. inż. Magdalena Rogalska, prof. PL (ORCID: 0000-0001-8408-3242), Politechnika Lubelska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2707

Streszczenie: W artykule poddano analizie zastosowanie systemów fotowoltaicznych w budynku jednorodzinny. Analizowano dwa systemy fotowoltaiczne: panele fotowoltaiczne i dachówki solarne. Przeprowadzono wielokryterialną analizę porównawczą w aspektach kryteriów: wiatroodporności, obciążenia śniegiem, wytrzymałości termicznej, możliwości zdalnego sterowania, uniwersalności rozwiązania, kosztu instalacji, kosztu utrzymania w cyklu życia zastosowanej technologii, gwarancji na elementy systemu (zapewnienie producenta o sprawności systemu oraz gwarancji wykonania bezpłatnych napraw), estetyczności, ekologiczności. Opracowano metodykę badań. Wybrano kryteria, nadano im wagi, porównano kryteria parami, wykonano aplikację obliczeniową w programie EXCEL, prawidłowość obliczeń zweryfikowano obliczoną wartością współczynnika RI ($RI = 9,68\% < RI_{max} = 10\%$). Badaniom wielokryterialnym poddano zaprojektowany budynek jednorodzinny z zastosowaniem dwóch rodzajów systemów fotowoltaicznych. Wykonano analizę wielokryterialną, na podstawie której sformułowano wnioski.

Słowa kluczowe: dachówka solarna, panele fotowoltaiczne, analiza wielokryterialna MCE, budownictwo ekologiczne, zrównoważone projektowanie.

Abstract: The article analyzes the use of photovoltaic systems in a single-family building. Two photovoltaic systems were analyzed: photovoltaic panels and solar roof tiles. A multi-criteria comparative analysis was carried out in the following aspects of the criteria: wind resistance, snow load, thermal resistance, remote control capability, universality of the solution, cost of installation, cost of maintenance in the life cycle of the technology used, warranty for system components (the manufacturer's assurance of the system's efficiency and guarantee of the performance of free repairs), aesthetics, eco-friendliness. Research methodology was developed. Criteria were selected, given weights, criteria were compared in pairs, a calculation application was made in the EXCEL program, the correctness of the calculations was verified by the calculated value of the RI coefficient ($RI = 9,68\% < RI_{max} = 10\%$). The designed single-family building with the use of two types of photovoltaic systems was subjected to multi-criteria tests. A multi-criteria analysis was performed, on the basis of which conclusions were formulated.

Keywords: solar tile, photovoltaic panels, MCE multi-criteria analysis, green building, sustainable design.

1. Wprowadzenie

Systemy fotowoltaiczne są znane od dekad, stosowane w istniejących i nowych budynkach, jako sprawdzone narzędzie do czerpania zasobów energetycznych z odnawialnej energii słonecznej. Postęp technologiczny w zakresie produkcji urządzeń fotowoltaicznych nieustannie rozszerza ofertę i różnorodność stosowanych elementów. W artykule poddano analizie zastosowanie paneli fotowoltaicznych: klasycznych (System LG NeON®) i dachówki fotowoltaicznej (System SunRoof). Analiza rynku paneli fotowoltaicznych pokazuje, że coraz chętniej stosowane są panele w nowo budowanych obiektach. Powierzchnia oddanych do użytkowania obiektów mieszkalnych w 2016 r. wyniosła

74 779 tys. m² [8]. Przyjęto, że w 5% nowo oddanych obiektów jest możliwa technicznie instalacja paneli fotowoltaicznych [11]. W opinii autorek istnieje techniczna możliwość instalacji paneli w co najmniej 50% obiektów.

2. Przegląd literatury

Od 15 kwietnia 2011 roku obowiązuje w Polsce ustawa o efektywności energetycznej, której celem jest realizacja efektu oszczędzania energii poprzez mechanizm zbywalnych praw majątkowych („białych certyfikatów”) [16]. Taka polityka jest nakierowana na uzyskanie i zgromadzenie jak największej ilości energii ze źródeł odnawialnych celem zachowania założeń ekologicznych.

Wraz ze wzrostem świadomości społeczeństwa, dotyczącej konieczności dbałości o środowisko, zwiększa się zapotrzebowanie na projekty architektoniczne, które charakteryzują się walorami estetycznymi, uniwersalnością i zgodnością z założeniami zrównoważonego rozwoju. Problematyka architektury zrównoważonej jest obecnie szeroko rozważana. Oprócz pojmowania architektury jako sztuki czy klasycznego podziału na „funkcję, formę i konstrukcję” we współczesnym projektowaniu należy brać pod uwagę również oddziaływanie budynków na środowisko naturalne i człowieka [1]. Dlatego pojawiają się nowe dla architektów wyzwania i uwarunkowania projektowe, jakimi są kwestie efektywnego zarządzania energią, wodą, materiałami i odpadami [5]. Ze względu na postęp technologiczny architekci i konstruktorzy powinni regularnie zapoznawać się z ofertami rynkowymi odnośnie materiałów budowlanych i urządzeń technicznych. Umożliwia to, w trakcie projektowania, uwzględnienie czynników ekologicznych, konstrukcyjnych i walorów estetycznych, mających wpływ na finalny produkt, czyli obiekt budowlany.

Systemy fotowoltaiczne stają się coraz powszechniejsze i wywołują zainteresowanie u znacznego grona odbiorców. Według przeprowadzonego badania opinii publicznej Polacy coraz chętniej chcieliby inwestować w odnawialne źródła energii. Ponad jedna czwarta badanych chciałaby korzystać w swoich gospodarstwach domowych z energii słonecznej, a co szósty respondent jest zainteresowany małymi elektrowniami fotowoltaicznymi [2]. Rozwiązanie to jest ekonomicznie uzasadnione, zwłaszcza jeśli uwzględnimy dotacje. System zmniejsza zapotrzebowanie na energię z sieci miejskiej, a także jest wygodny tam, gdzie korzystanie z sieci jest niemożliwe. Czynnikami decydującymi o poziomie opłacalności inwestycji w panele fotowoltaiczne, przez gospodarstwa domowe, jest poziom cen energii elektrycznej oraz ceny dystrybucji energii elektrycznej [4]. Każdego dnia powstaje kilkanaście nowych instalacji (w szczególności w skali mikro), a branża odnawialnych źródeł energii przeżywa wyraźny rozkwit i jest najszybciej rozwijającą się gałęzią ze wszystkich technologii w energetyce. Znaczna część mikroinstalacji fotowoltaicznych (ok. 75% mocy) to instalacje realizowane przez konsumentów indywidualnych (rozumianych zgodnie z definicją z ustawy o OZE), czyli w praktyce instalacje u osób fizycznych, natomiast pozostałe to mikroinstalacje w przedsiębiorstwach [15]. Respondenci preferują kolektory słoneczne do produkcji energii cieplnej i panele fotowoltaiczne do generowania energii elektrycznej [8].

W artykule przyjęto do analizy budynek mieszkalny, jednorodzinny usytuowany na terenie Lublina. Walorem takiej lokalizacji są najlepsze wyniki (najwięcej dni słonecznych w roku w Polsce), charakteryzujące okręg lubelski (9,8% IRR) i OSD ENERGA w taryfie G12 (IRR 8-9%) [4]. Mikroinstalacje fotowoltaiczne mogą już dzisiaj być opłacalne w Polsce bez systemu dotacji, pod warunkiem zastosowania

ich w dużych domach jednorodzinnych o ponadprzeciętnym zużyciu energii elektrycznej. Ten trend prawdopodobnie będzie się przesunął w stronę coraz mniejszych gospodarstw w miarę rozwoju technologii PV sprzyjającej obniżaniu kosztów inwestycyjnych na jednostkę wyprodukowanej energii, połączonej ze wzrostem cen energii elektrycznej dla gospodarstw domowych na rynku w długim okresie.

Systemy fotowoltaiczne mają swoje wady i zalety. Zacienienie, powodowane przez drzewa i sąsiednie budynki, obniża efektywność fotowoltaiki. Nierównomierne oświetlenie powoduje niską moc wyjściową oraz wysoki pobór mocy dla ogniw PV, ze względu na brak światła słonecznego wpływa na moc wyjściową systemu wytwarzania energii fotowoltaicznej [10]. Ogniwa w dachówkach fotowoltaicznych są narażone na trudniejsze warunki funkcjonowania w odniesieniu do tradycyjnych paneli fotowoltaicznych zainstalowanych na konstrukcji nośnej kilka centymetrów nad połacią dachu [14]. Procesy instalacji klasycznych płyt fotowoltaicznych i ich użytkowania są nadal kłopotliwe i czasochłonne. Problemy, które występują podczas montażu kolektorów słonecznych oraz modułów fotowoltaicznych, to: brak nośności konstrukcji więźby dachowej i połączenia dachu, konieczność zabezpieczenia szczelności dachu, błędy w projektach wykonawczych lub budowlanych, zły stan instalacji ciepłej wody użytkowej, praca na wysokości, duży ciężar kolektorów lub modułów [13].

Modyfikacje urządzeń fotowoltaicznych w coraz większym stopniu umożliwiają działanie systemów w sposób bardziej wydajny w różnych warunkach atmosferycznych. Oddziaływanie wiatru w przypadku instalacji wolnostojących lub montowanych na dachach budynków ma istotny wpływ na dobór stelaży pod kątem ich wytrzymałości mechanicznej. W odniesieniu do instalacji zintegrowanych z budynkiem problem ten staje się mniej istotny, jednak nie należy go zupełnie pomijać w fazie projektowej. W odniesieniu do dachówek solarnych, pokrywających całą powierzchnię dachu, to zagrożenie jest większe, gdyż nie mają one zewnętrznych usztywnień i wzmocnień. Należy więc odpowiednio zabezpieczyć dolny brzeg instalacji bądź dachu przed osuwiskami śnieżnymi, poprzez montaż odpowiednich barier [6].


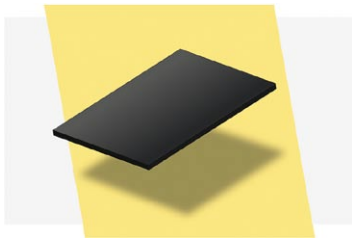
Pierwszą generacją urządzeń fotowoltaicznych są panele wolnostojące i kolektory dachowe. Nowym produktem, coraz częściej stosowanym w Polsce i Europie, są dachówki fotowoltaiczne. Ich wygląd i wydajność są zaskakujące, wpisują się w nową zrównoważoną architekturę, jednocześnie pełnią swoją początkową funkcję – pozyskiwanie energii. Jednym z głównych problemów w rozwoju elastycznych struktur ogniw słonecznych (elastyczna przepona), oprócz konstruowania poprawnych konfiguracji złączy półprzewodnikowych i zapewnienia odpowiednich właściwości optycznych warstwy aktywnej, jest znalezienie niezawodnych, sprawnie działających i elastycznych

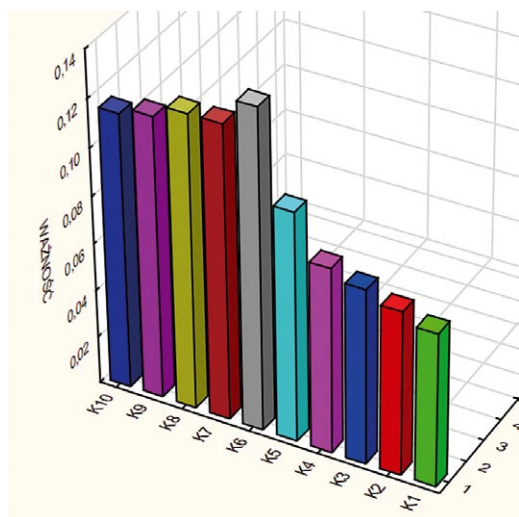
elementów łączących, które byłyby kompatybilne ze strukturą [12]. Wysoka cena dachówek fotowoltaicznych powoduje mniejsze od oczekiwanego zainteresowanie inwestorów. Rosnące ceny energii elektrycznej oraz świadomość dbałości o środowisko powoduje coraz większe zainteresowanie inwestorów alternatywnymi źródłami energii elektrycznej. Tradycyjne panele fotowoltaiczne wymagają wykonania konstrukcji nośnej (stelażu) wraz z utwierdzeniem. Rozwiązanie takie może być postrzegane jako zaburzenie stylistyki architektonicznej, szczególnie w odniesieniu do obiektów sakralnych, domów jednorodzinnych i obiektów użyteczności publicznej. Niezbędne jest poszukiwanie rozwiązań alternatywnych, spełniających postulaty zarówno energooszczędności i poprawności architektonicznej. Realizacja przedsięwzięcia instalacji fotowoltaicznych obejmuje nie tylko pierwotne wbudowanie, lecz również konieczność wykonywania napraw i remontów w okresie eksploatacji oraz demontażu i utylizacji. Jednym z podstawowych, a równocześnie najważniejszym pytaniem, jakie pojawia się przy próbie optymalizacji dowolnego rozwiązania jest ustalenie kryterium, według którego będzie dokonywane poszukiwanie i ocena optymalnego rozwiązania.

3. Analiza wielokryterialna

Analiza wielokryterialna (MCE, *Multi-Criteria Evaluation*) polega na wspomaganie procesu decyzyjnego w przypadku dysponowania kilkoma lub kilkunastoma kryteriami. Jej celem jest osiągnięcie jednego wspólnego rezultatu. Metodyka przeprowadzania analizy MCE opisana jest w [3]. Analiza MCE polega, w pierwszym etapie, na określeniu kryteriów oceny prowadzących do osiągnięcia zaplanowanego celu. Zanim kryteria te zostaną połączone i podjęta będzie decyzja, które obszary spełniają ustalone warunki, musi zostać przeprowadzony proces normalizacji (proces przeskalowania wartości poszczególnych kryteriów do określonego zakresu) [9]. Wykonano analizę porównawczą dwóch systemów fotowoltaicznych: tradycyjnego systemu fotowoltaicznego LG NeON® R oraz systemu dachówek fotowoltaicznych Sunroof. Zaproponowano następujące kryteria, mogące mieć wpływ na wybór systemu fotowoltaicznego: wiatroodporność, obciążenie śniegiem, wytrzymałość termiczną, możliwość zdalnego sterowania, uniwersalność rozwiązania, koszt instalacji, koszt użytkowania, gwarancję na elementy systemu, estetyczność i ekologiczność rozwiązania.

Tabela 1. Zestawienie charakterystyk systemów: System LG NeON® i System SunRoof (opracowanie własne na podstawie informacji uzyskanych od producentów)

	System LG NeON®	System SunRoof
Wygląd elementu		
Wiatroodporność	2400 Pa	2400 Pa
Obciążenie śniegiem	5400 Pa	5400 Pa
Wytrzymałość termiczna	od -40°C do +85°C	od -40°C do +110°C
Możliwość zdalnego sterowania	System jest możliwy, ale jego instalacja nie wchodzi w instalacje fotowoltaiki, jest tylko dodatkową opcją	Nowoczesna technologia pozwala na sterowanie możliwościami dachu, a także włączenie do systemu smart house
Uniwersalność rozwiązania	W zależności od warunków	Uniwersalny
Koszt instalacji	40 tys. zł w przybliżeniu	70 tys. zł w przybliżeniu
Gwarancja na elementy systemu	Gwarancja 15 lat, z możliwością przedłużenia na 25 lat	min. 12 lat na inwertery z możliwością odpłatnego przedłużenia do 25 lat: <ul style="list-style-type: none"> • 20 lat na panele fotowoltaiczne, • 30 lat wydajności liniowej do 80%, • 20 lat gwarancji na membranę dachową, • 25 lat na optymalizatory, • 40 lat gwarancji na poszycie uzupełniające (blacha na rąbek Ruukki), • 5 lat rękojmi budowlanej na szczelność poszycia.
Estetyczność	W zależności od warunków	Tak
Ekologiczność	Tak	Tak



Rys. 4. Otrzymane wyniki ważności kryteriów K1 do K10 w analizie MCE (opracowanie własne)

Miarą prawidłowości obliczeń (spójności porównań) jest wskaźnik *RI*, który powinien przyjmować wartość mniejszą niż 10%. *RI* w omawianym przypadku wynosi 9,68%, zatem należy przyjąć, że obliczenia są prawidłowe. W wyniku przeprowadzonych obliczeń otrzymano wyniki ważności kryteriów doboru rozwiązania systemowego. Wartości ważności poszczególnych kryteriów od K1 do K10 zobrazowano na rysunku 4.

4. Podsumowanie

Analiza wielokryterialna wykazała, że w przypadku oceniań zarówno klasycznych systemów fotowoltaicznych, jak i fotowoltaicznych dachówek kluczowym aspektem jest kryterium K6 – koszt instalacji (ważność 0,135). Kryteria od K1 do K5 (ważność od 0,060 do 0,078), czyli wiatroodporność, obciążenie śniegiem, wytrzymałość termiczna, możliwość zdalnego sterowania, uniwersalność rozwiązania są mniej ważne. Grupa kryteriów od K7 do K10 kosztu użytkowania, gwarancja na elementy systemu, estetyczność i ekologiczność przyjmuje wartości ważności od 0,11 do 0,12. Zatem kryteria K6, K7, K8, K9 i K10 powinny posłużyć do wyboru rozwiązania technologicznego. Ocenę analizowanych systemów przedstawiono w tabeli 3. Znak „+” oznacza wygraną, „-” przegraną w określonym kryterium. W przypadku posiadania przez systemy takich samych parametrów (kryterium K8) zastosowano w obu przypadkach znak „+”.

Tabela 3. Zestawienie oceny systemów LG NeON® i SunRoof w kryteriach oceny K6, K7, K8, K9 i K10 (opracowanie własne)

Lp.	Nazwa kryterium	System LG NeON®	System SunRoof
K6	Koszt instalacji (im niższy, tym lepiej)	+	-
K7	Koszt użytkowania	-	+
K8	Gwarancja na elementy systemu	+	+
K9	Estetyczność	-	+
K10	Ekologiczność	-	+

W kluczowym kryterium K6 cena instalacji wygrywa system LG NeON® z ceną prawie dwukrotnie niższą. Z punktu widzenia architekta system SunRoof wykazujący się wyższymi walorami estetycznymi i uniwersalnością zastosowań powinien być szeroko stosowany. Jednak decyzja należy do inwestora – ładny i drogi czy mniej ładny, ale tańszy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bać A., Laboratorium zrównoważenia modelowy budynek uniwersytecki w Vancouver. Laboratory of sustainability model university building in Vancouver, Architektus, 2013, 2(34), DOI: 10.5277/arc130206
- [2] Bolesta J., Zarzeczna J., Analiza rynku fotowoltaiki w Polsce, Instytut Energii Odnawialnej, sierpień 2015
- [3] Cabała P., Proces analitycznej hierarchizacji w ocenie wariantów rozwiązań projektowych, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Wydział Zarządzania, Quarterly Journal 1/2018
- [4] Chmieliński M., Analiza opłacalności mikroinstalacji fotowoltaicznej w Polsce w oparciu o produkcję energii elektrycznej na potrzeby własne, DOI: 10.15611/e21.2015.3.07, JEL Classification: D12
- [5] Gan G., Effect of air gap on the performance of building-integrated photovoltaics, CrossRef, Energy 2009, 34, 913–921
- [6] Gluchy D., Kurz D., Trzmiel G., wpływ wiatru i śniegu na instalacje fotowoltaiczne w Polsce, Poznan University Of Thechnology Academic Journals, Electrical Engineering 74, 2013
- [7] Graczyk A. M., Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w gospodarstwach domowych na dolnym Śląsku, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Research Papers of Wrocław University of Economics 453, 2016,, str. 195, ISSN 1899-3192
- [8] Budownictwo – wyniki działalności w 2016 r., GUS, Warszawa, 2017
- [9] Hejmanowska B., Hnat E., Wielokryterialna analiza lokalizacji zabudowy na przykładzie gminy podegrodzie, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, tom 20, 2009, str. 109–121, ISBN 978-83-61-576-10-5
- [10] Hu K., Li W., Wang L., Zhu F., Shou Z., Topology and control strategy of power optimisation for photovoltaic arrays and inverters during partial shading, IET Generation, Transmission & Distribution,, str. 62, ISSN 1751-8687
- [11] Igliński B., Badanie sektora energii odnawialnej w Polsce – potencjał techniczny, badania ankietowe, analiza SWOT, analiza PEST, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, 2019, ISBN 978-83-231-4310-9
- [12] Igliński B., Cichosz M., Kujawski W., Plaskacz-Dziuba M., Buczkowski R., Helioenergy in Poland – Current state, surveys and prospects, Renewable and Sustainable Energy Reviews 58, 2016, str. 862–870
- [13] Igliński B., Buczkowski R., Cichosz M., Ojczyk G., Plaskacz-Dziuba M., Piechota G., Technologie helioenergetyczne, Wydawnictwo UMK, Toruń, 2013
- [14] Kurz D., Nawrowski R., Thermal Time Constant of PV Roof Tiles Working
- [15] Urbańczyk M., Hajdas D., Instalacje fotowoltaiczne jako nowe wyzwanie dla straży pożarnej. Część I: budowa zasada działania systemów fotowoltaicznych, Zeszyty Naukowe SGSP 2020, 76/4/2020, DOI: 10.5604/01.3001.0014.4269 under Different Conditions, Applied Sciences, MDPI
- [16] Ustawa z 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii

Analiza wpływu metod intensyfikacji pracy na czas realizacji procesów budowlanych

Analysis of the impact of work intensification methods on the duration of construction processes

mgr inż. Łukasz Rzepecki (ORCID: 0000-0002-1444-9007), Politechnika Lubelska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2708

Streszczenie: W artykule rozważano problem doboru metod intensyfikacji pracy z uwzględnieniem ich kosztów i efektów w postaci skrócenia czasu trwania procesów budowlanych. Metody te obejmują: pracę w nadgodzinach, pracę w weekendy, pracę na dwie zmiany oraz zatrudnianie bardziej wydajnych brygad roboczych. Opracowano model matematyczny dla powtarzalnych procesów budowlanych, zapewniający minimalizację przerw w pracy brygad oraz redukcję czasu realizacji całego przedsięwzięcia. W celu weryfikacji poprawności modelu opracowane podejście zastosowano do wyznaczenia wariantów organizacyjnych (działań redukujących czas realizacji procesów) dla przykładowego przedsięwzięcia budowlanego.

Słowa kluczowe: harmonogramowanie powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych, ciągłość pracy brygad, metody intensyfikacji pracy, zarządzanie w budownictwie.

Abstract: The paper considers the problem of selecting methods of work acceleration, taking into account their costs and effects in terms of reducing the duration of construction processes. These methods include: working overtime, working on weekends, working in two shifts and employing more efficient work brigades. A mathematical model was developed for repetitive construction processes, ensuring minimization of interruptions in the crews' work and reduction of the time of the entire project. In order to verify the correctness of the model, the developed approach was used to determine organizational variants (activities that reduce process completion time) for a sample construction project.

Keywords: scheduling repetitive construction projects, work continuity of crews, work intensification methods, construction management.

1. Wprowadzenie

Powtarzalne przedsięwzięcia budowlane składają się z procesów wielokrotnie powtarzanych na identycznych lub podobnych obiektach lub ich częściach, zwanych działkami roboczymi. Przykładem takich inwestycji są m.in. budowa wielokondygnacyjnych budynków mieszkalnych, obiektów liniowych: dróg, tuneli, sieci instalacji zewnętrznych, i innych. Harmonogram powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych musi umożliwiać brygadam roboczym ukończenie pracy na każdej z przydzielonych im działek i szybkie przejście na kolejną działkę bez konieczności bezczynnego oczekiwania na zakończenie pracy na tej samej działce przez poprzednią brygadę. Ten wymóg dotyczący harmonogramu w powtarzalnych przedsięwzięciach budowlanych jest często opisywany jako warunek ciągłości pracy brygad, który ma na celu zminimalizowanie przerw w pracy [1]. Główne korzyści z minimalizacji przerw w pracy brygad to zmniejszenie kosztów przedsięwzięcia poprzez redukcję czasu przestoju brygad oraz poprawa produktywności budowy poprzez maksymalizację wykorzystania przez brygady efektu krzywej uczenia się [2].

2. Harmonogramowanie powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych

Jedną z metod wykorzystywanych do harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych jest Line-of-Balance (LOB). Metoda ta pozwala na zobrazowanie zależności i ograniczeń między procesami przedsięwzięcia, a także umożliwia modyfikowanie wydajności brygad w celu zapewnienia przepływu zasobów w najbardziej efektywny sposób. Wykres LOB przedstawia powtarzające się procesy jako pojedynczą linię na wykresie, a także związki pomiędzy kolejnymi procesami [3].

Rozwinięcie metody LOB zaproponowali Gouda, Hosny i Nassar [4] poprzez opracowanie algorytmu optymalizującego przydział brygad z zachowaniem ciągłości ich pracy. Poprawność działania nowej metody przedstawiono na przykładzie budowy odcinka sieci kanalizacyjnej.

Często stosowaną metodą harmonogramowania przedsięwzięć liniowych jest Linear Scheduling Method (LSM), która charakteryzuje się łatwością stosowania i możliwością kontrolowania postępu robót [5]. Harmelink i Rowings [6] udoskonallili metodę LSM, umożliwiając wyznaczenie i kontrolowanie ścieżki krytycznej przedsięwzięcia.

Inną metodą wspomagającą planowanie przedsięwzięć powtarzalnych jest opracowana przez Harrisa i Ioannou [7] Repetitive Scheduling Method (RSM). W metodzie tej zdefiniowano ciąg kontrolny, który ma takie samo znaczenie praktyczne jak ścieżka krytyczna w metodzie Critical Path Method (CPM). Jedną z podstawowych różnic jest to, że ciąg kontrolny w RMS może zawierać czynności niekrytyczne. Podstawowym problemem harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych jest minimalizacja czasu realizacji inwestycji. Niedotrzymanie terminów umownych przez wykonawcę robót budowlanych może wiązać się z nałożeniem kar przez inwestora, a także z groźbą utraty dotacji celowej lub funduszy unijnych. Z tego względu minimalizacja czasu realizacji przedsięwzięcia jest jednym z najczęściej podejmowanych zagadnień z zakresu wspomagania zarządzania powtarzalnymi przedsięwzięciami budowlanymi [8].

Wiele badań dotyczących minimalizacji czasu trwania powtarzalnych przedsięwzięć obejmuje zagadnienia związane z redukcją przerw w pracy. Aby zmaksymalizować korzyści wynikające z minimalizacji przerw w pracy brygad, opracowano szereg modeli do harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych, które mają na celu uwzględnienie i spełnienie wymogu ciągłości pracy załogi [9, 10]. Modele te można podzielić na dwie główne grupy. Pierwsza grupa została zaprojektowana tak, aby w pełni egzekwować ograniczenie ciągłości pracy brygad w celu wyeliminowania przerw. Prowadzi to jednak często do wydłużenia czasu trwania przedsięwzięcia.

Bakry, Moselhi i Zayed [11] opracowali model optymalizujący harmonogram pod względem czasu i kosztu w warunkach ryzyka. Aby zwiększyć prawdopodobieństwo dotrzymania terminu dyrektywnego zakończenia przedsięwzięcia, wprowadzili bufony czasu.

Garcia-Nieves, Ponz-Tienda i Salcedo-Bernal [12] zaproponowali podejście harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych uwzględniając ograniczone zasoby zapewniające ciągłość pracy. W przeprowadzonym badaniu uwzględniono różne tryby realizacji powtarzalnych procesów przez brygady robocze.

Liu i Wang [13] zaproponowali rozwiązanie problemu harmonogramowania powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych w postaci modelu liniowego, który minimalizuje czas realizacji przedsięwzięcia jednocześnie poprawiając ciągłość pracy brygad. Druga grupa modeli harmonogramowania, które zostały opracowane dla powtarzalnych przedsięwzięć budowlanych, ma na celu minimalizację czasu trwania przedsięwzięcia poprzez wprowadzenie odpowiednich przerw w pracy (buforów czasu) [14, 15]. Te jednak często wpływają na zwiększenie kosztów realizacji oraz efektu zapominania.

3. Metody intensyfikacji pracy

Krótkie terminy realizacji przedsięwzięć nakładane przez inwestorów, którzy chcą jak najszybciej czerpać korzyści z projektów,

a także ryzyko nałożenia kar umownych za niedotrzymanie terminu, często zmuszają generalnych wykonawców do kompensacji harmonogramów. W trakcie realizacji przedsięwzięcia często również dochodzi do rozbieżności pomiędzy planowanymi wartościami terminów a rzeczywistym ich wykonaniem. Jest to zjawisko powszechne i trudne do uniknięcia zwłaszcza w przypadku przedsięwzięć długoterminowych w których angażowanych jest wiele zasobów i środków finansowych [16, 17]. Powodem pojawienia się odstępstw od planu mogą być problemy kadrowe, zmienne warunki atmosferyczne czy brak odpowiednich rezerw finansowych. Innymi czynnikami, których pojawienie się może skutkować powstaniem różnic między planowanymi założeniami a faktyczną ich realizacją, są zmiany dostępności zasobów, nieterminowość dostaw materiałów oraz awaryjność maszyn i urządzeń potrzebnych do realizacji projektu [18].

Skrócenie cykli realizacji obiektów budowlanych wymaga podjęcia dodatkowych działań organizacyjnych, takich jak: zaangażowanie dodatkowych zasobów, praca w nadgodzinach, w weekendy, na dwie zmiany. Redukcja czasu realizacji przedsięwzięcia bardzo często skutkuje pojawieniem się dodatkowych kosztów bezpośrednich. Głównie wynikają one z wyższych stawek za nadgodziny, dodatkowych opłat dla podwykonawców za ekspresowe wykonanie robót czy zastosowania bardziej zaawansowanej technologii. Ponadto praca w nadgodzinach jest bardziej podatna na wypadki i problemy z jakością, które muszą być poprawione, więc koszty pośrednie również mogą wzrosnąć [19]. Dodatkowo w wyniku pojawiających się opóźnień wykonania prac, konieczne jest zaangażowanie dodatkowych środków finansowych, które umożliwią ich dokończenie. Najczęściej wiąże się to również z brakiem możliwości rozpoczęcia kolejnych robót.

Istnieje wiele technik, które można wykorzystać do skrócenia czasu trwania przedsięwzięcia przy zachowaniu jego zakresu. Bakry, Moselhi i Zayed [20] opracowali system komputerowy wspomagający redukcję czasu realizacji przedsięwzięć budowlanych. System ten dokonuje podziału procesów na mniejsze części i wskazuje fragmenty procesów, których skrócenie czasu realizacji przynieść może największy efekt. Do realizacji tych fragmentów można przydzielić dodatkowe zasoby lub zastosować jeden z następujących sposobów: nadgodziny pracownicze, pracę dwuzmianową, pracę w weekendy, zwiększenie liczby brygad.

Altuwaim i El-Rayes [21] opracowali model optymalizacji wielokryterialnej dla powtarzalnych projektów budowlanych. Wyniki oceny wydajności modelu potwierdziły, że zaproponowane podejście przewyższa istniejące modele w minimalizacji wykorzystania godzin nadliczbowych i generuje optymalne kompromisy pomiędzy czasem trwania projektu, przerwami w pracy brygad i wykorzystaniem godzin nadliczbowych.

W niniejszym artykule rozważany jest problem doboru optymalnych działań z uwzględnieniem ich kosztów i efektów w postaci skrócenia czasu realizacji budowy. Opracowano

model programowania liniowego dla powtarzalnego przedsięwzięcia budowlanego, zapewniający minimalizację przerw w pracy brygad. Dotychczas opracowane metody iteracyjne rozwiązania tego problemu, prezentowane w literaturze, nie gwarantują bowiem uzyskania wyników optymalnych.

4. Formalizacja matematyczna problemu

Zakres powtarzalnego przedsięwzięcia budowlanego oraz zależności kolejnościowe między realizowanymi procesami modelowane są za pomocą grafu $G = (V, E)$, sporządzonego techniką jednopunktową. W grafie tym $V = \{1, 2, \dots, n\}$ oznacza zbiór procesów, a $E \subset V \times V$ zbiorem relacji między procesami (typu rozpoczęcie po zakończeniu). Na każdej działce roboczej j ($j \in J, J = \{1, 2, \dots, m\}$), muszą zostać zrealizowane powtarzalne procesy $i \in V$. Do realizacji każdego procesu zorganizowano odrębną brygadę roboczą lub zestaw maszyn. Terminy rozpoczęcia realizacji procesów i na działkach j oznaczono jako $s_{i,j}$, natomiast terminy zakończenia jako $k_{i,j}$.

Dla każdego procesu i można określić zbiór W_i wariantów działań, których celem jest skrócenie realizacji przedsięwzięcia. Zbiory te obejmują również bazowe (ustalone pierwotnie) sposoby wykonania procesów. Wybór wariantów modelowano za pomocą zmiennej binarnej $x_{i,j,k}$. Zmienna $x_{i,j,k}$ przyjmuje wartość 1, jeżeli proces i , na działce j jest realizowany zgodnie z wariantem $w \in W_i$, a wartość 0 – w przeciwnym przypadku. Na podstawie danych o pracochłonności robót, wydajnościach brygad i maszyn, nakładach rzeczowych oraz cenach czynników produkcji, określono czas $t_{i,j,w}$ oraz koszt $c_{i,j,w}$ wykonania procesu i dla każdego wariantu w . Zależności między procesami o charakterze organizacyjnym, wynikające z ustalonej kolejności realizacji procesów przez poszczególne brygady, uwzględniono przy budowie grafu G . Termin dyrektywny zakończenia przedsięwzięcia wynosi T_d a maksymalny koszt realizacji K_m .

Dąży się do ustalenia terminów realizacji procesów oraz wariantów organizacji pracy brygad takich, aby łączny czas przerw w pracy brygad był minimalny:

$$\min z: z = \sum_{i=1}^m (K_{i,j}^{\max} - s_{i,j}^{\min} - \sum_{i \in V_j} t_{i,j}) \quad (1)$$

Terminy zakończenia realizacji procesów są obliczane następująco:

$$k_{i,j} = s_{i,j} + t_{i,j} \quad \forall i \in V \quad (2)$$

Czasy wykonania procesów oblicza się według następującej zależności:

$$t_{i,j} = \sum_{w \in W_i} t_{i,j,w} \cdot x_{i,j,w} \quad (3)$$

przy czym może być wybrany tylko jeden wariant organizacji pracy brygady:

$$\sum_{w \in W_i} x_{i,j,w} = 1 \quad (4)$$

Termin rozpoczęcia realizacji przedsięwzięcia (procesu nr 1 na działce nr 1) jest równy 0:

$$s_{1,1} = 0 \quad (5)$$

Terminy rozpoczęcia pozostałych procesów ustala się w sposób następujący:

$$\begin{aligned} k_{i,j} &\leq s_{i,j+1}, \quad \forall i \in V, \forall j \in J, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m-1 \\ s_{i+1,j} &= k_{i,j}, \quad \forall i \in V, \forall j \in J, i = 1, 2, \dots, n-1; j = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (6)$$

Czas realizacji przedsięwzięcia nie może przekroczyć wielkości zadeklarowanej w umowie, a koszty realizacji nie mogą przekroczyć ustalonego kosztu granicznego:

$$k_{n,m} \leq T_d \quad (7)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{w \in W_i} k_{i,j,w} \cdot x_{i,j,w} \leq K_m \quad (8)$$

Przykład

W przykładzie przeanalizowano wpływ metod intensyfikacji pracy na czas wykonania robót wykończeniowych w 5-kondygnacyjnym budynku mieszkalnym. Na każdej kondygnacji realizowanych jest kolejno 5 procesów budowlanych: murowanie ścian działowych z bloczków z betonu komórkowego na zaprawie cienkowarstwowej, wykonanie tynków gipsowych, wykonanie podłogi pod posadzki, malowanie ścian oraz ułożenie warstw posadzkowych (tab. 1). Założono, że ilość robót do wykonania na każdej kondygnacji jest jednakowa, a wydajność brygad roboczych jest uwarunkowana wydajnością maszyn (nie można jej modyfikować w sposób ciągły) co skutkuje zróżnicowaniem czasów wykonania kolejnych procesów budowlanych na tej samej działce roboczej.

Tabela 1. Czasy i koszty wykonania poszczególnych procesów na działce

Proces	Czas realizacji $t_{i,j,w}$ [tyg.]				Koszt realizacji $c_{i,j,w}$ [1000 PLN]			
	w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4
Ściany działowe (P1)	5	4	3	3	21	23	25	28
Tynkowanie (P2)	7	5	5	4	11	12	14	18
Podkłady betonowe (P3)	4	3	3	2	12	13	15	18
Malowanie (P4)	5	4	3	3	10	11	13	17
Warstwy posadzkowe (P5)	3	2	2	1	16	18	20	24

Wariant pierwszy (bazowy) przewiduje ośmiogodzinną pracę jednej zmiany przez 5 dni w tygodniu (rys. 1). W wariantcie drugim tydzień roboczy trwa 7 dni po 8 godzin. Organizacja pracy w wariantcie trzecim przewiduje pracę w nadgodzinach przez 5 dni w tygodniu. W wariantcie czwartym natomiast

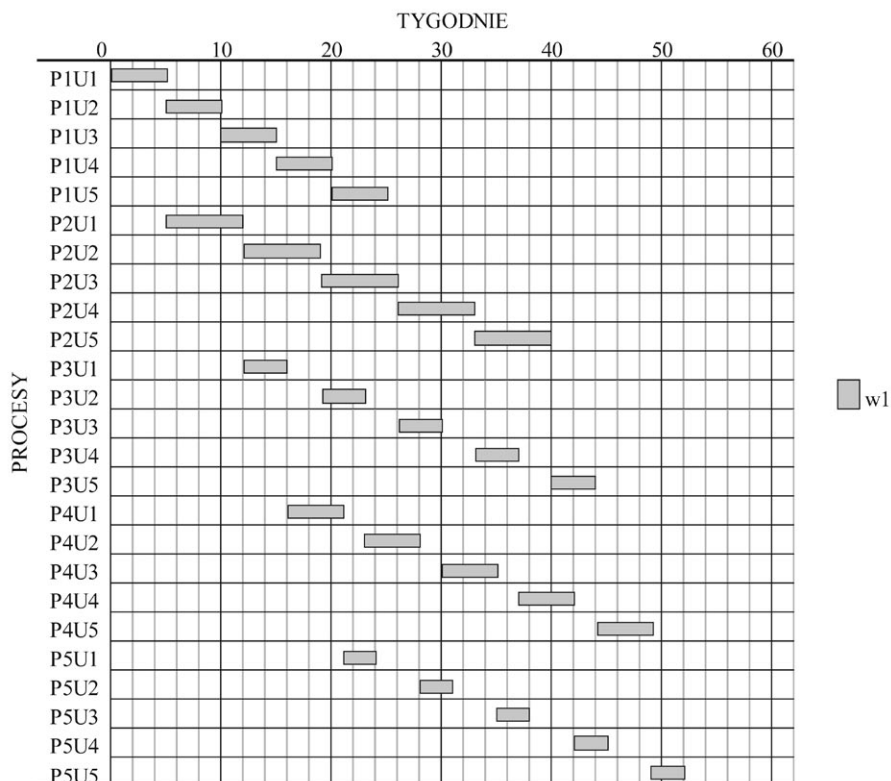
Rys. 1. Harmonogram realizacji przedsięwzięcia w wariacie bazowym

praca odbywa się na dwie zmiany. Model matematyczny problemu minimalizacji przestojów w pracy brygad rozwiązano za pomocą programu LPSolve (Open source Mixed-Integer Linear Programming system, version 5.5.2.0 of 8 August 2010, by Michel Berkelaar, Kjell Eikland, Peter Notebaert GNU LGPL). W rozwiązaniu optymalnym zredukowano łączny czas przerw w pracy brygad o 40 dni w stosunku do wariantu bazowego, przy jednoczesnym wzroście kosztów bezpośrednich robót o 35 tys. zł. Proces 1 powinien być realizowany przy zastosowaniu wariantu 1 na działkach 1, 2 i 4, a na pozostałych działkach – na wydłużonym tygodniu roboczym. Praca na działkach 2 i 4 w ramach procesu drugiego powinna odbywać się na dwie zmiany, a na pozostałych działkach zgodnie z wariantem 2. Proces 3 na działce 4 powinien być zrealizowany w systemie dwuzmianowym, natomiast na pozostałych działkach – zgodnie z wariantem bazowym. Praca na działkach 1 i 2 w ramach realizacji procesu 4 powinna przebiegać zgodnie z wariantem 2, na działkach 4 i 5 na wydłużonej zmianie roboczej, a na działce 2 w wariantcie bazowym. Proces 5 na wszystkich działkach powinien być zrealizowany zgodnie z wariantem 1. Optymalny harmonogram realizacji przedsięwzięcia przedstawiono na rysunku 2.

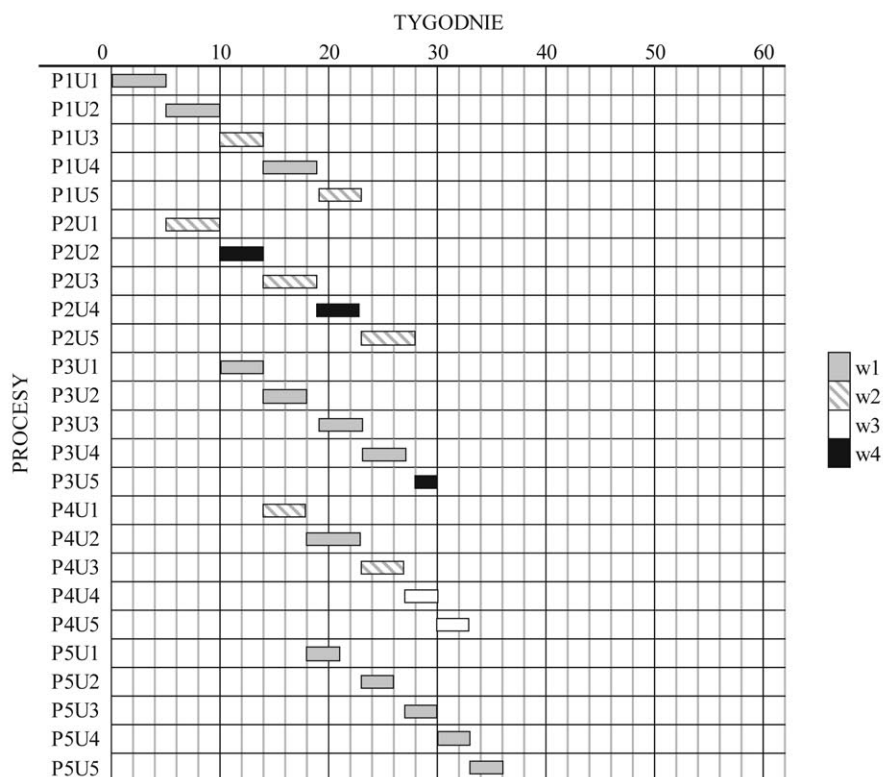
5. Podsumowanie

Czas, w jakim wykonawca musi zrealizować cały zakres zleconych robót budowlanych, a także koszt jaki w tym zakresie jest konieczny do poniesienia, są jednymi z wielu elementów zawieranej umowy. Zarówno inwestor, jak i wykonawca w wyniku opóźnienia terminu zakończenia

Rys. 2. Harmonogram realizacji przedsięwzięcia – rozwiązanie optymalne



realizacji przedsięwzięcia budowlanego nie osiągają założonych celów. Brak realizacji zakładanej części inwestycji budowlanej w planowanym czasie może mieć poważne skutki zarówno dla inwestora w postaci cofnięcia dotacji celowej lub unijnych funduszy, a także dla wykonawcy robót budowlanych poprzez nałożenie kary umownej.



Opracowany model matematyczny pozwolił na uzyskanie rozwiązania optymalnego wyboru wariantu organizacji pracy brygad, w którym zredukowano czas trwania przedsięwzięcia o 31%. Efekt ten uzyskano przy zmniejszeniu łącznego czasu przestoju brygad roboczych o około 91% i zwiększeniu kosztów bezpośrednich o około 10%.

Praca była finansowana w ramach dotacji „Subwencja na Naukę” (MEiN) projekt nr FD-20/IL-4/45.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Jaśkowski P., Biruk S., Minimizing the Duration of Repetitive Construction Processes with Work Continuity Constraints, *Computation* 14/2019
- [2] Biruk S., Rzepecki L., Scheduling Repetitive Construction Processes Using the Learning-Forgetting Theory, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471:112039/2019
- [3] Arditi D., Tokdemir O. B., Suh K., Challenges in line-of-balance scheduling, *Journal of Construction Engineering and Management* 128:6/2002
- [4] Gouda A., Hosny O., Nassar K., Optimal crew routing for linear repetitive projects using graph theory. *Automation in Construction* 81/2017
- [5] Chrzanowski E. N., Johnston D. W., Application of Linear Scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management* 112/1986
- [6] Harmelink D. J., Rowings J. E., Linear scheduling model: development of controlling activity path, *Journal of Construction Engineering and Management* 124/1998
- [7] Harris R. B., Ioannou P. G., Scheduling projects with repeating activities, *Journal of Construction Engineering and Management* 124/1998
- [8] Biruk S., Jaśkowski P., Scheduling Linear Construction Projects with Constraints on Resource Availability, *Archives of Civil Engineering* 63/2017
- [9] Altuwaim A., El-Rayes K., Optimizing the Scheduling of Repetitive Construction to Minimize Interruption Cost, *Journal of Construction Engineering and Management* 144/2018
- [10] Arabpour Roghabadi M., Moselhi O., Optimized crew selection for scheduling of repetitive projects, *Engineering, Construction and Architectural Management* 28/2020
- [11] Bakry I., Moselhi O., Zayed T., Optimized scheduling and buffering of repetitive construction projects under uncertainty. *Engineering, Construction and Architectural Management* 23/2016
- [12] García-Nieves J. D., Ponz-Tienda J. L., Salcedo-Bernal A., Pellicer E., The Multimode Resource-Constrained Project Scheduling Problem for Repetitive Activities in Construction Projects, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 33/2018
- [13] Liu S. S., Wang C. J., Optimizing linear project scheduling with multi-skilled crews, *Automation in Construction* 24/2012
- [14] Altuwaim A., El-Rayes K., Minimizing duration and crew work interruptions of repetitive construction projects, *Automation in Construction* 88/2018
- [15] Agrama F. A., Multi-objective genetic optimization for scheduling a multi-storey building. *Automation in Construction* 44/2014
- [16] Sroka B., Rosłon J., Podolski M., Bożejko W., Burduk A., Wodecki M., Profit optimization for multi-mode repetitive construction project with cash flows using metaheuristics, *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 21:67/2021
- [17] Hoła B., Identification and evaluation of processes in a construction enterprise, *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 15/2015
- [18] Radziszewska-Zielina E., Sroka B., Planning repetitive construction projects considering technological constraints, *Open Engineering* 8/2018
- [19] Plebankiewicz E., Leśniak A., Karcińska P., Assumptions of a planned number of man-hours verification model for construction works, *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences* 27/2018
- [20] Bakry I., Moselhi O., Zayed T., Optimized acceleration of repetitive construction projects. *Automation in Construction* 39/2014
- [21] Altuwaim A., El-Rayes K., Multiobjective Optimization Model for Planning Repetitive Construction Projects, *Journal of Construction Engineering and Management* 147:7/2021



VI Forum Budowlane Budownictwo Zrównoważone

PŁOCK 30 CZERWCA - 1 LIPCA 2023 R.



**Politechnika
Warszawska**
FILIA W PŁOCKU

Instytut Budownictwa Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej Filii w Płocku wraz z Mazowiecką Okręgową Izbą Inżynierów Budownictwa zaprasza w dniach 30 czerwca i 1 lipca 2023 r. na

VI FORUM BUDOWLANE „Budownictwo Zrównoważone”.

W ramach przedsięwzięcia zorganizowane zostaną:

1. Konferencja naukowo-techniczna: „Wyzwania współczesnego budownictwa”
 - Społeczne aspekty budownictwa zrównoważonego
 - Efektywność energetyczna w budownictwie
 - Ochrona środowiska przyrodniczego a budownictwo
 - Budownictwo energooszczędne
 - Budownictwo a zmiany klimatu
 - IoT (ang. Internet of Things) – “Internet rzeczy” w budownictwie
 - SmartCITY (Miasto Inteligentne) – wyzwanie czy konieczność?
 - Materiały recyklingowe w budownictwie
2. Konferencja: „Efektywność procesów inwestycyjno-budowlanych”
3. Regaty Żeglarskie o Puchar Przewodniczącego MOIIB
4. Wydarzenia integracyjno-promocyjne
 - Wystawa osiągnięć i wyrobów dla budownictwa
 - Wystawa motoryzacyjna „Gwiazdy budownictwa”
 - Wieczorne spotkanie integracyjne

Do udziału w wydarzeniu zapraszamy inżynierów budownictwa, studentów i pracowników naukowych uczelni, firmy funkcjonujące w sektorze budownictwa i inżynierii środowiska oraz innych zainteresowanych tematyką.

Kontakt: Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa Mechaniki i Petrochemii
ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock, tel. 607 501 351, e-mail: forum.budowlane@pw.edu.pl, www.fb2023.pw.plock.pl

Planowanie zatrudnienia w przedsiębiorstwie budowlanym do realizacji kontraktów budowlanych

Employment planning in a construction company for the implementation of construction contracts

dr hab. inż. Piotr Jaśkowski, prof. uczelni (ORCID: 0000-0003-1661-3373), dr hab. inż. Sławomir Biruk, prof. uczelni (ORCID: 0000-0003-4392-8426), Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2709

Streszczenie: Podstawą opracowania planów zapotrzebowania na siłę roboczą w przedsiębiorstwie budowlanym jest plan produkcyjny, obejmujący przewidywany do realizacji portfel zleceń. Planowanie przebiegu realizacji zleceń z wykorzystaniem metod harmonogramowania pozwalających na analizę przebiegu realizacji procesów pod względem czasu i wykorzystania zasobów pozwala na ocenę wpływu wielkości zatrudnienia na terminowość realizacji poszczególnych przedsięwzięć. W artykule przedstawiono model matematyczny problemu harmonogramowania przedsięwzięcia z ustalonym terminem dyrektywnym (zilustrowany przykładem), obejmującego procesy powtarzalne, pozwalający na określenie racjonalnego poziomu zatrudnienia brygad roboczych.

Słowa kluczowe: zasoby ludzkie, przedsięwzięcie budowlane, harmonogramowanie przedsięwzięć, zapotrzebowanie na zasoby ludzkie.

Abstract: The basis for the development of labor demand plans in a construction company is the production plan, including the expected portfolio of orders. Planning the course of order execution with the use of scheduling methods that allow for the analysis of the course of the execution of processes in terms of time and resource use allows for the assessment of the impact of the number of employees on the timeliness of the implementation of individual projects. The article presents a mathematical model of the problem of scheduling a project with a fixed directive deadline (illustrated by an example), involving repetitive processes, allowing to determine a rational level of employment of work brigades.

Keywords: human resources, construction project, project scheduling, demand for human resources.

1. Wprowadzenie

Zasoby ludzkie są traktowane jako kluczowy czynnik sukcesu i konkurencyjności. Kompetentna i odpowiednio zmotywowana kadra, zaangażowana w realizację celów przedsiębiorstwa, jest niezbędna do właściwego przygotowania produkcji budowlanej oraz jakościowo dobrego wykonania robót budowlanych, efektywnie pod względem ekonomicznym, w założonych terminach wynikających z zawartych kontraktów. Znajomość realizowanych i zakontraktowanych robót stanowi podstawę tworzenia planów zatrudnienia siły roboczej, a następnie personelu działów obsługi produkcji (administracja, finanse, przygotowanie produkcji). Istotne jest zatem rozwijanie metod wspomagających określenie racjonalnego poziomu zatrudnienia w przedsiębiorstwie, gwarantującego realizację poszczególnych przedsięwzięć budowlanych w terminach umownych.

2. Metody planowania zatrudnienia

Każde przedsiębiorstwo powinno poszukiwać możliwości zapewnienia sobie perspektyw rozwoju i przewagi konkurencyjnej

poprzez efektywne zarządzanie zasobami ludzkimi. Zarządzanie zasobami ludzkimi należy rozumieć jako wszechstronne działania związane z kierowaniem i rozwojem zasobów ludzkich w ramach struktury organizacji [1]. Należy zaznaczyć, że ludzie nie są zasobem, lecz dysponują zasobem niezbędnym do realizacji zadań, czyli ogółem cech i właściwości (wiedza, kwalifikacje, zdolności, umiejętności, motywacja). Zarządzanie zasobami ludzkimi w przedsiębiorstwie budowlanym jest ciągłym procesem, który obejmuje następujące etapy:

- określenie strategii personalnej – celów w tej dziedzinie, sposobów ich osiągnięcia, oraz polityki pozyskiwania, rozwoju i sterowania kadrami,
- planowanie zatrudnienia – przewidywanie potrzeb w zakresie zapotrzebowania na zasoby ludzkie,
- rekrutowanie i utrzymywanie zasobów ludzkich o odpowiednich kwalifikacjach zawodowych,
- zwalnianie pracowników.

Określanie zapotrzebowania na zasoby ludzkie, wynikające z potrzeb produkcji, jest zatem istotnym elementem zarządzania

kadrami. W przypadku gdy stan zatrudnienia jest zbyt mały, może to prowadzić do utraty potencjalnych klientów oraz braku możliwości pozyskiwania nowych (często bardziej intrygujących) zleceń i przyczyniać się do opóźnień w realizacji rozpoczętych kontraktów. Nadmierne zatrudnienie, ze względu na niewystarczające wykorzystanie siły roboczej, prowadzi do nadmiernych kosztów produkcji budowlanej.

Planowanie zatrudnienia obejmuje analizę istniejących stanowisk pracy oraz prognozowanie popytu na pracę i podaży pracowników o odpowiednich kwalifikacjach. Należy zaznaczyć, że musi ono uwzględniać nie tylko planowane zamierzenia przedsiębiorstwa, ale także zmiany w podaży i strukturze kwalifikacyjnej zasobów ludzkich na rynku pracy. Planowanie zatrudnienia jest punktem wyjścia do pozyskiwania zasobów ludzkich. W ramach działań wyrównujących podaż z zapotrzebowaniem na zasoby ludzkie, oprócz klasycznej rekrutacji nowych pracowników konieczne jest planowanie rozwoju kariery i podnoszenia kwalifikacji zatrudnionych pracowników. Planowanie zatrudnienia ma na celu dostosowanie liczby pracowników o odpowiednich kwalifikacjach do wymagań planu produkcyjnego, co zapewnia terminową realizację zleceń przy jednoczesnej redukcji kosztów zatrudnienia. Przy ocenie popytu na zasoby ludzkie stosuje się różne techniki analiz ilościowych potrzeb personalnych, polegające głównie na badaniu i szacowaniu liczby pracowników i ich kwalifikacji potrzebnych do realizacji planu produkcyjnego.

Najczęściej stosowane techniki analizy ilościowej to [1, 2]:

- ocena kierowników lub ekspertów – ocena potrzeb personalnych polega na oszacowaniu przez menedżerów kierujących zespołami niezbędnej liczby i kwalifikacji pracowników. Modyfikacją tej techniki jest metoda delficka polegająca na zbieraniu opinii grupy ekspertów;
- benchmarking – określenie zapotrzebowania na zasoby ludzkie na podstawie informacji dotyczących zatrudnienia w przedsiębiorstwach będących liderami w branży;
- szacowanie trendów pracy – opiera się na danych historycznych;
- badanie i normowanie pracy – polega na analizie zadań i niezbędnych do ich realizacji zasobów ludzkich. Wyniki normowania pracy są często wykorzystywane w innych metodach;
- modelowanie procesu pracy – polega na użyciu technik ekonometrycznych: badań operacyjnych, statystyki i symulacji do konstrukcji modeli zapotrzebowania na zasoby ludzkie i szacunkowej oceny (estymacji) na podstawie ekonometrycznych i statystycznych danych;
- metoda wskaźnikowa – wykorzystuje się różnego rodzaju wskaźniki do planowania wielkości czy struktury zatrudnienia, często określane na podstawie danych statystycznych, np. określające liczbę robotników produkcyjnych przypadających na jednostkę przerobu.

W artykule zastosowano metodę bazującą na modelowaniu przedsięwzięcia budowlanego oraz przepływu zasobów do realizacji zadań. Podejście to umożliwia nie tylko

określenie zapotrzebowania wynikającego z harmonogramu, lecz pozwala również na określenie optymalnego poziomu zatrudnienia ze względu na różne kryteria istotne dla zarządzającego przedsiębiorstwem budowlanym. Celem kadry zarządzającej przedsiębiorstwem budowlanym jest przede wszystkim zapewnienie maksymalnego wykorzystania zasobów własnych, ale w warunkach rynkowych jest bardzo trudno zachować równowagę między zdolnością produkcyjną przedsiębiorstwa a realizowanym zbiorem zleceń [3]. Równowaga ta może być osiągnięta np. poprzez właściwą strategię przetargową w celu pozyskiwania odpowiedniej liczby zleceń [4] lub zatrudnianie podwykonawców.

Efektywność działalności przedsiębiorstw budowlanych można zwiększyć poprzez: eliminację przestoju w pracy zasobów, dostosowanie liczby zasobów do wielkości frontów roboczych i harmonizację w obrębie przedsięwzięcia jak i z perspektywy przedsiębiorstwa.

3. Przegląd modeli wspomagających planowanie zatrudnienia

Struktura zatrudnienia (zwłaszcza pod względem ilości i kwalifikacji kadry) nie jest jednolita we wszystkich przedsiębiorstwach budowlanych. Zależy ona od wielkości przedsiębiorstwa, jego specjalizacji, zasięgu terytorialnego, stopnia uprzemysłowienia i mechanizacji robót. Właściwe planowanie zatrudnienia zasobów ludzkich w budownictwie ułatwia późniejszą alokację zasobów do wykonania zadań i harmonogramowanie realizacji przedsięwzięcia, dostarcza danych niezbędnych przy rekrutacji i zatrudnianiu pracowników oraz przyczynia się do efektywnego wykorzystania kadry [5, 6]. W budownictwie rzadko występuje równowaga pomiędzy zapotrzebowaniem na pracowników a ich podażą. Zapotrzebowanie na siłę roboczą w budownictwie ma charakter cykliczny i losowy, co może powodować braki w zatrudnieniu lub nadwyżkę pracowników [7]. Niedostateczna liczba pracowników może powodować niepodejmowanie nowych zleceń [5], wydłużenie czasu realizacji przedsięwzięć i co się z tym wiąże – konieczność zapłaty kar umownych, a nawet utratę klientów. Brak wykwalifikowanych pracowników może powodować konieczność zatrudniania pracowników o niższych kwalifikacjach, co może powodować obniżenie jakości robót, konieczność pracy w nadgodzinach w celu terminowej realizacji procesów budowlanych oraz zwiększeniem wynagrodzenia pracowników w celu ich zatrzymania [7]. Nadmiar personelu powoduje dodatkowe koszty i ostatecznie prowadzi do zmniejszenia konkurencyjności oferty przedsiębiorstwa budowlanego.

Modele prognozowania zapotrzebowania zatrudnienia pozwalają na bilansowanie popytu i podaży siły roboczej. Modele te są tworzone najczęściej na poziomie całej branży i zagregowanym (bez wyróżnienia poszczególnych specjalności zawodowych) [8, 9] oraz na poziomie poszczególnych przedsięwzięć budowlanych [10, 11, 12].

Modele tworzone na poziomie branży mogą być pomocne w prognozowaniu trendów zapotrzebowania na siłę roboczą oraz formułowania polityki kształcenia zawodowego, programów szkoleniowych i przekwalifikowujących jako reakcję na zmiany w popycie na usługi budowlane i zmiany demograficzne [13]. Najczęściej są to modele statystyczne.

W artykule [14] zaprezentowano model symulacyjny planu produkcyjnego przedsiębiorstwa budowlanego. Umożliwia on analizę wpływu poziomu dostępności brygad roboczych na czas realizacji i opóźnienia terminów rozpoczynania oraz zakończenia poszczególnych przedsięwzięć budowlanych, stanowiących jego prognozowany portfel zleceń. Analiza wyników prowadzonych badań symulacyjnych dała możliwość ustalania wielkości zatrudnienia pracowników różnych specjalności zawodowych, zapewniającego terminową realizację zleceń i jednocześnie zapewnienie wysokiego stopnia wykorzystania zasobów. Na etapie planowania strategicznego informacje te są niezbędne do dostosowania potencjału wykonawczego przedsiębiorstwa (poziomu zatrudnienia, liczby brygad roboczych) do przewidywanego w warunkach rynkowych zbioru zleceń.

Na poziomie poszczególnych przedsięwzięć najczęściej były modelowane proste zależności pomiędzy zapotrzebowaniem na siłę roboczą a kosztami budowy. Szacowanie zapotrzebowanie na robotników poszczególnych zawodów jest zazwyczaj pomijane [13]. Wyjątkiem są tu badania Bella i Brandenbura [10]. Opracowali oni model regresyjny określania wielkości zatrudnienia robotników poszczególnych specjalności zawodowych w funkcji kosztu robocizny na podstawie analizy danych z realizacji 130 przedsięwzięć drogowych. W publikacji [11] zaprezentowano model bazujący na wskaźnikach obliczonych na podstawie zależności pomiędzy poziomem zatrudnienia o ponoszonymi wydatkami w określonych fazach realizacji przedsięwzięcia. Model został opracowany na podstawie danych z 61 przedsięwzięć realizowanych w Hong Kongu i pozwala na wyznaczenie zapotrzebowania na 38 specjalności zawodowych. W pracy [12] opracowano model regresyjny prognozowania zatrudnienia czterech kategorii pracowników (kadry inżynierskiej, konsultantów, pracowników obsługi administracyjnej i robotników budowlanych). Według danych czynnikiem mającym największy wpływ na poziom zatrudnienia jest koszt realizacji przedsięwzięcia. Model zaprezentowany w [13] pozwala prognozować zapotrzebowanie na 10 grup zawodowych na podstawie (oprócz kosztu realizacji przedsięwzięcia) złożoności obiektu, warunków placu budowy i typu przedsięwzięcia. Opisane modele pozwalają na prognozowanie zapotrzebowania na siłę roboczą do realizacji określonych typów przedsięwzięć, np. przedsięwzięcia drogowe lub biurowce, jedynie na wybrane specjalności zawodowe i nie obejmują zmian technologii budowy [12]. Były one tworzone na podstawie zbioru danych obejmujących jedynie przedsięwzięcia o podobnym charakterze. Modele opisane w literaturze mają zastosowanie do rynków lokalnych,

z których pochodzą dane o zrealizowanych projektach budowlanych [11].

4. Model wspomagający planowanie zatrudnienia brygad roboczych do realizacji powtarzalnych procesów

Efektywność działalności przedsiębiorstw budowlanych można zwiększyć poprzez dostosowanie liczby zasobów do przewidywanego programu produkcji i harmonizację pracy brygad w obrębie poszczególnych przedsięwzięć.

Realizacja wielu przedsięwzięć budowlanych obejmuje wykonanie procesów wielokrotnie powtarzanych na częściach obiektów (lub całych obiektach) – zwanych działkami roboczymi – w określonym porządku technologicznym [15–17]. Procesy są powierzane do wykonania brygom roboczym, odpowiednio specjalizowanym lub realizującym roboty danej branży. Najwyższy stopień harmonizacji może być uzyskany przy projektowaniu realizacji procesów wielokrotnie powtarzanych na działkach o identycznej wielkości. W praktyce względy konstrukcyjne narzucają podział realizowanych obiektów na części różniące się pracochłonnością robót, wymiarami elementów konstrukcyjnych czy zakresem robót. Ze względu na znaczące różnice pracochłonności bądź uwarunkowania techniczne oraz niezmiennie składy już zatrudnionych brygad czasy wykonania poszczególnych procesów na działkach mogą znacznie różnić się, co utrudnia harmonizację pracy brygad i zachowanie stałego rytmu pracy. Źródłem różnorodności i różnic w wydajnościach poszczególnych jednostek organizacyjnych (brygad, maszyn, zestawów maszyn) jest brak możliwości ciągłej (niedyskretnej) modyfikacji ich składu (możliwość jedynie zmiany liczby zatrudnionych zespołów roboczych). W efekcie może prowadzić to do trudności w harmonizacji pracy brygad przy ustalonych dyrektywnie terminach zakończenia realizacji przedsięwzięć bądź do wydłużania czasu ich realizacji [18]. W takim przypadku lepsze efekty organizacyjne można uzyskać zapewniając równoczesną pracę kilku brygad jednego rodzaju, lecz na innych działkach roboczych (w celu zapewnienia dla nich odrębnych frontów robót).

Rozważane zagadnienie planowania zatrudnienia będzie modelowane jako problem harmonogramowania realizacji przedsięwzięcia obejmujący, oprócz zagadnienia ustalania terminów realizacji poszczególnych procesów na wyróżnionych działkach roboczych przy ustalonym, nieprzekraczalnym terminie dyrektywnym T zakończenia kontraktu, również dobór brygad roboczych.

Realizacja przedsięwzięcia wymaga wykonania zbioru procesów $I = \{1, 2, \dots, m\}$ przebiegających kolejno, w ustalonym porządku technologicznym, na n działkach roboczych, ze zbioru J . Terminy rozpoczynania procesów na działkach oznaczymy jako $s_{i,j}$.

Do realizacji każdego procesu $i \in I$ jest określony zbiór B_i

dostępnych brygad roboczych (często różniących się składem oraz wydajnością pracy). Brygada $b \in B_i$ będzie realizować proces $i \in I$ na działce j w czasie $t_{i,j,b}$. Decyzje o wyborze brygad do realizacji procesów są modelowane za pomocą zmiennych binarnych $x_{i,j,b} \in \{0, 1\}$. Zmienna $x_{i,j,b}$ przyjmie wartość 1, gdy proces i na działce j będzie realizowany przez brygadę $b \in B_i$, a wartość 0 w przeciwnym przypadku. W celu modelowania preferencji kadry menadżerskiej co do wyboru poszczególnych brygad proponuje się dla każdej brygady przypisanie wagi w_b , którą można interpretować jako koszt stały związany z jej zorganizowaniem (np. pozyskaniem pracowników, instruktażem, wyposażeniem itd.). Pozwoli to również na możliwość modelowania decyzji o zatrudnieniu brygad podwykonawców, poprzez przypisanie im większych kosztów zatrudnienia. Zatrudnienie danej brygady będzie modelowane za pomocą zmiennej binarnej z_b , która przyjmie wartość 1, w przypadku zatrudnienia brygady b do realizacji procesu na co najmniej jednej działce roboczej (wartość 0 w przeciwnym przypadku).

Brygady nie mogą realizować procesu jednocześnie na kilku działkach roboczych. W przypadku gdy do realizacji procesu i na działce u oraz v , gdzie $u < v$, zostanie przydzielona ta sama brygada b ($x_{i,u,b} = 1 \wedge x_{i,v,b} = 1$), należy ustalić terminy jego realizacji na tych działkach tak, aby praca na jednej działce była rozpoczynana po zakończeniu pracy na drugiej działce roboczej. Kolejność realizacji procesu i na tych działkach będzie modelowana za pomocą zmiennej binarnej $y_{i,u,v} \in \{0, 1\}$ ($y_{i,u,u} = 0$). Zmienna $y_{i,u,v}$ przyjmie wartość 1, jeżeli proces i będzie zrealizowany najpierw na działce u , a następnie na działce v , lecz niekoniecznie bezpośrednio. Przypisanie konkretnych wartości zmiennym $y_{i,u,v}$ umożliwi również zachowanie wymaganej kolejności zajmowania działek roboczych, gdy jest to spowodowane względami konstrukcyjnymi, technologicznymi lub organizacyjnymi.

Model matematyczny zagadnienia doboru brygad i ustalania terminów realizacji procesów przyjmuje następującą postać:

$$\min K: K = \sum_{i \in I} \sum_{b \in B_i} w_b \cdot z_b \quad (1)$$

$$d_{i,j} = \sum_{b \in B_i} t_{i,j,b} \cdot x_{i,j,b} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{b \in B_i} x_{i,j,b} = 1, \quad \forall i \in I, j \in J \quad (3)$$

$$s_{i,j} + d_{i,j} \leq s_{i+1,j} \quad \forall i \in I \setminus \{m\}, j \in J \quad (4)$$

$$s_{i,u} + d_{i,u} \leq s_{i,v} + M \cdot (1 - y_{i,u,v}) + M \cdot (2 - x_{i,u,b} - x_{i,v,b}) \quad (5)$$

$$\forall i \in I, \forall b \in B_i, \forall u \in J, \forall v \in J, u < v$$

$$s_{i,v} + d_{i,v} \leq s_{i,u} + M \cdot y_{i,u,v} + M \cdot (2 - x_{i,u,b} - x_{i,v,b}) \quad (6)$$

$$\forall i \in I, \forall b \in B_i, \forall u \in J, \forall v \in J, u < v$$

$$s_{m,j} + d_{m,j} \leq T, \quad \forall j \in J \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} x_{i,j,b} \leq M \cdot z_b, \quad \forall i \in I, \forall b \in B_i \quad (8)$$

$$s_{i,j} \geq 0, \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (9)$$

$$x_{i,j,b} \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall b \in B_i \quad (10)$$

$$y_{i,u,v} \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in I, \forall u \in J, \forall v \in J, u < v \quad (11)$$

gdzie:

M – dostatecznie duża liczba.

Funkcja celu (1) umożliwi minimalizację łącznych kosztów stałych zatrudnienia brygad, ale również liczbę brygad przydzieloną do realizacji kolejnych procesów. Czas realizacji $d_{i,j}$ każdego procesu na działce wynika z dokonanego przydziału brygady do jego wykonania (zależność 2), przy czym na danej działce może go wykonywać tylko jedna brygada (równanie 3). Spełnienie ograniczenia (4) pozwala na zachowanie kolejności technologicznej procesów na działkach roboczych, natomiast (5) i (6) – uniemożliwia równoczesną pracę tej samej brygady na dwóch frontach robót. Przedsięwzięcie musi zakończyć się przed terminem dyrektywnym (nierówność 7). Ponadto muszą być spełnione warunki brzegowe (9)–(11).

Nierówność liniowa (8) modeluje następującą implikację: jeżeli brygada b realizuje proces i na co najmniej jednej działce roboczej, to zmienna z_b przyjmuje wartość 1 (i wartość 0 w przeciwnym przypadku).

Zapis modelu matematycznego za pomocą zależności liniowych pozwala na zastosowanie do jego rozwiązania dostępnych powszechnie na rynku solverów np. Lingo, GAMS, Lp_Solve itd.

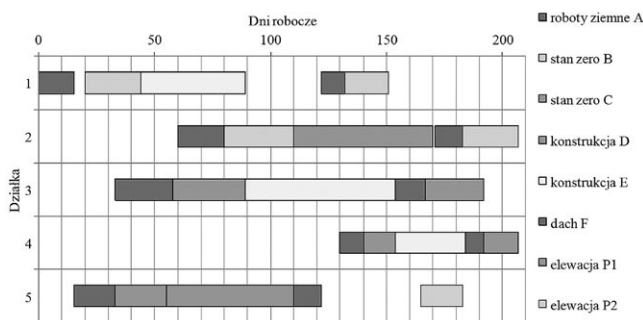
Przykład

Dane o czasach realizacji poszczególnych procesów na działkach roboczych (5 obiektach) przykładowego przedsięwzięcia budowlanego zestawiono w tabeli 1. Uwzględniono w przypadku robót konstrukcyjnych (stan surowy) oraz fundamentów i stanu zerowego możliwość zatrudnienia po dwie brygady robocze. Podobnie w przypadku robót elewacyjnych analizowana jest możliwość równoczesnej pracy dwóch podwykonawców. Wagi przypisane poszczególnym brygadam, które mogą pracować równolegle, realizując ten sam proces, podano również w tabeli 1.

Model matematyczny dla danych z przykładu rozwiązano z wykorzystaniem programu Lingo 14.0. Najkrótszy czas realizacji przedsięwzięcia (207 dni) uzyskano przy zatrudnieniu wszystkich 8 brygad wyszczególnionych w tabeli 1. Brygada B będzie zatrudniona do realizacji robót stanu zero na obiekcie 1 i 2, brygada C – na obiektach 3, 4 i 5. Konstrukcję obiektów 2 i 5 będzie wykonywać brygada D, a pozostałych brygada E. Podwykonawca P1 wykona elewację budynków 3 i 4, podwykonawca P2 budynków 1, 2 i 5. Harmonogram realizacji procesów dla najwcześniejszych

Tabela 1. Czasy realizacji procesów oraz wagi dla brygad roboczych

Lp.	Proces	Oznaczenie brygady	Czas realizacji procesu na działce roboczej [zm]:					Waga dla brygady
			1	2	3	4	5	
1	Roboty ziemne	A	15	20	25	10	18	—
2	Stan zero	B	24	30	35	15	25	1
		C	22	28	31	14	22	2
3	Konstrukcja obiektu	D	50	60	70	35	55	1
		E	45	55	65	30	50	2
4	Dach	F	10	12	13	8	12	—
5	Elewacja	P1	20	25	25	15	20	1
		P2	19	24	23	14	18	1

**Rys. 1.** Harmonogram realizacji przedsięwzięcia (przykład)

terminów ich rozpoczynania dla tego rozwiązania przedstawiono na rysunku 1. Istnieje możliwość redukcji przestoju w pracy brygad poprzez zmianę terminów realizacji procesów na działkach roboczych (w ramach zapasów czasu). Minimalną wartość funkcji celu (1) uzyskano przy dyrektywnym czasie realizacji przedsięwzięcia wynoszącym 324 dni i zatrudnieniu brygad, którym przypisano wagi równe 1. Zatrudnienie dodatkowych brygad roboczych do równoległej realizacji najbardziej pracochłonnych procesów umożliwiło w przykładzie redukcję czasu realizacji kontraktu o ponad 30% (117 dni).

5. Podsumowanie

Powszechnie w budownictwie zatrudniane są brygady o stałej liczebności i określonej wydajności. Z tego względu trudno jest zapewnić pełną synchronizację ich pracy. Różnice w czasach wykonywania kolejnych procesów, zwykle na działkach roboczych różnej wielkości, w praktyce są niwelowane poprzez zatrudnianie kilku równocześnie pracujących brygad, lecz na innych częściach obiektów. W artykule podjęto zatem problem harmonogramowania procesów powtarzalnych, w celu dotrzymania terminu dyrektywnego, zakładając różną pracochłonność robót na poszczególnych działkach roboczych, brak możliwości modyfikacji składów brygad roboczych, możliwość równoległej pracy brygad tej samej specjalności lub branży.

Przedsiębiorstwo musi dążyć, aby osiągać cele sformułowane dla poszczególnych przedsięwzięć (zleceń), mierzone

w aspekcie czasu, kosztu i jakości. Najłatwiej jest cele te osiągnąć, wykorzystując zasoby własne przedsiębiorstwa i ewentualnie sprawdzonych podwykonawców. Pozyskiwanie zasobów na rynku jest utrudnione i obciążone ryzykiem braku terminowości realizacji robót i ich złej jakości. Stąd też wykonawca powinien starać się zapewnić sobie taki poziom zatrudnienia pracowników i posiadanego sprzętu oraz wyposażenia, który umożliwi sprawną realizację robót, a podzlecenie robót i pozyskiwanie pracowników sezonowych ograniczyć do prac specjalistycznych. Musi on zapewniać przede wszystkim najwyższy stopień wykorzystania zasobów własnych przedsiębiorstwa i terminową realizację zleceń przedsiębiorstwa.

Badania były sfinansowane w ramach grantów i funduszy: FN-06, FN-10, FD-20/IL-4/005, FD-20/IL-4/026.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Armstrong M., Taylor S., Zarządzanie zasobami ludzkimi, Wolters Kluwer Polska, 2016
- [2] Gajda J., Planowanie kadr dla sprawnego funkcjonowania organizacji, Trends in Education 6(1)2013
- [3] Shi J. J., Halpin D.W., Enterprise resource planning for construction business management, Journal of Construction Engineering and Management 129(2)2003
- [4] Biruk S., Jaśkowski P., Czarnigowska A., Modeling contractor's bidding decisions Procedia Engineering 182/2017
- [5] Wong J. M. W., Chan A. P. C., Chiang Y. H., A critical review of forecasting models to predict manpower demand, The Australian Journal of Construction Economics and Building 4(2)2004
- [6] Ashiru A. R., Ashiru A. L., The sustainability of human resource planning for construction projects, MATEC Web of Conferences 258/2019
- [7] Ho P. H. K., Forecasting construction manpower demand by gray model, Journal of Construction Engineering and Management 136(12)2010
- [8] Wong J. M. W., Chan A. P. C., Chiang Y. H., Forecasting construction manpower demand: a vector error correction model, Building and Environment 42/2007
- [9] Vereen S. C., Rasdorf W., Hummer J. E., Application and results of a skilled labor demand forecast model for the US construction industry, International Journal of Engineering Science Invention 5(10)2016
- [10] Bell L. C., Brandenbur S. G., Forecasting construction staffing for transportation agencies, Journal of Management in Engineering 19(3)2003
- [11] Chan A. P. C., Chiang Y. H., Mak S. W. K., Choy L. H. T., Wong J. M. W., Forecasting the demand for construction skills in Hong Kong, Construction Innovation 6/2006
- [12] Agarwal A. L., Rajput B. L. E., Mangesh E. S., Model formulation to estimate manpower demand for the real-estate construction projects in India Organization, Technology and Management in Construction an International Journal 5(2)2013
- [13] Wong J. M. W., Chan A. P. C., Chiang Y. H., Modeling and forecasting construction labor demand: multivariate analysis, Construction Engineering and Management 134(9)2008
- [14] Biruk S., Jaśkowski P., Maciaszczyk M., Conceptual framework of a simulation-based manpower planning method for construction enterprises, Sustainability 14/2022
- [15] Photios G. I., Yang I. T., Repetitive scheduling Method: requirements, modeling, and implementation, Journal of Construction Engineering and Management 142(5)2016
- [16] Fan S.-L., Sun K.-S., Wang Y.-R., GA optimization model for repetitive projects with soft logic, Automation in Construction 21/2012
- [17] Bożejko W., Hejducki Z., Wodecki M., Flowshop scheduling of construction processes with uncertain parameters, Archives of Civil and Mechanical Engineering 19(1)/2019
- [18] Biruk S., Jaśkowski P., The work continuity constraints problem in construction projects' network models, Archives of Civil Engineering 55(1)/2009

Wybrane przykłady modelowania i analizy strukturalnej problemów decyzyjnych w budownictwie

Selected cases of modeling and structural analysis of decision problems in the construction sector

dr inż. Grzegorz Śladowski (ORCID: 0000-0002-3452-8829), Politechnika Krakowska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2710

Streszczenie: W artykule zwrócono uwagę na ważny aspekt, jakim jest modelowanie i analiza strukturalna problemów w procesie decyzyjnym. Zaprezentowane podejście systemowe na tle klasycznych wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji pozwala uwzględnić różne współzależne zewnętrzne i wewnętrzne relacje między kryteriami i wariantami decyzyjnymi, co jest istotne z perspektywy modelowanej rzeczywistości. Przedstawiono podstawowe metody modelowania i analizy strukturalnej, a całość rozważań została poparta wybranymi przykładami problemów decyzyjnych w budownictwie.

Słowa kluczowe: wspomaganie decyzji, podejście systemowe, modelowanie i analiza strukturalna, budownictwo.

Abstract: This paper notes the important aspect of the modeling and structural analysis of problems in decision making. Against classical multi-criteria decision-making support methods, the presented approach considers different co-dependent external and internal relations between criteria and decision alternatives, which is significant from the standpoint of the reality we aim to model. Essential structural modeling and analysis methods were presented, and the entire discussion was backed by samples of decision problems from the construction sector.

Keywords: decision support, systems approach, structural modeling and analysis, construction.

1. Wprowadzenie

Decyzja to świadomy i nielosowy wybór jednego z określonych i dopuszczalnych wariantów planowanego działania [1]. Podejmowanie decyzji wymaga zebrania informacji o rozważanym problemie, a następnie ich analizy w ramach tzw. procesu decyzyjnego.

W literaturze przedmiotu wyróżnia się dwa podejścia do modelowania i analizy jedno- lub wielokryterialnych problemów decyzyjnych [2].

- Wspomaganie decyzji wielocelowych (*Multiple Objective Decision Problem* – MODP), w którym warianty decyzyjne nie są określone a priori, a zamiast tego definiowany jest zbiór ograniczeń oraz wyraźnie określonych przez decydenta kwantyfikowalnych celów.
- Wspomaganie decyzji wieloatrybutowych (*Multiple Attribute Decision Problem* – MADP) wymaga określenia a priori skończonej, dyskretnej liczby wariantów decyzyjnych, przy czym każdy wariant ma wyraźnie określony poziom, niekoniecznie kwantyfikowalnych istotnych z punktu widzenia decydenta atrybutów, na podstawie których podejmowana jest decyzja.

2. Metody wielokryterialne w analizie decyzyjnej

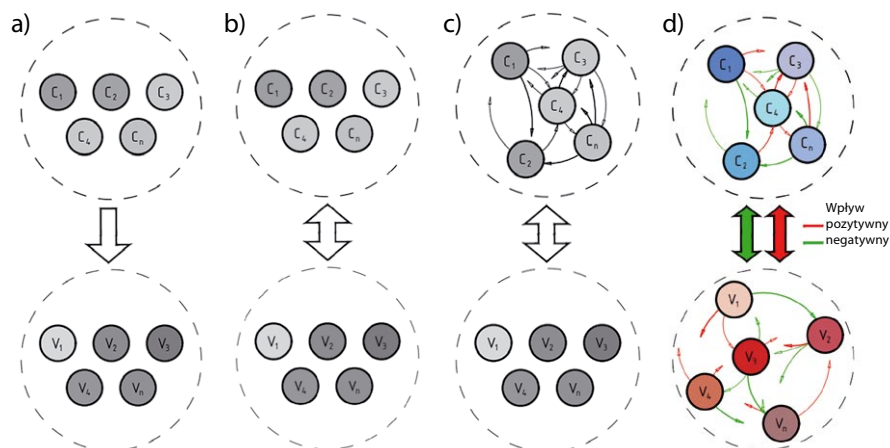
W ostatnim czasie można zaobserwować dynamiczny rozwój metod w ramach drugiego z wyżej wymienionych podejść, czyli wspomaganie decyzji wieloatrybutowych. Metody te

określane skrótem MCDA (*Multi-Criteria Decision Analysis*) powszechnie wykorzystywane są także w budownictwie [2–4]. Prostota modelowania oraz możliwość analizy problemów decyzyjnych, dla których dane mogą mieć zarówno ilościowy, jak i jakościowy charakter niewątpliwie stanowi zaletę tych metod.

W literaturze przedmiotu można wyodrębnić poniższe grupy metod MCDA [5].

- Metody oparte na agregacji ocen do postaci funkcji użyteczności mają związek z amerykańską szkołą wspomaganie decyzji. Sposób analizy jest zgodny z tzw. zasadą „od góry do dołu” czy też „od ogółu do szczegółu”. Takie podejście polega na dekompozycji modelu decyzyjnego na prostsze elementy w celu wyodrębnionej analizy branych pod uwagę wariantów decyzyjnych ocenianych z perspektywy określonych atrybutów. Formułowane przez ekspertów oceny wariantów agregowane są następnie do ustalonej postaci wskaźnika syntetycznego. Przykładową metodą z tej grupy jest procedura: MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*) [6].
- Metody oparte na relacjach przewyższenia utożsamiane są ze szkołą europejską, która preferuje podejście „od dołu do góry” i polega na formułowaniu relacji przewyższenia, bazując na cząstkowych relacjach, określanych na podstawie wyróżnionych cech rozważanych wariantów decyzyjnych. Metody te umożliwiają określanie progów wzajemnej różnorodności, a także dominacji poszczególnych wariantów decyzyjnych, jak również wykorzystywanie oceny zgodności oraz niezgodności między cząstkowymi ocenami.

Rys. 1. Schematy ideowe podstawowych struktur zawierające kryteria C_i oraz warianty decyzyjne V_i modelowanego problemu decyzyjnego: a) struktura hierarchiczna, b) struktura z zewnętrznym sprzężeniem zwrotnym, c) struktura z zewnętrznym sprzężeniem zwrotnym oraz z wewnętrznymi współzależnymi relacjami w zbiorze kryteriów, d) pełna struktura sieciowa z dodatkowym wyróżnieniem pozytywnych i negatywnych relacji (źródło: opracowanie własne)



Przykładem takiego podejścia jest rodzina metod ELECTRE (*Elimination and Choice Translating Reality*) [7].

- Metody pozostałe to podejścia stosunkowo mniej złożone od wyżej opisanych i są to przede wszystkim metody: rankingowe, podobieństwa czy też odległościowe od tzw. rozwiązań idealnych i antyidealnych. Przykładowa metoda z tej grupy to procedura TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*) [8].

Na przestrzeni ostatnich dwóch dekad wiele z tych metod zostało rozwiniętych przede wszystkim w zakresie modelowania niepewności ekspertów w formułowaniu opinii i agregacji ocen grupowych do czego wykorzystywano arytmetykę przedziałową lub logikę rozmytą. Należy zwrócić także uwagę na rozwijające się koncepcje hybrydowego podejścia umożliwiającego komplementarne użycie kilku metod MCDA w takich obszarach modelowania i analizy danego problemu decyzyjnego, do których poszczególne metody są lepiej przystosowane [2, 9].

3. Podejście systemowe do modelowania i analizy problemów decyzyjnych

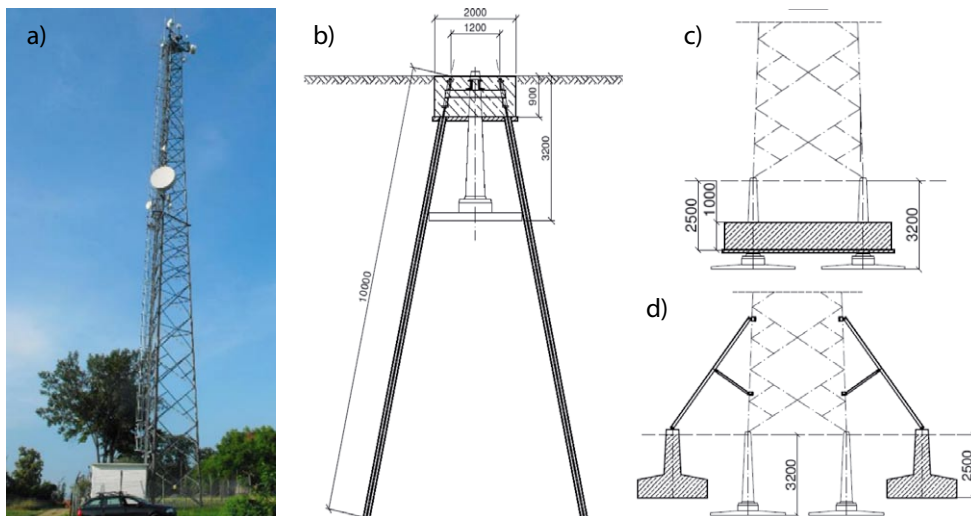
Zdecydowana większość metod MCDA występujących w literaturze przedmiotu zaniedbuje analizę współzależności między kryteriami czy też wariantami decyzyjnymi, co jest dużym uproszczeniem z perspektywy rosnącej złożoności systemowej otaczającej nas rzeczywistości. Zgodnie z teorią systemów [10] system to zbiór elementów, pomiędzy którymi występują wzajemne relacje, a wszystko to jest zorientowane na osiągnięcie konkretnego celu. Każdy problem decyzyjny można więc interpretować jako system zdekomponowanych elementów, takich jak kryteria i warianty decyzyjne, z których co najmniej część może być wzajemnie ze sobą powiązana. Skuteczną koncepcją odwzorowania takich systemów jest modelowanie i analiza strukturalna, która stanowi zbiór różnych narzędzi pozwalających na zrozumienie własności złożonych systemów w tym także problemów decyzyjnych [11].

Podstawowym narzędziem do modelowania struktury analizowanego systemu jest graf skierowany. Wierzchołki grafu

symbolizują elementy modelowanego systemu, zaś łuki relacje (oddziaływania) między tymi elementami. Budowa takiej struktury zależności opiera się na opiniach ekspertów biorących udział w procesie decyzyjnym. Wykorzystanie opinii ekspertów jest również dobrym sposobem na uproszczone modelowanie zależności o nieliniowym charakterze oraz analizy problemu w warunkach trudno mierzalnej informacji. Schematy ideowe podstawowych struktur zależności między elementami (kryteriami i wariantami decyzyjnymi) problemu decyzyjnego przedstawia rysunek 1.

Najprostszą strukturą jest struktura hierarchiczna (rys. 1a) wprowadzająca uporządkowaną formę relacji, w której proces wyznaczania istotności dla poszczególnych elementów (kryteriów i wariantów decyzyjnych) modelu na danym poziomie hierarchii odbywa się poprzez ich analizę względem elementów na poziomie wyższym. Wprowadzenie do struktury systemu zewnętrznej relacji sprzężenia zwrotnego (rys. 1b) powoduje, że nie tylko istotność kryteriów określa ważność wariantów decyzyjnych (jak w hierarchii), lecz również ważność samych wariantów determinuje istotność kryteriów. W pracy [12] autorzy podają przykład problemu decyzyjnego wyboru lepszego pod względem wytrzymałości i estetyki mostu. Pierwszy z porównywanych mostów jest bardziej wytrzymały, lecz z wyglądu jest mniej atrakcyjny od drugiego, przy czym oba są bezpieczne w użytkowaniu. Analiza hierarchiczna takiego problemu decyzyjnego spowoduje, że istotność kryteriów nie będzie oceniana z perspektywy wariantów decyzyjnych i w sposób naturalny kryterium wytrzymałości otrzyma wyższą wagę, co w konsekwencji doprowadzi decydenta do wyboru mostu pierwszego. Wprowadzenie sprzężenia zwrotnego spowoduje jednak, że analiza wysokości wag dla kryteriów wytrzymałości i estetyki dokonywana będzie także z perspektywy wariantów decyzyjnych, co spowoduje, że wybór mostu może być inny na rzecz tego ładniejszego, skoro wiemy, że oba mosty są wystarczająco wytrzymałe. W analizie wielu problemów identyfikowane są również istotne współzależne wewnętrzne relacje między kryteriami (rys. 1c), a w szczególnych przypadkach także i w zbiorze wariantów decyzyjnych (rys. 1d). Uwzględnienie takich współzależności dodatkowo z podziałem na pozytywne

Rys. 2. Wieża telekomunikacyjna i zaproponowane sposoby wzmocnienia jej posadowienia: a) widok wieży, b) zastosowanie mikropali, c) wykonanie płyty żelbetowej, d) wprowadzenie dodatkowych stóp fundamentowych (źródło: opracowanie własne na podstawie) [17]



i negatywne efekty tych oddziaływań powoduje zwiększenie złożoności problemu decyzyjnego, co znacznie komplikuje jego analizę.

Strukturyzacja problemów decyzyjnych wymaga zastosowania specjalnych metod do ich analizy, z których najbardziej znane to: AHP (*Analytic Hierarchy Process*) [13], ANP (*Analytic Network Process*) [14], DEMATEL (*Decision Making trial and evaluation laboratory*) [15] i WINGS (*Weighted Influence Nonlinear Gauge System*) [16]. Wymienione metody oparte są na agregacji ocen do postaci funkcji użyteczności, a sposób modelowania struktury systemu i jego analizy opiera się na podobnych wyrażeniach algebraicznych. Wejściowe wartości formułowanych przez ekspertów opinii w analizowanym modelu wprowadzane są bowiem do macierzy, której suma wszystkich jej potęg (w sensie granicznym) zwraca wartości wyjściowe. Ze względu na fakt, że wszystkie wyżej wymienione metody mają zbliżone podstawy formalne i prowadzą do podobnych wyników, ważnym czynnikiem wpływającym na wybór konkretnej metody jest jej implementacja i użyteczność na potrzeby analizy konkretnego problemu decyzyjnego. Metody DEMATEL i WINGS umożliwiają w sposób metodyczny budowę struktury relacji między elementami systemu i są dużo prostsze w implementacji, a do jej przeprowadzenia wystarczy wykorzystanie zwykłego arkusza kalkulacyjnego. Jeżeli chodzi o metody AHP i ANP to analiza wcześniej przygotowanego modelu strukturalnego polega na żmudnej procedurze porównywania parami, a w przypadku metody ANP do przeprowadzenia obliczeń potrzebne jest już specjalistyczne oprogramowanie. Znane są przypadki łączenia metod DEMATEL i ANP w formę hybrydy, w której do budowy modelu strukturalnego wykorzystywana jest ta pierwsza zaś do ustalania priorytetów wagowych dla elementów analizowanego systemu wykorzystywana jest druga z wymienionych procedur [2, 9].

4. Przykłady modelowania i analizy strukturalnej problemów decyzyjnych

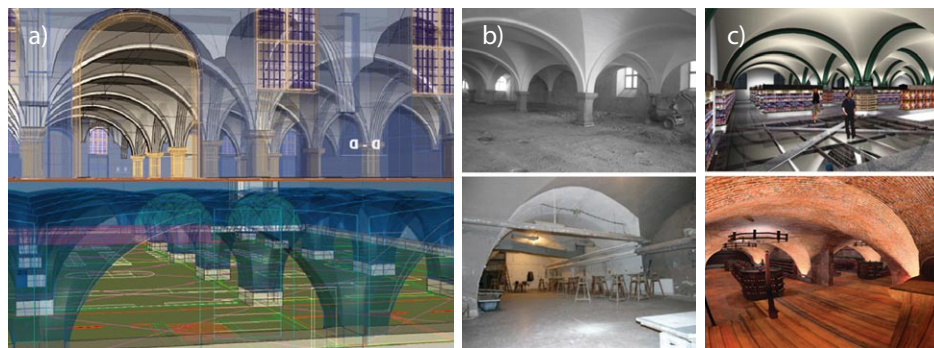
Pierwszy przykład dotyczy wieży telekomunikacyjnej Radiowej Stacji Bazowej (RBS) Wierzbicęce zlokalizowanej

w gminie Nysa na terenie Polski [17]. Planowana modernizacja i rozbudowa przedmiotowej budowli wiąże się ze zwiększeniem obciążeń, co stawia decydentów przed problemem decyzyjnym wyboru wariantu wzmocnienia posadowienia konstrukcji. Uwzględniając szereg ograniczeń ostatecznie, zaproponowano trzy koncepcje wzmocnienia: pierwsza (V_1) polega na wykonaniu dodatkowych stóp fundamentowych, druga (V_2) to zastosowanie mikropali, trzecia (V_3) wiąże się z wykonaniem żelbetowej płyty fundamentowej (rys. 2).

Analiza wariantów wzmocnienia posadowienia konstrukcji dokonana została z uwzględnieniem siedmiu kryteriów: czas wykonania wzmocnienia (C_1), ilość gruntu do wywiezienia (C_2), zaangażowanie potrzebnego sprzętu (C_3), koszt wykonania wzmocnienia, (C_4), potrzeba tymczasowej stabilizacji konstrukcji (C_5), stopień skomplikowania robót (C_6), wymagania formalno-prawne (C_7). Na potrzeby analizy problemu decyzyjnego rozważono różne struktury zależności pomiędzy kryteriami i wariantami decyzyjnymi. Otrzymany w wyniku analizy metodami AHP i ANP ranking wariantów dla każdej z rozważanych struktur modeli decyzyjnych był taki sam, wskazując wariant (V_2), czyli mikropale jako najlepszy względem zaproponowanych kryteriów wyboru zaś wariant (V_1) związany z wykonaniem stóp fundamentowych jako najgorszy z rozpatrywanych. Należy jednak zwrócić uwagę, że zwiększeniu uległy różnice w wartościach priorytetów globalnych między wariantami. Przykładowo w modelu hierarchicznym (rys. 1a) różnica w wartości priorytetów globalnych między pierwszym a drugim wariantem w rankingu wynosiła zaledwie 3%, lecz w przypadku uwzględnienia zewnętrznej zależności w formie sprzężenia zwrotnego (rys. 1b) umożliwiającego weryfikację znaczenia kryteriów dokonywanej z perspektywy wariantów decyzyjnych, zwiększyła tę różnicę do 16%.

Drugi przykład problemu decyzyjnego związany jest z wyborem nowych funkcji użytkowych w adaptacji piwnic i parteru zabytkowego budynku Wielkiej Zbrojowni w mieście Gdańsk [18]. W tym celu zaproponowano następujące

Rys. 3. Jedna z propozycji zagospodarowania Wielkiej Zbrojowni w mieście Gdańsk na funkcję sklepu ogólnospożywczego na parterze oraz winiarnię w piwnicy: a) model 3D obiektu. b) stan istniejący parteru i piwnicy przed adaptacją, c) wizualizacja proponowanych nowych funkcji użytkowych (źródło: opracowanie własne na podstawie) [18]



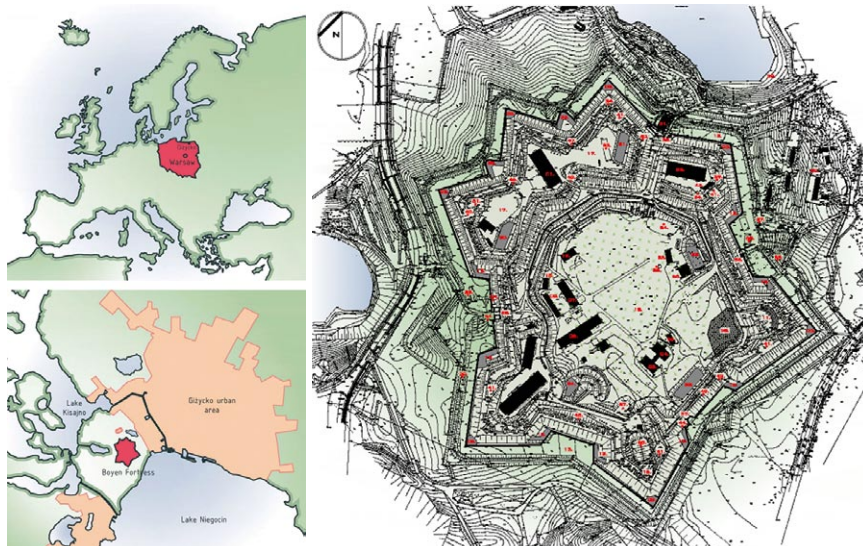
warianty zagospodarowania obiektu. Wariant pierwszy (V_1) przewiduje sklep ogólnospożywczy na parterze oraz winiarnię w piwnicy (rysunek 3). W wariacie drugim (V_2) zaproponowano galerię sztuki na parterze zaś w piwnicy restaurację. Ostatni rozważany zestaw funkcji (V_3) to muzeum historyczne na parterze i kino studyjne w piwnicy.

Zaproponowanym wskaźnikiem jakości rozważanych wariantów funkcji użytkowych był zestaw następujących kryteriów korzyści: ekonomicznych (C_1), społecznych (C_2), wynikających z ochrony środowiska (C_3), z zachowania dziedzictwa kulturowego (C_4), oraz związane z minimalizacją nakładów potrzebnych do przeprowadzenia procesu adaptacji (C_5). Zwrócono uwagę na fakt, że zaproponowane kryteria korzyści w istotny sposób wzajemnie na siebie wpływają (rys. 1c). Do modelowania struktury problemu decyzyjnego z uwzględnieniem wewnętrznych, współzależnych relacji między kryteriami zaproponowano metodę WINGS. Ze względu na niepełny i nieprecyzyjny charakter danych determinowanych przez specyfikę przedmiotowego obiektu zabytkowego autorzy do modelowania niepewności opinii eksperckich wykorzystali teorię liczb rozmytych. Ostatecznie w wyniku przeprowadzonej analizy wariant (V_2) adaptacji obiektu na galerię sztuki na parterze i restaurację w piwnicy okazał się najlepszy z perspektywy przyjętych kryteriów wyboru.

Ostatni przykład modelowania i analizy strukturalnej problemu decyzyjnego dotyczy analizy form użytkowania zespołu budynków zabytkowych w obrębie Twierdzy Boyen w Giżycku [9]. Obiekt ten jest bardzo dobrym przykładem analizy doboru różnie się uzupełniających form użytkowania (rysunki 4 i 5).

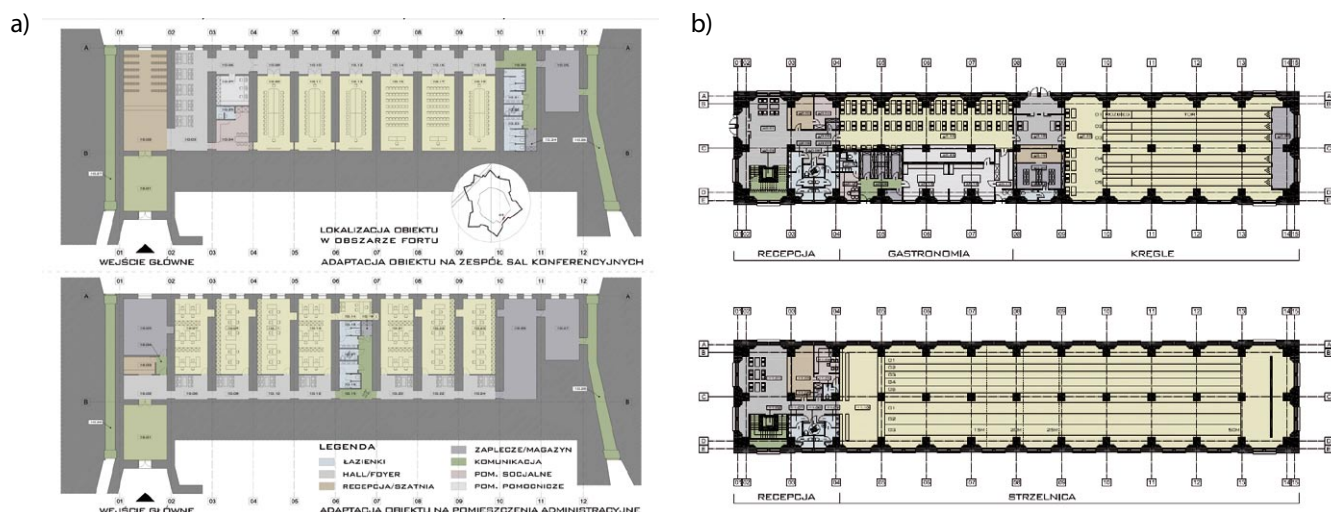
Ze względu na fakt, że twierdza jest stosunkowo dużym kompleksem, który stanowi jedną całość, adaptacja tego miejsca powinna być przeprowadzona kompleksowo i holistycznie, w sposób zapewniający jego funkcjonowanie jako niezależnego, spójnego systemu.

Rys. 4. Zespół obiektów zabytkowych w obrębie Twierdzy Boyen w Giżycku (źródło: opracowanie własne na podstawie) [9]



Aby to było możliwe, nowe funkcje użytkowe powinny wzajemnie się uzupełniać tak, aby mogły pozytywnie wpływać zarówno na inne formy użytkowania, jak i na indywidualne korzyści uzyskane z adaptacji. Zatem dla przedstawionego powyżej przypadku wynikiem wielokryterialnej analizy sposobów użytkowania zabytkowego obiektu nie jest wybór jednego wariantu nowej funkcji, lecz rekomendacja wielu funkcji z określeniem ich procentowego udziału w adaptowanym obiekcie.

Zaproponowano następujące komplementarne funkcje użytkowe: hotelowa (V_1), muzealna (wystawowa) (V_2), komercyjna (V_3), administracyjna (V_4), sportowa (rekreacyjna) (V_5). Komplementarność nowych funkcji użytkowych została uwzględniona w modelu strukturalnym poprzez wprowadzenie wewnętrznych współzależności między wariantami decyzyjnymi (rys. 1d). Do analizy wariantów przyjęto uniwersalny zestaw kryteriów korzyści: ekonomicznych (C_1), społecznych (C_2), wynikające z ochrony środowiska (C_3), z ochrony dziedzictwa kulturowego (C_4), architektonicznych (funkcjonalność i komfort użytkowania) (C_5). Fakt występowania współzależności między wyżej wymienionymi kryteriami również został uwzględniony w modelu decyzyjnym. Ostatecznie model strukturalny problemu decyzyjnego uwzględnia współzależności zarówno w zbiorze kryteriów, jak i wariantów decyzyjnych oraz wprowadzoną zewnętrzną relację sprzężenia zwrotnego pomiędzy wymienionymi zbiorami. Dodatkowo



Rys. 5. Przykładowe warianty funkcji użytkowych dla dwóch wybranych obiektów: a) zespół pomieszczeń konferencyjnych albo administracyjnych, b) różne formy funkcji rekreacyjnych: kręgielnia lub strzelnica (źródło: opracowanie własne na podstawie [9] oraz materiałów archiwalnych IPG sp. z o.o.)

wprowadzono rozróżnienie dotyczące pozytywnych i negatywnych oddziaływań pomiędzy elementami modelu (rys. 1d). Do modelowania i analizy strukturalnej problemu decyzyjnego zaproponowano odpowiednio do tego celu dostosowaną hybrydę metod DEMATEL i ANP.

Wyniki analizy wykazały, że największa część powierzchni obiektu przeznaczonej do adaptacji powinna być wykorzystana na przestrzeń muzealne (wystawowe) (V_2), co jest uzasadnione ze względu na walory dziedzictwa kulturowego Twierdzy Boyen. Pozostały procentowy udział nowych funkcji użytkowych w powierzchni rozkładał się kolejno według rankingu: hotelowa (V_1), sportowa (rekreacyjna) (V_3), administracyjna (V_4), komercyjna (V_3).

5. Podsumowanie

W artykule zaprezentowano systemowe podejście do modelowania i analizy problemów decyzyjnych w budownictwie. Wymienione procedury AHP, ANP, DEMATEL czy WINGS w odróżnieniu od innych znanych z literatury metod umożliwiają modelowanie i analizę strukturalną problemów decyzyjnych, w których zidentyfikowano istotne współzależności między rozważanymi elementami (kryteria i warianty decyzyjne). Potencjał aplikacyjny prezentowanego podejścia potwierdziły przytoczone w artykule wybrane przykłady problemów decyzyjnych. Na koniec należy zwrócić uwagę na fakt, że z racji popularności metody AHP w wielu przypadkach w sposób rutynowy budowana jest uporządkowana struktura hierarchiczna relacji między elementami modelu, co nie zawsze w pełni odzwierciedla specyfikę rozważanego problemu decyzyjnego. Rosnąca złożoność otaczającej nas rzeczywistości raczej powinna skłaniać decydentów do przyjęcia sieciowej współzależności między kryteriami i wariantami decyzyjnymi jako punktu wyjścia do modelowania docelowej struktury rozważanego problemu decyzyjnego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kozmiński A. K., Piotrowski W., Zarządzanie. Zarządzanie. Teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002
- [2] Ginda G., Maślak M., Wybrane metody analizy eksperckiej w wielokryterialnej ocenie parametrów determinujących bezpieczeństwo w pożarze, 2015
- [3] Szwabowski J., Deszcz J., Metody wielokryterialnej analizy porównawczej: podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań w budownictwie, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2001
- [4] Dydczak M., Wybrane metody rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych w budownictwie, Politechnika Opolska, 2010
- [5] Kobryń A., Wielokryterialne wspomaganie decyzji w gospodarowaniu przestrzenią, Difin SA., 2014
- [6] Keeney R., Raiffa H., Decisions with multiple consequences: preferences and value tradeoffs, 1976
- [7] Roy B., Classement et choix en présence de points de vue multiples. Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle, 2(8)1968, str. 57–75
- [8] Hwang C. L., Lai Y. J., Liu T. Y., A new approach for multiple objective decision making, Computers & operations research 20(8)1993, str. 889–899
- [9] Śladowski G., Szewczyk B., Barnaś K., Kania O., Barnaś J., The Boyen Fortress: structural analysis of selecting complementary forms of use for a proposed adaptive reuse project, Heritage Science 9(1)202, str. 11–20
- [10] Von Bertalanffy L., General system theory, a new approach to unity of science. Towards a physical theory of organic teleology, feedback and dynamics, Human biology 4/1951, str. 346–361
- [11] Roberts F. S., Applications of the theory of meaningfulness to psychology, Journal of Mathematical Psychology 29(3)1985, str. 311–332
- [12] Adamus W., Gręda A., Wspomaganie decyzji wielokryterialnych w rozwiązywaniu wybranych problemów organizacyjnych i menedżerskich, Badania operacyjne i decyzje tom 2, 2005, str. 5–36
- [13] Saaty T. L., The Analytic Hierarchy Process: Planning, priority setting, resource allocation, McGraw-Hill, Nowy Jork, 1980
- [14] Saaty T. L., Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process, RWS Publications, Pittsburgh, 1996
- [15] Gabus A., Fontela E., World Problems an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL, Battelle Geneva Research Centre, Switzerland Geneva, 1972
- [16] Michnik J., Weighted Influence Non-linear Gauge System (WINGS) – An analysis method for the systems of interrelated components, European Journal of Operational Research, 228, 2013, str. 536–544
- [17] Szewczyk B., Śladowski G., Ratoń K., Impact of decision model structure on the selection of a telecommunications tower footing reinforcement alternative, Archives of Civil Engineering 67, 2021, str. 309–321
- [18] Radziszewska-Zielina E., Śladowski G., Supporting the selection of a variant of the adaptation of a historical building with the use of fuzzy modelling and structural analysis, Journal of Cultural Heritage 26, 2017, str. 53–63

Efekt uczenia w harmonogramowaniu wieloobektowych przedsięwzięć budowlanych z zastosowaniem algorytmu symulowanego wyżarzania

The learning effect in scheduling multi-object construction projects using the simulated annealing algorithm

dr inż. Michał Podolski (ORCID: 0000-0003-3795-5823), Politechnika Wrocławska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2711

Streszczenie: W artykule przedstawiono problematykę harmonogramowania budowlanych przedsięwzięć wieloobektowych z uwzględnieniem efektu uczenia. Efekt ten pojawia się podczas wykonywania robót jednego rodzaju w wielu obiektach budowlanych. Doprowadza to do istotnego skrócenia czasu trwania przedsięwzięcia. W prezentowanym modelu przedsięwzięcia istnieje problem poszukiwania optymalnej kolejności wykonywania obiektów, która minimalizuje czas trwania przedsięwzięcia. W artykule zagadnienie to z powodzeniem rozwiązano za pomocą metaheurystycznego algorytmu symulowanego wyżarzania i zilustrowano przykładem praktycznym.

Słowa kluczowe: efekt uczenia, harmonogramowanie, budowlane przedsięwzięcia.

Abstract: The article presents the issues of scheduling multiunit construction projects, taking into account the learning effect. This effect occurs when one type of the activity is carried out in many building units. This leads to a significant reduction in the duration of the project. In the presented model of the project, there is a problem of searching for the optimal order of execution of the units, which minimizes the duration of the project. In this article, this problem was successfully solved using a metaheuristic simulated annealing algorithm and illustrated by a case study.

Keywords: learning effect, scheduling, construction projects.

1. Wprowadzenie

W praktyce budowlanej można spotkać się z przedsięwzięciami powtarzalnymi, które polegają na realizacji wielu obiektów budowlanych o podobnych rozwiązaniach architektonicznych i konstrukcyjnych. Do tego rodzaju przedsięwzięć należy realizacja obiektów liniowych, np. odcinków dróg, autostrad, sieci rurociągowych czy grupy obiektów kubaturowych, np. osiedla domów jednorodzinnych, budynki szeregowe, wielokondygnacyjne (przedsięwzięcia wieloobektowe). Cechą takich przedsięwzięć jest specjalizacja zespołów roboczych do realizacji robót jednego rodzaju, które przechodzą z działki roboczej lub obiektu poprzedniego na kolejny, stale wykonując ten sam rodzaj prac. W celu utworzenia optymalnego harmonogramu wykonania robót takiego przedsięwzięcia stosowane są różne metody i techniki. Do nich należą: metoda pracy równomiernej [1], metody sprzężeń czasowych (*Time Couplings Methods* TCM) [2], metody związane z techniką tzw. linii równowagi (*Line of Balance* LOB), np. LSM (*Linear Scheduling Method*) [3], metody wykorzystujące koncepcję tzw. ciągu kontrolnego [4]. W polskiej literaturze ten sposób

modelowania przedsięwzięcia budowlanego nosi nazwę systemu potokowego. W Polsce zagadnienia zastosowań systemów potokowych w przedsięwzięciach budowlanych poruszane były w wielu pracach, m.in. w [2, 5, 6]. W literaturze światowej tego rodzaju przedsięwzięcia budowlane są określane jako przedsięwzięcia powtarzalne lub jako szczególny ich przypadek, jako przedsięwzięcia wieloobektowe.

Wykonywanie stale powtarzających się czynności w przedsięwzięciu powtarzalnym powoduje, że w trakcie jego wykonywania zespoły robocze, które je wykonują zyskują doświadczenie. Pozwala ono skracać czasy wykonywania czynności przedsięwzięcia wraz z jego postępem. Ma to oczywisty wpływ na skrócenie czasu trwania całego przedsięwzięcia i tym samym obniżenie jego całkowity koszt. Uwzględnienie tego zjawiska w trakcie harmonogramowania umożliwi wykonawcy przedsięwzięcia przedstawienie inwestorowi oferty na jego wykonanie, która będzie charakteryzować się niższym czasem realizacji i tym samym niższym kosztem w porównaniu do ofert od innych wykonawców. Zjawisko to nazywane jest w literaturze efektem uczenia. Wpływ efektu uczenia na wydajność zespołów

pracowników podczas wykonywania czynności powtarzalnych w budownictwie był badany w wielu pracach. Dotyczyły one m.in. wykonywania konstrukcji żelbetowych [7], robót przy wykonywaniu prefabrykatów [8]. Wpływ efektu uczenia został również ujęty w zagadnieniu harmonogramowania przedsięwzięć powtarzalnych. Efekt uczenia zastosowany w harmonogramowaniu z użyciem metody LOB został przedstawiony m.in. w pracy [9]. Ponadto harmonogramowanie przedsięwzięć powtarzalnych z zastosowaniem teorii uczenia i zapominania zostało przedstawione w pracy [10].

W niniejszym artykule zostanie przedstawiony problem optymalizacji harmonogramu przedsięwzięcia wieloobektowego z uwzględnieniem efektu uczenia z wykorzystaniem metaheurystycznego algorytmu symulowanego wyżarzania.

2. Model optymalizacyjny rozpatrywanego budowlanego przedsięwzięcia wieloobektowego

Budowlane przedsięwzięcie wieloobektowe polega na realizacji wielu obiektów budowlanych, takich jak budynki jednorodzinne, szeregowe czy wielokondygnacyjne. Charakterystyczną cechą ich jest możliwość występowania różnych wielkości obiektów wchodzących w skład takiego przedsięwzięcia. Ponadto długości czasów trwania robót składających się na wykonanie wybranego obiektu mogą być dowolne. Umożliwia to projektowanie takiej kolejności wykonywania obiektów, która będzie optymalizowała przyjęte kryterium optymalizacji. Podczas tworzenia harmonogramu przedsięwzięcia w przedstawianym modelu uwzględnia się efekt uczenia. Przyjęto w artykule model wykładniczy uczenia w trakcie wykonywania jednego rodzaju roboty założony przez Wrighta [11]:

$$T_n = T_1 \cdot n^{-l} \quad (1)$$

gdzie:

T_n – czas wykonywania roboty w n -tym obiekcie,

T_1 – czas wykonywania roboty w pierwszym obiekcie,

n – liczba powtórzeń roboty jednego rodzaju dokonanych przed obiektem n ,

l – wskaźnik krzywej uczenia (doświadczenia) zdefiniowany jako:

$$l = - \frac{\log s}{\log 2} \quad (2)$$

gdzie:

s – stopa uczenia (w artykule przyjęto wartość stopy uczenia $s = 0,90$).

W przedstawionym w artykule modelu wartość wskaźnika krzywej uczenia wynosi:

$$l = - \frac{\log 0,90}{\log 2} = 0,152 \quad (3)$$

Model optymalizacyjny rozpatrywanego przedsięwzięcia wieloobektowego charakteryzuje się poniższymi parametrami.

- Przedsięwzięcie tworzy zbiór obiektów budowlanych $Z = \{Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_f, \dots, Z_n\}$.

- Do wykonywania robót w przedsięwzięciu istnieją grupy robocze, z których każda wykonuje robotę jednego rodzaju. Tworzą one zbiór $B = \{B_1, B_2, B_3, \dots, B_k, \dots, B_m\}$.

- Każdy obiekt $Z_j \in Z$ wymaga realizacji m robót, które tworzą zbiór $O_j = \{O_{j1}, O_{j2}, O_{j3}, \dots, O_{jk}, \dots, O_{jm}\}$.

- Zakłada się, że robota $O_{jk} \in O_j$ może być realizowana przez grupę roboczą B_k . Czas trwania roboty O_{jk} bez uwzględnienia efektu uczenia wynosi $p_{jk} > 0$. Zbiór czasów trwania p_j robót bez uwzględnienia wpływu uczenia ze zbioru O_j określa wektor $p_j = [p_{j1}, p_{j2}, p_{j3}, \dots, p_{jk}, \dots, p_{jm}]$. Czasy trwania robót p_{jk} są ustalane na podstawie nakładów pracy (wyrażonych w roboczogodzinach lub maszynogodzinach) wyznaczonych na podstawie bazy normatywnej (KNR, KSNR, norm zakładowych, kalkulacji własnej) i wielkości grupy roboczej (liczby pracowników).

- Zakłada się uwzględnienie efektu uczenia na długości czasów trwania robót ze zbioru O_j w wektorze $p_{u,j} = [p_{u,j1}, p_{u,j2}, p_{u,j3}, \dots, p_{u,jk}, \dots, p_{u,jm}]$, gdzie $p_{u,jk} = p_{jk} \cdot j^{-l} = p_{jk} \cdot j^{-0,152}$, a j – liczba powtórzeń roboty jednego rodzaju.

Ograniczenia:

- Zakłada się kolejność (sekwencję) wykonywania robót wynikająca z technologii:

$$O_{j,k-1} < O_{j,k} < O_{j,k+1} \quad (4)$$

- Zakłada się, że w dowolnej chwili każda grupa robocza z zespołu B_k może wykonywać tylko jedną robotę.

- Zakłada się, że w dowolnej chwili na działce Z_j może być wykonywany tylko jeden rodzaj robót.

- Zakłada się, że robota $O_{jk} \in O_j$ jest realizowana nieprzerwanie przez jedną grupę roboczą B_k przez czas bez uwzględnienia efektu uczenia $p_{jk} > 0$ lub czas z uwzględnieniem efektu uczenia $p_{u,jk} > 0$.

- Zmienną decyzyjną jest kolejność π wykonywania obiektów, która dla każdej z grup roboczych jest taka sama. Liczność zbioru Π wszystkich możliwych permutacji $\pi = (\pi(1), \pi(2), \dots, \pi(j), \dots, \pi(n))$ w modelu wynosi $n!$. Rozwiązaniem optymalnym problemu optymalizacyjnego w danym przedsięwzięciu jest znalezienie uszeregowania (harmonogramu) realizacji robót na zadanym zbiorze działek Z określonego przez podanie terminów rozpoczęcia robót oraz takiego, który optymalizuje przyjętą wartość funkcji celu, spełniając założone ograniczenia. Funkcją celu w przedstawionym modelu jest termin T realizacji wszystkich robót we wszystkich obiektach. Zadanie optymalizacyjne w modelu polega więc na znalezieniu harmonogramu wykonywania robót, który minimalizuje czas trwania przedsięwzięcia.

Znalezienie harmonogramu dla przyjętej zmiennej decyzyjnej – permutacji π wiąże się z podaniem terminów za-

kończenia wykonywania obiektów ze zbioru Z . Terminy te można określić ze wzoru o postaci rekurencyjnej:

$$C_{\pi(j),k} = \max\{C_{\pi(j-1),k}, C_{\pi(j),k-1}\} + p_{\pi(j),k}, \quad (5)$$

gdzie: $j = 1, \dots, n$, $k = 1, \dots, m$, $\pi(0) = 0$, $C_{0,k} = 0$, $C_{j,0} = 0$.

Terminy zakończenia wykonywania poszczególnych robót mogą być znalezione w czasie rzędu $O(nm)$. Dla wybranego kryterium T (minimum czasu realizacji wszystkich obiektów) poszukiwana jest permutacja $\pi^* \in \Pi$, dla której:

$$T(\pi^*) = \min_{\pi \in \Pi} T(\pi), \quad (6)$$

gdzie $T(\pi) = C_{\pi(n),m}$.

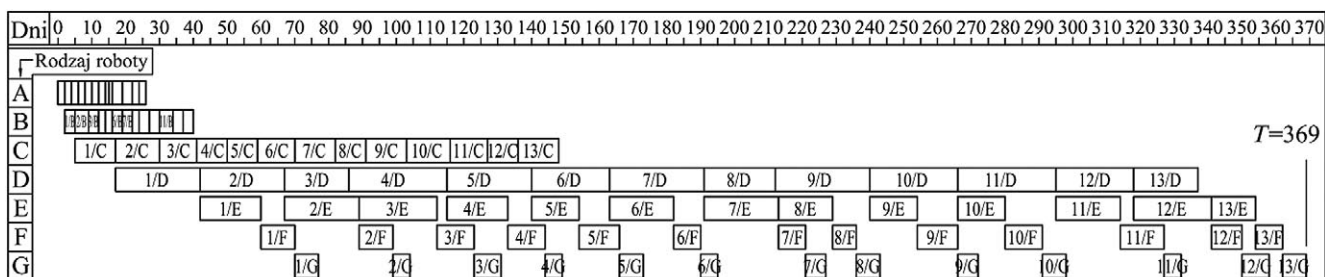
Przedstawiony model optymalizacyjny przedsięwzięcia jest NP-trudnym zagadnieniem optymalizacyjnym [12]. NP-trudność w przedstawionym modelu polega na braku możliwości skonstruowania algorytmu dokładnego (znajdującego rozwiązanie optymalne), który rozwiązywałby dany problem w czasie zależnym od wyrażenia wielomianowego. Dla takich problemów są możliwe do skonstruowania tylko takie algorytmy dokładne, których czas obliczeń rośnie wykładniczo, czyli bardzo szybko wraz ze wzrostem rozmiarów problemów. W związku z tym nawet wielokrotny wzrost mocy obliczeniowej komputerów nie powoduje znaczącej poprawy szybkości rozwiązywania tego typu zagadnień algorytmami dokładnymi. Z tego względu w artykule do poszukiwań rozwiązań optymalnych zastosowano przybliżony, metaheurystyczny algorytm symulowanego wyżarzania [13].

3. Przykład obliczeniowy przedsięwzięcia wieloobektowego

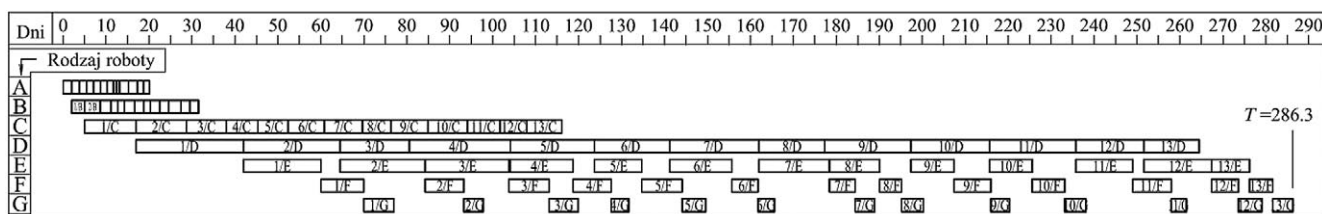
Wykonawca na zlecenie inwestora ma zrealizować przedsięwzięcie polegające na wybudowaniu $n = 13$ budynków mieszkalnych różnych od siebie pod względem wielkości robót. W przedsięwzięciu każdy z budynków wymaga wykonania $m = 7$ robót. Wykonawca dysponuje po jednym zespole roboczym dla każdego rodzaju robót. Na podstawie pracochłonności robót w budynkach oraz składu i wydajności brygady roboczej wykonawcy ustalono czasy trwania realizacji robót, które przedstawione są w tabeli 1. W trakcie wykonywania robót przez zespoły robocze uwzględnia się wpływ zdobywania doświadczenia (uczenia) przez ich pracowników. Powoduje to istotne skracanie czasów trwania robót jednego rodzaju podczas przebiegu przedsięwzięcia. Zakłada się, że wpływ ten jest określony poprzez założony model wykładniczy (1) ze stopą uczenia wynoszącą 90% (2). W związku z tak ustalonym modelem przedsięwzięcia wykonawca ma możliwość utworzenia optymalnego harmonogramu z uwzględnieniem kryterium czasu trwania całego przedsięwzięcia T . Na początku przyjęto rozwiązanie wyjściowe (referencyjne) z założeniem realizacji według kolejności numeracji obiektów, tj. dla zmiennej decyzyjnej $\pi = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)$ bez uwzględnienia efektu uczenia podczas wykonywania przedsięwzięcia. Czas realizacji jego harmonogramu dla przyjętej zmiennej decyzyjnej π wynosi 369 dni roboczych. Szczegółowy harmonogram jest przedstawiony na rysunku 1.

Tabela 1. Czasy trwania robót wykonywanych przez grupy robocze, wyrażone w dniach roboczych

Numer i rodzaj roboty $k =$	Obiekty $j =$												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 (A – zagospodarowanie terenu)	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3	2	2
2 (B – roboty ziemne)	3	4	3	2	2	3	3	2	3	3	4	3	3
3 (C – fundamenty)	12	13	11	9	9	11	12	9	12	13	11	9	12
4 (D – ściany, stropy)	25	15	19	29	25	23	28	21	28	26	29	23	19
5 (E – więźba dachowa)	18	22	23	18	14	19	22	16	14	14	19	23	13
6 (F – okna, drzwi, instalacje)	10	10	11	11	12	8	8	7	12	11	13	9	8
7 (G – wykończenie)	7	5	8	5	7	5	6	7	6	7	5	8	7



Rys. 1. Harmonogram przedsięwzięcia dla rozwiązania wyjściowego $\pi = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)$ bez uwzględnienia efektu uczenia



Rys. 2. Harmonogram przedsięwzięcia dla rozwiązania wyjściowego $\pi = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)$ z uwzględnieniem efektu uczenia

Następnym krokiem w rozwiązywaniu przykładu obliczeniowego było uwzględnienie efektu uczenia podczas wykonywania przedsięwzięcia budowlanego. Zakładając kolejność realizacji obiektów według kolejności ich numeracji, tj. dla zmiennej decyzyjnej $\pi = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)$ otrzymano harmonogram z czasem realizacji wynoszącym 286,3 dnia roboczego. Szczegółowy harmonogram jest przedstawiony na rysunku 2. Uwzględnienie efektu uczenia pozwoliło na skrócenie czasu trwania przedsięwzięcia o 22,4%.

Ostatnim krokiem było rozwiązanie zagadnienia optymalizacji dyskretnej polegającej na poszukiwaniu optymalnej kolejności realizacji obiektów, dla której czas trwania przedsięwzięcia byłby minimalny. Problem ten rozwiązano za pomocą metaheurystycznego algorytmu symulowanego wyżarzania.

4. Rozwiązanie problemu optymalizacyjnego przykładu obliczeniowego za pomocą algorytmu symulowanego wyżarzania

Przedstawione powyżej w przykładzie obliczeniowym zagadnienie optymalizacyjne jest NP-trudnym problemem optymalizacji dyskretnej. Do poszukiwania minimalnej wartości funkcji celu proponuje się zastosowanie przybliżonego algorytmu symulowanego wyżarzania (SA) należącego do grupy metaheurystyk. Algorytm SA został zaproponowany w pracy Kirkpatricka [13]. Algorytm ten stosuje analogię do procesu termodynamicznego chłodzenia ciała stałego w celu wyprowadzenia trajektorii poszukiwań z lokalnego ekstremum. Stany ciała stałego są postrzegane analogicznie jako poszczególne rozwiązania problemu, natomiast energia ciała – wartości funkcji celu. W trakcie fizycznego procesu studzenia temperatura redukowana jest powoli w celu utrzymania równowagi energetycznej. Algorytm SA startuje z rozwiązania początkowego, najczęściej wybranego losowo. Następnie, w każdej iteracji z otoczenia rozwiązania bazowego π wybiera się, według ustalonych zasad lub losowo, rozwiązanie π' . Staje się ono rozwiązaniem bazowym w następnej iteracji, jeśli wartość funkcji celu jest lepsza od aktualnego rozwiązania bazowego lub w przypadku przeciwnym może nim stać się z prawdopodobieństwem: $p = \exp(-\Delta/T_i)$, gdzie $\Delta = c(\pi') - c(\pi)$, T_i – temperatura w bieżącej iteracji i , c – funkcja celu. W każdej iteracji wykonywanych jest m losowań z otoczenia bieżącego rozwiązania bazowego. Parametr zwany

temperaturą zmniejsza się tak, jak w naturalnym procesie wyżarzania. Najczęściej przyjmuje się jeden z dwóch schematów studzenia:

- geometryczny $T_{i+1} = \lambda_i T_i$
- logarytmiczny $T_{i+1} = T_i / (1 + \lambda_i T_i)$,

gdzie: $i = 0, \dots, N - 1$,

T_0 – temperatura początkowa,

T_N – temperatura końcowa,

N – liczba iteracji,

λ_i – parametr.

W algorytmie z reguły przyjmuje się na początku określone wartości parametrów T_0 , T_N , N oraz wylicza się parametr λ_i . Powinna zachodzić zależność $T_0 > T_N$, należy przyjmować T_N odpowiednio małe, bliskie zeru. Ogólny algorytm metody SA zastosowany do rozwiązywania problemów przepływowych, którego przykładem jest prezentowany w artykule model przedsięwzięcia wieloobektowego przedstawiony jest poniżej.

Krok 0. Wyznacz rozwiązanie początkowe $\pi \in \Pi$. Podstaw $\pi_{SA} = \pi^0$, $k = 0$, $T = T_0$.

Krok 1. Wykonaj x -razy kroki 1.1 – 1.3.

Krok 1.1. Podstaw $k := k + 1$. Wybierz losowo $\pi' \in N(V, \pi^{k-1})$.

Krok 1.2. Jeżeli $c(\pi') > c(\pi_{SA})$ to podstaw $\pi_{SA} = \pi'$.

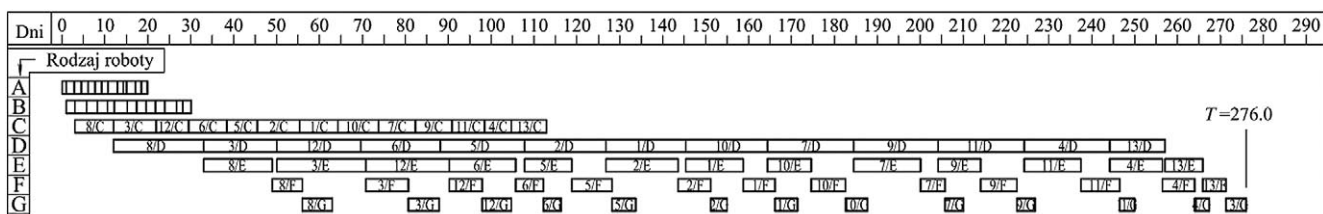
Krok 1.3. Jeżeli $c(\pi') > c(\pi_{k-1})$ to podstaw $\pi_k = \pi'$. W przeciwnym przypadku zaakceptuj rozwiązanie π' z prawdopodobieństwem $\exp((c(\pi_{k-1}) - c(\pi'))/T)$, tj. $\pi_k = \pi'$, jeżeli zaakceptowano rozwiązanie π' lub $\pi_k = \pi_{k-1}$, jeżeli nie zaakceptowano rozwiązania π' .

Krok 2. Zmień temperaturę T według określonego schematu chłodzenia.

Krok 3. Jeżeli $T > T_N$ idź do kroku 1, w przeciwnym wypadku STOP.

Algorytmy SA znajdują zastosowanie w rozwiązywaniu wielu zagadnień optymalizacyjnych, w tym problemów przepływowych rozważanych w ramach zagadnień optymalizacji dyskretnej. Dobre wyniki uzyskiwane w aplikacjach pozwalają na traktowanie algorytmów SA jako jednych z najsilniejszych narzędzi. Parametry sterujące w zastosowanym algorytmie SA to:

- otoczenie N zawiera permutacje wygenerowane z π za pomocą ruchu „wstaw”,
- zastosowano funkcję akceptacji Boltzmana,
- przyjęto schemat geometryczny chłodzenia, tj. $T_{i+1} = \lambda T_i$ oraz $T_0 = 60$, $\lambda = 0,99$, liczba rozpatrywanych rozwiązań przy ustalonej temperaturze – 0,5 n ,
- całkowita liczba iteracji algorytmu SA – 10000.



Rys. 3. Harmonogram przedsięwzięcia dla rozwiązania suboptymalnego $\pi = (8, 3, 12, 6, 5, 2, 1, 10, 7, 9, 11, 4, 13)$ z uwzględnieniem zjawiska uczenia

Implementację programową algorytmu SA dla rozpatrywanego modelu dokonano w środowisku Mathematica. Obliczenia algorytmem SA dla przykładu obliczeniowego wykonano trzykrotnie. W ich wyniku otrzymano harmonogram z wartością funkcji celu wynoszącą 276 dni roboczych dla następującej zmiennej decyzyjnej $\pi = (8, 3, 12, 6, 5, 2, 1, 10, 7, 9, 11, 4, 13)$. Uzyskany wynik jest o 3,6% lepszy od wyniku uzyskanego dla kolejności wyjściowej. Szczegółowy harmonogram jest przedstawiony na rysunku 3.

5. Podsumowanie

Przedsięwzięcia wieloobiektywne są szczególnym rodzajem przedsięwzięć budowlanych, w których powinno być uwzględniane zjawisko zdobywania doświadczenia pracowników, czyli efekt uczenia. Wynika ono z powtarzalności robót w obiektach wykonywanych w trakcie takiego przedsięwzięcia. Metaheurystyczny algorytm symulowanego wyżarzania pozwala na powodzenie na znajdowanie rozwiązań suboptymalnych w zadaniu optymalizacji dyskretnej, który znajduje się w modelu przedsięwzięcia przedstawionym w artykule. Dalsze prace autora będą skupiały się na możliwości uwzględniania innych ograniczeń optymalizacyjnych, funkcji celu oraz zjawisk związanych z uczeniem np. efektu zapominania.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dyżewski A., Technologia i organizacja budowy. Część II: Organizacja i planowanie budowy. Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1971
- [2] Hejducki Z., Rogalska M., Harmonogramowanie procesów budowlanych metodami sprzężeń czasowych, Politechnika Lubelska, Lublin, 2017
- [3] Chrzanowski E. N., Johnston D., Application of linear construction. Journal of Construction Engineering and Management, 112(4), 1986, str. 476–491
- [4] Harris R. B., Ioannou P. G., Scheduling projects with repeating activities, Journal of Construction Engineering and Management, 124(4), 1998, str. 269–278
- [5] Marcinkowski R., Metody rozdziału zasobów realizatora w działalności inżynieryjno-budowlanej. Warszawa, WAT, 2002
- [6] Podolski M., Zarządzanie zasobami w harmonogramowaniu wieloobiektywnych przedsięwzięć budowlanych z wykorzystaniem teorii szeregowania zadań, Przegląd Budowlany, 4/2014, str. 42–47
- [7] Jarkas A. M., Horner M., Revisiting the applicability of learning curve theory to formwork labour productivity, Construction Management and Economics, 29(5), 2011, str. 483–493
- [8] Tai H.W., Chen J. H., Cheng J. Y., Wei H. H., Learn Curve for Precast Component Productivity in Construction, International Journal of Civil Engineering, 19, 2021, str. 1179–1194
- [9] Arditi D., Tokdemir O. B., Suh K., Effect of learning on line-of-balance scheduling, International Journal of Project Management, 19(5), 2001, str. 265–277
- [10] Biruk S., Rzepecki Ł., Scheduling Repetitive Construction Processes Using the Learning – Forgetting Theory, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, str. 471, 112039
- [11] Wright T. P., Factors affecting the cost of airplanes. Journal of the Aeronautical Sciences, 1936, 3(4), str. 122–128
- [12] Smutnicki C., Algorytmy szeregowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2002
- [13] Kirkpatrick S., Gelatt C. D., Vecchi M. P., Optimization by simulated annealing, Science, 1983, 220, str. 671–680

XIII KONFERENCJA NAUKOWA – KONSTRUKCJE ZESPOLONE 2023 | Zielona Góra, 29–30 czerwca 2023 r.



Konferencja jest poświęcona szeroko rozumianym konstrukcjom zespolonym, które powszechnie stosowane są w budownictwie. Tematyka konferencji dotyczy aktualnej problematyki konstrukcji zespolonych z zakresu teorii, badań, projektowania, nowych technologii, realizacji, diagnostyki, wzmocnień, normalizacji i perspektyw rozwoju. Podczas konferencji zostaną wygłoszone dwa referaty problemowe, a jedna z sesji będzie poświęcona jubileuszowi 90 urodzin Profesora Tadeusza Bilińskiego.

Organizatorem konferencji jest Instytut Budownictwa Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Patronat honorowy nad konferencją objęli: Andrzej Adamczyk – Minister Infrastruktury, Kazimierz Furtak – Przewodniczący Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk, Wojciech Strzyżewski JM Rektor Uniwersytetu Zielonogórskiego, Janusz Kubicki – Prezydent Miasta Zielona Góra i Tadeusz Glapa – Przewodniczący Lubuskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Przyjęte przez Komitet Naukowy referaty konferencyjne będą opublikowane w czasopiśmie „Przegląd Budowlany”. Opłata konferencyjna wynosi 1600 zł, a dla uczestników nieprzekraczających 35 roku życia opłata wynosi 1000 zł.

Przewodniczący Komitetu Naukowego: Kazimierz Flaga

Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego: Jacek Korentz

www.konstrukcje-zespolone.uz.zgora.pl
Serdecznie zapraszamy do Zielonej Góry.



Realizacja kontraktów budowlanych w systemie project management – studium przypadku. Część I

Implementation of building contracts in the project management system – case study. Part I

dr hab. inż. Magdalena Rogalska (ORCID: 0000-0001-8408-3242), prof. uczelni,
Politechnika Lubelska, prof. dr hab. inż. Zdzisław Hejducki (ORCID: 0000-0003-2958-0128),
Politechnika Wrocławska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2712

Streszczenie: W artykule zaprezentowano przykład funkcjonowania zespołu Project Managerów na różnych poziomach zarządzania przedsięwzięciem budowlanym. Przedstawiono szczegółową procedurę realizacji przedsięwzięcia na najniższym poziomie struktury PM, w firmie wyspecjalizowanej do robót dachowych, w szczególności dachów płaskich o dużych powierzchniach. Artykuł zawiera doświadczenia i spostrzeżenia autorów z działalności inżynierskiej w prowadzeniu kontraktów budowlanych jako Projekt Manager (PM).

Słowa kluczowe: project management, zarządzanie, roboty budowlane, dachy wielkopowierzchniowe.

Abstract: The article presents an example of the functioning of a team of Project Managers at various levels of construction project management. A detailed procedure for the implementation of the project at the lowest level of the PM structure, in a company specialized in roofing works, in particular flat roofs with large surfaces, was presented. The article contains the authors' experiences and observations from engineering activities in the conduct of construction contracts as a Project Manager (PM).

Keywords: project management, management, construction works, large-area roofs.

1. Wprowadzenie

Specyfika systemu zarządzania typu project management w klasycznej postaci charakteryzuje się powiązaniem trzech elementów: czasu realizacji przedsięwzięcia, kosztu i jakości. Każdy negocjowany kontrakt na roboty budowlane zawiera, oprócz wielu szczegółowych zapisów, ustalenia dotyczące ceny usługi oraz termin jej realizacji. Szczególnie warunki ceny realizacji kontraktu jest przedmiotem negocjacji i stanowi priorytetowy wskaźnik umożliwiający, oprócz wielu innych, zdobycie kontraktu na roboty budowlane przez wykonawcę. Praca ta jest wynikiem doświadczeń zawodowych autorów realizujących kontrakty budowlane w wyspecjalizowanej firmie, w szczególności pokrycia i obudowy hal stalowych. Zagadnienia przedstawione w artykule dotyczą tematyki [1–11].

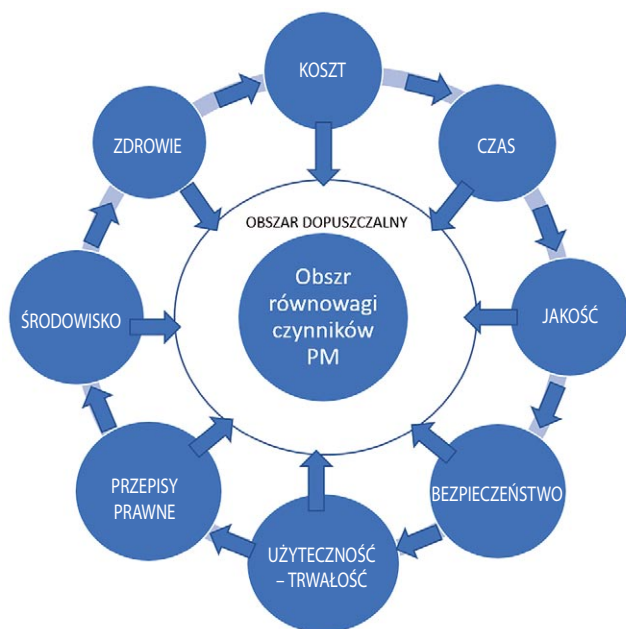
2. Sformułowanie problemu

W artykule przedstawiono metodykę realizacji kontraktów na roboty budowlane, w systemie zarządzania typu project management w wyspecjalizowanej firmie budowlanej. W szczególności, w budownictwie, z uwagi na specyfikę wynikającą z konieczności przestrzegania warunków technologicznych i organizacyjnych, system ten charakteryzuje się potrzebą synchronizacji działań wielu kierowników projektów (project managerów) realizujących swoje projekty na różnych poziomach zarządzania. W przypadku

przedstawiciela inwestora – project managera realizującego np. zadanie inwestycyjne: budowę obiektu, remont, modernizację itp., generalnego wykonawcy – realizującego i synchronizującego podstawowe roboty budowlane, podwykonawców, gdzie project managerowie realizują swoje szczegółowe projekty, np. montaż obudowy hali, wykonanie systemowego pokrycia dachu, odwodnienie dachu w systemie podciśnieniowym itp. W tak powstałej wielopoziomowej strukturze zarządzania, do wykonania robót budowlanych zgodnie z ustalonym i zatwierdzonym harmonogramem, niezbędna jest koordynacja działań na wielu poziomach zarządzania budową.

3. Podstawowe założenia

Przedstawiono szczegółowo procedury realizacji kontraktów na roboty specjalistyczne na podstawie doświadczeń autorów pracujących w firmie o macierzowej strukturze zarządzania. Model zarządzania firmy obejmującej terytorium kraju i realizującej wiele kontraktów jednocześnie zbudowany jest na macierzowej strukturze organizacyjnej, w której podstawą jest marketing, ofertowanie i ostatecznie, realizacja kontraktów budowlanych. Zadania te wykonywały regionalne biura marketingowo-techniczne, dla których zapleczem jest organizacyjna struktura centralnej jednostki decyzyjnej – siedziba firmy. Na poziomie firm podwykonawczych, realizujących najczęściej roboty jednego rodzaju, kontraktami zarządzali kierownicy (project managerowie).



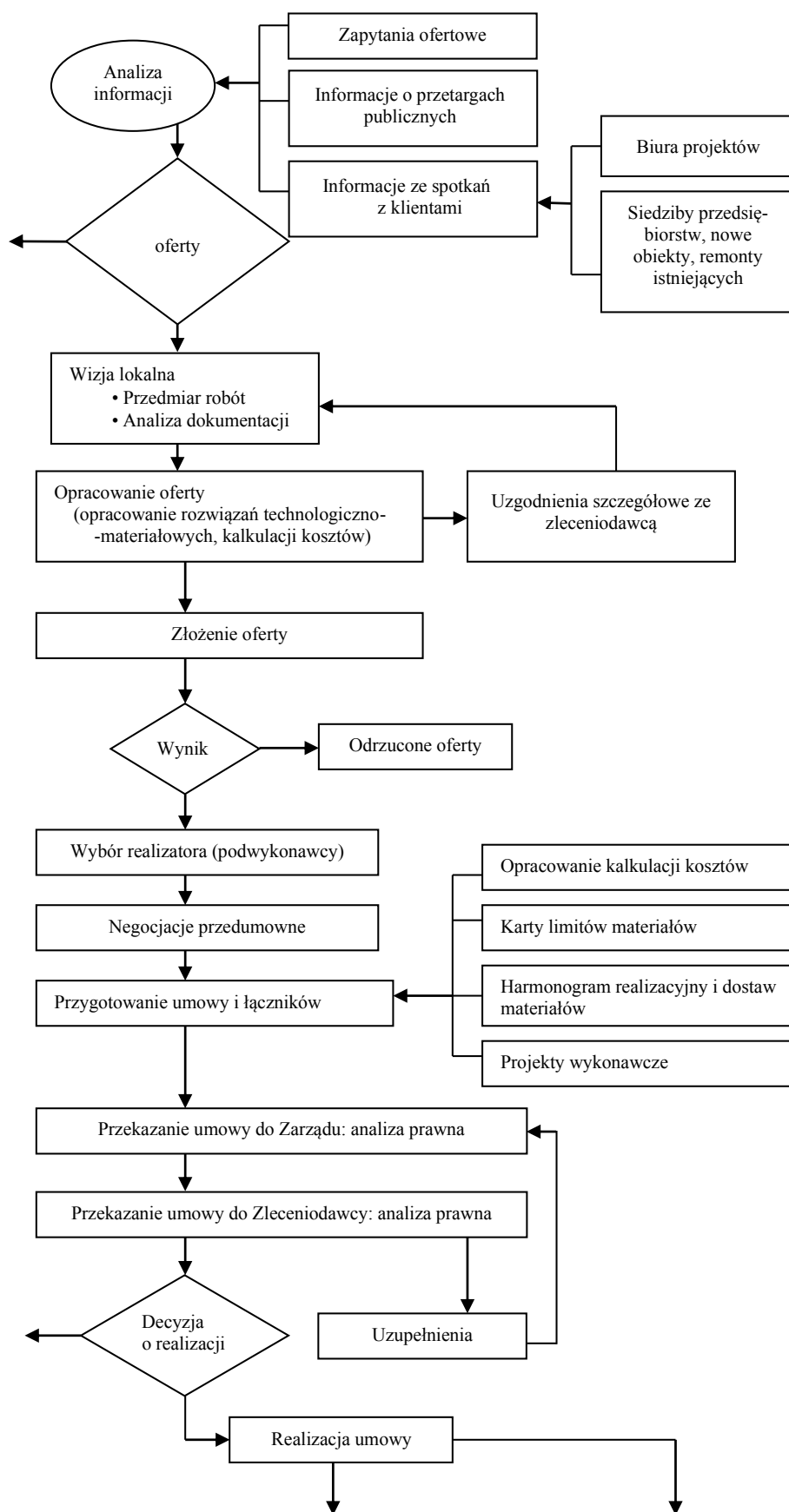
Rys. 1. Priorytetowe czynniki wpływu na działalność PM w strukturze organizacyjnej wykonawcy

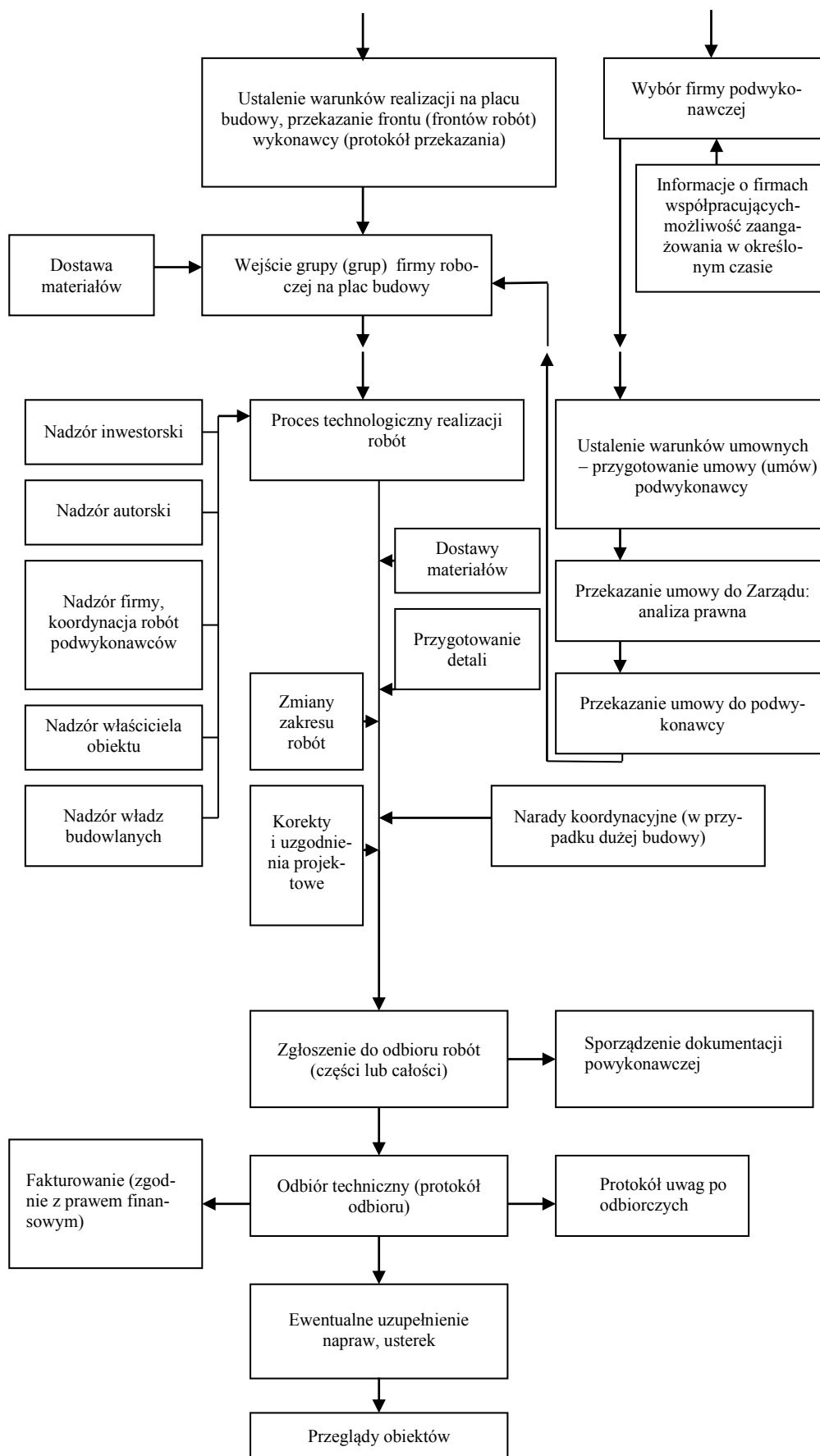
Na podstawie obserwacji autorów i analizy przypadków praktycznych można stwierdzić, że oprócz podstawowych cech charakteryzujących system zarządzania projektami typu PM, pojawiają się dodatkowe czynniki. Poniżej przedstawiono dodatkowe czynniki wpływu na sprawność zarządzania PM.

- Koszt – koszty projektu z punktu widzenia wykonawcy są o tyle istotne, że stanowią podstawę naliczania jego zysku. W zależności od sposobu podpisania umowy wykonawca zwykle dąży do obniżenia swoich kosztów, ponieważ od tego zależy jego zysk. Ma to miejsce w przypadku ustalenia ceny ryczałtowej za wykonywane roboty. W przypadku zamówień publicznych ustala się np. ceny jednostkowe za wykonywaną usługę i obmiarem powykonawczym uzyskuje się cenę końcową (ma to miejsce w przypadku robót remontowych, renowacyjnych, konserwacji zabytków, modernizacji). Zwykle wykonawca poszukuje projektów o wysokim koszcie, ponieważ gwarantuje mu to szeroki zakres pracy, a przy dobrze podpisanej umowie i prawidłowo wykonanej pracy – zysk. Wykonawca nie jest bezpośrednio zainteresowany pełnym kosztem projektu, np. ceną dokumentacji technicznej, ceną gruntu, kosztami użytkowania czy też zainstalowanych urządzeń technicznych. Wysoki koszt projektu nie jest gwarantem osiągnięcia wysokiego zysku wykonawcy i podwykonawców. Prawidłowy sposób prowadzenia projektu przez PM ogranicza nieuzasadnione zyski podwykonawców. Zysk uzyskiwany przez wykonawcę bazujący na pracy podwykonawców uzależniony jest od doboru najlepszego podwykonawcy. W grupie firm sprawdzonych na rynku budowlanym zwykle wybiera się tą, która proponuje wykonanie danej pracy po najniższej cenie. Kalkulacja najniższej ceny może wynikać z uwzględnienia korzystniejszej umowy zakupu materiałów budowlanych, np. ze względu na hurtowy charakter zakupu lub produkcję własną danego materiału. Niskie koszty własne są również składnikiem dobrej

ceny. Proponowanie przez niektóre firmy cen niższych niż minimalne określone z doświadczenia nie jest właściwe i wynika zwykle z braku wiedzy i umiejętności, zatem wiąże się w odniesieniu do wykonawcy z podejmowaniem niepotrzebnego ryzyka i doprowadza do konfliktów bądź niemożności wykonania zadania. Podwykonawcy mają bezpośredni wpływ na koszty prowadzonych prac. Dobór sprawnych metod organizacyjnych, materiałów, zespołów wykonawczych, urządzeń technicznych, własnych rozwiązań systemowych może doprowadzić do zwiększenia zysku zarówno wykonawcy, jak i podwykonawców. Wyspecjalizowane firmy podwykonawcze posiadające własne katalogowe rozwiązania systemowe, sprawną strukturę zarządzania są konkurencyjne na rynku i mogą zaproponować najniższe ceny, gwarantując jednocześnie odpowiednią jakość usług. Macierzowy charakter organizacji zarządzania firmą usprawnia działanie i obniża koszty zadania.

- Czas – wykonanie projektu w określonym czasie jest podstawowym zadaniem wykonawcy i podwykonawców. Przekroczenie terminu uzgodnionego w umowie może powodować nawet utratę zysku uczestników projektu. Związane jest to nie tylko z karami umownymi nakładanymi przez inwestora na wykonawcę, lecz również z utratą ciągłości pracy przez podwykonawców (nie mogą w określonym czasie rozpocząć swoich prac, tracąc przy tym alternatywne zlecenia). W przypadku projektów powtarzalnych przyjmuje się stałe cykle realizacji projektów i zwykle nie są przewidziane negocjacje dotyczące czasu trwania prac. Jest to zadanie trudne w przypadku czynników zakłócających, takich jak: złe warunki atmosferyczne, znaleziska archeologiczne, błędy projektowe i wykonawcze itp., lecz i tak zdecydowanie prostsze w odniesieniu do projektów remontowych, renowacyjnych zwłaszcza budynków zabytkowych o niepełnej dokumentacji przedwykonawczej. Mogą tutaj występować nieprzewidziane utrudnienia w postaci braku nośności elementów konstrukcyjnych, nieprawidłowych zakotwień, konieczności przeprowadzenia dodatkowych obliczeń statycznych, projektowania i wykonania wzmocnień. Praktycznie nie jest możliwe określenie szczegółowego harmonogramu prac w przypadku takich obiektów. Dla wykonawcy oznacza to, że nie jest w stanie określić dokładnie terminu zakończenia zadania, a zatem terminu rozpoczęcia następnego zadania. Kolizje czasowe mogą mieć miejsce również w wyniku braku szczegółowego planowania i koordynacji we współpracy pomiędzy podwykonawcami. Dotyczy to kolizji w terminach dostaw materiałów, szczególnie jeśli przesunięciu ulega dzień rozpoczęcia prac, a zatem zamówiony wcześniej materiał nie może być dostarczony na budowę w prawidłowym momencie (zeskładowany na budowie przeszkadza innym podwykonawcom) oraz powoduje opóźnienie możliwości wystawienia faktury za wykonane prace oraz obciążenie podwykonawcy kosztem zamówionego materiału i dostarczonego przez producenta w pierwotnie uzgodnionym terminie. Powoduje to zakłócenia w przepływie gotówki w firmie podwykonawczej i w przypadku dużych zamówień może prowadzić do utraty płynności finansowej. Konieczność ponoszenia





Rys. 2. Schemat działania zespołu Project Managera w strukturze firmy specjalistycznej

stałych kosztów w postaci wynagrodzenia pracowników, podatków dodatkowo utrudnia sytuację firmy. Popularny system planowania projektu CPM/PERT nie zawsze uwzględnia specyfikę budowlaną. Koncentrowanie się na drodze krytycznej powoduje często niezachowanie ciągłości pozostałych procesów budowlanych. Określanie najwcześniejszych i najpóźniejszych terminów rozpoczęcia i zakończenia prac zapewnia tzw. rezerwy czasu, co w praktyce oznacza przestoje firm albo frontów robót. Dlatego też wydaje się celowe stosowanie takich metod organizacji, które zapewnią uwzględnienie ciągłości pracy podwykonawców lub niekiedy ciągłości wykonania różnych procesów na frontach roboczych. Warunek ten nie jest spełniony w systemie CPM/PERT, którego metodyka dotyczy głównie analizy drogi krytycznej, nie uwzględniając interesów podwykonawców. Założenia probabilistycznego charakteru metody PERT często nie są stosowane w praktyce i nadawany jest im charakter deterministycznego modelu sieciowego. Równocześnie z uwagi na wielką liczbę (nawet kilka tysięcy) zadań w procesie realizacyjnym projektu model taki jest w praktyce nieczytelny i szybko ulega dezaktualizacji. Stosowane powszechnie komputerowe systemy planowania np. Primavera Systems, Sure Trak, Spider Project i inne służą głównie do przetwarzania wprowadzonych danych, a nie do planowania realizacji.

- **Jakość** – przedsiębiorstwo posiadające udokumentowany system zarządzania poprzez jakość ma ułatwiony dostęp do pozyskania zleceń. Jeśli system ten nie jest postrzegany jedynie jako dodatkowa uciążliwość, może przynieść wymierne korzyści w postaci zmniejszenia ryzyka powstania chaosu organizacyjnego i błędów decyzyjnych na różnych etapach realizacji projektu. Pozwala to ustrzec się przed samowolą pracowników, zmusza ich do dyscypliny, przestrzegania wymogów technicznych i technologicznych, zmusza do sprawniejszego działania, ułatwia kontrolę na wszystkich szczeblach. Porządkuje dokumentację firmy, ułatwiając dostęp do dokumentów. Z drugiej strony wykonawca zobowiązany jest do przestrzegania przepisów dotyczących zakupu i stosowania materiałów posiadających adekwatne dokumenty, takie jak: znak bezpieczeństwa B, atest PZH, aprobaty techniczne, deklaracje zgodności itp. Jest to warunek konieczny użycia materiałów budowlanych i montażu konstrukcji. Jest to częstym powodem konfliktów pomiędzy wykonawcą, podwykonawcami a inspektorem nadzoru. Częstym powodem nieporozumień bywa również zastosowanie nowych, niestosowanych dotychczas technologii. Budzą one obawy i często nieuzasadnione sprzeczności inspektorów nadzoru.

- **Bezpieczeństwo** – dotyczy przede wszystkim bezpieczeństwa pracowników. Stanowi wymagany prawem element dokumentacji technicznej. Podlega kontroli Państwowej Inspekcji Pracy, która to jest uprawniona nie tylko do nakładania kar pieniężnych, ale nawet do wstrzymania budowy. Istniejąca świadomość zagrożenia mienia i ludzi (wysoka wypadkowość w budownictwie) mobilizuje wykonawców do wypełniania przepisów lub też nawet wzmożenia zabezpieczeń w przypadku potencjalnego zagrożenia. Ponadto

polisy ubezpieczeniowe pracowników sformułowane są zwykle w taki sposób, że niespełnienie podstawowych warunków BHP powoduje utratę odszkodowania.

- **Przepisy prawne** – wszyscy zobowiązani są do wypełniania obowiązujących przepisów prawnych. Mogą one stać się zarówno czynnikiem zabezpieczającym interes wykonawcy, jak i innych uczestników projektu budowlanego. Oprócz prawa budowlanego i cywilnego wprowadza się przepisy szczegółowe uwzględniające uwarunkowania wykonawcze. Stanowią one treść umów cywilnoprawnych. Wykonawca zainteresowany jest w ustanowieniu szczegółowych zapisów umowy dotyczących warunków płatności, przyszłych roszczeń, gwarancji, rękojmi itp.

- **Środowisko** – pojawiające się w procesie realizacji projektu toksyczne bądź szkodliwe odpady poprodukcyjne wymagają określonych procedur utylizacyjnych, a zatem dodatkowych nakładów często nieuwzględnianych w kosztorysie przedwykonawczym. Największe zanieczyszczenia środowiska powstają na etapie wznoszenia obiektu budowlanego. Wykonawca zobowiązany jest do oczyszczania zwłaszcza dróg publicznych w sąsiedztwie budowy. Powinien również tak organizować pracę, aby minimalizować uciążliwość dla otoczenia i pracowników w postaci pylenia, emisji gazów, dymu czy też hałasu.

Przedstawione powyżej komentarze wynikają z doświadczeń autorów artykułów wyniesionych z praktyki zawodowej. Przeprowadzone analizy sytuacji praktycznych wskazują na istotny wpływ dodatkowych czynników na sprawność systemu PM.

Dalsza część artykułu będzie opublikowana w następnym numerze „Przeglądu Budowlanego”.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Afanasev V. A., Afanasev A. V., Stream scheduling of works in civil engineering (Плоточная организация работ в строительстве), St. Petersburg (in Russian), 2000
- [2] El-Rayes K., Moselhi O., Optimal Resource Utilization for Repetitive Construction Projects, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, tom 127, 1/2001, str. 18–27
- [3] Fewings P., Henjewe C., *Construction project management: an integrated approach 2019 – books*
- [4] Lucko G., Peña Orozco A. A., Float Types in Linear Schedule Analysis with Singularity Functions, *Journal of Construction Engineering and Management* 135(5)2009, str. 368–377
- [5] O'Brien J. J., ed., *Scheduling handbook*, McGraw-Hill Inc., New York, N. Y., 1969
- [6] Rogalska M., Bożejko W., Hejducki Z., Sterowanie poziomem zatrudnienia z zastosowaniem algorytmów genetycznych, *Pięćdziesiąta Pierwsza Konferencja Naukowa KIL i W PAN i KN PZITB Gdańsk-Krynica 2005*, str. 185–192
- [7] Russell A. D., Wong W., New Generation of Planning Structures, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, tom 119, 2/1993, str. 196–214
- [8] Senouci A. B., Eldin N. N., Dynamic Programming Approach to Scheduling of Nonserial Linear Project, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, tom 10, 2/1996, str. 106–114
- [9] Skorupka D., Risk Management in Building Projects, *AACE International Transaction*, CSC.1.91–CSC.1.96, The Association for the Advancement of Cost Engineering, USA,
- [10] Spalek S., Success Factors in Project Management, Literature Review, *Proceedings of 8th International Technology, Education and Development Conference INTED2014*, Valencia, Spain
- [11] Hejducki Z., Rogalska M., *Harmonogramowanie procesów budowlanych metodami sprzężeń czasowych*, Politechnika Lubelska, 2017, ISBN: 978-837947-246-8

Analiza kosztu i czasu wykonania budynku szkieletowego w aspekcie topologii schematu statycznego na przykładzie parkingu wielopoziomowego

Analysis of the cost and construction time of a frame building in terms of the static scheme topology on the example of a multi-storey car park

mgr inż. Tomasz Harczuk (ORCID: 0000-0003-1533-5260) Borowski Krzysztof Zakład Produkcyjno-Usługowy TOPAZ, Lublin, dr hab. inż. Magdalena Rogalska (ORCID: 0000-0001-8408-3242), prof. uczelni, Politechnika Lubelska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2713

Streszczenie: Podczas projektowania obiektów inżynierskich częstą praktyką projektantów jest stosowanie rozwiązań konstrukcyjnych z określonym zapasem bezpieczeństwa, większym niż wymagany normowo. Celem pracy jest określenie czasu i kosztu realizacji przedsięwzięcia budowlanego, obliczonego przy założeniu takich samych wysokości podciągów żelbetonowych oraz przy redukcji ich wysokości o 15, 20 i 30%, przy zachowaniu wymaganego normowo zapasu bezpieczeństwa. Ze względu na złożony charakter analizowanego problemu zastosowano szereg nowoczesnych narzędzi Autodesk AutoCAD, Robot Structural Analysis Professional, Norma EXPERT.

Słowa kluczowe: czas, koszt, budynek szkieletowy, topologia, schemat statyczny.

Abstract: When designing engineering structures, it is common practice for designers to use structural solutions with a certain safety margin, greater than required by the standard. The aim of the work is to determine the time and cost of the construction project, calculated with the assumption of the same height of reinforced concrete beams and reduction of their height by 15, 20 and 30%, while maintaining the safety margin required by the standard. Due to the complex nature of the analyzed problem, a number of modern tools Autodesk AutoCAD, Robot Structural Analysis Professional, Norma EXPERT were used.

Keywords: time, cost, frame building, topology, static scheme.

1. Wprowadzenie

Praca ma na celu wykazanie, czy możliwa jest redukcja przekrojów podciągów zewnętrznych budynków szkieletowych (w tym przypadku wielopoziomowego parkingu naziemnego) oraz czy ma znaczący wpływ na koszt i czas wykonywanego planowanego przedsięwzięcia budowlanego. Od lat 60. XX wieku parkingi samochodowe zaczęły zajmować znaczącą część obszarów zurbanizowanych. Wielopoziomowe parkingi nadziemne lub podziemne stały się także ważną częścią centr handlowych i korporacji. Zarówno funkcjonalność, jak i estetyka wykonania parkingów ma kluczowe znaczenie. Parkingi wielopoziomowe są wykorzystywane w centrach miast, na lotniskach, w centrach konferencyjnych, marketach, szpitalach, hotelach, miejscach zatrudnienia, obiektach sportowych, stacjach kolejowych, a nawet parkach rozrywki [3].

2. Podstawowe zasady projektowania parkingów

Potencjalni użytkownicy powinni być w stanie łatwo zidentyfikować zarówno miejsce parkingowe, jak i wjazd

na parking. W dużych miastach identyfikacja takiego miejsca jest bardzo pomocna dla podróżnych, którzy nie znają okolicy. Konstrukcje takich budowli są zazwyczaj otwarte, zapewniając dobrą wentylację i nie są wyższe niż 15 metrów. Zasadniczo parkingi wolnostojące wielopoziomowe są konstrukcjami szkieletowymi złożonymi z serii płyt (podestów) wspartych na belkach konstrukcyjnych (podciągach) oraz słupów, aby zapewnić dużą powierzchnię jezdnią dla pojazdów. Głównym czynnikiem decydującym o przydatności obiektu wydaje się liczba miejsc parkingowych w stosunku do wielkości, przekładając funkcjonalność nad estetykę, jednak nowoczesne obiekty łączą funkcjonalność z bardzo dobrym odbiorem wizualnym. Konstrukcje te wymagają niewielkiej ochrony przed warunkami atmosferycznymi i generalnie nie ma potrzeby stawiania dachu nad górną kondygnacją, co zmniejsza koszty takiego przedsięwzięcia. Należy jednak brać pod uwagę warunki pogodowe występujące w Polsce. Narażenie powierzchni na zawarte w soli chlorki oraz częste zmiany temperatur i opady muszą być brane pod uwagę przy doborze np. klasy ekspozycji betonu. Inwestorzy często kładą nacisk na osiągnięcie

niskich kosztów przypadających na jedno miejsce parkingowe, co prowadzi do projektowania konstrukcji z niewielkim zapasem wytrzymałościowym. Połączenie tych czynników wykazuje, że planowanie, projektowanie i budowa estetycznych, funkcjonalnych a zarazem ekonomicznych parkingów wielopoziomowych jest prawie zawsze bardzo trudna do realizacji [7].

Nowoczesne wielopoziomowe żelbetowe parkingi stają się coraz bardziej powszechne w obszarach miejskich, nie tylko obok innych budynków, takich jak centra handlowe i biura, ale także jako wolnostojące obiekty. Ich konstrukcje mogą być wykonane różnymi technologiami, na przykład:

- stalowe,
- żelbetowe monolityczne,
- żelbetowe monolityczne ze sprężonymi stropami,
- zespolone stal-beton lub beton-beton,
- prefabrykaty żelbetowe,
- stalowe z płytami kompozytowymi (stalowe ramy przestrzenne z niewspółpracującymi elementami kompozytowymi, głównie płytami jezdnyimi) [5].

Parkingi projektuje się tak, aby pasowały do lokalnego środowiska z odpowiednio połączonymi obiektami dla ruchu pieszych, ich użytkowanie powinno być zawsze możliwe dla wszystkich. Oznacza to, że projektant powinien wziąć pod uwagę pełen zakres elementów użytkowych w celu uzyskania kompleksowego rozwiązania projektowego, które skutkuje bezpiecznym, łatwym w użytkowaniu parkingu o wysokiej jakości [11].

Na proces projektowania wpływa przeznaczenie parkingu, częstotliwość użytkowania, system płatności i kontroli, a także związek z zewnętrzną siecią autostrad. Dlatego w przypadku parkowania krótkoterminowego, na przykład przez klientów sklepów, gdzie wymagana jest większa dynamiczność, zaleca się szersze miejsca parkingowe. Jednak w przypadku parkingów biurowych i długoterminowych, gdzie użytkownicy są zaznajomieni z procedurami parkowania, a ruch jest znacznie mniejszy, można rozważyć węższe miejsca parkingowe. Podobnie na mniejszych parkingach akceptowalna jest mniejsza dynamiczność, ponieważ w najgorszym przypadku niedogodności będą dotyczyć niewielu kierowców przez krótki czas. W przypadku dużych parkingów takie niedogodności są nieakceptowalne ze względu na większą liczbę kierowców oraz większe opóźnienia [12].

Małe, prywatne parkingi mogą dobrze radzić sobie z węższymi miejscami parkingowymi i mniejszą wysokością w świetle, ponieważ brak dynamiczności można zwalczyć poprzez kontrolowanie ruchu. Jednak w przypadku parkingów publicznych spowodowałoby to złe warunki parkowania, co mogłoby wpłynąć na bezpieczeństwo i prowadzić do niskiej jakości użytkowania. Należy też wziąć pod uwagę, że wielkość auta jest zmienna, a obecny rynek zapewnia pełną gamę pojazdów. Z tego względu w projekcie należy uwzględnić elastyczność wymiarów samochodów, szczególnie szerokości

i wymagania dotyczące wysokości w świetle. Wszelkie wymagania dotyczące dostępu dla pojazdów ratunkowych w zasadniczy sposób wpłyną na aspekty projektowania parkingów, dlatego związane z nimi kwestie wymagają wczesnego rozważenia [14].

Zaleca się, aby już na początku planowania parkingu przemyśleć kwestie dotyczące kontroli wjazdu oraz wyjazdu. W wielu przypadkach, zarówno dla parkingów publicznych, jak i prywatnych, kontrole wjazdu i wyjazdu są niezbędne, aby ograniczyć korzystanie z nich osób nieupoważnionych, aby zapobiec wjeżdżaniu na pełny parking, wjeżdżaniu przez wyjazd oraz aby zapewnić, żeby opłata za użytkowanie została uiszczona. Projekt powinien również zapewniać elastyczność w rodzaju instalowanych urządzeń sterujących, ponieważ z czasem może być konieczna ich wymiana lub zainstalowanie ich tam, gdzie początkowo nie było to wymagane. Jeżeli nie przemyślano wstępnych rozwiązań w kwestii środków kontroli wjazdu i wyjazdu, może stać się to trudne lub niemożliwe do wykonania w późniejszych etapach projektu.

Parking musi zapewniać dobre połączenia dla pieszych z obiektami zewnętrznymi. Połączenia przez parking będą wymagały zastosowania wielu elementów, takich jak chodniki, przejścia i obszary stojące, które przylegają do wind i drzwi. Dobra widoczność z odpowiednimi prześwitami umożliwi bezpieczne poruszanie się po parkingu [1].

Wiele czynników wpływa na to, czy użytkownik uzna parking za łatwy w użytkowaniu i będzie czuł się na nim komfortowo, na przykład:

- rozmiar parkingu i dynamiczność ruchu,
- układ parkingu, łatwość w znajdowaniu wolnych miejsc, szerokość alejek,
- bezpieczeństwo i ochrona,
- poziom widoczności,
- oświetlenie,
- jakość i styl wykończenia,
- jasne i zwięzłe informacje oraz oznaczenia.

Układ parkingu powinien być zaprojektowany tak, aby umożliwić kierowcom łatwe i bezpieczne manewrowanie, oraz w stosownych przypadkach oddzielić pojazdy od stref dla pieszych. Łatwość manewrowania zależy od szerokości alejek i miejsc parkingowych, które również wpływają na dynamiczną pojemność parkingu. Jest to niezmiernie ważne szczególnie w przypadku parkingów krótkoterminowych, na przykład w centrach handlowych, gdzie wielkość alejek ma kluczowe znaczenie dla funkcjonowania parkingu. W przypadku parkingów długoterminowych nie jest to aż tak istotne, dlatego wielkość miejsc parkingowych może być zmniejszona tam, gdzie użytkownicy są zaznajomieni z aranżacją parkingu, na przykład na parkingach biur [3].

Zalecaną praktyką jest projektowanie miejsc parkingowych do normalnego użytkowania przez samochody o standardowej wielkości oraz do sporadycznego użytkowania przez duże samochody. Należy jednak zwrócić uwagę na wymagania

parkingów specjalistycznych oraz na zwiększone gabaryty pojazdów. Większe wysokości w świetle mogą być dobrym rozwiązaniem na parkingach znajdujących się w obszarach turystycznych, gdzie prawdopodobny jest większy odsetek pojazdów z bagażnikami dachowymi. Typowe wymiary miejsc parkingowych dla standardowych pojazdów przedstawiono w tabeli 1 [6].

Tabela 1. Wymiary miejsc parkingowych

Lp.	Rodzaj użytkowania	Długość miejsca parkingowego [m]	Szerokość miejsca parkingowego [m]
1	Zróznicowane	4,80	2,40
2	Krótkie parkowanie	4,80	2,50
3	Długie parkowanie	4,80	2,30
4	Miejsce dla inwalidów	4,80	3,60
5	Rodzic z dzieckiem	4,80	3,20

Szerokości alejek projektuje się tak, aby pomieścić zwisy pojazdów, które mogą wystawać ponad zaplanowane 4,8 m. Można rozważyć zmianę tych wymiarów, aby dostosować się do problemów wynikających z ograniczonej przestrzeni lub szczególnych działań użytkownika. Jeśli spowoduje to zmniejszenie wymiarów, użytkownik powinien być świadomy różnic i wynikających z nich ograniczeń, takich jak trudniejsze manewrowanie. Tam, gdzie wymagane są komfortowe warunki parkowania, tak jak w centrach handlowych, projektowane są alejki o zwiększonych wymiarach.

Chociaż zwiększają dynamiczną pojemność alejki, kąty parkowania mniejsze niż 90° są rzadko stosowane na parkingach podziemnych i wielopoziomowych, ponieważ powoduje to wzrost powierzchni miejsc parkingowych i zmniejszenie wydajności kosztowej. Parkowanie pod kątem 45° zmniejsza całkowitą powierzchnię parkingu o około 20% w porównaniu do parkowania pod kątem 90°. W związku z tym kąty parkowania i związane z nimi szerokości alejek są podawane jako wytyczne, a okoliczności mogą uzasadniać stosowanie innych wymiarów [6].

Szerokości ostatnich miejsc parkingowych należy zwiększyć w miejscach, gdzie sąsiadują one ze ścianami lub barierami samochodowymi. Ten wzrost będzie podlegał kształtowi krawędzi, ale sugerowana jest dodatkowa przestrzeń boczna wynosząca około 300 mm od linii miejsca parkingowego do ściany lub bariery [3].

Preferowana jest konstrukcja o otwartej przestrzeni, ponieważ zapewnia bezpieczniejsze środowisko zarówno dla kierowców, jak i pieszych, ale wymagania projektowe często dyktują użycie słupów wewnętrznych. Rozmiary oraz rozmieszczenie tych słupów muszą być dokładnie przemyślane, aby zachować wydajność parkowania, dostęp do miejsc

parkingowych oraz pole widzenia. Słupy znajdujące się z przodu miejsc parkingowych mogą ograniczyć możliwości manewrowe, dlatego w celu usprawnienia ruchu na parkingu zaleca się zwiększyć odległości słupów od alejki.

Zaleca się, aby przynajmniej trzy standardowe miejsca parkingowe znajdowały się pomiędzy słupami wewnętrznymi przylegającymi do alejek oraz aby krawędzie słupów nie ograniczały szerokości tych miejsc. Słupy mogą jednak wystawać od 150 do 200 mm na miejsce parkingowe pod warunkiem, że znajdują się w zalecanej odległości od alejki. Tam, gdzie stosowane są większe słupy, wymagana jest szczególna uwaga, aby zachować zadowalające odstępy i użytkowanie. W takich przypadkach koordynacja sieci budynków i parkingów będzie musiała być procesem wielokrotnym.

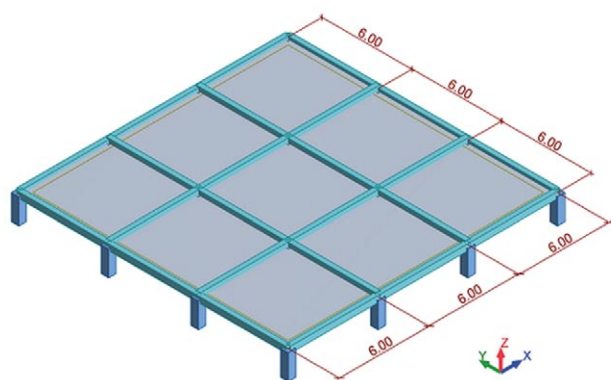
Należy również zauważyć, że słupy znajdujące się po bokach miejsc parkingowych mogą blokować drzwi i należy je dokładnie rozważyć, zwłaszcza tam, gdzie proponowane są ściany usztywniające. W tym przypadku wymagane będą dodatkowe odstępy boczne [2].

Zalecana minimalna wysokość w świetle dla pojazdów, mierzona prostopadle do powierzchni, powinna wynosić 2,10 m. Wielkość ta stosowana jest do wjazdów, wyjazdów, miejsc parkingowych, alejek oraz ramp, dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na różne wymagania dotyczące każdego obszaru. Dodatkowe odstępy będą potrzebne przy zmianach nachylenia, jak w przypadku ramp i gdzie stosowane są środki uspokajania ruchu (na przykład progi zwalniające).

Aby określić wysokość konstrukcyjną, zaleca się przygotowanie projektów branżowych do oznakowania, oświetlenia, wentylacji, barier i wszelkich innych możliwych występow pod konstrukcją, takich jak przewody i rury. Wystające elementy należy oszacować i dodać do minimalnej wysokości w świetle w celu określenia wymaganej wysokości konstrukcyjnej. Ponadto należy wziąć pod uwagę wykończenia, tolerancje wymiarowe oraz ugięcia konstrukcyjne.

Środki uspokajania ruchu, takie jak progi zwalniające, muszą być starannie umieszczone. Ich wysokość wynosi przeważnie od 75 do 100 mm, a zatem lokalnie zmniejszają wysokość w świetle. Tam, gdzie proponuje się kontrolę ruchu w postaci wznoszących się barier, wymagane są dodatkowe doły o głębokości od 300 do 600 mm. Takie lokalne wzrosty głębokości muszą być uwzględnione przy rozważaniu dostępnej przestrzeni na niższych piętrach. Minimalna wysokość w świetle wynosząca 2,10 m przeważnie wystarczy dla wszystkich standardowych samochodów, o ile uwzględni się zjazdy z ramp, szczególnie na dwupoziomowych parkingach, gdzie często stosuje się maksymalne nachylenie 1:6.

Tam, gdzie wymagane jest zapewnienie przestrzeni przeznaczonej dla pojazdów z wysokim dachem, na przykład dla osób niepełnosprawnych, zalecana jest minimalna wysokość w świetle 2,60 m zamiast normalnej wynoszącej 2,10 m.



Rys. 1. Schemat konstrukcji

Jeżeli nie jest możliwe zapewnienie jej na wszystkich trasach parkingu, kierowcy powinni zostać ostrzeżeni o ograniczeniach dotyczących wysokości jeszcze zanim zaczną ustawiać się w kolejce lub wjeżdżać na takie obszary. W takich przypadkach powinno się stosować wskazówki dojazdu do odpowiedniego miejsca parkingowego [2].

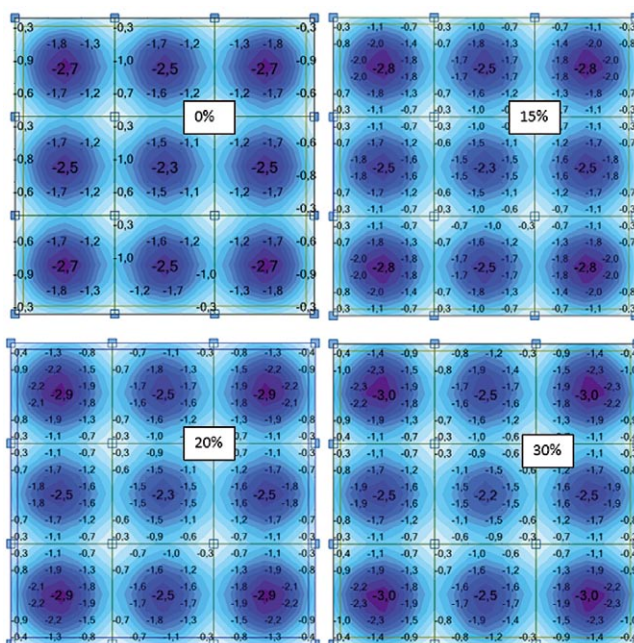
Nachylenie posadzek należy zaprojektować ze spadkiem około 2% w celu odwadniania. Ugięcia belek o dużej rozpiętości mogą również wpływać na nachylenie wymagane do utrzymania spadków drenażowych. Tam, gdzie parkingi są stale nachylone, zaleca się maksymalny spadek 5%. Jeżeli parking będzie bardziej stromy, mogą wystąpić trudności z otwieraniem i zamykaniem drzwi. Ponadto nachylenie parkingu może powodować niechciane ruchy wózków zakupowych, które mogą uderzać w pojazdy, a osoby o ograniczonej sprawności ruchowej mogą mieć problemy. Dodatkowo miejsca parkingowe przeznaczone dla motocykli powinny posiadać inny kąt nachylenia, aby uniknąć przewracania się pojazdów [4].

3. Schemat konstrukcji

Analizie obliczeniowej poddano budynek garażowy o konstrukcji szkieletowej, monolitycznej, 4-kondygnacyjny, o powierzchni kondygnacji 3600 m². Rozpatrzony został reprezentatywny wycinek konstrukcji o powierzchni 324 m² (3x6 m na 3x6 m) (rys. 1). Geometria konstrukcji pozwala na rozpatrzenie wycinka i zastosowanie obliczonych elementów w odniesieniu całej konstrukcji. Przyjęto najmniej korzystną konfigurację obciążeń przy uwzględnieniu 112 kombinacji normowych [7–10, 13].

Tabela 2. Zestawienie różnicy kosztów w poszczególnych kosztorysach

Lp.	Nazwa	Cena	Różnica między zwykłym a zredukowanym [zł]	Różnica między zwykłym a zredukowanym [%]
1	Podciąg 30x55	4 907 761,50 zł	0,00 zł	0,00%
2	Podciąg 30x55+30x46	4 848 018,61 zł	59 742,89 zł	1,22%
3	Podciąg 30x55+30x42	4 831 644,43 zł	76 117,07 zł	1,57%
4	Podciąg 30x55+30x38	4 818 926,03 zł	88 835,47 zł	1,84%



Rys. 2. Ugięcia płyt – schemat bazowy (0% redukcji) i po redukcji wysokości podciągów zewnętrznych o 15, 20 i 30%

Wykonano obliczenia z zastosowaniem programu Robot Structural Analysis Professional. Otrzymano wykresy ugięć płyt (rys. 2) i podciągów w odniesieniu do schematu konstrukcyjnego bazowego oraz z redukcją wysokości podciągów o 15, 20 i 30%.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że redukcja wysokości zewnętrznych podciągów jest możliwa nawet o 30%.

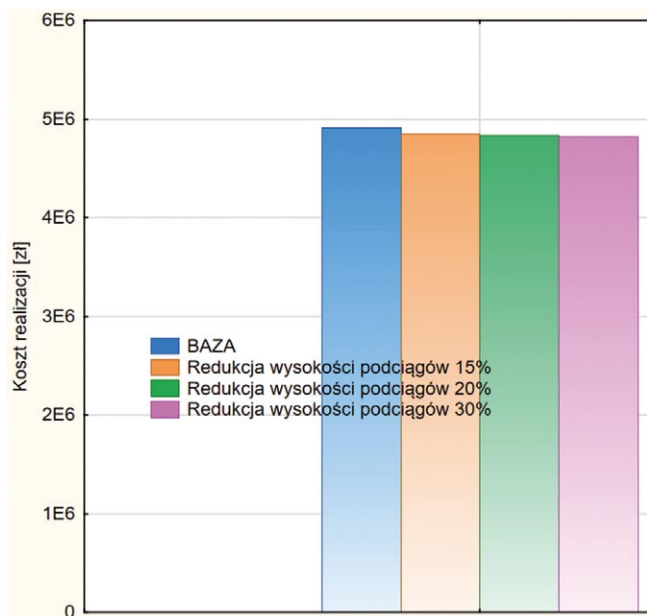
Na podstawie wykonanych obliczeń sporządzono kosztorys zawierający wykonanie deskowania, betonowania oraz zbrojenia płyty monolitycznej, podciągów, słupów oraz stóp fundamentowych. Narzuty kosztorysu wynoszą: koszty zakupu 7,8%, koszty pośrednie 70,5%, zysk 12,3% oraz podatek VAT 23%. Dodatkowo wykonano trzy kosztorysy różnicowe. Na ich podstawie dokonano analizy kosztów oraz czasu wykonania poszczególnych konfiguracji.

4. Zestawienie różnicy kosztów

Na podstawie kosztorysów różnicowych sporządzono tabelę, w której obliczona jest różnica kosztu wykonania obiektu podstawowego oraz obiektów ze zredukowanymi wysokościami przekrojów podciągów zewnętrznych (tab. 2).

Tabela 3. Zestawienie różnicy czasu w poszczególnych kosztorysach

L.p.	Nazwa	Liczba roboczo-godzin	Różnica r-g	Różnica r-g przy dwóch 4-osobowych brygadach	Różnica w dniach, przyjmując 8-godzinny czas pracy	Różnica w%
1	Podstawowy	29469	0	0	0	0,00%
2	Redukcja 15%	29160	309	39	5	1,05%
3	Redukcja 20%	29053	416	52	7	1,41%
4	Redukcja 25%	28967	502	63	8	1,70%

**Rys. 3.** Zestawienie różnicy kosztów w poszczególnych kosztorysach za pomocą wykresu słupkowego

5. Zestawienie różnicy czasu wykonania przedsięwzięcia

Na podstawie kosztorysów różnicowych sporządzono tabelę, w której obliczona jest różnica czasu wykonania obiektu podstawowego oraz obiektów ze zredukowanymi wysokościami przekrojów podciągów zewnętrznych. Przyjęto 8-godzinny czas pracy oraz dwie 4-osobowe brygady – jedną do układania mieszanki betonowej drugą do wykonania zbrojenia (tab. 3).

6. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza statyczno-wytrzymałościowa wykazała, że zaprojektowana konstrukcja przeniesie założone obciążenia. Według wykonanych obliczeń redukcja wysokości przekrojów podciągów o 15, 20 oraz o 30% jest możliwa.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że redukcja wysokości przekrojów podciągów ma wpływ na koszt wykonania obiektu parkingu wielopoziomowego. Redukcja kosztów

jest widoczna, ale oscyluje w granicach błędu statystycznego. Należy jednak zauważyć, że przy inwestycji oscylującej w granicach 5 mln zł różnica kosztów 2% to 100 000 zł. Różnica czasu wykonania podstawowego obiektu oraz obiektu o zredukowanych wysokościach przekrojów podciągów zewnętrznych o 30% przy pracy dwóch czteroosobowych brygad wynosi 8 dni, procentowa różnica czasu wynosi 1,70%. Projektowanie takiej konstrukcji jest problematyczne i czasochłonne, co prowadzi do zwiększonych kosztów poniesionych przez inwestora na etapie projektowania – opracowanie takiej konstrukcji będzie bardziej kosztowne. Redukcja wysokości przekrojów zewnętrznych może mieć zastosowanie tylko w niektórych przypadkach.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Akobo I., Georgewill V., Ngekpe B., Punching Shear Failure of Reinforced Concrete Flat Slab System-A Review Euro., J. Adv. Engg. Tech. 6(2)2019, str. 10–16
- [2] Association of Chief Police Officers in England and Wales, British Parking Association, Automobile Association and Home Office: The Secured Car Park Award Scheme – Guidelines For Self Assessment, (available from British Parking Association), London: ACPO, 1995
- [3] Bartolac M., Damjanović D., Duvnjak I., Proboj ravnih ploča s posmičnom armaturoj i bez takve armature, Gradjevinar, 67(8) 2015, str. 771–786 ISCEE 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1144 (2021) 012004 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1144/1/012004 9
- [4] BS 6093: Code of practice for design of joints and jointing in building construction. London: British Standards Institution, 1993
- [5] Building Regulations 1991: Approved Document A. Structure, London: HMSO, 1994
- [6] Chrest A. P., Smith M. S., Bhuyan S., Parking Structures – Planning, design, construction, maintenance and repair, 3rd edn., New York: Van Nostrand Reinhold, 2001 (4.7)
- [7] ENV1991-2-7: Eurocode 1: Basis of design and actions on structures: Part 2–7: actions on structures: accidental loads due to impact and explosions, European committee for standardization, London: British Standards Institution, 1998
- [8] Eurokod 0: Podstawy projektowania konstrukcji
- [9] Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – część 1 – 4 – Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru
- [10] Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu
- [11] Health and Safety Executive: Managing health and safety in construction, HSG 224. HSE, 2002
- [12] Institution of Structural Engineers, Soil-structure interaction – the real behaviour of structures, London: The Institution, 1989
- [13] Norma PN-EN 1992-1-1:2008: Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1
- [14] Skempton A. W., MacDonald D. H., Allowable settlements of buildings, ICE Procs Eng Divns (HPSW), Part III, tom 5, 1956, str. 727–768

Analiza kosztu wykonania żelbetowych płyt fundamentowych w aspekcie warunków gruntowych

Analysis of the cost of making reinforced concrete foundation slabs in terms of ground conditions

dr hab. inż. Magdalena Rogalska, prof. uczelni (ORCID: 0000-0001-8408-3242), Politechnika Lubelska, prof. dr hab. inż. Zdzisław Hejducki (ORCID: 0000-0003-2958-0128), Politechnika Wroclawska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2714

Streszczenie: Przeprowadzono analizę kosztu wykonania żelbetowych płyt fundamentowych posadowionych na terenie o prostych i złożonych warunkach gruntowych. Analizie obliczeniowej poddano płytę żelbetową o powierzchni 100 m². Obliczenia kosztów budowy płyt wykonano w 144 wariantach, przyjmując grubość płyty 25 i 30 cm, stopień zbrojenia 0,8 do 1,5% z gradacją co 0,1%, występowanie ostróg płyty (lub ich brak), cenę stali zbrojeniowej minimalną, średnią i maksymalną. Zastosowano stal zbrojeniową Ø12, Ø 14 i Ø16. W obliczeniach uwzględniono ceny usług geotechnicznych. Wyniki zestawiono w postaci wykresów i tabelarycznie.

Słowa kluczowe: koszt płyt fundamentowych, badania geotechniczne, stopień zbrojenia.

Abstract: An analysis of the cost of making reinforced concrete foundation slabs placed in an area with simple and complex soil conditions was carried out. A reinforced concrete slab with an area of 100 m² was subjected to computational analysis. Calculations of slab construction costs were made in 144 variants, assuming a slab thickness of 25 and 30 cm, a degree of reinforcement of 0.8 to 1.5% with a gradation of 0.1%, the presence of slab spurs, the minimum, average and maximal prices of steel. Reinforcing steel Ø12, Ø14 and Ø16 were used. The calculations take into account the prices of geotechnical services. The results were presented in the form of graphs and tables.

Keywords: cost of foundation slabs, geotechnical tests, degree of reinforcement.

1. Wprowadzenie

Grunt wysadzinowy powoduje wiele problemów już podczas wstępnych etapów budowy. Jeśli prace zostaną przeprowadzone nieprawidłowo, to może dojść do wysadzania fundamentów, co wiąże się z uszkodzeniem obiektu budowlanego. Koszt naprawy obiektów budowlanych może wielokrotnie przewyższać koszty poniesione na początku procesu inwestycyjnego na wykonanie badań geologicznych oraz projektów geotechnicznych. W artykule przedstawiono obliczenia mające na celu określenie różnicy kosztów wykonania płyt fundamentowych posadowionych na terenie o prostych i złożonych warunkach gruntowych. Pomimo, jak wykazano w obliczeniach, niewielkiej różnicy kosztów w etapie wstępnym budowy, nadal nie są wykonywane prawidłowe badania geologiczne podłoża, co skutkuje awariami i niejednokrotnie w sposób istotny generuje dodatkowe koszty na etapie użytkowania.

2. Badania geologiczno-inżynierskie

Właściwe wykonanie projektu budowlanego jest głównym czynnikiem determinującym pomyślne zakończenie

przedsięwzięcia inwestycyjno-budowlanego w zaplanowanym czasie i w zgodzie z prognozowanym budżetem. Integralną częścią projektu budowlanego jest projekt posadowienia budowli. Rzetelne wyniki badań geologiczno-inżynierskich stanowią podstawę do optymalizacji projektowania, zdefiniowania i oceny ryzyka geotechnicznego. Potencjalne geozagrożenia powinny być rozpoznane na etapie badań geologiczno-inżynierskich [3].

Badania geologiczne w Polsce wykonuje się w trzech etapach.

- Etap I

Stanowi rozpoznanie w celu opracowania programu funkcjonalno-użytkowego, planu zagospodarowania przestrzennego, koncepcji projektowej. Wykorzystuje się dane archiwalne oraz wykonuje się kilka lub kilkanaście odwiertów badawczych (w zależności od wielkości i rodzaju budowli). Analizuje się mapy geologiczne i topograficzne. W przypadku niewielkich projektów budowlanych zazwyczaj jest to jedyny realizowany etap [2].

- Etap II

Obejmuje wykonanie prac terenowych, laboratoryjnych, kameralnych, opracowanie szeregu dokumentacji – niezbędnych do uzyskania pozwolenia na budowę.

Jest to najbardziej kosztowny etap badań i dlatego program badawczy często obejmuje minimum wymagane przez urzędy zatwierdzające dokumentację geologiczno-inżynierskie. Inwestor lub działające na jego zlecenie biuro projektowe chcą przeważnie otrzymać dokument najtańszy, rezygnując często z jakości, którą zazwyczaj determinuje liczba przeprowadzonych testów, ich rodzaj i dobór do warunków lokalnych oraz doświadczenie wykonującego badania.

• Etap III

Badania wykonywane są na zlecenie generalnego wykonawcy tuż przed przystąpieniem lub w trakcie trwania prac budowlanych. W przypadku stwierdzenia odmiennych od pierwotnie zakładanych warunków gruntowo-wodnych istnieje zwykle konieczność zmiany projektu posadowienia budowli. Związane jest to z dużymi opóźnieniami wykonania przedsięwzięcia inwestycyjno-budowlanego oraz zwykle znaczącym wzrostem kosztu wykonania.

Problem nieprawidłowych badań geologicznych nie jest specyficzny w odniesieniu do Polski. Występuje na całym świecie. Badania naukowców w Portugalii [6] wykazały, że klienci i wykonawcy są zgodni co do tego, że główne przyczyny przekroczenia kosztów wynikały z błędów projektowych (56% budów), bezpośrednich zmian zleconych przez klienta (55%) oraz odmiennych warunków na placu budowy ze względu na przeszkody geologiczne i geotechniczne (55%).

Problem analizowany był również przez naukowców z Tajwanu [8]. Zmiany projektowe występujące w projektach budowlanych często powodowały przekroczenie kosztów i czasu realizacji. Zarządzanie zmianą ocenili jako kluczowe zagadnienie w zarządzaniu projektem. Analiza wskazuje ponadto, że aby zapobiec zmianom w projekcie, z powodu niedostatecznych badań geologicznych, należy wzmocnić badania terenowe na etapie analizy wykonalności i planowania projektu dla przyszłych podobnych projektów.

Jedną z podstawowych niewiadomych w inżynierii geotechnicznej jest ryzyko napotkania niespodziewanego stanu geologicznego. Wynika to z faktu, że materiały geologiczne są często nieregularnie ułożone i bardzo zmienne pod względem właściwości materiałowych i masowych. Nieprowadzenie w przewidywaniu warunków gruntowych w miejscu budowy wynika na ogół z niedostatecznego rozpoznania geologicznego [1].

Warunki gruntowe na placu budowy stały się gorsze niż kiedykolwiek z powodu nadmiernego zaludnienia obszarów miejskich na całym świecie. Dobrej jakości materiały budowlane są cennym zasobem, który należy pozostawić następnym pokoleniom. Z tych powodów oraz ze względu na ograniczenia środowiskowe dotyczące robót publicznych w ostatnim dziesięcioleciu wzmacnianie podłoża staje się niezbędnym elementem projektów rozwoju infrastruktury zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się. Podstawowe zasady wzmacniania podłoża były niezmiennie od początku historii ludzkości. Praktyka jednak zmieniła się z czasem ze względu na rozwój nowych

materiałów, nowych maszyn, nowych technologii. Obecny stan wiedzy przedstawia zasady ulepszania gruntu i skupia się na najnowszym rozwoju takich tradycyjnych technologii, jak zagęszczanie, konsolidacja/odwadnianie i stabilizacja domieszkami [7].

Prowadzone są prace naukowe mające na celu udoskonalenie i automatyzację kontroli jakości badań geologicznych i geotechnicznych, np. metodą transformacji modelu geologicznego CRM [9].

Z doświadczenia [5] wynika, że główne nieprawidłowości obserwowane w dokumentowaniu to:

- ograniczanie zakresu badań geologiczno-inżynierskich oraz badań podłoża gruntowego;
- wykonywanie dokumentacji geologiczno-inżynierskich wyłącznie na podstawie danych archiwalnych z dokumentacji badań podłoża;
- niska jakość wierceń;
- nieprzestrzeganie zasad dotyczących pomiarów hydrogeologicznych oraz lokalizacji punktów dokumentacyjnych;
- ograniczanie zakresu badań laboratoryjnych do cech fizycznych;
- niewłaściwe dobieranie metod badań do warunków gruntowych;
- wyznaczanie parametrów fizyczno-mechanicznych na podstawie normy PN-B-03020;
- obniżenie poziomu wiedzy geologicznej, doświadczenia i umiejętności geologów – dokumentatorów;
- powszechne powielanie treści, co wpływa na obniżanie jakości dokumentacji oraz rozwiązań interpretacyjnych;
- brak wpływu dokumentatora na zakres i metodykę wykonywania badań geologiczno-inżynierskich.

W piśmiennictwie polskim i zagranicznym znajdujemy doskonałe opracowania zasad prowadzenia i dokumentowania badań geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych [10]. Doskonale opracowane normy:

- PN-EN 1997 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne;
- do badań identyfikacyjnych: PN-EN ISO 14689 Oznaczenie i klasyfikowanie skał (2 części), PN-EN ISO 14688 Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów (3 części);
- do badań laboratoryjnych: PKN-CEN ISO/TS 17892 Badania laboratoryjne gruntów (12 części);
- do badań polowych: PN-EN ISO 22476 Badania polowe (13 części), EN ISO 22477 Badania konstrukcji geotechnicznych (7 części), PN-EN ISO 22475 Pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych (3 części), PN-EN ISO 22282 Badania hydrogeologiczne (6 części) powinny zapewnić bezpieczeństwo finansowe inwestora i wyeliminowanie błędów projektowych związanych z niewłaściwymi badaniami podłoża. Przykładowe awarie budynków związane z nieprawidłowymi badaniami geotechnicznymi przedstawiono na rysunkach 1–4.

Naprawa obiektów budowlanych po awariach związanych z niewłaściwą oceną podłoża gruntowego jest bardzo



Rys. 1. Zamek Książąt Pomorskich (<https://www.ppoz.pl/czytelnia/rozpoznawanie-zagrozen/Unikatowa-katastrofa-/idn:1817>)



Rys. 3. Odsparzanie belek nadprożowych – budynek szkolny w województwie lubelskim

kosztowna. Dotyczy zwykle: konieczności wzmocnienia podłoża, remontu elementów budynku, które uległy uszkodzeniu, zamówienia projektu remontu, zawieszenia użytkownika. Inwestor ponosi ogromne straty, zwłaszcza jeśli obiekt



Rys. 2. Budynek mieszkalny w Stargardzie (<https://szczecin.wyborcza.pl/szczecin/7,34939,28445840>)



Rys. 4. Destrukcja okładziny cokołów – budynek szkolny w województwie lubelskim

został wybudowany z kredytu bankowego, przy założeniu uzyskiwania dochodów z jego użytkowania.

3. Studium przypadku

Analizie obliczeniowej poddano hipotetyczny budynek posadowiony na płycie żelbetowej o powierzchni 100 m². Obliczenia kosztów budowy płyt wykonano

Tabela 1. Zestawienie średnich cen usług geotechnicznych

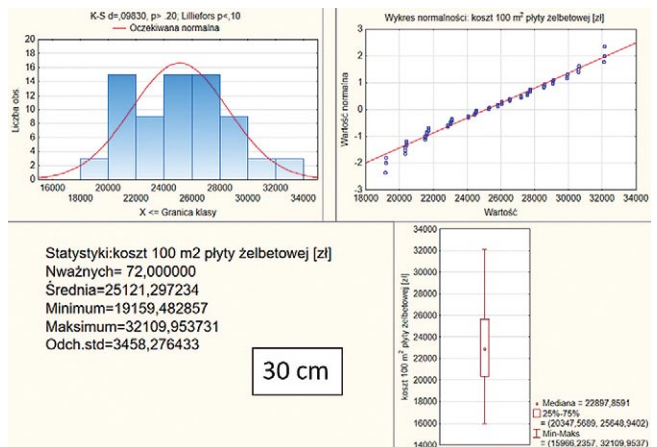
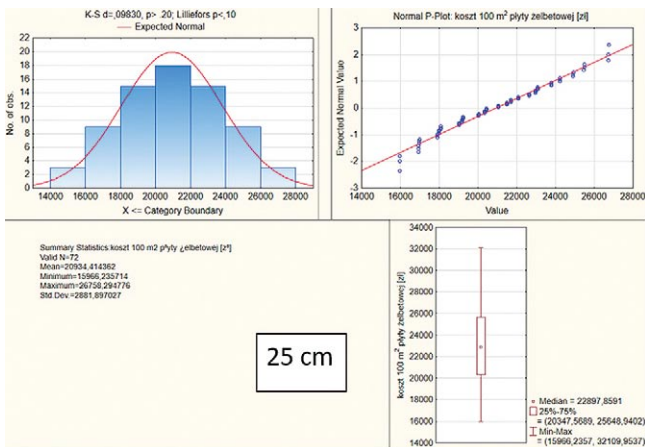
Lp	Nazwa usługi	Cena [zł]
1	Opinia geotechniczna pod dom niepodpiwniczony – 3 odwierty nieorurowane w gruncie w obrysie planowanego budynku, sondowanie	1800,00
2	Opinia geotechniczna pod dom niepodpiwniczony – 2 odwierty nieorurowane w gruncie w obrysie planowanego budynku, sondowanie	1500,00
3	Opinia określająca możliwości wykonania przydomowej oczyszczalni ścieków	1250,00
4	Opinia hydrogeologiczna na potrzeby wydania warunków zabudowy	3000,00
5	Projekt geotechniczny	od 2500,00
6	Badania geofizyczne georadarem	5800,00 za dzień
7	Opinia geotechniczna pod dom podpiwniczony – 3 odwierty nieorurowane w gruncie w obrysie planowanego budynku, sondowanie	2250,00

Tabela 2. Zestawienie pozycji kosztorysowych wykorzystywanych do wyceny żelbetowych płyt fundamentowych

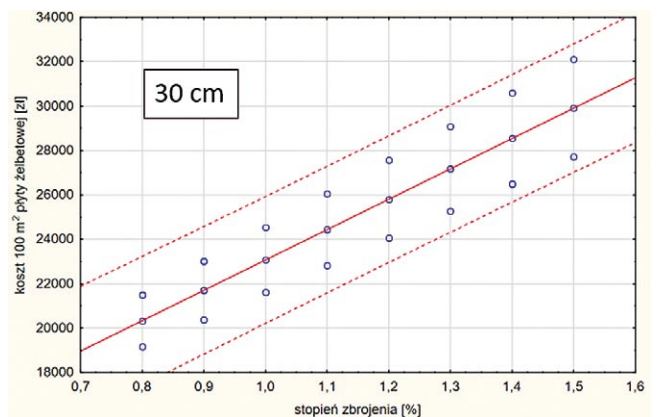
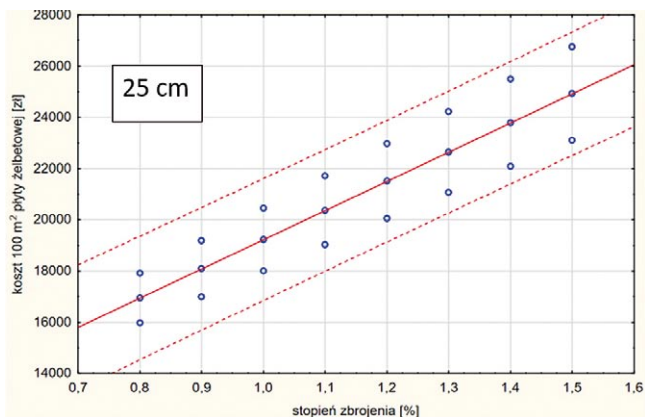
Lp	Pozycja kosztorysowa	Opisy	Nakłady	Koszty z narzutami
1	KNR 2-01 0207-02	Roboty ziemne wykonywane koparkami podsiębiernymi o pojemności łyżki 1,20 m ³ w gruncie kat. III z transportem urobku samochodami samowyladowczymi na odległość do 1 km	7,7 m ³	175,58 zł
2	KNR-W-2-02 0205-01	Płyty fundamentowe żelbetowe z zastosowaniem pompy do betonu	30 m ³	9381,30 zł
			25 m ³	7817,75 zł
3	KNR 2-02 0290-02	Przygotowanie i montaż zbrojenia elementów budynków i budowli – pręty zbrojone o średnicy 8–14 mm – z pominięciem kosztu stali zbrojeniowej	Zgodnie ze stopniem zbrojenia	2,54 zł/kg zbrojenia

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
średnica pręta zbrojeniowego [mm]	średnica pręta zbrojeniowego [mm]	powierzchnia przekroju pręta [cm ²]	stopień zbrojenia [%]	v5/100	liczba sztuk w m ² płyty	waga 1 mb pręta [kg]	waga pręta zbrojeniowego na 100 m ² płyty	waga pręta zbrojeniowego na 100 m ² płyty	cena stali zbrojeniowej [zł/kg]	Cena zbrojenia na 10C m ² płyty
F12	1,13	3000	0,8	0,008	21,2303381	0,888	18,665177	1865,02177	5,16	9731,85133
F12	1,13	3000	0,9	0,009	23,8910053	0,888	21,2170991	2121,70991	5,16	10948,1327
F12	1,13	3000	1	0,01	26,5486726	0,888	23,752212	2357,52212	5,16	12164,8142
F12	1,13	3000	1,1	0,011	29,2053398	0,888	25,9227434	2593,27434	5,16	13381,2954
F12	1,13	3000	1,2	0,012	31,8584071	0,888	28,2902655	2829,02655	5,16	14597,77
F12	1,13	3000	1,3	0,013	34,5122743	0,888	30,6477876	3064,77876	5,16	15814,258
F12	1,13	3000	1,4	0,014	37,1681416	0,888	33,0053097	3300,53097	5,16	17030,7392
F12	1,13	3000	1,5	0,015	39,8230088	0,888	35,3628319	3536,28319	5,16	18247,2211
F14	1,54	3000	0,8	0,008	15,5844156	1,21	18,8571429	1885,71429	5,16	9730,2857
F14	1,54	3000	0,9	0,009	17,5346725	1,21	21,2142857	2121,42857	5,16	10946,571
F14	1,54	3000	1	0,01	19,4850395	1,21	23,5714286	2357,14286	5,16	12162,857
F14	1,54	3000	1,1	0,011	21,4353714	1,21	25,9285714	2592,85714	5,16	13379,1429
F14	1,54	3000	1,2	0,012	23,3786234	1,21	28,2857143	2828,57143	5,16	14595,4286
F14	1,54	3000	1,3	0,013	25,3249753	1,21	30,6428571	3064,28571	5,16	15811,7143
F14	1,54	3000	1,4	0,014	27,2712273	1,21	33,0000000	3300,00000	5,16	17028,0000
F14	1,54	3000	1,5	0,015	29,2207792	1,21	35,3571429	3535,71429	5,16	18244,2857
F16	2,01	3000	0,8	0,008	11,9402983	1,58	18,8696716	1886,96716	5,16	9734,6885
F16	2,01	3000	0,9	0,009	13,4328358	1,58	21,2238096	2122,38096	5,16	10951,5228
F16	2,01	3000	1	0,01	14,9253731	1,58	23,5820896	2358,20896	5,16	12168,358
F16	2,01	3000	1,1	0,011	16,4179104	1,58	25,9402985	2594,02985	5,16	13385,19
F16	2,01	3000	1,2	0,012	17,9104478	1,58	28,2928375	2829,28375	5,16	14602,0299
F16	2,01	3000	1,3	0,013	19,4029851	1,58	30,6500464	3065,00464	5,16	15818,868
F16	2,01	3000	1,4	0,014	20,8955224	1,58	33,0149254	3301,49254	5,16	17035,7012
F16	2,01	3000	1,5	0,015	22,3880697	1,58	35,3731343	3537,31343	5,16	18252,537

Rys. 5. Fragment arkusza kalkulacyjnego w programie STATISTICA StatSoft



Rys. 6. Statystyki podstawowe kosztu zbrojenia płyt fundamentowych o grubości 25 i 30 cm, zbrojenia prętami zbrojeniowymi Ø12, Ø14 i Ø6 oraz cenach minimalnych, średnich i maksymalnych stali zbrojeniowej



Rys. 7. Wykresy zależności kosztu zbrojenia 100 m² płyty żelbetowej w zależności od stopnia zbrojenia i ceny prętów zbrojeniowych, ceny stali: minimalna, średnia i maksymalna, w odniesieniu do grubości płyty fundamentowej 25 i 30 cm

Rys. 8. Graficzne zestawienie kosztów zbrojenia płyt żelbetonowych o grubości 25 i 30 cm w aspektach: stopnia zbrojenia, średnicy prętów zbrojeniowych i ceny stali zbrojeniowej

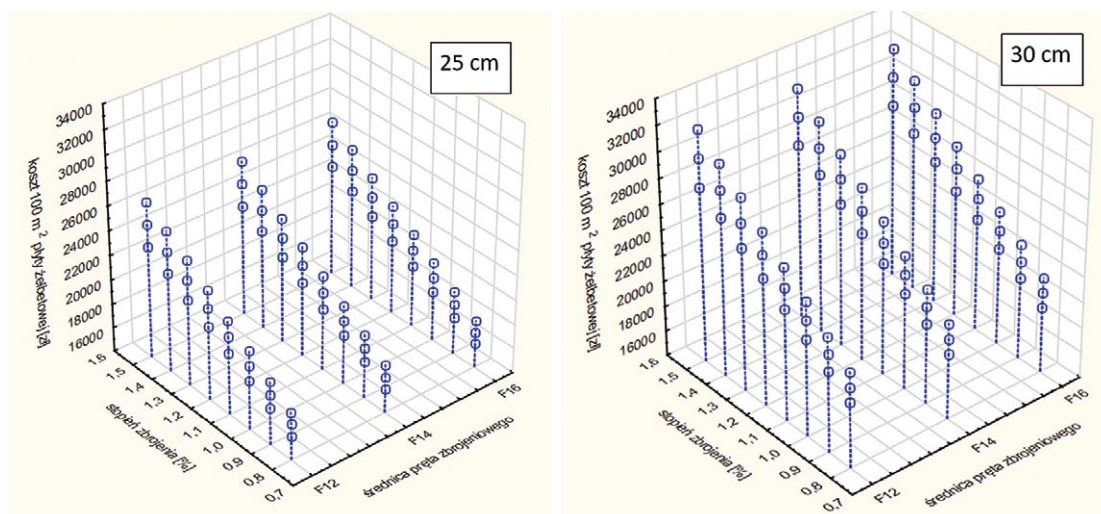


Tabela 3. Zestawienie kosztów minimalnych i maksymalnych badań geotechnicznych i geologicznych oraz budowy płyt fundamentowych żelbetonowych o powierzchni 100 m²

Składniki kosztu	Koszt minimalny	Koszt maksymalny
	Warunki gruntowe proste	Grunt wysadzinowy
Badania geologiczne	1800 zł	7000 zł
Stopień zbrojenia	0,8%	1,5%
	15 966 zł	32 109 zł
Grubość płyty fundamentowej	25 cm	30 cm
	7817 zł	9772 zł
Występowanie ostróg płyty + roboty ziemne	NIE	TAK
	-	2880,00 zł
RAZEM	25 583zł	51 761 zł

Obliczenia wykonano w programie STATISTICA StatSoft. Fragment arkusza kalkulacyjnego przedstawiono na rysunku 5. Wyniki obliczeń – na rysunkach 6–8.

4. Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy wynika, że różnica kosztu 1 m² żelbetonowej płyty fundamentowej wraz z badaniami geologicznymi, maksymalnie wynosi 261,78 zł, przyjmując najniższy koszt 255,83 zł/m² w odniesieniu do płyty o grubości 25 cm, o stopniu zbrojenia 0,8% posadowionych na terenie o prostych warunkach gruntowych oraz 517,61 zł w odniesieniu do płyty o grubości 25 cm, o stopniu zbrojenia 0,8% posadowionych na terenie o złożonych warunkach gruntowych. Szczegółowe zestawienie zaprezentowano w tabeli 3. Różnica kosztu badań geologicznych wynosi 5200 zł. Kwota ta, chociaż niewielka w odniesieniu do budowy obiektu budowlanego, stanowi skuteczną zaporę w podejmowaniu przez inwestorów pełnych badań geologicznych. Również wizja wzniesienia płyty fundamentowej o wyższych parametrach wytrzymałościowych powoduje rezygnację z przeprowadzenia właściwych badań gruntu. Jest to oczywiście nieprawidłowe i często prowadzi do generowania bardzo wysokich kosztów działań naprawczych w okresie budowy lub eksploatacji obiektu budowlanego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Fookes P. G., Baynes F. J., Hutchinson J. N., Total Geological History: A Model Approach To The Anticipation, Observation And Understanding Of Site Conditions, Paper presented at the ISRM International Symposium, Melbourne, Australia, listopad 2000
- [2] Grela M., O konieczności profesjonalnego wykonywania badań, Inżynieria i Budownictwo 11/2013, str. 578–579
- [3] Grela M., Tarczyński K., Problemy projektowania i wykonywania badań geologiczno-inżynierskich w Polsce, Przegląd Geologiczny, tom 62, 10(2)2014
- [4] Kłosiński B., Perspektywy zmian Eurokodu 7: Projektowanie geotechniczne, Inżynieria i Budownictwo 3/2017
- [5] Majer E., Sokołowska M., Frankowski Z., Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2018
- [6] Moura H. M. P., Teixeira J. M. C., Pires B., Dealing with cost and time in the Portuguese construction industry, CIB World Building Congress, Cape Town, South Africa, 2007 – Construction for development: proceedings of the CIB World Building Congress 2007 (S.l.: CIB, 2007)
- [7] Terashi M., Juran I., Ground Improvement – State Of The Art. Paper presented at the ISRM International Symposium, Melbourne, Australia, listopad 2000
- [8] Ting-ya H., Wen-lon Cheng, Statistical analysis of causes for design change in highway construction on Taiwan, International Journal of Project Management, tom 23, 7, październik 2005, str. 554–563, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108370>
- [9] Wu H., Zhao Y., Zhang D., Automatic control method of construction quality of geological survey in geotechnical engineering. Arab J Geosci 13, 836 (2020), <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05809-6>
- [10] Wysokiński L., Kotlicki W., Godlewski T., Projektowanie według Eurokodów, ITB 2011, ISBN: 978-83-249-4831-4

Wpływ wybranych czynników na jakość w budownictwie mieszkaniowym

Influence of selected factors on quality in residential construction

mgr inż. Karol Pochybełko (ORCID: 0000-0002-2265-0464), prof. dr hab. inż. Bożena Hoła (ORCID: 0000-0001-6630-8065), Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2715

Streszczenie: W artykule zamieszczono wyniki badań dotyczące identyfikacji wybranych czynników i oceny ich wpływu na jakość budynków mieszkalnych. Badania i analizy czynników wpływu ograniczono do fazy realizacji, którą poprzedzała szczegółowa analiza kompletności dokumentacji projektowej, przyjętych rozwiązań, zastosowanych materiałów oraz możliwości zrealizowania obiektu. Jako miarę jakości budynków mieszkalnych przyjęto liczbę i rodzaj wad stwierdzonych podczas przeprowadzanych odbiorów technicznych. Obliczono wartości współczynników korelacji *rho* Spearmana oraz określono wpływ zidentyfikowanych czynników na jakość.

Słowa kluczowe: jakość, budynki mieszkalne, wady, czynniki wpływu na jakość, współczynnik korelacji.

Abstract: The article presents the results of research on the identification of selected factors and the assessment of their impact on the quality of residential buildings. Research and analyzes of the impact factors were limited to the implementation phase, which was preceded by a detailed analysis of the completeness of the design documentation, the solutions adopted, the materials used and the possibility of building the facility. The number and type of defects found during technical acceptance tests were adopted as a measure of the quality of residential buildings. The values of Spearman's *rho* correlation coefficients were calculated and the influence of the identified factors on the quality was determined.

Keywords: quality, residential buildings, defects, factors influencing quality, correlation coefficient.

1. Wprowadzenie

Identyfikacja czynników mających wpływ na powstawanie wad budowlanych powinna leżeć u podstaw działalności każdego przedsiębiorstwa budowlanego. Potwierdzają to badania [1], a także wizja jakości Crosby'ego [2], na podstawie której autor stwierdza, że jakość dotyczy wszystkich obszarów działalności przedsiębiorstwa i można ją zmierzyć za pomocą kosztów [3]. Niewątpliwie możemy mówić

o złożoności uwarunkowań prowadzących do wysokiej lub niskiej jakości w budownictwie [4]. Ocena nieprawidłowości związanych z jakością budynku mieszkalnego nie może być kompletna bez szerokiej analizy działalności przedsiębiorstwa, przy czym kluczowe powinno być uwzględnienie uwarunkowań na wszystkich etapach realizacji przedsięwzięcia budowlanego.

W artykule przedstawiono wyniki badań, których celem była identyfikacja wybranych czynników i ocena ich wpływu na jakość budynków mieszkalnych. Prowadzone w tym

Tabela 1. Czynniki mające wpływ na jakość w budownictwie

L.p.	Czynnik mający wpływ na jakość w budownictwie
I Etap I – podjęcie decyzji przez wykonawcę o uruchomieniu procesu przeprowadzenia analizy dokumentacji	
1	Kontrola wewnętrzna dokumentacji projektowej przed rozpoczęciem realizacji obiektu w celu zidentyfikowania błędów projektowych.
II Etap II – przygotowanie, przez wykonawcę, oferty na realizację inwestycji	
2	Błędy w przedmiarach (źle wykonane przedmiary, nieuwzględniające szeregu pozycji kontraktowych).
3	Błędy projektowe w dokumentacji.
4	Brak bazy danych o firmach realizujących roboty budowlane w wysokiej jakości.
5	Brak analizy ofert na wykonanie robót i skonfrontowania ich z kosztorysem inwestorskim.
6	Brak działu przygotowania produkcji.
III Etap III – realizacja stanu surowego zamkniętego	
7	Zmiany w projekcie obiektu w trakcie budowy, generujące dodatkowe problemy techniczne do rozwiązania, (np. optymalizacja konstrukcji, instalacji itp.).
8	Opóźnienia w realizacji robót żelbetowych, będących kluczowym elementem każdej inwestycji, które przekładają się na opóźnienia w kolejnych zakresach robót.

Tabela 1. cd.

L.p.	Czynnik mający wpływ na jakość w budownictwie
9	Brak doświadczenia kierownika budowy w zakresie organizacji dużych budów.
IV	Etap IV – realizacja robót wykończeniowych inwestycji
10	Brak projektu wykończenia wnętrz części wspólnych – prace realizowane na podstawie bieżących uzgodnień w trakcie budowy.
11	Brak udziału kierownika budowy w procesie kontraktowania wykonawców robót wykończeniowych.
12	Zakontraktowanie firm bez doświadczenia, bez weryfikacji kompetencji, posiadanych referencji.
13	Brak przygotowanego zespołu kontraktowego zdolnego do przeprowadzenia kilkudziesięciu przetargów w krótkim interwale czasowym.
14	Brak wyznaczonej osoby z działu kontraktowania współpracującej na bieżąco z kierownikiem budowy.
15	Brak stabilności zespołu (duża fluktuacja) do prowadzenia przetargów kontraktowych.
16	Nieprzewidywalność umiejętności wykonawców, szczególnie niewykwalifikowanych pracowników zza wschodniej granicy.
17	Prowadzenie polityki „jednej firmy” (tzn. ten sam wykonawca realizujący kilka inwestycji u tego samego inwestora).
18	Brak doświadczenia kierownika budowy w egzekwowaniu od inżynierów budowy zadań związanych z organizacją budowy.
19	Trudności komunikacyjne we współpracy kierownika budowy z zespołem kontraktowym.
20	Niskie doświadczenie (lub jego brak) członków zespołu kontraktowego.
21	Opóźnienia w kontraktowaniu poszczególnych zakresów prac (np. zakontraktowanie danego zakresu prac kilka tygodni po planowanym terminie).
22	Kontraktowanie firm oferujących najniższe ceny.
23	Kontraktowanie danego zakresu prac kilka razy (ze względu na konieczność wprowadzenia wykonawstwa zastępczego).
24	Zakontraktowanie wykonawców bez analizy ich potencjału wykonawczego.
25	Nieuwzględnienie w umowach pomiędzy generalnym wykonawcą a podwykonawcą kompletnych zakresów prac do wykonania i wynikająca stąd konieczność uzupełniania zleceń po wykryciu niekompletności zakresu prac do wykonania.
26	Brak przygotowania finansowego do prowadzenia budowy dużej skali przez wykonawców.
27	Oczekiwanie zaliczek przez wykonawców nieposiadających zaplecza finansowego do zrealizowania przedmiotu kontraktu.
28	Utrata płynności finansowej podwykonawców (realizujących również inne inwestycje).
V	Etap V – odbiory inwestycji
29	Brak odbiorów wewnętrznych wykonanych prac.
30	Brak potencjału wykonawczego do przygotowania obiektu do odbiorów.
31	Zbyt mała liczba kadry inżynierskiej zaangażowanej w przygotowaniu mieszkań do odbiorów.
VI	Etap VI – przeprowadzenie procesu usunięcia wad i usterek
32	Brak odpowiedzialności kadry kierowniczej budowy (kierownik budowy, inżynierowie budowy) za usunięcie usterek w inwestycji.
33	Brak potencjału wykonawczego do usunięcia usterek w krótkim czasie.

zakresie badania i analizy ograniczono do fazy realizacji, którą poprzedzała szczegółowa analiza kompletności dokumentacji projektowej, przyjętych rozwiązań projektowych, zastosowanych materiałów oraz możliwości zrealizowania obiektu. To właśnie na tym etapie istnieje możliwość wyeliminowania większości błędów, przeoczeń i niepoprawnych założeń zawartych w dokumentacji projektowej.

2. Identyfikacja czynników mających wpływ na jakość budynku mieszkalnego

Kamieniem milowym każdego przedsięwzięcia budowlanego jest moment, w którym kończy się faza planowania i projektowania, a zaczyna faza realizacji obiektu budowlanego. Do czasu rozpoczęcia robót budowlanych zadania związane z przygotowaniem inwestycji do realizacji są wykonywane wyłącznie na poziomie koncepcyjnym (rysunkowym, obliczeniowym) i niegenerującym fizycznych wad budowlanych.

Podmioty wykonujące swoje obowiązki w fazie realizacji, w większości przypadków, nie mają wpływu na jakość pracy wykonanej na etapie projektowania i przygotowania inwestycji. Analizy w zakresie szczegółowego zdefiniowania czynników, które mogą wpływać na jakość budynku mieszkalnego ograniczono do fazy realizacji. Przyjęto założenie, że proces realizacji obiektu należy rozpocząć od analizy kompletności dokumentacji projektowej, przyjętych rozwiązań projektowych, zastosowanych materiałów, czy też możliwości zrealizowania obiektu. Na tym etapie istnieje możliwość wyeliminowania większości błędów, przeoczeń i niepoprawnych założeń zawartych w dokumentacji projektowej. Szczegółowo przeanalizowana dokumentacja jest podstawą do rozpoczęcia budowy obiektu budowlanego. Na podstawie badań przeprowadzonych wśród kadry zarządzającej budową zidentyfikowano 33 czynniki wpływu na jakość, które zamieszczono w tabeli 1. Badania zidentyfikowanych czynników przeprowadzono metodą sondażu diagnostycznego, techniką ankietową. Ankieta

Tabela 2. Zestawienie ilościowe usterek w budynkach poddanych badaniom

L.p.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Inwestycja	Powierzchnia użytkowa [m ²]	Kubatura budynku [m ³]	Liczba lokali	Liczba kondygnacji	Główna konstrukcja	Liczba usterek w lokalach	Liczba usterek w części wspólnej	Liczba usterek/ lokal	Liczba usterek/ m ² PU
1	A	3500	15425	34	2	żelbetowo-murowana	1414	0	41,6	0,4
2	B	6682	54336	141	8	żelbetowa	353	141	3,5	0,1
3	C	6370	52447	135	7	żelbetowa	1422	43	10,9	0,2
4	D	4031	19031	82	4	żelbetowo-murowana	1417	38	17,7	0,4
5	E	1907	9001	24	4	żelbetowo-murowana	759	47	33,6	0,4
6	F	3579	16893	67	4	żelbetowo-murowana	1824	57	28,1	0,5
7	G	4804	22675	78	4	żelbetowo-murowana	258	36	3,8	0,1
8	H	6047	42456	108	8	żelbetowa	1321	232	14,4	0,3
Suma		36920	232264	669			8768	594		

przeprowadzona była wśród osób na stanowiskach inżyniera budowy, kierownika budowy, specjalisty ds. kontraktowania i kadry zarządzającej przedsiębiorstwem. Respondenci oceniali wpływ każdego czynnika na jakość w pięciostopniowej skali Likerta.

3. Usterkowość w budynkach mieszkalnych

Miarą jakości jest liczba i rodzaj wad stwierdzonych podczas przeprowadzonych odbiorów obiektów budowlanych. Dzięki takiej wiedzy możliwa jest ocena, czy dany obiekt ma wymagane cechy użytkowe, czy też nie. Budynki, w których przeprowadzono odbiory techniczne, to obiekty które realizowane były w latach od 2017 do 2020 roku. W trakcie odbiorów technicznych zaewidencjonowano ponad 9300 wad występujących w 669 lokalach mieszkalnych o łącznej powierzchni użytkowej 36 920 m². Podstawowe informacje o budynkach zamieszczono w tabeli 2. Budynki o siedmiu i ośmiu kondygnacjach to obiekty o konstrukcji żelbetowej, natomiast budynki niższe mają konstrukcję mieszaną żelbetowo-murowaną [5]. Do dalszych analiz zastosowano zmienną określoną liczbę usterek przypadających na jeden lokal mieszkalny.

4. Ocena wpływu poszczególnych czynników na liczbę usterek

Do oceny wpływu poszczególnych czynników na powstawanie usterek w mieszkaniach zastosowano analizę korelacji ρ Spearmana. Schemat przyjętej metodyki przedstawiono na rysunku 1. Celem przeprowadzonego badania było określenie zależności między oceną wpływu czynnika n ($n = 1, \dots, 33$) na jakość obiektu, dokonaną przez kadrę

zarządzającą budową, a średnią liczbą usterek przypadających na 1 lokal. Statystyka ρ Spearmana ma postać:

$$\rho_s = \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

gdzie:

$$d_i = r_{1i} - r_{2i},$$

r_{1i} – ranga i -tego obiektu pod kątem oceny czynnika n , ($n = 1, \dots, 33$),

r_{2i} – ranga i -tego obiektu pod kątem liczby usterek w obiekcie i ; ($i = 1, \dots, 8$),

n – liczba obiektów i ; ($i = 1, \dots, 8$).

Sformułowano hipotezę zerową H_0 oraz hipotezę alternatywną H_1 :

H_0 : zmienne r_{1i} i r_{2i} są niezależne, a więc $\rho_s = 0$, jeżeli $p > \alpha$,

H_1 : zmienne r_{1i} i r_{2i} nie są niezależne, a więc $\rho_s \neq 0$, jeżeli $p \leq \alpha$.

Wartość ρ mówi nam o sile korelacji między dwiema zmiennymi. Na potrzeby tego opracowania zastosowano następujący podział, wynikający z badań własnych rozkładu wyników:

- wartości współczynnika korelacji ρ od 0 do 0,3 – słaby wpływ,
- wartości współczynnika korelacji ρ od 0,3 do 0,5 – umiarkowany wpływ,
- wartości współczynnika korelacji ρ od 0,5 do 0,8 – silny wpływ,
- wartości współczynnika korelacji ρ od 0,8 do 1 – bardzo silny wpływ.

Liczbę korelacji obliczono na podstawie wzoru:

$$t = \frac{\rho_s}{\sqrt{1 - \rho_s^2}} \sqrt{n - 2}$$

gdzie:

ρ_s – współczynnik korelacji Spearmana.

Dla otrzymanej wartości testu t odczytujemy z tablic wartość poziomu istotności p .

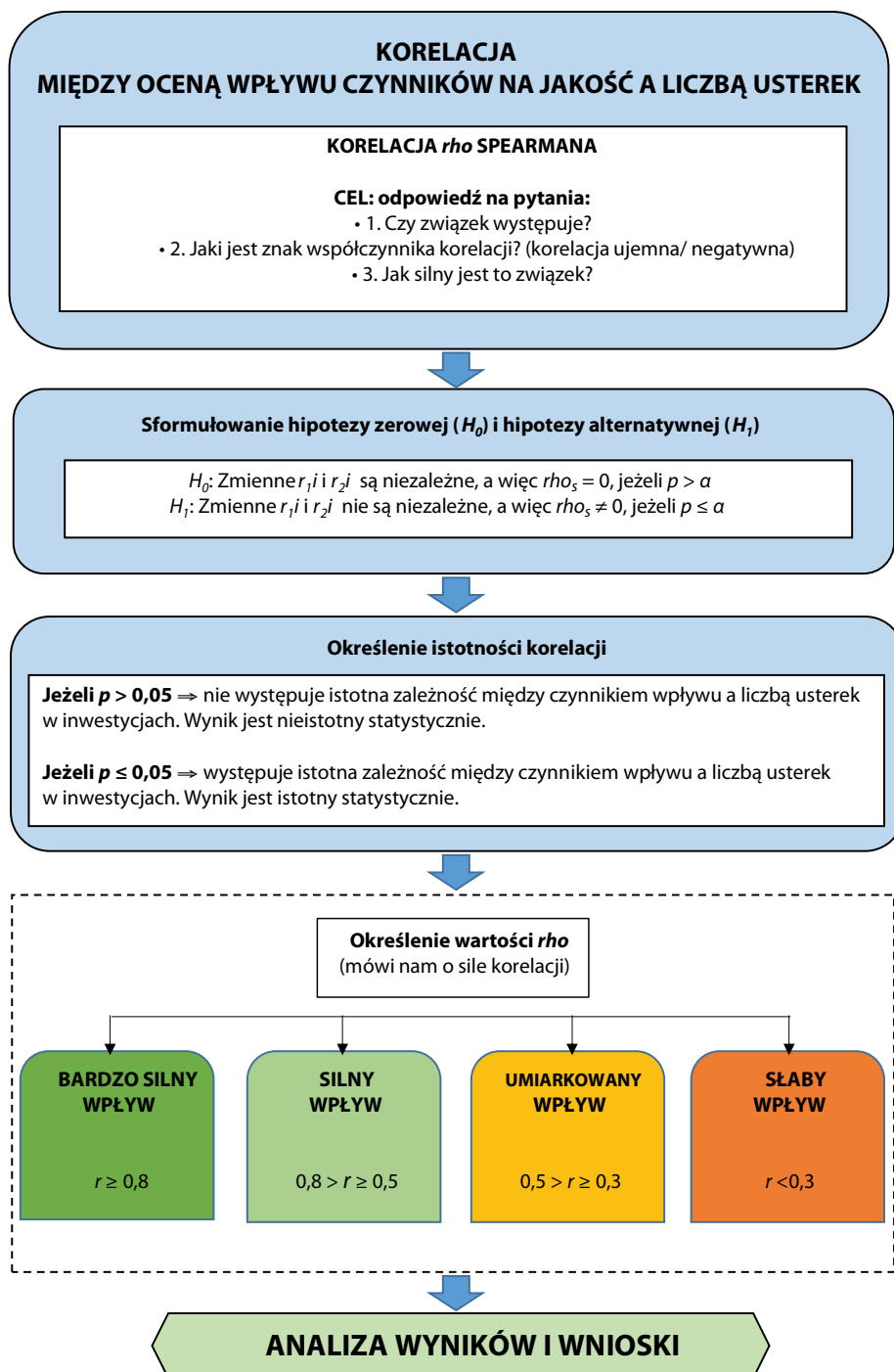
Jeżeli $p > 0,05 \Rightarrow$ to przyjmujemy, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 . Oznacza to, że nie występuje istotna zależność między czynnikiem wpływu n a liczbą usterek w inwestycjach. Wynik jest nieistotny statystycznie.

Jeżeli $p \leq 0,05 \Rightarrow$ to przyjmujemy, że są podstawy do odrzucenia hipotezy H_0 . Na podstawie badanej próby można

przyjąć, że występuje istotna zależność między czynnikiem wpływu n a liczbą usterek w inwestycjach. Wynik jest istotny statystycznie.

5. Wyniki analizy

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3. Na podstawie zestawienia wartości współczynników korelacji dokonano klasyfikacji czynników mających wpływ na powstawanie usterek.



Rys. 1. Schemat metodyki analizy korelacji między oceną wpływu czynników na jakość a liczbą usterek

Tabela 3. Ocena powiązania między oceną wpływu czynnika *n* na jakość obiektu a liczbą usterek na mieszkanie w realizowanych inwestycjach

Ocena wpływu czynnika	Numer czynnika w procesie	Czynnik	Wartość współczynnika korelacji	Współczynnik istotności
			<i>r</i>	<i>p</i>
Bardzo silny wpływ $r \geq 0,8$	6	Brak działu przygotowania produkcji.	0,916	0,001
	16	Nieprzewidywalność umiejętności wykonawców, szczególnie niewykwalifikowanych pracowników zza wschodniej granicy.	0,801	0,008
Silny wpływ $0,8 > r \geq 0,5$	30	Brak potencjału wykonawczego do przygotowania obiektu do odbiorów.	0,784	0,011
	27	Oczekiwanie zaliczek przez wykonawców nieposiadających zaplecza finansowego.	-0,663	0,037
	3	Błędy projektowe w dokumentacji.	0,635	0,045
	17	Prowadzenie polityki „jednej firmy” (tzn. ten sam wykonawca realizujący kilka inwestycji u tego samego inwestora).	-0,635	0,045
Umiarkowany wpływ $0,5 > r \geq 0,3$	10	Brak projektu wykończenia wewnątrz części wspólnych – prace realizowane na podstawie bieżących uzgodnień w trakcie budowy.	0,491	0,103
	14	Brak wyznaczonej osoby z działu kontraktowania współpracującej na bieżąco z kierownikiem budowy.	-0,468	0,071
	1	Kontrola wewnętrzna dokumentacji projektowej przed rozpoczęciem realizacji obiektu.	0,467	0,122
	32	Brak odpowiedzialności kadry kierowniczej budowy (kierownik budowy, inżynierowie budowy) za usunięcie usterek w inwestycji.	0,463	0,073
	9	Brak doświadczenia kierownika budowy w zakresie organizacji dużych budów.	0,443	0,136
	13	Brak przygotowanego zespołu kontraktowego zdolnego do przeprowadzenia kilkudziesięciu przetargów w krótkim interwale czasowym.	0,442	0,083
	18	Brak doświadczenia kierownika budowy w egzekwowaniu od inżynierów budowy zadań związanych z organizacją budowy.	0,419	0,151
	12	Zakontraktowanie firm bez doświadczenia, bez weryfikacji kompetencji, referencji.	0,408	0,158
	19	Trudności we współpracy kierownika budowy z zespołem kontraktowym,	0,4	0,163
	2	Brak precyzyjnych przedmiarów dla każdego zakresu prac, błędy w przedmiarach, nieuwzględnienie szeregu pozycji kontraktowych.	0,366	0,186
	21	Opóźnienia w kontraktowaniu poszczególnych zakresów prac (np. zakontraktowanie danego zakresu prac kilka miesięcy po planowanym terminie).	-0,347	0,2
	Słaby wpływ $r < 0,3$	7	Zmiany w projekcie elementów obiektu w trakcie budowy, generujące dodatkowe problemy techniczne do rozwiązania, (np. optymalizacja konstrukcji, instalacji itp.).	-0,282
23		Kontraktowanie danego zakresu prac kilka razy (ze względu na konieczność wprowadzenia wykonawstwa zastępczego).	0,265	0,263
25		Brak kompletnych umów obejmujących cały zakres prac do wykonania – konieczność uzupełniania zleceń po wykryciu niekompletności zakresu prac do wykonania.	-0,244	0,28
22		Kontraktowanie firm oferujących najniższe ceny.	0,241	0,283
29		Brak odbiorów wewnętrznych wykonanych prac.	-0,205	0,313
11		Brak udziału kierownika budowy w procesie kontraktowania wykonawców robót wykończeniowych.	-0,166	0,347
15		Brak stabilności zespołu (duża fluktuacja) do prowadzenia przetargów kontraktowych,	-0,165	0,348
20		Niskie doświadczenie (lub jego brak) członków zespołu kontraktowego.	0,12	0,388
24	Zakontraktowanie firm bez analizy możliwości wykonania przez nie danego zakresu prac.	-0,099	0,408	

Tabela 3. cd.

Ocena wpływu czynnika	Numer czynnika w procesie	Czynnik	Wartość współczynnika korelacji	Współczynnik istotności
			<i>r</i>	<i>p</i>
Słaby wpływ $r < 0,3$	31	Zbyt mała liczba kadry inżynierskiej zaangażowanej w przygotowaniu mieszkań do odbiorów.	-0,098	0,409
	26	Brak możliwości finansowych do prowadzenia budowy dużej skali przez wykonawców.	0,073	0,432
	4	Brak bazy danych o firmach realizujących roboty budowlane na wysokim poziomie.	0,06	0,444
	8	Opóźnienia w realizacji robót żelbetowych, będących kluczowym elementem każdej inwestycji, które przekładają się na opóźnienia w kolejnych zakresach robót.	-0,055	0,449
	5	Brak przeanalizowania ofert na wykonanie robót i skonfrontowania ich z kosztorysem inwestorskim.	-0,037	0,466
	33	Brak potencjału wykonawczego do usunięcia usterek w krótkim czasie.	-0,027	0,474
	28	Utrata płynności finansowej podwykonawców (realizujących również inne inwestycje).	0,012	0,489

6. Podsumowanie

Jakość jest pojęciem bardzo szerokim, występującym na wielu płaszczyznach i w wielu znaczeniach. W pojęciu tym zawarty jest cały zbiór cech produktu i usługi, które w pewien subiektywny sposób tworzą wartość produktu bądź usługi, i które mają wpływ na spełnienie oczekiwań klienta. Bez uwzględnienia jakości oraz stworzenia systemu zarządzania jakością przedsiębiorstwo nie ma możliwości przetrwania, w dłuższej perspektywie czasowej, na zmiennym rynku klienta. To właśnie od jakości wykonania zależy, czy przedsięwzięcie budowlane zostanie pozytywnie odebrane przez klientów [6].

W przeprowadzonych badaniach oceniono wpływ poszczególnych czynników na liczbę usterek w lokalach mieszkalnych, stwierdzanych podczas odbiorów budynków. Na podstawie otrzymanych wartości współczynnika korelacji *rho* Spearmana sformułowano poniższe wnioski.

- Bardzo silny wpływ na powstawanie usterek mają następujące czynniki:
 - brak działu przygotowania produkcji (czynnik 6),
 - nieprzewidywalność umiejętności wykonawców, szczególnie niewykwalifikowanych pracowników z za wschodniej granicy (czynnik 16).
- Silny wpływ na powstawanie usterek mają następujące czynniki:
 - brak potencjału wykonawczego do przygotowania obiektu do odbiorów (czynnik 30),
 - oczekiwanie zaliczek przez wykonawców nieposiadających zaplecza finansowego (czynnik 27),
 - błędy projektowe w dokumentacji (czynnik 3),
 - prowadzenie polityki „jednej firmy”, tzn. ten sam wykonawca realizujący kilka inwestycji u tego samego inwestora (czynnik 17).

Pozostałe czynniki zamieszczone w tabeli 3 mają umiarkowany i słaby wpływ na liczbę generowanych usterek.

- W większości analizowanych przypadków występuje korelacja dodatnia między oceną wpływu czynnika a liczbą usterek (wartość współczynnika korelacji od 0 do 1). Wzrostowi ocen wpływu czynnika *n* na jakość obiektu towarzyszy wzrost liczby usterek na mieszkaniu w realizowanych inwestycjach.
- Wśród czynników zakwalifikowanych do grup: „bardzo silny wpływ” ($\rho \geq 0,8$) i „silny wpływ” ($0,8 > \rho \geq 0,5$) w dwóch przypadkach wystąpiła korelacja ujemna (wartość współczynnika korelacji od -1 do 0), co oznacza, że im wyższa była ocena wpływu czynnika *n* na jakość obiektu, dokonana przez respondentów, tym mniejsza była liczba usterek na mieszkaniu. Są to następujące czynniki: oczekiwanie zaliczek przez wykonawców nieposiadających zaplecza finansowego (czynnik 27) i prowadzenie polityki „jednej firmy”, tzn. ten sam wykonawca realizujący kilka inwestycji u tego samego inwestora (czynnik 17).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Buys F., Roux M., Causes of defects in the South African housing construction industry: perceptions of built environment stakeholders: review articles Acta Structilia, tom 20, 2/2013, str. 78–99
- [2] Zymonik Z., Koszty jakości w zarządzaniu przedsiębiorstwem, 2003
- [3] Sommerville J., McCosh J., Defects in new homes: An analysis of data on 1,696 new UK houses Structural Survey, tom 24, 1/2006, str. 6–21, doi: 10.1108/02630800610654397
- [4] Oke A., Aigbavboa C., Dlamini E., Factors Affecting Quality of Construction Projects in Swaziland, 2017
- [5] Hoła B., Pochybełko K., Analiza usterek w wybranych budynkach mieszkalnych, Builder, tom 289, 8/2021, str. 64–67, doi: 10.5604/01.3001.0015.0419
- [6] Abas M., Khattak S., Hussain I., Maqsood S., Ahmed I., Evaluation of Factors Affecting Quality in Construction Project, Technical Journal, tom 6, 5/2020, str. 75–80, doi: 10.23883/ijrter.2020.6036.xl8mm

Identyfikacja wad budowlanych w budynkach mieszkalnych

Identification of construction defects in residential buildings

mgr inż. Karol Pochybełko (ORCID: 0000-0002-2265-0464), prof. dr hab. inż. Bożena Hoła (ORCID: 0000-0001-6630-8065), Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

DOI 10.5604/01.3001.0016.2716

Streszczenie: Powstawanie wad budowlanych jest problemem występującym w każdym procesie inwestycyjnym. Celem przedstawionych w artykule badań jest identyfikacja wad w oddawanych do użytkowania budynkach mieszkalnych oraz ocena stopnia ich istotności. Do oceny stopnia istotności wad zaproponowano analizę Pareto-Lorenza oraz tzw. klasyfikację ABC. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że istotnymi dla jakości budynku są wady zidentyfikowane w następujących elementach budynku: tynki, okna, posadzki, instalacje elektryczne, części wspólne, instalacje wodno-kanalizacyjne, niewłaściwe oczyszczenie elementów, drzwi i szyby.

Słowa kluczowe: wady, budynki mieszkalne, analiza Pareto-Lorenza, budownictwo mieszkaniowe.

Abstract: The formation of construction defects is a problem that occurs in every investment process. The aim of the research presented in the article is to identify defects in residential buildings handed over for use and to assess their degree of significance. To assess the significance of defects, the Pareto-Lorenz analysis and the called ABC classification. Based on the research, it was found that the defects identified in the following building elements are significant for the quality of the building: plasters, windows, floors, electrical installations, common parts, plumbing, improper cleaning of elements, doors and glass.

Keywords: defects, residential buildings, Pareto-Lorenz analysis, housing construction.

1. Wprowadzenie

Powstawanie wad budowlanych jest problemem występującym w każdym procesie inwestycyjnym. Osiągnięcie wysokiego poziomu jakości obiektu budowlanego jest kluczowe nie tylko dla uczestników procesu inwestycyjnego, ale przede wszystkim dla klienta. Jakość postrzegana przez klienta generowana jest przez wiele czynników: estetykę, komfort użytkowania, jakość wykonania, ekonomiczność eksploatacyjną, akceptowalny projekt, akceptowalny przedział cenowy, niezawodność i trwałość i wiele innych.

Celem przeprowadzonych badań jest identyfikacja wad w oddawanych do użytkowania budynkach mieszkalnych oraz ocena stopnia ich istotności. Identyfikacja wad o największym znaczeniu może doprowadzić do cennych wniosków w zakresie zarządzania przedsiębiorstwem co bezpośrednio będzie miało wpływ na uzyskanie wyższej jakości [1].

2. Podstawy prawne odbiorów technicznych budynków mieszkalnych

Odbiór techniczny budynku wymaga odpowiedniej wiedzy z zakresu obowiązującego prawa, norm i wiedzy technicznej. Z przeprowadzonych czynności sporządza się protokół odbioru robót budowlanych [2]. Jest to dokument zawierający

wykaz ewentualnych wad, przedstawiający wynik pracy komisji odbierającej obiekt. Rozstrzyga on o tym, czy roboty mogą zostać odebrane, czy też nie.

W polskim systemie prawnym uwarunkowania formalne odbiorów budowlanych zawarte są głównie w ustawie Prawo budowlane [3] i Kodeksie cywilnym [4]. Zgodnie z art. 3 pkt 13 Prawa budowlanego protokoły odbioru częściowego i końcowego są częścią dokumentacji budowy. Stosowanie zarówno polskich norm oznaczanych symbolem PN, jak i norm z oznaczeniem PN-EN, tj. polskich norm wprowadzających normy europejskie, jest całkowicie dobrowolne. Wyjątek stanowią sytuacje, gdy ustawodawca literalnie wskaże obligatoryjny charakter w odrębnych przepisach. Przykładem jest rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, w którym określono normy, jakim muszą odpowiadać konstrukcje budowlane, aby były uznane za bezpieczne i odpowiadające przepisom. Analogicznie, w załączniku do ww. rozporządzenia, zostały zawarte obligatoryjne normy do stosowania. Chodzi tu przede wszystkim o bezpieczeństwo, ale także o komfort i estetykę. Stąd obiekty budowlane są budowane i wykończone zgodnie z istniejącymi polskimi normami technicznymi oraz zasadami „wiedzy budowlanej” i na tej podstawie dokonywane są odbiory techniczne.

W przypadku budownictwa wielorodzinnego, podczas odbioru technicznego lokalu mieszkalnego, odbiorowi podlegają wyłącznie: lokal wraz z pomieszczeniem przynależnym – garażem oraz częścią wspólną nieruchomości, będące przedmiotem umowy. Wszelkie uzasadnione wady protokolowane są zgodnie z art. 27 ust. 2 do 5 ustawy o ochronie praw nabywcy lokalu mieszkalnego lub domu jednorodzinnego. Przy odbiorach znajdują zastosowanie normy producentów materiałów budowlanych zastosowanych w lokalach oraz polskie normy. Odbiory techniczne dotyczą wszystkich widocznych i możliwych do weryfikacji elementów lokalu mieszkalnego będącego na etapie zakończenia budowy. Zgodnie z ustawą o ochronie praw nabywcy lokalu mieszkalnego lub domu jednorodzinnego z dnia 16 września 2011 r. (Dz.U. Nr 232, poz. 1377) „przeniesienie na nabywcę prawa [własności mieszkania] poprzedzone jest odbiorem lokalu mieszkalnego lub domu jednorodzinnego (...), który następuje po zawiadomieniu o zakończeniu budowy, przy jednoczesnym braku sprzeciwu ze strony właściwego organu, albo na podstawie decyzji o pozwoleniu na użytkowanie”.

3. Zakresy przeprowadzania odbiorów technicznych

Odbiory techniczne dotyczą wszystkich widocznych i możliwych do weryfikacji elementów lokalu mieszkalnego będącego na etapie zakończenia budowy. W szczególności odbiory dotyczą: podłóg; ścian; okien i drzwi balkonowych; szyb; drzwi; sprawności instalacji elektrycznej; doprowadzenia i odprowadzenia instalacji wodno-kanalizacyjnej i inne. W rozdziałach zamieszczonych dalej zawarto informacje dotyczące wymagań stawianych przy odbiorze wybranym elementom budynków.

3.1. Posadzki z betonu i podkłady (jastychy) z zaprawy cementowej

W trakcie odbioru sprawdza się, czy spełnione są wymagania zawarte w PN-60/B-10144: Posadzki z betonu i zaprawy cementowej. Wymagania i badania techniczne przy odbiorze. Posadzka powinna spełniać następujące wymagania [5]: wygląd zewnętrzny, barwa posadzki i podkładu nie podlega ocenie; podkład cementowy powinien być oddzielony od pionowych stałych elementów budynku paskiem izolacji o szerokości równej konstrukcji podkładu; w podkładzie cementowym powinny być wykonane szczeliny dylatacyjne oddzielające fragmenty powierzchni o różniących się wymiarach; powierzchnia posadzki i podkładów powinna być równa. Dopuszcza się nierówności posadzki i podkładów w wielkości 3 mm, odkształcenia na długości łąty kontrolnej o długości 2 m w przypadku podkładów wykonanych z zaprawy cementowej oraz 5 mm w przypadku podkładu wykonanego z betonu; dopuszczalne odchylenie od poziomu lub od ustalonych spadków nie powinno być większe

niż +/-5 mm na całej długości lub szerokości posadzki i nie powinno powodować zaniku założonego w projekcie spadku. Zdjęcia posadzki z widocznymi uszkodzeniami zamieszczono na rysunku 1.



Rys. 1. Przykład wady polegającej na pęknięciu posadzki i braku równości jej powierzchni (źródło własne)

3.2. Wykończenie ścian i sufitów

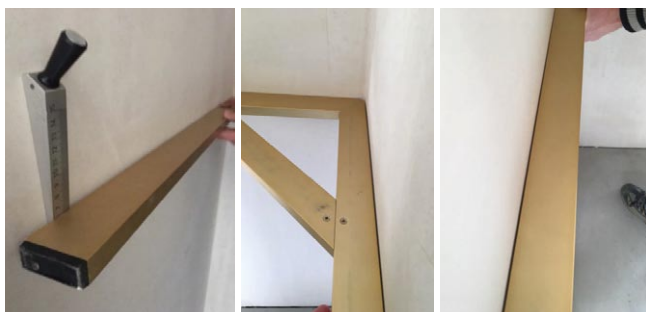
Ściany i sufity mogą być wykończone okładzinami tynkowymi wykonanymi mechanicznie na mokro lub z suchych tynków gipsowych [6]. W przypadku tynków wykonanych mechanicznie na mokro powinny być spełnione następujące wymagania: powierzchnia tynku powinna być płaska, a krawędzie proste lub w innym kształcie i przebiegu, zgodnie z kształtem podłoża i uzgodnieniami. Powierzchnia tynku powinna być gładka, o naturalnym stopniu szorstkości; barwa tynku powinna być jednolita na całej tynkowanej powierzchni (w pomieszczeniu). Dopuszcza się nieznaczne różnice odcieni barwy, przyczepność do podłoża powinna być zapewniona na całej tynkowanej, szpachlowanej powierzchni, dopuszczalne odchylenie powierzchni i krawędzi jest następujące:

- odchylenie powierzchni tynku i szpachli od linii prostej nie większe niż 5 mm, w liczbie nie większej niż 3 na całej długości łąty kontrolnej o długości 2,0 m. Przykład niestwierdzenia wady, ponieważ po przyłożeniu dwumetrowej łąty stwierdzono odchylenie o 3 mm, które mieści się w maksymalnej dopuszczalnej odchyłce wg normy PN-B-10110 :2005 [6] przedstawiono na rysunku 2. Odchylenie libelli mieści się w tolerancji pomiarowej urządzenia.



Rys. 2. Widok łąty i libelli w trakcie pomiaru odchylenia od pionu (źródło własne)

- odchylenie powierzchni i krawędzi tynku i szpachli od kierunku pionowego nie większe niż 3 mm na długości 1 m i ogółem nie więcej niż 6 mm w pomieszczeniach o wysokości do 3,5 m oraz nie więcej niż 8 mm w pomieszczeniach o wysokości powyżej 3,5 m;
- odchylenie powierzchni i krawędzi tynku i szpachli od kierunku poziomego nie większe niż 4 mm na długości 1 m i ogółem nie więcej niż 8 mm na całej powierzchni ograniczonej przegrodami pionowymi;
- odchylenia od kątów prostych: do 3 mm po przyłożeniu dłuższego ramienia kątownika stalowego o wymiarach 40/60 cm, kąty inne niż 90° nie podlegają odbiorowi. Przykładem jest wada przedstawiona na rysunku 3 polegająca na stwierdzeniu braku kąta prostego. Pomiar wykazał odchylenie 7 mm;
- dopuszcza się odkształcenia powierzchni sufitu wynikające z normatywnego ugięcia zastosowanych stropów, wygląd powierzchni tynku i powłok malarskich należy sprawdzić, oglądając powierzchnię z odległości 2 m, w świetle naturalnym rozproszonym bez podświetlenia bocznego.



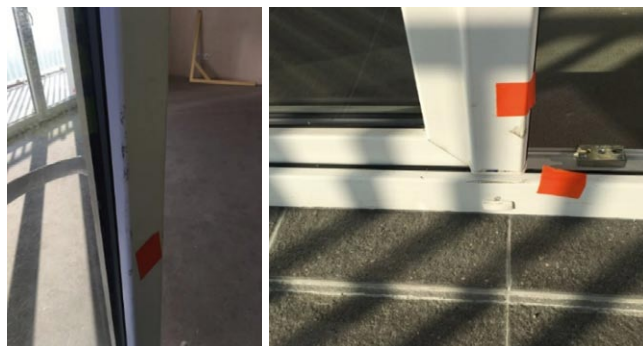
Rys. 3. Widok łaty i szczelinomierza w trakcie pomiaru odchylenia od kąta prostego (źródło własne)

3.3. Stolarka okienna i drzwiowa

Zgodnie z przepisami formalnoprawnymi producent stolarki okiennej powinien spełnić wymagania zawarte w dwóch dokumentach: w Ustawie o wyrobach budowlanych z dnia 16 kwietnia 2004 r., tj. z dnia 17 stycznia 2019 r. (Dz.U. z 2019 r., poz. 266) i w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury (z dnia 11 sierpnia 2004 r.) w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym.

W przypadku stolarki okiennej sprawdzane są wymagania normowe i warunki gwarancji producenta stolarki związane z konserwacją okien drewnianych, z PCV lub aluminium [7]: jakość powierzchni stolarki okiennej, tj. profile, zestaw szklarski (szyba zespolona), parapety należy ocenić gołym okiem z odległości 2 m pod kątem prostym, bez użycia bocznego podświetlenia. Dopuszcza się następujące wady zestawów szklarskich: wady pęcherzykowe (pęcherzyki zamknięte) o wielkości do 0,5 mm w ilości nie większej niż 5 i w odległości pow. 20 cm od siebie, wady liniowe o długości do 3 cm, rysy o długości do 15 mm w ilości nie większej niż 3 i w odległości pow. 150 mm od siebie;

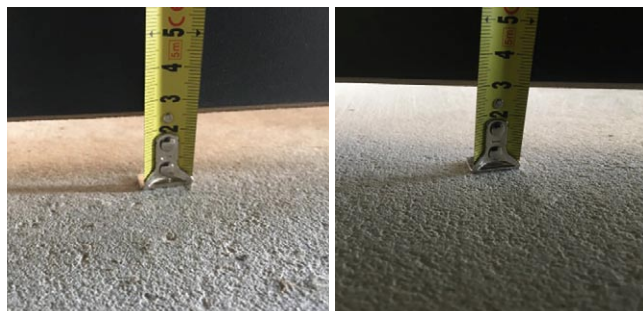
interferencja szkła (tzw. prążki Brewstera) [8] – powodująca wrażenie szerokich plam, pasów lub pierścieni widocznych przy oglądaniu szyb pod kątem 0°; kondensacja pary wodnej na powierzchniach zewnętrznych szyb; zniekształcenie barwy (wrażenie, że szkło ma barwę zieloną lub niebiesko-zieloną; nie jest krystalicznie bezbarwne). Otwieranie i zamykanie stolarki okiennej powinno następować bez użycia większej siły (max.10 daN).



Rys. 4. Przykład wady drzwi balkonowych polegającej na uszkodzeniach mechanicznych na słupku ruchomym i na ramach od zewnątrz (źródło własne)

Dopuszcza się różnicę poziomów dolnych lub górnych krawędzi sąsiadujących ze sobą skrzydeł okiennych o wielkości do 5 mm oraz różnicę odległości wynoszącą 5 mm pomiędzy pionowymi ramiakami sąsiadującymi ze sobą skrzydeł okiennych. Przykładem wady stolarki okiennej jest uszkodzenie mechaniczne drzwi balkonowych na słupku ruchomym i na ramach od zewnątrz, przedstawione na rysunku 4.

Dla stolarki drzwiowej stawiane są następujące wymagania techniczne: stolarka drzwiowa powinna być wyposażona w typowy osprzęt: klamki, szyldy, dwie wkładki systemowe od zamka drzwi wejściowych do lokalu; jakość stolarki drzwiowej należy oceniać z odległości 2 m, bez użycia podświetlenia bocznego; otwieranie i zamykanie drzwi powinno następować bez użycia większej siły; uszczelki zamontowane w ościeżnicy powinny przylegać do skrzydła drzwiowego; największe dopuszczalne odchylenie umocowanego elementu od pionu nie powinno przekraczać 2 mm na 1 m, jednak nie więcej niż 3 mm na całą ościeżnicę; ościeżnice nie mogą wykazywać obluzowania. Przykładem wady stolarki



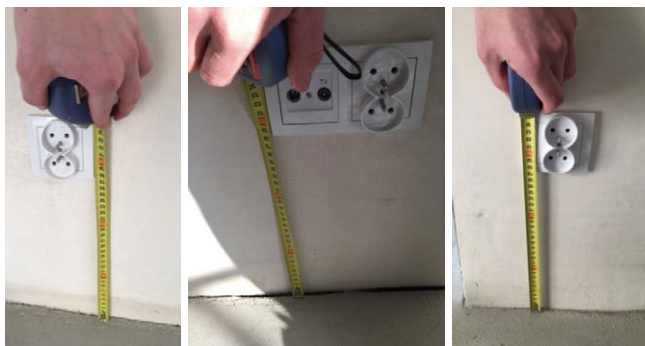
Rys. 5. Przykład wady stolarki drzwiowej polegającej na nierównym szczelinie pomiędzy drzwiami wejściowymi a podłogą (źródło własne)

drzwiowej jest nierówna szczelina pomiędzy drzwiami wejściowymi a podłogą, co zostało przedstawione na rysunku 5.

3.4. Instalacje

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie każdy budynek i pomieszczenia przeznaczone na pobyt ludzi oraz inne budynki, jeżeli wynika to z ich przeznaczenia, powinny być wyposażone w instalacje [9]: centralnego ogrzewania, elektryczne, wodno-kanalizacyjne i inne.

Budynki przeznaczone na pobyt ludzi powinny być wyposażone w instalacje (urządzenia) do ogrzewania pomieszczeń spełniające następujące wymagania: piec c.o., grzejniki i głowice zaworów powinny być pozbawione wad (wgniecenia, rysy, odpryski) widocznych gołym okiem; jakość i estetykę pieca c.o., grzejników należy oceniać z odległości 2 m, bez używania podświetlenia bocznego. Dla instalacji elektrycznych będących wyposażeniem budynku, należy zapewnić następujące wymagania: estetykę montażu osprzętu elektrycznego należy oceniać z odległości 2 m; osprzęt elektryczny powinien być pozbawiony wad (rysy, odpryski) widocznych gołym okiem i zamontowany na projektowanym poziomie. Przykładem wady jest zamontowanie gniazdek elektrycznych na różnych wysokościach w tym samym pomieszczeniu (rys. 6).



Rys. 6. Przykład wady polegającej na zamontowaniu gniazdek elektrycznych na różnych wysokościach w tym samym pomieszczeniu (źródło własne)

Podczas kontroli instalacji wodno-kanalizacyjnej należy zwerfikować i potwierdzić, że: podejścia sanitarne mocowane są obejmami przytwierdzonymi do ściany za pomocą kołków rozporowych i zakończone korkami (wodne) oraz deklami (kanalizacyjne); podejścia kanalizacyjne wykonane są z odpowiednim spadkiem. Przykładem wady instalacji wody jest przeciek spowodowany niedostatecznie wkręconym półrubunkiem wodomierzowym w redukcję.

4. Metodyka badań

Wieloletnie badania wad budowlanych w budynkach mieszkalnych oddawanych do odbioru, prowadzone przez autorów artykułu, pozwoliły zauważyć, że w różnych elementach

budynku ich liczba jest inna. Są takie elementy, jak np. tynki, gdzie liczba stwierdzanych wad jest bardzo duża oraz elementy, w których wady stwierdzane są sporadycznie. Na tej podstawie można założyć, że stopień istotności poszczególnych rodzajów wad, dla ogólnej jakości budynku, jest różny. Do oceny stopnia istotności wad dla jakości budynków mieszkalnych, zaproponowano analizę Pareto-Lorenza oraz tzw. klasyfikację ABC [10]. Procedura zastosowanej metodyki została przedstawiona na rysunku 7 i jest ona następująca.

- Identyfikowanie, w czasie odbiorów technicznych, jednostkowych wad w elementach budynku. Podział stwierdzonych wad na rodzaje obejmujące wady związane z jednorodnymi elementami budynku jak: tynki, okna posadzki, drzwi, szyby, płytki, instalacja elektryczna i inne. Założenie bazy danych.
- Przedstawienie zebranych danych w postaci ciągu uporządkowanych par liczb (p_x, a_x) , $(x = 1, \dots, X)$, gdzie p_x reprezentuje rodzaj zidentyfikowanej wady, a a_x wskazuje liczbę wystąpień danej wady.
- Uporządkowanie ciągów par liczb (p_x, a_x) w kolejności malejącej. Pozycja pary w uporządkowanej sekwencji jest określona przez liczbę a_x wystąpień atrybutu p_x , w zbiorze zgodnie z regułą jeśli $a_{x+1} \geq a_x$, to $p_{x+1} < p_x$.
- Wyznaczenie procentowego udziału u_x wystąpień wady p_x w sumie wszystkich badanych wad według wzoru:

$$u_x = \frac{a_x}{\sum_{x=1}^X a_x} \cdot 100\%$$

- Ustalenie procentu skumulowanej sumy kolejnych wad według następującego wzoru:

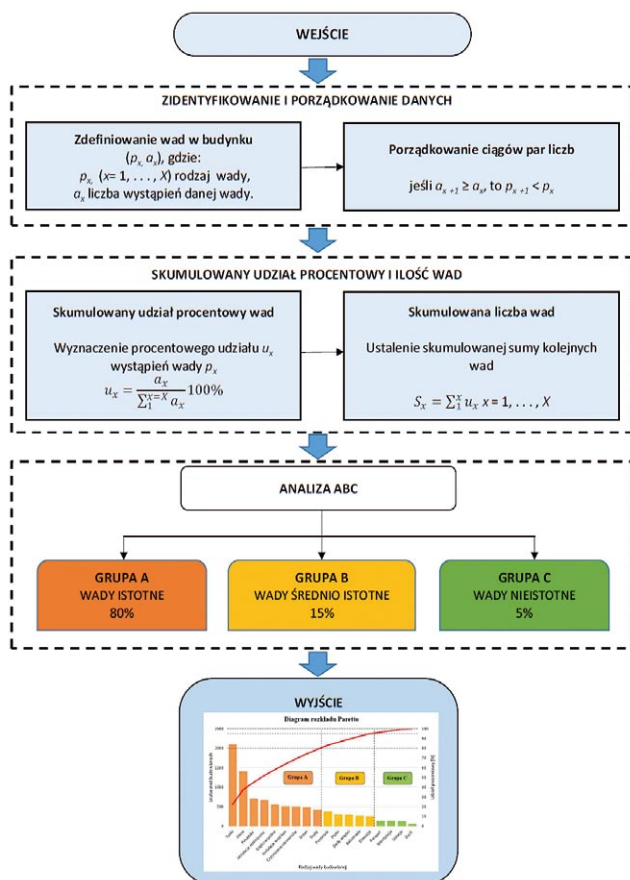
$$S_x = \sum_{i=1}^x u_i, x = 1, \dots, X.$$

- Określenie przynależności określonych wad do jednej z klas A, B, C w celu określenia stopnia ich wpływu na jakość. W tym celu zastosowano znaną w ekonomii i prostą w obsłudze analizę ABC [20]. Założono, że:
 - zbiór istotnych wad oznaczonych jako A tworzą wady stanowiące 80% wszystkich wad,
 - zbiór średnio istotnych wad, oznaczony jako B, tworzy grupę stanowiącą 15% wszystkich wad,
 - zbiór wad nieistotnych, oznaczony jako C, tworzy grupę stanowiącą 5% wszystkich zidentyfikowanych wad.

Na podstawie sporządzonego diagramu Pareto i krzywej Lorenza istnieje możliwość określenia rodzajów robót budowlanych oraz elementów budynku, na które uczestnicy procesu budowlanego, jak również pozostałe osoby zaangażowane w powstanie obiektu, powinny zwracać szczególną uwagę.

5. Analiza Pareto-Lorenza wad w budynkach mieszkalnych

Budynki, w których przeprowadzono odbiory techniczne, zrealizowane były w latach 2017–2020. W trakcie odbiorów



Rys. 7. Procedura analizy Pareto-Lorenza

lokali mieszkalnych zostało zaewidencjonowanych 9362 wad budowlanych występujących w 669 lokalach mieszkalnych o łącznej powierzchni użytkowej 36 920 m². Wśród zidentyfikowanych elementów, w których wystąpiły wady budowlane, wyróżnia się: tynki, okna, posadzki, instalacje elektryczne, części wspólne (ogółem), instalacje wodno-kanalizacyjne, czyszczenie elementów, drzwi, szyby, płytki, balustrady, elewacje, parapety, wentylacja, izolacje, dach. Typy wad budowlanych, skumulowaną liczbę poszczególnych wad, skumulowany procentowy udział wad i podział rodzajów wad na trzy grupy (A, B, C) przedstawiono w tabeli 1.

Na podstawie wykonanych obliczeń sporządzono diagram rozkładu Pareto z krzywą Lorenza. Wartości słupków wskazują udział procentowy poszczególnych typów wad budowlanych, a połączone przez łamaną punkty, tworzące krzywą Lorenza – ich wartość skumulowaną. Otrzymany wykres umożliwia sformułowanie wniosków dotyczących badanego zjawiska.

Rodzaje wad budowlanych przypisane zostały do trzech grup:

- grupa A – tynki, okna, posadzki, instalacje elektryczne, części wspólne, instalacje wodno-kanalizacyjne, czyszczenie elementów, drzwi, szyby. Grupa ta stanowi 80% wszystkich wad;
- grupa B – inne, płytki, ślady wilgoci, balustrada, elewacja. Grupa ta stanowi 15% wszystkich wad;

Tabela 1. Zestawienie danych do sporządzenia diagramu Pareto-Lorenza

L.p.	1	2	3	4	5
	Typ wady a_x	Liczba wad p_x	Skumulowana liczba wad S_x	Skumulowany udział procentowy wad u_x	Grupa wad
1	Tynki	2100	2100	22,43	A
2	Okna	1409	3509	37,48	
3	Posadzka	709	4218	45,05	
4	Instalacja elektryczna	667	4885	52,18	
5	Części wspólne	561	5446	58,17	
6	Instalacje wod.-kan.	518	5964	63,70	
7	Czyszczenie elementów	505	6469	69,10	
8	Drzwi	490	6959	74,33	
9	Szyby	422	7381	78,84	
10	Pozostałe	383	7764	82,93	
11	Płytki	305	8069	86,19	B
12	Ślady wilgoci	294	8363	89,33	
13	Balustrada	270	8633	92,21	
14	Elewacja	259	8892	94,98	C
15	Parapet	139	9031	96,46	
16	Wentylacja	137	9168	97,93	
17	Izolacja	133	9301	99,35	
18	Dach	61	9362	100,00	
	SUMA	9362			

Rys. 8. Diagram rozkładu Pareto z krzywą Lorenza

• grupa C – parapet, wentylacja, izolacja, dach. Grupa ta stanowią 5% wszystkich wad.

Dwa pierwsze rodzaje wad budowlanych, tj. tynki i okna stanowią aż 37,48% wszystkich wad stwierdzonych podczas odbiorów lokali mieszkalnych. Stwierdzono również, że wady zaklasyfikowane do tynków i okien odpowiadają za powstanie blisko połowy (aż 47,54%) wszystkich wad w grupie A, co pokazuje, jak bardzo istotne są to zakresy robót budowlanych w procesie budowlanym.

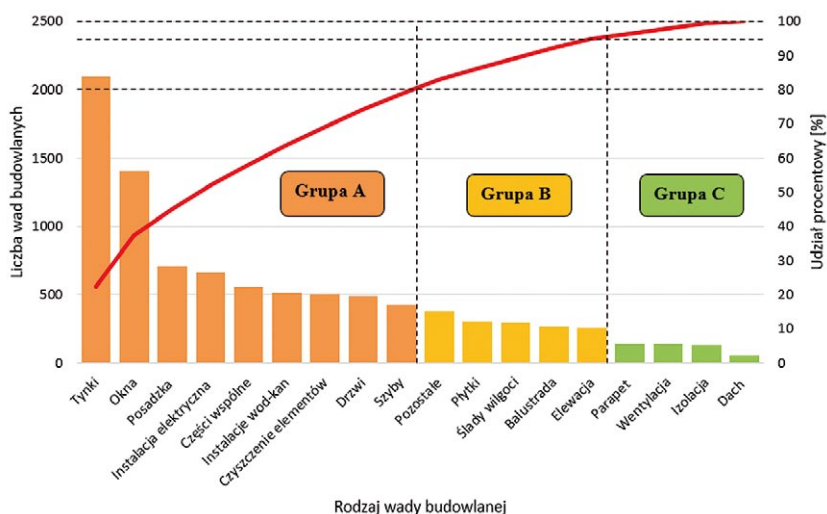
Analiza wad w budynkach mieszkalnych pozwoliła zauważyć, że większość z nich zlokalizowana jest w takich samych elementach budynku. Na podstawie diagramu Pareto i krzywej Lorenza istnieje możliwość wskazania elementów budynku, które powinny być szczególnie kontrolowane przez nadzór [10]. Pozwoli to znacznie ograniczyć liczbę lokali mieszkalnych, w których stwierdzane będą wady oraz obniżyć koszty napraw.

6. Podsumowanie

Miarą jakości budynków mieszkalnych jest liczba i rodzaj wad stwierdzanych podczas odbiorów technicznych. Dzięki tej wiedzy możliwa jest ocena, czy dany obiekt ma najwyższe cechy użytkowe, czy też nie. Na podstawie przeprowadzonej analizy Pareto-Lorenza stwierdzono, że w budynkach mieszkalnych:

- 78,84% wad budowlanych związanych jest z następującymi elementami budynku: tynkami, oknami, posadzkami, instalacjami elektrycznymi, częściami wspólnymi, instalacjami wodno-kanalizacyjnymi, niewłaściwym oczyszczeniem elementów, drzwiami i szybami;
- 16,14% wad związanych jest z: płytkami okładzinowymi, wilgocią, balustradami, elewacją i innymi;
- 5,02% wad związanych jest z: parapetami, wentylacją, izolacjami przeciwwodnymi i dachami.

Wykorzystanie analizy Pareto-Lorenza do identyfikacji wad o największym znaczeniu umożliwia wskazanie elementów



budynku, na które na etapie realizacji przedsięwzięcia budowlanego należy zwrócić szczególną uwagę, aby uzyskać obiekt o najwyższej jakości. Przykładem takich elementów są okna i drzwi, które na etapie budowy mogą być zabezpieczone specjalnymi foliami ochronnym celem uniknięcia zarysowań i uszkodzeń. Ten stosunkowo niewielki koszt zabezpieczenia zwróci się wielokrotnie na etapie wydawania mieszkań użytkownikom.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Plebankiewicz E., Malara J., Analysis of defects in residential buildings reported during the warranty period, Applied Sciences, 2020, doi: 10.3390/app10176123
- [2] Tarłowski M., Substyk M., Przygotowanie i odbiór inwestycji. Poradnik inwestora, 2014
- [3] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane
- [4] Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. Kodeks cywilny, 2021, (online), Available: <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU19640160-093/U/D19640093Lj.pdf>
- [5] PN-B-10144:1962: Posadzki z betonu i zaprawy cementowej. Wymagania i badania techniczne przy odbiorze
- [6] PN-B-10110:2005: Tynki gipsowe wykonywane mechanicznie. Zasady wykonywania i wymagania techniczne
- [7] PN-B-10385:1988: Stolarka okienna. Okna i drzwi. Wymagania i badania
- [8] PN-B-13079:1997: Szkło budowlane: Szyby zespolone
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2019, poz. 1065, 2019)
- [10] Hoła A., Sawicki M., Szóstak M., Methodology of classifying the causes of occupational accidents involving construction scaffolding using Pareto-Lorenz analysis, Applied Sciences, tom 8, 1/2018, doi: 10.3390/app8010048

Konkurs PZITB BUDOWA ROKU 2022

edycja XXXIII

Serdecznie zapraszamy do udziału www.budowaroku.pl

Problemy techniczne w renowacji więźby dachowej XVI-wiecznego kościoła

Technical problems in the renovation of the roof truss of the 16th century church

dr hab. inż. Beata Nowogońska (ORCID: 0000-0001-6343-4840), prof. uczelni, Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski

DOI 10.5604/01.3001.0016.2717

Streszczenie: Głównymi przyczynami uszkodzeń konstrukcji drewnianych w budynkach zabytkowych są wpływy czynników atmosferycznych oraz związane z nimi procesy starzeniowe. W przypadku więźby dachowej XVI-wiecznego kościoła w Lubowie na stan techniczny dodatkowo wpływ mają nieszczelne pokrycie dachu, uszkodzone rynny, rury spustowe i obróbki blacharskie. Część elementów drewnianej konstrukcji uległa korozji biologicznej, przez co utraciła swoje wartości wytrzymałościowe. Więźba dachowa XVI-wiecznego kościoła w Lubowie pochodzi z okresu budowy obiektu. Ze względu na wartości zabytkowe konstrukcji więźby w pracach renowacyjnych rezygnuje się z ingerencji, które zmieniłyby jej formę, kształt i typ. Remont więźby jest oparty na założeniu zachowania oryginalnych rozwiązań konstrukcyjnych, lokalizacji elementów, przekrojów.

Słowa kluczowe: więźba dachowa, stan techniczny, renowacja.

Abstract: The main causes of damage to wooden structures in heritage buildings are the influence of atmospheric factors and the ageing processes associated with them. In the case of the roof truss of the 16th century church in Lubowo, the technical condition is additionally affected by leaking roofing, damaged gutters, downpipes and flashings. Some of the elements of the wooden structure have suffered biological corrosion, causing them to lose their strength values. The roof truss of the 16th century church in Lubowo dates from the construction period of the building. Due to the historic value of the truss structure, the renovation work refrains from interventions that would change its form, shape and type. The renovation of the rafter framing is based on the assumption of preserving the original structural solutions, locations of elements, cross-sections.

Keywords: roof trusses, technical condition, renovation.

1. Wprowadzenie

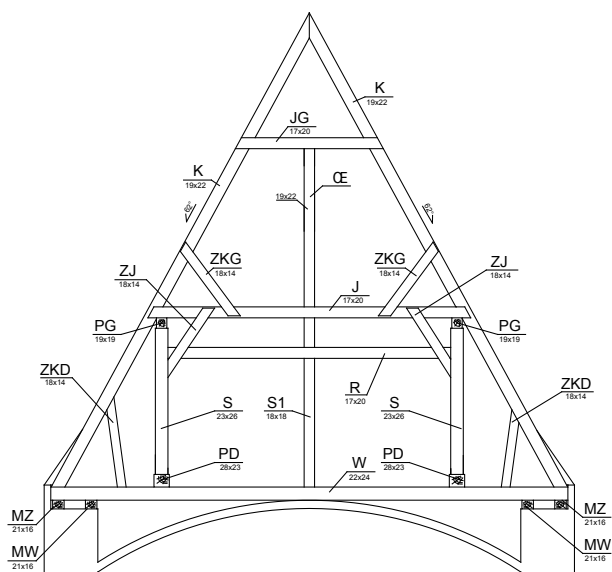
W obiektach zabytkowych wybór odpowiednich metod prac remontowych powinien zawsze uwzględniać zabytkowy charakter i wartości historyczne nie tylko obiektów jako całości, ale także poszczególnych jego elementów [3, 4, 6]. Prace remontowe w tych obiektach powinny być oparte na minimalnych zmianach w rozwiązaniach materiałowych, konstrukcyjnych i technologicznych [1–3].



Rys. 1. Widok kościoła od strony południowej; ugięcia kalenicy, odkształcenia połaci dachowej



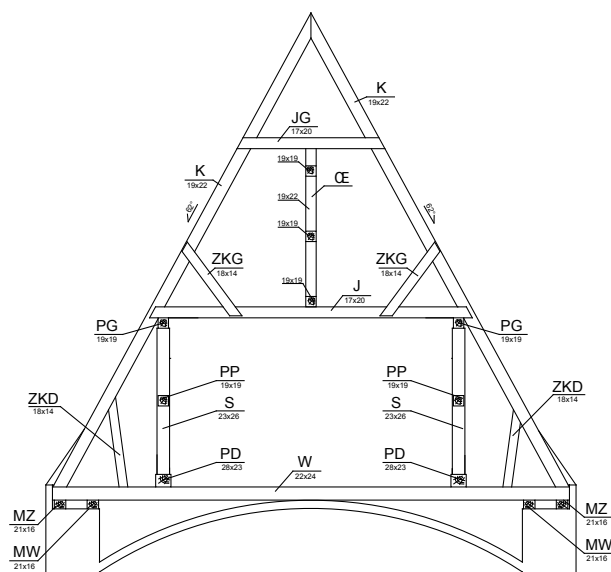
Rys. 2. Konstrukcja więźby jętkowa z dwoma ściankami stolcowymi wzmocnionymi ryglami



Rys. 3. Przekrój więźby – wiązar pełny W1

sieciowe z gurtami, przekryciem kruchty – sklepienie kolebkowe. Otwory okienne wydłużone są zamknięte łukiem pełnym, otwór drzwiowy – zamknięty łukiem pełnym z płaskim portalem.

Przekrycie kościoła stanowi dach dwuspadowy, w części prezbiterialnej – wielospadowy o konstrukcji drewnianej.



Rys. 4. Przekrój więźby – wiązar pusty W1a

Pokrycie – z dachówki karpiówki krytej podwójnie w koronkę na zaprawie wapiennej. Spadek dachu jest około 62°. Więżba dachowa pochodzi z okresu budowy kościoła.

Konstrukcja więźby jest jętkowa z dwoma ściankami stolcowymi wzmocnionymi ryglami. Wiązary pełne dodatkowo wzmocnione są belką rozporową. Pomiędzy wiązarami pełnymi w kierunku podłużnym są zastrzały usztywniające konstrukcję. Jętka podparta jest dodatkowo zastrzałami. W górnej partii dachu na jętkach oparta jest drewniana rama słupowo-ryglowa usztywniona dodatkowo zastrzałami biegnącymi w jednym kierunku. Rama podpira jętki na górnym poziomie. Więżba oparta jest na belkach wiązarowych ułożonych na dwóch namurnicach.

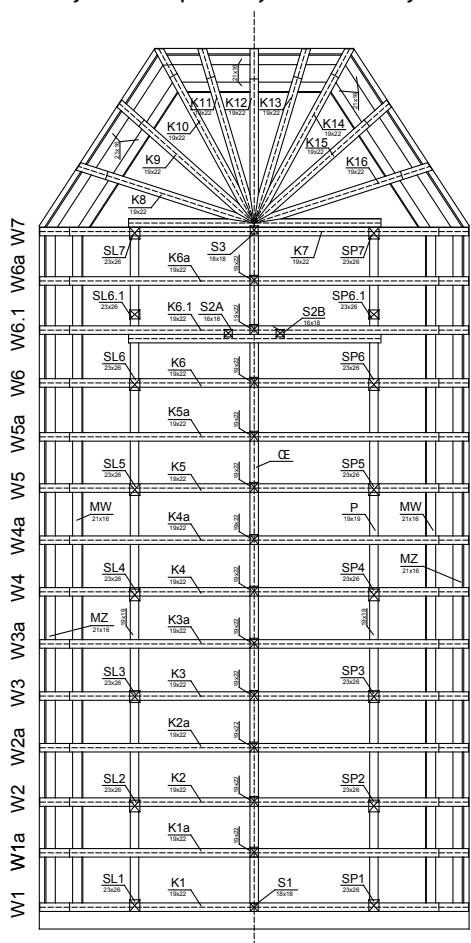
Nad prezbiterium krokwie są usztywnione w górnej części krzyżulcami. Belki wiązarowe znajdują się ponad ceramicznym sklepieniem świątyni. Od zachodu dach osłonięty jest muraowaną ścianą szczytową.

2. Stan techniczny więźby dachowej

Przeprowadzona została ocena stanu technicznego więźby dachowej kościoła. W wyniku badań stwierdzono, że stopień zużycia wielu elementów mieści się w granicach 70–80%, a ścianka stolcowo-ryglowa podpierająca jętkę górną zużyta jest w 100%. Stwierdzono, że część połączeń ciesielskich uległa rozszczepieniu i przesunięciu, widoczne są liczne ślady wtórnych wzmocnień i napraw.

Zostały wykonane pomiary odchyleni i przemieszczeń konstrukcji więźby dachowej kościoła. Zmierzone odchylenia od pionu słupów SL1–SL7, SP1–SP7, S1, S2A, S3. Odchylenia od pionu słupów występują w granicach 2,0–20 cm. Poza tym ugięcia krokwi wynoszą miejscami 20 cm, ugięcia jętek oraz rygli dochodzą do 25 cm.

W wiązarach W2 i W3 brak jest zastrzałów, w wiązarach W4 i W5 brak pojedynczych zastrzałów. W wiązarach W2a, W3,



Rys. 5. Rzut więźby dachowej



Rys. 6. Skorodowane elementy ścianki stolcowo-ryglowej



Rys. 7. Ugięte jętki i rygle



Rys. 8. Rozszczerzone połączenia elementów ścianki stolcowo-ryglowej



Rys. 9. Miejsca po usuniętych zastrzałach



Rys. 10. Skorodowana krokiew wtórnie wzmocniona nadbitkami



Rys. 11. Skorodowane końcówki belek więzarych wtórnie wzmocnione nadbitkami z desek



Rys. 12. Kliny pomiędzy płatwią dolną a belkami więzarymi



Rys. 13. Miejsce po usunięciu słupie, korozja biologiczna jętki



Rys. 14. Rozszczepione połączenia belek więzarych nad częścią prezbiterialną

W3a, W4, W4a (L) skorodowane końcówki belek więzarych są wtórnie wzmocnione drewnianymi nadbitkami, wtórnie zastosowane są podkładki pomiędzy płatwią dolną PD a belką więzaryą.

3. Główne postulaty remontowe

Więźba dachowa ma wartości zabytkowe zarówno ze względu na oryginalny materiał, jak i typ konstrukcji, wobec tego rezygnuje się z ingerencji, które zmieniałyby formę, kształt, typ. W pracach remontowych należy zachować oryginalne rozwiązania konstrukcyjne, lokalizację elementów i ich przekroje [1–4]. Połączenia elementów konstrukcji dachu również należy wykonać za pomocą połączeń ciesielskich takich samych jak oryginalne, jedynie w elementach wzmocnianych nakładkami zastosować łączniki współczesne.

3.1. Wzmocnienie uszkodzonych elementów więźby dachowej

Zaprojektowano wzmocnienie uszkodzonych płatwi górnych i dolnych, jętek oraz rygli poprzez zastosowanie obustronnych nadbitek z drewna sezonowanego klasy C30 o przekrojach uzupełniających ilość ociosanego drewna 6x19 cm (lub 20 cm). Belki łączone będą ze sobą wzajemnie za pomocą

prętów gwintowanych M16 klasy 5.8. Pomiędzy płatwią (jętką, rygłem) na odcinku nieobjętym korozją a wzmocnieniami, w miejscu wykonanego połączenia śrubowego należy użyć płytek kolcowych dwustronnych [4].

Skorodowane węzły więzarów w strefie przypodporowej należy wymienić na nowe. Przed przystąpieniem do prac konieczne będzie zastosowanie stężenia przekazującego obciążenia ze wzmocnianego więzara na mur zewnętrzny kościoła. Stężenie zostanie wykonane w postaci zastrzałów usytuowanych w płaszczyźnie połaci dachowej.

Po wykonaniu prac przygotowawczych trzeba wymienić odcinkowo namurnice. Pod elementy drewniane należy podłożyć papę asfaltową. Poszczególne odcinki namurnicy zostaną połączone na nakładkę z zastosowaniem płytki kolcowej dwustronnej. Namurnice zakotwione będą do muru za pomocą pręta gwintowanego z nakrętką mocowanego na żywicę epoksydową.

Następnie należy przystąpić do wzmocnienia skorodowanych belek więzarych. Belki więzary wzmocnione będą za pomocą dodatkowych belek usytuowanych po bokach uszkodzonego elementu. Belki połączone zostaną ze sobą wzajemnie za pomocą prętów gwintowanych M16 klasy 5.8, a pomiędzy belką więzaryą na odcinku nieobjętym korozją a wzmocnieniami w miejscu wykonanego

połączenia śrubowego zastosowane będą płytki kolcowe dwustronne [4].

3.2. Uzupełnienie elementów więzby dachowej

Należy uzupełnić brakujące miecze elementami drewnianymi o przekroju 17x20 cm oraz brakujący słupek S2B w wiązarze W6.1. Zaprojektowano połączenie elementów na nakładkę z przewężeniem, dostosowując ją do istniejących wycięć w stolcu i płatwi [4]. Na wszystkie elementy drewniane nowo wprowadzane do obiektu zastosowane zostanie drewno sezonowane klasy C30, zabezpieczone przed korozją biologiczną i ogniem metodą impregnacji wgłębnej próżniowo-ciśnieniowej lub kąpieli gorąco-zimnych.

3.3. Wymiana elementów konstrukcyjnych więzby dachowej

Projektuje się odtworzenie górnej części konstrukcji więzby dachowej, skorodowanej praktycznie w 100%, zachowując ten sam typ konstrukcji i kształt. Wymiana elementów obejmuje ramę słupek-ryglową, która znajduje się w górnej partii dachu, wraz z usztywniającymi ją zastrzałami i jętkami na górnym poziomie.

Na wszystkie elementy drewniane nowo wprowadzane do obiektu projektuje się zastosować drewno sezonowane

klasy C30, zabezpieczone przed korozją biologiczną i ogniem metodą impregnacji wgłębnej próżniowo-ciśnieniowej lub kąpieli gorąco-zimnych.

Rekonstruowane elementy będą montowane na połączenia ciesielskie tradycyjne według oryginalnych rozwiązań.

3.4. Konserwacja elementów konstrukcyjnych więzby dachowej

Wszystkie elementy drewniane zaatakowane przez owady, które są przeznaczone do naprawy, po oczyszczeniu do zdrowego drewna zostaną zaimpregnowane preparatem zwalczającym owady.

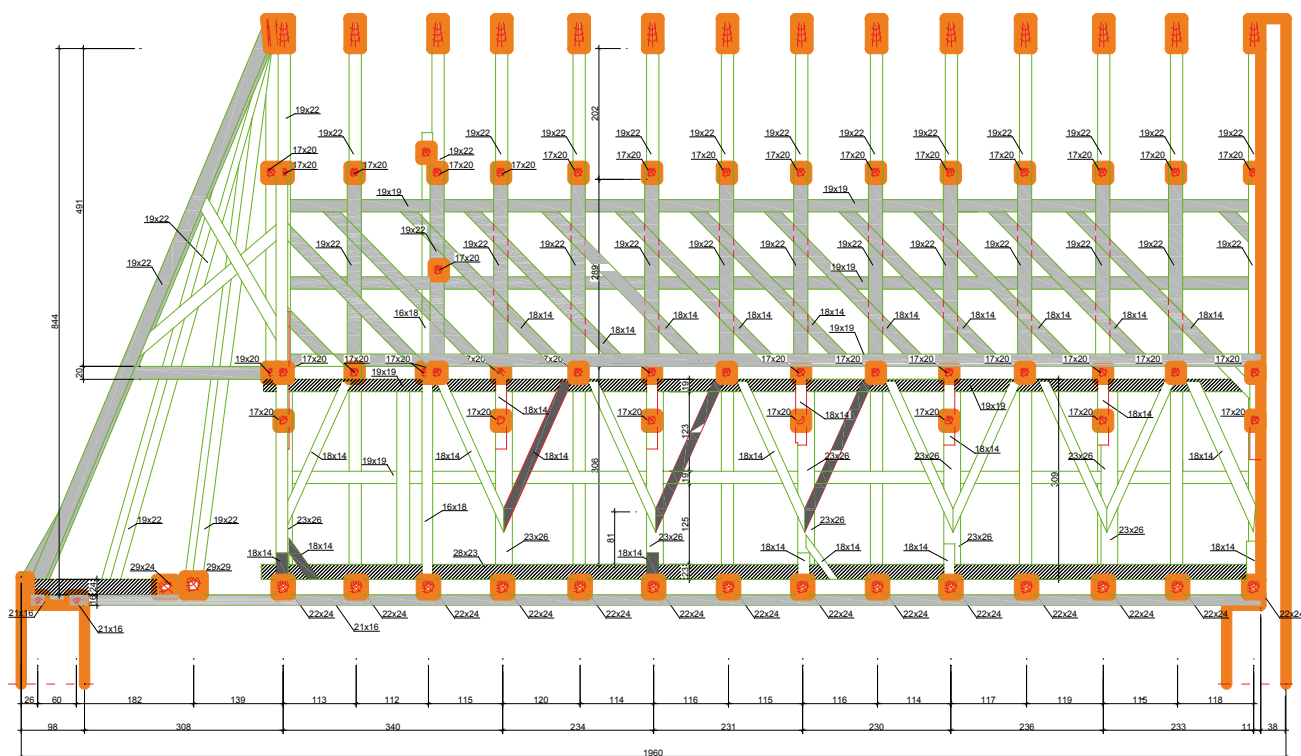
Wszystkie nowe elementy drewniane, które będą wprowadzone do konstrukcji, zaimpregnowane zostaną metodą kąpieli bezciśnieniowej.

Po wykonaniu wszelkich napraw i uzupełnień wszystkie elementy więzby dachowej i poddasza należy zabezpieczyć przed ogniem.

Do zwalczania grzybów zaproponowano środek biobójczy mający odpowiednie dopuszczenie do stosowania.

3.5. Wymiana pokrycia dachowego

Projektuje się całkowitą wymianę pokrycia dachowego kościoła. Planuje się zastosować dachówkę karpiówkę układaną podwójnie w koronkę. Należy stosować dachówkę wybieraną z różnych



Rys. 15. Przekrój podłużny więzby

Rys. 16. Przekrój poprzeczny jednego z wiązów pełnych

palet dla uzyskania zróżnicowania odcieni. W zakresie prac remontowych przewidziane jest wykonanie nowego ołączenia z łąt 6x4 cm. Maksymalny rozstaw łąt wynosi 30 cm. Wykonać trzeba również wymianę przypustnic we wszystkich wiązarach więźby. W strefie okapu należy wykonać jeden rząd dachówki połaciowej wentylacyjnej, natomiast w strefie kaleniccy dwa rzędy dachówki połaciowej wentylacyjnej.

Kalenicę zaprojektowano w formie gąsiorów stożkowych układanych na sucho. Konstrukcję kaleniccy tworzy łąta kalenicowa mocowana równolegle do okapu za pomocą wsporników łąty kalenicowej. Gąsiorzy należy układać na łącie z zachowaniem niezbędnego przewietrzania. Gąsiorzy zostaną nasunięte na siebie na ok. 40 mm, a następnie będzie mocowana klamra antykorozyjnymi gwoździami lub wkrętami do łąty kalenicowej [5]. Jako uszczelnienie zastosowane zostaną aluminiowe uszczelki kalenicowe.

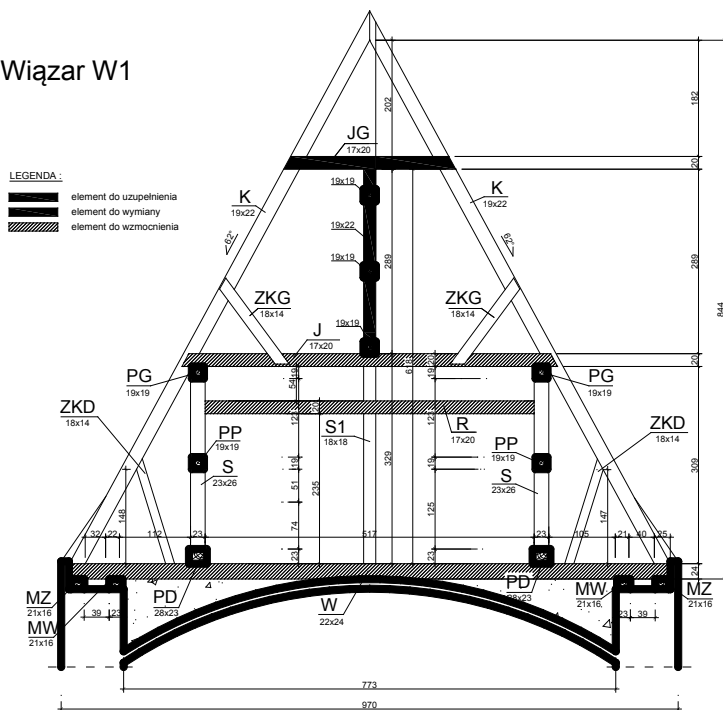
3.6. Odprowadzenie wody z dachu

Projektuje się nowe rynny $\varnothing 192$ i rury spustowe $\varnothing 120$ oraz obróbki blacharskie z blach cynkowo-tytanowych o grubości 0,7 mm. Odprowadzenie wody opadowej z dachu należy wykonać poza bezpośrednie sąsiedztwo cokołu.

4. Podsumowanie

Stan techniczny kościołów w niewielkich miejscowościach w województwie lubuskim w większości obiektów wskazuje na konieczność wykonania szerokiego zakresu prac remontowych. Z powodu braku środków najczęściej prace te nie są wykonywane, jednak za kilka lat postępująca degradacja będzie

Wiązar W1



wymagać znacznie większych nakładów. Mieszkańcy wsi Lubów próbują zahamować proces niszczenia swojej świątyni. Pierwszym etapem prac naprawczych jest renowacja więźby wraz z pokryciem dachu. Prace te wyeliminują destrukcyjne działanie czynników atmosferycznych na ten obiekt.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Jasiołko J., Nowak T., Hamrol K., Selected methods of diagnosis of historical timber structures principles and possibilities of assessment, *Advanced Materials Research* 778, 2013, str. 225–232
- [2] Hoła J., Schabowicz, K., State-of-the-art non-destructive methods for diagnostic testing of building structures – anticipated development trends. *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 10/3, 2010, str. 5–18
- [3] Cruz H. et al. Guidelines for On-Site Assessment of Historic Timber Structured. *International Journal of Architectural Heritage* 9/3, 2015, str. 277–289
- [4] Nowogońska B., Eckert W., Projekt budowlany remontu więźby dachowej Kościoła Filialnego p.w. św. Michała Archanioła w Lubowie, 2018

EXPO & MULTI CONFERENCE

23-25 maj 2023

Kraków
Campus Warszawska
Politechnika Krakowska



infraBIM
V4 VISEGRAD GROUP

Europejskie Centrum Certyfikacji BIM oraz Politechnika Krakowska przy wsparciu infraTEAM zapraszają na kolejną edycję infraBIM. Podczas tego międzynarodowego wydarzenia można będzie poznać cyfrowe technologie, które już zmieniają sposoby planowania i realizacji inwestycji budowlanych, a także zarządzania infrastrukturą. Weź udział w największym wydarzeniu BIM Europy Środkowej i poznaj wiodących ekspertów Budownictwa 4.0. Przez trzy dni korzystaj z wykładów i debat w sesjach plenarnych oraz warsztatów i strefy expo. Spotkajmy się w Krakowie na infraBIM 2023 Expo & Multi-Conference.

Tematyka

- BIM w zamówieniach publicznych
- BIM w infrastrukturze
- Projekty pilotażowe BIM
- Digital Asset Management
- Standardy i biblioteki BIM
- Drony i rekonstrukcja 3D
- Virtual Design & Construction VDC
- Interoperacyjność BIM + GIS

eccobim
Organizer

PK
Co-organizer

infraTEAM
Operator

Nowoczesne
Budownictwo
General media patron

StormCode
Technical Partner

Historia nowoczesnego zarządzania budownictwem w Płocku

History of modern construction management in Płock

mgr Ewa Serafimowicz, Włodzimierz Serafimowicz, PZITB, NOT, Towarzystwo Naukowe Płockie

Streszczenie: Artykuł przedstawia rozwój metod planowania i zarządzania stosowanych w płockim budownictwie wielkoprzemysłowym po II wojnie światowej w czasach PRL i III RP. W latach 70., 80. i 90. XX w. płockie środowisko budowlane związane z NOT, PZITB i TNP było wiodącym w kraju w dziedzinie opracowywania i wdrażania nowoczesnych metod zarządzania procesami inwestycyjnymi. W praktyce dotyczyło to głównie budowy Mazowieckich Zakładów Rafineryjnych i Petrochemicznych, Fabryki Maszyn Żniwnych oraz okresowo całości budownictwa samorządowego w Płocku i w województwie płockim. W wyniku tej aktywności Płock stał się miejscem częstych spotkań teoretyków i praktyków z kraju i zagranicy w obszarze nowoczesnych metod planowania i zarządzania w budownictwie i w procesie inwestycyjnym (zarządzania projektem).

Słowa kluczowe: systemowe zarządzanie, informatyzacja, konferencje naukowe, metoda STEROD, system SHOD.

Abstract: The article discusses the history of the methods used in planning and management in Płock's industrial construction after the Second World War and during the time of the Third Polish Republic. During the 1970s, 1980s and 1990s Płock's construction society, which was linked to NOT, PZITB and TNP, was prominent in researching and implementing modern methods of investment management. Great examples of such activities were the construction of Masovian Refinery and Petrochemical Plant, Harvesting Machinery factories, and other instances of local government construction in the city Płock and in Płock province. It all resulted in Płock becoming a place of frequent meetings of both Polish and foreign engineers during which new modern technologies and methods of planning and management in construction and investment were discussed.

Keywords: management in construction, computerization, scientific conferences, method STEROD, system SHOD.

1. Wprowadzenie

Budownictwo w szerokim ujęciu jest dziedziną działalności związanej ze wznoszeniem budowli, budynków i innych obiektów budowlanych oraz ich przebudową, odbudową, modernizacją, konserwacją i rozbiórką obiektów. Od najdawniejszych czasów ważną rolę w budownictwie odgrywa organizacja. Metody budowania zmieniały się w poszczególnych wiekach i były ściśle związane z rozwojem techniki, jednakże ich realizacja w większości przypadków bazowała na improwizacji oraz na talentach organizacyjnych architektów i budowlanców.

Wykonawstwo budowlane uzależnione jest od: różnorodności lokalizacji obiektów budowlanych, indywidualizmu rozwiązań projektowych, wymiarów budynków i budowli, zmienności warunków atmosferycznych oraz czasu trwania budowy. W budownictwie poza wykonawstwem małych i nieskomplikowanych obiektów jest obszar wielkich zadań inwestycyjnych przemysłowych i specjalistycznych, których szybka i jakościowa realizacja ma ogromne znaczenie ekonomiczne.

W związku z tym wraz z rozwojem budownictwa następowało wypracowywanie nowoczesnych technologii robót oraz systemowych metod zarządzania, które mają decydujący wpływ na ekonomikę obecnego budownictwa.

2. Organizacja i zarządzanie w budownictwie

Prekursorami systemowych metod zarządzania (nauki o organizacji i kierowaniu) byli Frederick Winslow Taylor i Henry Fayol, Henry Laurence Gantt i Karol Adamiecki. Praktyczne zastosowanie elementów tych metod związane było z działalnością organizatorską na początku XX w. Henry'ego Gantta w amerykańskim przemyśle maszynowym, co opublikował w 1910 roku. Opracowane przez niego diagramy stanowiły wykresy ukazujące realizację zadań i jego elementów składowych w czasie. Pierwszym pomysłodawcą tego typu

„narzędzia organizacyjnego” był polski inżynier Karol Adamiecki, który już w 1896 r. opracował i wdrożył harmonogramy, jednakże oficjalną o tym publikację zaprezentował dopiero w 1931 r.

„Diagram Gantta” i analogiczny „harmonogram Adamieckiego” to grafy, które w postaci wykresów służą do planowania działań zarówno pojedynczych, jak i grupowych. Uwzględnia się w nich podział projektu na poszczególne przedsięwzięcia, zadania, obiekty i procesy produkcyjne, które następnie są rozplanowywane w czasie. Grafy obrazują następstwo kolejnych zdarzeń lub czynności, uwzględniając równocześnie czynności wykonywane równolegle. Obecnie istnieje wiele metod tworzenia tych diagramów, jak również jest duża liczba ich możliwych zastosowań. Poza planowaniem dzięki tej metodzie można również kontrolować realizację zadań inwestycyjnych. Począwszy od lat 30. XX w. metoda diagramów Gantta/Adamieckiego znalazła praktyczne zastosowanie w budownictwie.

Znaczący postęp w metodach zarządzania nastąpił w 1950 r., gdy James E. Kellea i Morgan R. Walker na potrzeby amerykańskiej armii opracowali metodę CPM (ang. *Critical Path Method*). Początkowo obejmowała ona jedynie logiczne zależności pomiędzy projektowanymi zadaniami. W metodzie tej projekt jest przedstawiany w postaci diagramu sieciowego, czyli grafu skierowanego. Istotą tej metody jest analiza ścieżki krytycznej, w wyniku której uzyskuje się najwcześniejsze i najpóźniejsze terminy początków i końców czynności oraz tzw. drogę (ścieżkę) krytyczną, która decyduje o czasie realizacji zadania. Z czasem CPM i probabilistyczna metoda PERT (ang. *Program Evaluation and Review Technique*) z wykorzystaniem techniki komputerowej stosowanej w zarządzaniu projektami wojskowymi – znalazła zastosowanie również w projektach cywilnych. W wyniku wdrożenia tej metody w planowaniu i zarządzaniu skomplikowanymi inwestycjami budowlanymi w USA i Europie Zachodniej uzyskano usprawnienie ich wykonawstwa i duże efekty ekonomiczne.

W krajowym budownictwie metoda diagramów Gantta/Adamieckiego oraz później opracowana metoda pracy równomiernej były

propagowane do stosowania w zarządzaniu produkcją budowlano-montażową przez prof. Aleksandra Juliana Dyżewskiego – rektora Politechniki Warszawskiej i prof. Leona Rowińskiego (dyrektora Instytutu Technologii i Organizacji Budowy w Politechnice Śląskiej w Gliwicach) – przewodniczącego Towarzystwa Naukowego Inżynierii Procesów Budowlanych.

3. Zarządzanie budownictwem w PRL

Centralne zarządzanie gospodarką socjalistyczną w PRL opierało się teoretycznie na powiązaniu planowania przestrzennego z hierarchicznymi nakazowymi planami gospodarczymi: krajowymi, wojewódzkimi, powiatowymi i miejskimi. Podstawowym błędem ówczesnego planowania gospodarczego było jego niezbilansowanie – z będącymi w dyspozycji materiałami budowlanymi, sprzętem i transportem oraz wykwalifikowaną siłą roboczą. Sytuację pogarszała zasada wymuszająca w przedsiębiorstwach budowlanych coroczny zbyt duży wzrost wydajności w wyrazie finansowym, bez uwzględnienia rzeczowego zakresu robót. W efekcie to niezbilansowane planowanie utrudniało realizację przyjętych krajowych celów gospodarczych. W kolejnych wieloletnich planach rozwoju gospodarczego kraju pomimo ogromnych wysiłków z dużej części inwestycji rezygnowano, a większość zadań realizowano z opóźnieniem.

W celu minimalizacji strat gospodarczych wynikających z nieprawidłowego zarządzania krajowym budownictwem władze centralne często interweniowały w realizację procesów inwestycyjnych oraz decydowały o kolejności realizacji ważnych strategicznie inwestycji. Powoływano też kompetentne sztaby koordynacyjne, które kosztem innych budów nakazowo zabezpieczały deficytowe materiały budowlane, sprzęt budowlany, dostawy z kraju i zagranicy, a nawet siłę roboczą. Na wybranych odcinkach inwestycyjnych działania te rzeczywiście usprawniały efektywność zarządzania w zakresie terminowości realizacji, jakości wykonania i obniżenia kosztów.

Jednak równocześnie w wyniku tych decyzji następowało wyhamowanie w kraju wielu inwestycji nieposiadających statutu „ważnych strategicznie”. Następował proces dużego wydłużenia cykli ich realizacji, co w efekcie zaburzało prawidłowe zarządzanie procesami inwestycyjnymi w całym kraju. Miało to istotny wpływ na efektywność całości krajowego budownictwa jako działu gospodarki narodowej i powodowało niskie efekty społeczno-gospodarcze w stosunku do ponoszonych nakładów.

W określonych okresach „odwilży” władze partyjne i państwowe próbowały wycofywać się z nieefektywnego systemu zarządzania i reformować gospodarkę. Najbardziej zaawansowane oddolne prace teoretyczne naprawy gospodarki narodowej realizowano na przełomie lat 70. i 80. ubiegłego wieku, natomiast ostrożne próby ich realizacji wystąpiły w latach 1981–1985, gdy funkcję pełnomocnika rządu ds. reformy gospodarczej pełnił prof. Władysław Baka. Oddolnie wspierały go społecznie środowiska naukowców i praktyków związanych z Polskim Towarzystwem Ekonomicznym (PTE), Naczelną Organizacją Techniczną (NOT), Polskim Związkiem Inżynierów i Techników Budownictwa (PZITB) i Towarzystwem Naukowym Organizacji i Kierownictwa (TNOiK). W tym okresie w ramach PTE, NOT i PZITB oraz na szczeblu władz państwowych powstały propozycje usprawniające zarządzanie na różnych szczeblach zarządzania krajowym budownictwem. Podjęto też decyzję o wdrożeniu zachodnich systemowych metod zarządzania procesem inwestycyjnym w wersji informatycznej. Na potrzeby inwestorów różnych szczebli oraz generalnych wykonawców i ich przedsiębiorstw podwykonawczych rozpoczęto próbną wdrażanie zagranicznych informatycznych systemów zarządzania procesem inwestycyjnym. Następnie opracowano oprogramowanie systemów typu CPM/PERT (bazujących na sieci powiązań) na ówczesne polskie komputery (elektroniczne maszyny cyfrowe) typu ZAM i ODRA oraz radziecką rodzinę e.m.c. typu JS RIAD. W następnym etapie

przystąpiono do opracowywania programów dostosowanych do potrzeb krajowych, uwzględniających realia ówczesnego zarządzania. Nowatorskie działania związane z próbami wdrażania reformy gospodarczej w kraju, w tym również w obszarze budownictwa, mimo że zawierały wiele nowoczesnych propozycji, nie zdążyły doprowadzić do naprawy ogólnej sytuacji gospodarczej kraju; być może nie było takich możliwości. Nie zadziałała też spóźniona ustawa ministra Mieczysława Wilczka z grudnia 1988 r., która w zasadzie wprowadzała zasady gospodarki rynkowej i zrównała sektor publiczny z sektorem prywatnym. W końcowym okresie PRL w latach 80. XX w., doszło do zapaści gospodarczej, nastrojów powszechnego protestu i masowych strajków, zakończonych praktycznie „bankructwem” kraju. W rezultacie pogłębiającej się zapaści gospodarczej kraju, braku możliwości regulacji narastających długów zagranicznych oraz masowego niezadowolenia społecznego w połowie 1989 r. PRL przestała istnieć.

4. Systemowe zarządzanie płockim budownictwem w PRL

W okresie powojennej PRL-owskiej odbudowy i uprzemysłowienia kraju komplikowały się procesy realizacji inwestycji oraz zarządzania dużymi przedsiębiorstwami budowlano-montażowymi. Tradycyjne metody zarządzania w budownictwie oparte wyłącznie na doświadczeniu i działaniu intuicyjnym stały się niewystarczające. Budownictwo, a w szczególności budownictwo przemysłowe, wyróżnia się spośród innych gałęzi gospodarki narodowej swoją specyfiką, którą określa jednorazowość oraz różnorodność produkcji, rozproszenie wznoszonych obiektów, udział w realizacji wielu specjalistycznych jednostek wykonawczych i dostawców maszyn i urządzeń.

Począwszy od lat 60. XX w. Płock stał się jednym z głównych placów budowy w kraju. Ogromny wzrost budownictwa przemysłowego, ogólnego i mieszkaniowego w Płocku spowodował potrzebę wypracowania sprawniejszego zarządzania procesem inwestycyjnym, przy czym dla realizacji dużych inwestycji przemysłowych powołano przedsiębiorstwo pełniące funkcje generalnego wykonawstwa – Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego Petrobudowa. Wdrożono tam dyspozytorski system sterowania produkcją budowlano-montażową i przemysłową produkcją pomocniczą oraz powołano nowy pion zajmujący się planowaniem i zarządzaniem w generalnym wykonawstwie.

W budowie strategicznych dla kraju inwestycji zlokalizowanych w Płocku, tj. Fabryki Maszyn Żniwnych oraz Mazowieckich Zakładów Rafineryjnych i Petrochemicznych, aktywnie uczestniczyły, poza kierownictwem bezpośrednich realizatorów procesu inwestycyjnego, ich jednostki nadrzędne jak zjednoczenia i ministerstwa oraz centralne sztaby koordynacyjne. W ślad za innymi ważnymi ośrodkami przemysłowymi w kraju rozpoczęto wdrażanie systemowych metod zarządzania w wersji informatycznej sprawdzonych na innych wielkich budowach.

Następnym etapem było przystąpienie do opracowania i wdrożenia własnych systemów skoordynowanego zarządzania przedsiębiorstwem i całym procesem inwestycyjnym, tj. systemu usprawniającego koordynację prac pomiędzy biurami projektów, inwestorem, generalnym wykonawcą i przedsiębiorstwami specjalistycznymi (podwykonawcami) oraz dostawcami maszyn i urządzeń z kraju i zagranicy. Na zlecenie MZRIp opracowywano dla budowy kolejnych instalacji rafineryjnych i petrochemicznych nowoczesną dokumentację organizacyjną – Wytyczne Realizacji Inwestycji. W oparciu o WRI i dokumentację projektową na bazie przeliczeń sieci zależności według systemu CPM/PERT uzyskiwano dla poszczególnych zadań inwestycyjnych harmonogramy dyrektywne, które były załącznikami do umów pomiędzy inwestorem i generalnym wykonawcą oraz dostawcami urządzeń. Harmonogramy te stanowiły również załącznik do umów pomiędzy generalnym wykonawcą

i podwykonawcami. Ponadto stanowiły bazę do opracowania wieloletniego planu finansowego realizacji inwestycji w MZRIp oraz rocznych planów finansowych generalnego wykonawcy – PBP Petrobudowa.

W początkowym okresie stosowania w Polsce informatyki w budownictwie opracowywano i wdrażano na e.m.c. liczne jednostkowe i odcinkowe programy informatyczne realizowane dla poszczególnych przedsiębiorstw budowlanych w dziedzinach: zatrudnienie, płace, kalkulacja cen wyrobów, księgi przychodów i rozchodów, zagadnienia finansowo-księgowe, środki trwałe i gospodarka materiałowa itp. W tym okresie powszechnie funkcjonowały w kraju tylko dwa systemy limitowania środków produkcji i kosztorysowania robót budowlanych (bydgoski program ASAH i warszawski program BAZA) oraz jeden system harmonogramowania i kontroli realizacji – PROKOR.

W PBP Petrobudowa w ramach generalnego wykonawstwa wdrożono na budowach MZRIp popularny wówczas w kraju system PROKOR, który usprawniał opracowywanie harmonogramów oraz umożliwiał realizację planowania kroczącego i informował o zaistniałych opóźnieniach.

W Petrobudowie uznano, że istotnym czynnikiem determinującym sprawność działania dużego przedsiębiorstwa budowlanego powinien być nowy zmodernizowany system informacyjny przedsiębiorstwa, a następnie kompleksowy system informatyczny (oparty o uporządkowaną strukturę organizacyjną i wynikający z niej podział funkcji zarządzania). System ten rozpoczęto projektować kolejno dla obszarów:

- planowania i zarządzania produkcją budowlano-montażową w generalnym wykonawstwie;
- planowania i zarządzania produkcją budowlano-montażową w siłach własnych;
- planowania i zarządzania przemysłowej produkcji pomocniczej;
- gospodarki materiałowej;
- zatrudnienia i płac;
- księgowości, ewidencji i sprawozdawczości oraz analiz ekonomicznych.

W ramach płockiego NOT i PZITB społecznie przy patronacie dyrekcji PBP Petrobudowa oraz Pionów Inwestycji MZRIp i FMŻ przystąpiono do opracowania i wdrożenia nowej wersji systemu informatycznego zarządzania dużymi i skomplikowanymi zadaniami inwestycyjnymi. Bazą wyjściową tych opracowań była innowacja organizacyjna SHOD (System Planowania i Zarządzania według Harmonogramów Dyrektywnych i Operatywnych). Płocki system SHOD stanowi kontynuację idei systemów SYKOR (Kraków) i PROKOR (Warszawa), których podstawowym zadaniem była sygnalizacja o opóźnieniach w stosunku do aktualnego harmonogramu budowy.

W systemie SHOD przyjęto jako bazę odniesienia dwa rodzaje harmonogramów: harmonogram dyrektywny (załącznik do umowy inwestora z generalnym wykonawcą) oraz kolejne wersje harmonogramów operatywnych, stanowiących zazwyczaj cokwartalną lub comiesięczną aktualizację harmonogramu dyrektywnego – w celu dotrzymania terminu końcowego zadania inwestycyjnego, względnie minimalizacji opóźnień.

W systemie SHOD w oparciu o ustalone procenty zaawansowania robót na określonej dacie otrzymywało się m.in. obiektywne wykazy opóźnień w stosunku do harmonogramu dyrektywnego i aktualnego harmonogramu operatywnego z wyczeniem wielkości opóźnień całkowitych (z określeniem opóźnienia zaistniałego i przewidywanego), posortowanych według zadań inwestycyjnych, wykonawców, kodów szczebla i ważności.

Kolejnym etapem usprawniania systemu planowania i zarządzania było opracowanie metody STEROD, która wymuszała wykonywanie harmonogramów i kosztorysów przy zastosowaniu stypizowanej klasyfikacji procesów budowlanych (kosztorysowych asortymentów robót i pozycji harmonogramowych). Metoda ta zakłada

agregację asortymentów kosztorysowych (i ich przedmiarów robót) w skoordynowaniu z elementarnymi pozycjami harmonogramów, tj. procesami budowlano-montażowymi (czynnościami). Przy opracowywaniu kosztorysu według tej klasyfikacji należało uwzględnić wymogi związane z opracowywaniem harmonogramu, stąd niezbędna jest współpraca kosztorysantów z wykonawcami. W efekcie tej zasady tradycyjny kosztorys budowy (zarówno w wersji tradycyjnej lub informatycznej) mógł być z łatwością wykorzystany przy opracowywaniu dokumentacji organizacji budowy (oraz kolejnej jej aktualizacji).

W wersji informatycznej metoda STEROD pod nazwą Skoordynowany System STEROD na e.m.c. stanowiła powiązanie dowolnych informatycznych systemów harmonogramowania (np. PROKOR, SHOD) oraz wybranych systemów kosztorysowania (np. ASAH, BAZA). Połączenie tych odcinkowych systemów wykonano poprzez „programy łączniki”. Należy zaznaczyć, iż powyższe opracowania autorskie powstały w ramach oddolnej działalności w PBP Petrobudowa oraz społecznie w ramach Komitetu ds. Ekonomiki, Zarządzania i Organizacji Pracy RW NOT w Płocku i Komisji Organizacji i Zarządzania OW PZITB w Płocku.

Na przełomie lat 1970 i 1980 płockie środowisko inwestycyjno-budowlane było wiodącym w kraju w dziedzinie wdrażania skoordynowanych systemów zarządzania przedsiębiorstwem i procesem inwestycyjnym [33]. Integracja różnych programów (systemów) stała się istotnym dalszym kierunkiem rozwoju w krajowej informatyce inwestycyjno-budowlanej. W wyniku tej aktywności Płock stał się miejscem częstych krajowych spotkań teoretyków i praktyków w obszarze nowoczesnych metod planowania i zarządzania w budownictwie i w procesie inwestycyjnym.

Pod patronatem płockiego NOT i PZITB zorganizowano w Płocku dla inwestorów, projektantów, wykonawców, naukowców i informatyków dwie międzynarodowe konferencje pt. „Celowość i warunki integracji systemów informatycznych w zarządzaniu procesami produkcji budowlanej” (14–15 maja 1979 r.) [6] oraz „Integracja systemów informacyjnych i informatycznych w procesie inwestycyjnym” (15–16 czerwca 1980 r.) [7]. W związku z postępującym w kraju od początku lat osiemdziesiątych XX w. kryzysem gospodarczym nastąpiła próba oddolnych poszukiwań bardziej efektywnych metod zarządzania w budownictwie. Pierwsze szerokie spotkanie praktyków i środowisk naukowych w krajowym budownictwie na temat reformy gospodarczej zorganizowało w końcu 1980 r. gdańskie Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa (TNOiK). Kolejne cztery ogólnokrajowe konferencje dotyczące budownictwa odbyły się w Płocku: „Założenia reformy gospodarczej w budownictwie” (27 kwietnia 1981 r. i 4 maja 1981 r.) [3], „Reforma gospodarcza w budownictwie w drugim roku wdrażania” (28 września 1983 r.) [5] oraz „Reforma gospodarcza a problemy restrukturyzacji w budownictwie” (26–27 listopada 1984 r.) [4]. Konferencje te były zorganizowane w Płocku przez NOT i PZITB, przy wsparciu działaczy PTE, TNOiK i TNP.

Pozytywne efekty działań innowacyjnych w płockim budownictwie przemysłowym na budowach MZRIp i FMŻ spowodowały zainteresowanie ówczesnych płockich władz miejskich i wojewódzkich. W związku z tym wdrożono te systemy w budownictwie terytorialnym Płocka i województwa płockiego. W efekcie powyższego obsługa porad koordynacyjnych w Wojewódzkiej Dyrekcji Rozbudowy Miast i Osiedli Wiejskich oraz w Wydziale Budownictwa Urzędu Wojewódzkiego w Płocku przebiegały przy wykorzystaniu systemu SHOD.

Płockie rozwiązania dotyczące zarządzania w budownictwie w wersji informatycznej prezentowane były na wielu konferencjach budowlanych w kraju oraz na konferencjach poza Polską: w Ałma Ata w Kazachstanie (1980), w Sofii w Bułgarii (1981), w Berlinie w NRD (1982) oraz w Sumach na Ukrainie (1989) – w ramach sympozjum branżowo-regionalnego.

5. Zarządzanie budownictwem w III RP

W III RP po roku 1990 w budownictwie na miejscu dotychczasowego „rynku wykonawcy” po krótkim okresie gospodarczych perturbacji utworzył się „rynek inwestora”. W związku z nową regulacją gospodarki spowodowało to poszerzenie się asortymentów materiałów budowlanych i instalacyjnych, pojawiły się nowe technologie wykonawstwa, nowoczesne sposoby projektowania, nowe sposoby finansowania inwestycji oraz przystąpiono na dużych budowach do powoływania inwestora zastępczego w wersji „Inżyniera kontraktu”. Proces prywatyzacji i restrukturyzacji budownictwa doprowadził do rozbitcia monopolu budowlanych, likwidacji zjednoczeń oraz wielu dużych państwowych przedsiębiorstw budowlanych. W efekcie tych procesów powstały liczne firmy wykonawcze, projektowe i developerskie działające na zasadach prawa handlowego.

Zarządzanie budownictwem w gospodarce rynkowej III RP okazało się trudniejsze niż początkowo zakładano, tym bardziej, że w wyniku kryzysu ekonomicznego w latach 80. XX w. zrestrukturyzowane i sprywatyzowane przedsiębiorstwa inwestorów, wykonawców i projektantów jako firmy (spółki) znalazły się w warunkach braku środków finansowych oraz dużych trudności w uzyskaniu kredytów bankowych. Ponadto utworzono zbyt dużo małych jednostek gospodarczych, które konkurowały między sobą nie tyle dobrą organizacją i stosowaniem nowych technologii, co zaniżaniem cen i proponowaniem nierealnych terminów zakończenia inwestycji oraz korupcyjnym wymuszaniem zapłaty za realizację rzekomych „robót dodatkowych”. W wyniku nieuczciwej konkurencji i negatywnej selekcji znaczna liczba dobrze funkcjonujących spółek uległa likwidacji.

Rozproszenie potencjału budowlanego dotyczyło głównie dużych dobrze zorganizowanych przedsiębiorstw budowlano-montażowych, pełniących wcześniej funkcje generalnych wykonawców. W efekcie tych procesów w zakresie realizacji dużych inwestycji przemysłowych w większości funkcję generalnych realizatorów inwestycji i generalnych wykonawców zaczęły pełnić głównie firmy zagraniczne, gdyż rodzime małe spółki nie miały szans w rywalizacji ze spółkami zagranicznymi. Stąd polskie firmy budowlane funkcjonowały zazwyczaj jako jednostki podwykonawcze, przy czym walcząc o przetrwanie godziły się często na zapłatę na granicy opłacalności, co często kończyło się ich upadłością. Na niską efektywność krajowego budownictwa wpływały kolejno niedopracowane ustawy o przetargach, które utrudniały inwestorom wybór sprawnych i dobrze zorganizowanych wykonawców. Przewlekłe procedury przetargowe powodowały, iż inwestorzy mając na celu dotrzymanie założonego terminu końcowego budowy, względnie minimalizacji jego poślizgu, z niesprawnymi wykonawcami nie zrywali z umów i nie obciążali ich karami umownymi, gdyż kolejne przetargi wydużyłyby dodatkowo cykl budowy. W efekcie tego wykonawcy zazwyczaj nie tylko nie dotrzymywali terminu końcowego, to jeszcze często wymuszali dodatkowe niezasadne dopłaty.

6. Systemowe zarządzanie płockim budownictwem w III RP

W pierwszej połowie lat 90. XX w. płockie środowisko inwestycyjno-budowlane zajmujące się problematyką gospodarki rynkowej w budownictwie oraz systemowymi metodami zarządzania aktywnie uczestniczyło w propagowaniu swoich doświadczeń na terenie kraju (na wielu konferencjach budowlanych) oraz zagranicą (w Ukrainie i Białorusi).

Płockie środowisko budowlane związane z NOT i PZITB wraz z Towarzystwem Naukowym Płockim zorganizowało w dniach 15-16 września 1991 r. [27] konferencję pt. „Informatyczne systemy zarządzania w budownictwie”. Była to kolejna konferencja w Płocku

na temat integracji informatycznych systemów zarządzania w przedsiębiorstwach i spółkach budowlano-montażowych oraz w procesie inwestycyjnym, w której głównie przedstawiono krajowe prace badawczo-wdrożeniowe z przełomu lat 80. i 90. XX wieku. W stosunku do poprzednich płockich konferencji dotyczyła ona zarządzania w tworzącej się gospodarce wolnorynkowej oraz w warunkach zmiany sprzętu komputerowego. W międzyczasie „duże komputery” (e.m.c.) typu ZAM, ODRA i JS RIAD zostały zastąpione tanimi komputerami personalnymi typu IBM.

Na tej konferencji zaprezentowano nowe wersje krajowe i zagraniczne informatycznych programów harmonogramowania sieciowego na komputery personalne oraz systemy integrujące harmonogramy z kosztorysami. Przedstawiono też kolejną wersję płockiego Skoordynowanego Systemu STEROD wiążącego warszawski system kosztorysowania KARO z nową wersją systemu SHOD. Analogiczne rozwiązanie bazujące na systemie kosztorysowania KORYS zaproponowało informatyczne środowisko z Bydgoszczy i Gdańska [8].

W wyniku nawiązanej współpracy naukowej pomiędzy TNP i Instytutem Politechnicznym w Brześciu w Białorusi pod patronatem po stronie polskiej: przewodniczącego Towarzystwa Naukowego Inżynierii Procesów Budowlanych prof. Leona Rowińskiego, wojewody płockiego dr. Jerzego Wawszczaka i ministra budownictwa dr. Andrzeja Bratkowskiego – wspólnie zorganizowano w Brześciu w Białorusi sześć międzynarodowych konferencji naukowych i 14 międzynarodowych sympozjów biznesowych [12]. W efekcie tych spotkań m.in. rozpoczęto wspólne opracowywanie polsko-białoruskich systemów zarządzania projektem. Zadaniem sympozjów biznesowych oraz targów w Brześciu było ożywienie gospodarcze między Polską a krajami byłego Związku Radzieckiego oraz między Zachodem i Wschodem.

7. Podsumowanie

W początkach lat 70. XX w. powstawały w kraju dziesiątki i setki jednostkowych dziedzinowych programów informatycznych (wycinkowych) dla poszczególnych przedsiębiorstw budowlanych. W końcu lat 70. rozpoczął się okres opracowywania kompleksowych systemów zarządzania określoną problematyką oraz skoordynowanego zarządzania przedsiębiorstwem. W podsumowującej ocenie opracowywania i wdrażania systemowych metod zarządzania w wersji informatycznej w procesach inwestycyjno-budowlanych najbardziej twórczym w kraju były dwa przełomy: lat 70. i 80. (systemy na e.m.c.) oraz 80. i 90. XX w. (systemy na komputery personalne).

W warunkach realizacji w Płocku wielkich inwestycji (MZRIp, FMŻ) oraz prawidłowej współpracy środowisk inwestorskich, projektowych i wykonawczych nastąpiła odolna inicjatywa usprawniania i wdrażania systemowych metod zarządzania procesem inwestycyjnym. Inicjatywa ta uzyskała wsparcie dużych płockich inwestorów przemysłowych oraz miejskich i wojewódzkich władz zajmujących się budownictwem terytorialnym. W okresie od połowy lat 70. do połowy lat 90. XX w. Płock zajmował wiodącą pozycję w kraju w systemowym zarządzaniu wielkoprzemysłowym budownictwem.

W okresie III RP płockie rozwiązania dotyczące organizacji i zarządzania w budownictwie i procesie inwestycyjnym (zarządzania projektem) prezentowane były na konferencjach organizowanych przez wydziały budownictwa wielu politechnik oraz w czasopiśmie technicznych. Miarą znaczenia Płocka jako ośrodka wdrożenia nowoczesnych systemów zarządzania w budownictwie może być fakt, że ok. 100 naukowców i projektantów systemów zarządzania z różnych jednostek zaprezentowało swe osiągnięcia na konferencjach zorganizowanych w Płocku w latach 1979-1991 oraz w Brześciu w Białorusi w latach 1992-1995 [11].

Dla optymalnego wykorzystania zasobów istniejących w przedsiębiorstwach inwestycyjno-budowlanych w warunkach rozwoju nowoczesnych technologii oraz struktur organizacyjnych zarządzania następują obecnie zmiany w sposobie postrzegania procesu inwestycyjnego przez pryzmat podejścia procesowego [23]. Ostatnio dużym jakościowym postępem w nowoczesnych metodach zarządzania w budownictwie jest stosowanie technologii BIM (*Building Information Modeling*) wraz z wdrożeniem platformy CDE (*Common Data Environment*). BIM przyczynia się do efektywniejszego prowadzenia inwestycji i sprawnej wymiany informacji między inwestorem, projektantami, generalnym wykonawcą i podwykonawcami, natomiast platforma CDE umożliwia wymianę międzybranżowych zagadnień projektowych i wykonawczych (zatwierdzanie, weryfikacja i autoryzacja). Powyższe oprogramowanie ułatwia współpracę i komunikację między uczestnikami procesu inwestycyjnego, w tym usprawnia: planowanie, opracowanie harmonogramu rzeczowo-finansowego i obiektywną ocenę realizacji robót. Ponadto umożliwia rejestrację planowanych i podejmowanych działań operacyjnych oraz może prezentować na modelu prace zrealizowane (na podstawie dokumentacji fotograficznej).

W Płocku nowoczesną technologię BIM wspomagającą zarządzanie budową nowego stadionu Wisły Płock im. Kazimierza Górskiego realizuje od połowy 2020 r. firma Mirbud S.A.

W efekcie dużego rozproszenia krajowego potencjału budowlanego w XXI w. dużą część intratnych zleceń inwestycyjnych w Polsce przejęły firmy zagraniczne, które poza posiadaniem odpowiednich środków finansowych, stosują w praktyce systemy zarządzania przedsiębiorstwem, w tym nowoczesne systemy planowania i zarządzania produkcją budowlano-montażową.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dyżewski A. J., Harmonogramy budowlane, Warszawa, 1950
- [2] Bratkowski A., Problemy optymalizacji przygotowania inwestycji, [w:] Problemy optymalizacji procesów realizacji inwestycji przemysłowych, Warszawa-Jadwisin, 1976
- [3] Bratkowski A., Raport o stanie budownictwa, [w:] Założenia reformy gospodarczej w budownictwie, Płock, 1981
- [4] Czachorowski J., Budownictwo w zreformowanej gospodarce, [w:] Reforma gospodarcza a problemy restrukturyzacji w budownictwie, Płock, 1984
- [5] Hajduk H., Organizacja działalności inwestorskiej w warunkach reformy gospodarczej, [w:] Reforma gospodarcza w budownictwie w drugim roku wdrażania, Płock, 1983
- [6] Dąbkowski A., Referat wprowadzający: Wybrane problemy integracji informatycznych systemów obiektowych, resortowych i centralnych, [w:] Celowość i warunki integracji systemów informatycznych w zarządzaniu procesami produkcji budowlanej, Płock, 1979
- [7] Dąbkowski A., Referat wprowadzający: Procesy inwestycyjne w świetle uwarunkowań rozwoju społeczno-gospodarczego lat osiemdziesiątych, [w:] Integracja systemów informacyjnych i informatycznych w procesie inwestycyjnym, Płock, 1980
- [8] Grabski N., Kompleksowy system zarządzania produkcją budowlaną przy wykorzystaniu mikrokomputerów klasy IBM: Korys+harmonogramy+rozliczenie zużycia materiałów, [w:] Informatyczne systemy zarządzania w budownictwie, Płock, 1991
- [9] Cieszyński K., Przedmiot i zakres działalności naukowej w obszarze systemu wiedzy Inżynieria Produkcji Budowlanej, [w:] Wykorzystanie komputerów personalnych w projektowaniu i zarządzaniu w budownictwie, Brześć-Płock, 1992
- [10] Rowiński L., Początek polsko-białoruskiej współpracy naukowo-technicznej w budownictwie, Notatki Płockie 3/1992
- [11] Rowiński L., Towarzystwo Naukowe Inżynierii Procesów Budowlanych i jego współpraca z Płockiem, Notatki Płockie 1/1993
- [12] Serafimowicz W., Międzynarodowy Tydzień Nauki, Kultury i Biznesu w Brześciu nad Bugiem (30.08-3.09.1993 r.), „Notatki Płockie” 1993, nr 3
- [13] Dziewolski L., (współautorstwo z zespołem z ORGBUD-u Poznań), Zintegrowany system zarządzania w przedsiębiorstwach budowlanych, Warszawa, 1977
- [14] Gościński J. W., Zastosowanie metody analizy sieci powiązań do programowania produkcji budowlanej, Warszawa, 1965
- [15] Grabski A., Doświadczenia z zastosowań wybranych programów EPD do sterowania produkcją fabryk domów, [w:] Celowość i warunki integracji systemów informatycznych w zarządzaniu procesami produkcji budowlanej, Płock, 1979
- [16] Kapliński O., Stefański A., Metody sieciowe w organizacji i planowaniu budowy, wyd. I, II i III – Poznań 1970, 1973 i 1978
- [17] Kapliński O., Analiza problematyki organizacji i zarządzania w budownictwie w Komitecie Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Przegląd Budowlany 9/2002
- [18] Kapliński O., Metody i modele badań w inżynierii przedsięwzięć budowlanych, Monografia pierwsza, [w:] Studia z zakresu inżynierii KILiW PAN, Warszawa, 2007
- [19] Kasprowicz T., Inżynieria przedsięwzięć budowlanych: rekomendowane metody i techniki. Monografia druga, [w:] Studia z zakresu inżynierii KILiW PAN, zeszyt 91, Warszawa, 2015
- [20] Sobotka A., Radziszewska-Zielina E., Inżynieria przedsięwzięć budowlanych: problemy, modele, metody. Monografia trzecia, [w:] Studia z zakresu inżynierii KILiW PAN, zeszyt 99, Warszawa, 2018
- [21] Kapliński O., Architecture: Integration of Art. and Engineering, [w:] Buildings2022 (<https://www.mdpi.com/books/book/3233>)
- [22] Kapliński O., Bonnenberg W., Architecture and Engineering: The Challenges – Trends – Achievements, [w:] Buildings 2020 (<https://www.mdpi.com/journal/buildings>)
- [23] Kapliński O., Dziadosz A., Zioberski J. L., Próba standaryzacji procesu zarządzania na etapie planowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych, 2011
- [24] Rybalski W. I. (Ukraina), Problemy tworzenia zautomatyzowanych systemów optymalnego planowania i zarządzania w budownictwie, [w:] Celowość i warunki integracji systemów informatycznych w zarządzaniu procesami produkcji budowlanej, Płock 1979
- [25] Rubachow A. I. (Białoruś), Integracja komputerowych systemów jako metoda podniesienia efektywności przedsiębiorstw budowlanych, [w:] Wykorzystanie komputerów personalnych w projektowaniu i zarządzaniu w budownictwie, Brześć-Płock 1992
- [26] Marcinkowski R., Harmonizacja pracy brygad specjalistycznych w realizacji niejednorodnych obiektów budowlanych, [w:] Informatyczne systemy zarządzania w budownictwie, Płock, 1991
- [27] Ziolkowski J. (Norwegia), Tarczewski R., Leszkiewicz W., Komputerowe wspomaganie zarządzania inwestycjami, [w:] Informatyczne systemy zarządzania w budownictwie, Płock, 1991
- [28] Siewlewicz O., Kalkulacje cen budowlanych w gospodarce polskiej, [w:] Metody zarządzania i kalkulacji w warunkach budowlanej gospodarki rynkowej, Brześć-Płock 1993
- [29] Orłowska B., Koncepcja zasilania informatycznego systemu zarządzania przez system automatyzacji projektowania, Warszawa, 1981
- [30] Rowiński L., Organizacja procesów budowlanych, Warszawa, 1979
- [31] Nowotny I. (Holandia), Supplier – customer relation i the 1990s, [w:] Współpraca gospodarcza Zachód-Wschód (Symposium Biznesu w Brześciu), Brześć-Płock 1993
- [32] Sadowski E., Problemy organizacji wykonawstwa płockiej inwestycji (MZRIIP), Przegląd Budowlany 4–5/1962
- [33] Serafimowicz W., Trębala B., Z dziejów budownictwa w Płocku. Inwestorzy, projektanci, wykonawcy, Płock 2008 (opracowanie dostępne w internecie na stronach TNP)
- [34] Sobotka A., Jaśkowski P., Czarnigorska A., Zastosowanie metody łańcucha krytycznego w harmonogramowaniu przedsięwzięć budowlanych, [w:] Zarządzanie procesami inwestycyjnymi w budownictwie (Konferencja Politechniki Krakowskiej w dniach 13–14 V 2004 w Krakowie), Kraków, 2004
- [35] Staniszkis W., Zastosowanie metody decydujących ciągów (MDC) do organizacji przedsięwzięć inwestycyjnych, Warszawa, 1964

Doc. dr inż. Widera Jerzy (1918–2020)

Jerzy Widera urodził się 19.07.1918 roku w Częstochowie. Wychowywał się w kochającej rodzinie i zamożnym domu. Jego ojciec Zdzisław Widera znał 4 języki obce, pracował jako główny inżynier ruchu we francuskiej Fabryce Tekstyliów „La Czenstochovien” w Częstochowie. Matka Maria Widera z Burzyńskich skończyła konserwatorium w Warszawie w klasie fortepianu, po wyjściu za mąż poświęciła się prowadzeniu domu i wychowaniu trzech synów. Jerzy był najstarszy, miał jeszcze dwóch braci: Bronisława i Zbigniewa. Dzięki pracy ojca mieszkali w dużym mieszkaniu w reprezentacyjnej części Częstochowy. Mieli do dyspozycji powóz, samochód, służącą, a dzieci uczyły się języka francuskiego i niemieckiego, matka uczyła ich gry na pianinie. Wakacje spędzali nad morzem i w Beskidach.

Ukończył liceum w Częstochowie, a na studia dostał się do Warszawy i wybrał zgodnie z zainteresowaniami Politechnikę Warszawską. Miał rodzinę w stolicy ze strony matki, ale mieszkał w najstarszym w Polsce Domu Studentów Politechniki Warszawskiej „Akademik” oddanym do użytku w 1930 roku na Placu Narutowicza. Gdy studiował na III roku PW, pojechał do Holandii, gdzie miał praktyki na budowie, w sierpniu 1939 roku dostał telegram od ojca i wrócił do Polski – wybuchła II wojna światowa, która zakończyła szczęśliwy etap w Jego życiu.

Jerzy wraca do Częstochowy i angażuje się w działalność konspiracyjną, jest od 1940 roku w PZW – Polskim Związku Wolności przyjmując pseudonim „Jur”. Kiedy ktoś na niego donosi, trafia na przesłuchania do Gestapo, gdzie jest torturowany, skąd zostaje przewieziony 6 czerwca 1942 do Auschwitz. Dzięki koledze z Częstochowy – Julkowi udało mu się przetrwać to piekło. Choruje na gorączkę krwotoczną, pracuje w różnych komandach, na końcu trafia do Baubüro Zentralbauleitung, dzięki swojemu wykształceniu i znajomości języka niemieckiego pracuje tam przy planach rozbudowy obozu i ma dostęp do tajnej korespondencji. W październiku 1944 roku zostaje przewieziony do obozu Gross-Rosen, a następnie w morderczym marszu trafia do Buchenwaldu i Flossenbürgu. 23 kwietnia 1945 roku zostaje wyzwolony przez żołnierzy III Armii Amerykańskiej generała Pattona. Jerzy Widera jest skrajnie wyczerpany – waży 36 kg. Ponad rok zajmuje mu powrót do zdrowia. Trafia do Stuttgartu, gdzie po rozmowie z rektorem, któremu pokazuje numer obozowy na rękę, bez żadnych dokumentów z Polski, zostaje przyjęty na III rok i kończy studia techniczne we wrześniu 1947 roku, uzyskując tytuł inżyniera budownictwa lądowego. W październiku wraca do Polski, bierze w Częstochowie ślub z ukochaną Janiną w grudniu 1947 roku. Kontynuuje naukę na Wydziale Inżynierii Lądowej. Rozpoczyna pracę w 1948 roku w Państwowym Przedsiębiorstwie Budowlanym w Katowicach jako kierownik budowy, gdzie pracuje kolejne 3 lata.

Wraca do Warszawy w 1951 roku razem z żoną Niusią, która czekała na niego całą wojnę, i żyją razem 62 lata jako zgodne i kochające się małżeństwo. Jerzy z racji swojej pracy dostaje mieszkanie przy Alei Niepodległości, gdzie mieszka do końca swego życia. Od 1951 do 1957 roku pracuje w Centralnym Zarządzie Budownictwa „Śląsk – Zachód” w Warszawie jako szef produkcji, naczelnny inżynier, później w latach 1957–1960 trafia do Biura Techniczno-Usługowego Produkcji Materiałów Budowlanych w Warszawie, gdzie pracuje jako naczelnny inżynier, później dyrektor. W latach 1961–1966 zostaje zatrudniony w Przedsiębiorstwie Budownictwa Doświadczalnego w Warszawie jako dyrektor. W 1966 roku otrzymuje od dyrektora generalnego przemysłu betonowego Mieczysława Ryznara propozycję pracy w Centralnym Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Przemysłu Betonów CEBET w Warszawie na Żeraniu, gdzie zostaje jego dyrektorem naczelnym. Tworzy halę badań póltechnicznych betonów kruszywowych, pion ekonomii i zarządzania, rozszerza bazę badawczą pionu betonów komórkowych. W okresie, kiedy kierował Ośrodkiem, minister BiPMB powierzył Ośrodkowi funkcję jednostki wiążącej w kraju w dziedzinie badań naukowych w branży betonów (kruszywowych i komórkowych). Między innymi CEBET pełnił wówczas funkcję koordynatora II stopnia w grupie IV Programu Rządowego PR-5 „Technologia produkcji oraz wyposażenie wytwórni prefabrykatów betonowych”, a całością prac kierował doc. dr inż. Jerzy Widera. Dostaje od ministerstwa teren 18 ha na Służewcu na budownictwo prototypowe. Zatrudnia między innymi do współpracy kolegę z Auschwitz Stanisława Szuka (ojca znanego Tadeusza Szuka). Pion realizacji powierza Janowi Wojtkiewiczowi, z którym działa w PZITB.



Ślub Janiny z Jerzym, Częstochowa 27 grudnia 1947 r.

W 1970 roku otrzymuje na Politechnice Śląskiej w Gliwicach na Wydziale Budownictwa Przemysłowego i Ogólnego stopień doktora nauk technicznych.

Miał również ogromne zasługi w powstaniu polskiej szkoły betonu komórkowego, współpracuje z 29 fabrykami betonu komórkowego. Był m.in. członkiem zespołów, które otrzymały Nagrody I stopnia MB i PMB za osiągnięcia twórcze wdrożone do przemysłu betonów komórkowych. Pierwsza nagroda (1974 r.) została przyznana za opracowanie technologii i uruchomienie produkcji wielkowymiarowych elementów z betonu komórkowego w ZPEB Puławy, a druga (1983 r.) – za opracowanie technologii produkcji tworzywa EPU i rozwiązania linii produkcji elementów i zastosowanie wykładziny z tworzywa poliuretanowego (EPU) do wykładzin w młynach mokrych, pompach, przepustnicach. W tym samym czasie równolegle w latach 1972–1980 jest wykładowcą na Akademii Rolniczo-Technicznej, na Wydziale Budownictwa Lądowego w Olsztynie. Był również autorem referatów na konferencjach i seminariach, w których prezentował przemysł prefabrykacji betonów w Polsce (m.in. wspólnie z Henrykiem Wałcerzem na sympozjum polsko-włoskim w Bolonii w 1979 r.).



CEBET – 1980 rok, od prawej: Jerzy Widera, Genowefa Zapotoczna-Sytek, prof. Edward Szymański, Janna Siejko, Andrzej Płodowski

Był wyjątkowym dyrektorem Ośrodka CEBET (w latach 1966–1981), cenił swoich specjalistów, dbał o pracowników, zaangażowani byli doceniani poprzez otrzymywanie wyróżnień dyplomów, nagród, odznaczeń. Dbal o dojazd pracowników do Ośrodka, co z uwagi na położenie CEBET-u było dużym udogodnieniem. Zapewniał bardzo dobre warunki do podnoszenia kwalifikacji i statusu pracowników m.in. poprzez umożliwianie odbycia im studiów podyplomowych, staży zagranicznych, uzyskiwanie stopni adiunkta, doktora. Pomagał w uzyskaniu mieszkania przez młodych pracowników.

Kupował najnowszy sprzęt do laboratoriów Ośrodka, np. mieliśmy jeden z pierwszych w Warszawie mikroskop skaningowy. Za jego dyrektorowania w CEBET wybudowano hale doświadczalne, w których można było prowadzić badania technologiczne od skali laboratoryjnej do pełnej technicznej w skali 1:1, jak również badania maszyn i urządzeń na potrzeby przemysłu betonów. W kręgach licznych współpracowników, podwładnych i kolegów cieszył się sympatią i poważaniem. Był człowiekiem o wysokiej kulturze osobistej i takim pozostanie w naszej pamięci.

Genowefa Zapotoczna-Sytek
Stanisława Lewandowska

Działał w PZITB od 1949 roku, a w SITPMB od 1968 roku. Był od 1970 roku członkiem Prezydium Kolegium Sekcji Betonów. Należał do Sekcji Konstrukcji Betonowych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Był również członkiem Towarzystwa Opieki nad Oświęcimiem. Otrzymał nagrody: Złotą Odznakę PZITB, Złotą Odznakę SITPMB, Srebrną Odznakę NOT, Medal Jubileuszowy PAN, Złotą Odznakę CZSBM, Odznakę Zasłużony dla Rolnictwa, Złotą Odznakę Honorową – za zasługi dla Warszawy, Medal Zwycięstwa i Wolności, Srebrny Krzyż Zasługi, Medal X-lecia PRL, Złoty Krzyż Zasługi, Order Sztandaru Pracy II klasy, Medal XXX-lecia PRL, Order Sztandaru Pracy I klasy, Krzyż Oświęcimski.

Z CEBET-u odchodzi na emeryturę w roku 1981, w 1982 r. otrzymuje propozycję od przewodniczącego PZITB Jerzego Łempickiego prowadzenia „Przeglądu Budowlanego”. W lutym zostaje jego redaktorem naczelnym. Właścicielem tytułu „Przegląd Budowlany” jest PZITB, w którym Jerzy Widera działał od 1949 roku i był członkiem Oddziału Warszawskiego. Wydawcą „Przeglądu Budowlanego” jest Warszawskie Centrum Postępu Techniczno-Organizacyjnego Budownictwa WACETOB.

Jerzy Widera był autorem i współautorem książek fachowych i poradników z dziedziny budownictwa oraz „Kalendarzy Budowlanych” wydawanych od czasów przedwojennych, wydał 10 edycji od 1992 do 2002 roku. Za jego kadencji zostały również wydane m.in. książki „Dom z betonu komórkowego” (1993 r.) „Przygotowanie budowy wykonywanej nowoczesnymi technologiami” (1998 r.). Publikował także pod patronatem Stowarzyszenia Inżynierów Techników Przemysłu Materiałów Budowlanych (SITPMB). W roku 1987 roku opracował wspólnie z inż. Sewerynem Szewczykiem interesującą „Małą monografię przemysłu betonów 1944–1955”, która ukazała się nakładem SITPMB. Konsultował także opracowania jubileuszowe Stowarzyszenia Producentów Betonów w tematyce – Przemysł betonów w Polsce – wczoraj i dziś.

Pochodzę z Kresów i w moim środowisku, co jest naturalne z racji miejsca i czasów, napotykałem często osoby ciężko doświadczone przeżyciami wojennymi, pobytem w łagrach, obytych z cierpieniem i śmiercią. Wszyscy ci ludzie mieli wspólne cechy – pogodę ducha, życzliwość dla innych i obojętność wobec dóbr materialnych.

Kiedy zaprzyjaźniłem się z Jurkiem Widerą, najpierw odnalazłem w nim te właśnie cechy, a potem dowiedziałem się o jego straszliwej historii w obozie Auschwitz, marszu śmierci i powojennej tułaczce. Skojarzyłem to z moimi młodzieńczymi doświadczeniami, wielkim podobieństwem do poznanych wtedy ludzi, którzy niewyobrażalnie cierpieli i którzy otarli się o śmierć.

Jurek był właśnie taki, zawsze pogodny, uśmiechnięty i życzliwy oraz ponad miarę mądry życiowo. Zło czasów wojny zamieniło się w nim w dobro. To fenomen jego pokolenia, fenomen którego nie można racjonalnie wytłumaczyć.

Wspominając Jurka, wracam do chwili, kiedy przeżywałem wielkie osobiste rozterki związane z moją pracą zawodową. Targany emocjami byłem o krok od najgłupszej życiowej decyzji, która mogła spowodować fatalne skutki, osobiste i nieodwracalne. Jednak uratowała mnie intuicja, przed ostateczną decyzją umówiłem się na rozmowę z Jurkiem, w jego mieszkaniu na Mokotowie – starym i dostojnym, pełnym nagromadzonych latami przedmiotów i książek. Przyjął mnie z niezwykłą gościnnością, uważnie wysłuchał i przemówił – ciepło i mądrze. Wyszedłem od niego z innym, dobrym nastawieniem, uniknąłem błędu, który mógł mnie bardzo dużo kosztować.

Taki był – jak Alchemik z powieści Paulo Coelho – zmieniał linię życia innych ludzi.

Wiktor Piwkowski

W „Przeglądzie Budowlanym” dba o wysoki poziom publikowanych artykułów. Jest bardzo aktywny, często jeździ na targi i konferencje do Niemiec, Czech, na Węgry, do Austrii i Szwecji. Nawiązuje współpracę z pismem szwedzkim „Bygg Industrin”.

W 1996 roku przyjmuje do pracy w redakcji piszącą te słowa na stanowisko specjalisty ds. reklamy i marketingu. Dzięki niemu mogłam nawiązać kontakty z największymi wtedy firmami PERI, DOKA, Lafarge. Redakcja liczyła w tym czasie 6 osób (na etacie) i 8 osób – na umowę zlecenie. Atmosfera w redakcji była bardzo dobra, byłam ze wszystkich najmłodsza, dlatego bardzo rzadko, ale mogłam go namówić na wspomnienia o wojnie – wtedy pokazywał, że w kieszeni marynarki ma zawsze kromkę chleba – to na wspomnienie głodu...

W „Przeglądzie Budowlanym” pracuje do grudnia 1998 roku, odchodzi z pracy dla żony, która ma problemy zdrowotne. W roku 1999 w marcu „Przegląd Budowlany” obchodzi 70-lecie. Pan docent otrzymuje podziękowania za swoją 16-letnią pracę w miesięczniku od przewodniczącego PZITB Andrzeja Nowakowskiego, dyrektora WACETOB-u Wacława Baranowskiego i przewodniczącego Rady Programowej prof. Janusza Kaweckiego. W marcu 2009 roku umiera jego ukochana żona Niusia, od tego czasu z Panem docentem mieszka Pani Krystyna, która wcześniej pomagała Pani Janinie. Państwo Widerowie nie mieli dzieci. Wtedy też zaczynam odwiedzać Pana docenta, widujemy się często, były to bardzo miłe spotkania. Pan Jerzy miał doskonałą pamięć, poczucie humoru, interesował się polityką, sportem, muzyką, lubił dobre jedzenie, pytał o kolegów z PZITB. W roku 2012 zaczął myśleć o napisaniu książki o pobycie w Auschwitz, przy opracowaniu której Mu pomagałam. Były to trudne spotkania, wtedy dopiero zdałam sobie sprawę, jakie piekło przeszedł Pan Jerzy. Książka „In Extremis moje wspomnienia z Auschwitz” ukazuje się w 2014 roku, oczywiście dostaję egzemplarz autorski z piękną dedykacją. Pan docent zaczyna pracować nad następną książką – autobiografią „Tak żyłem”. Pan Jerzy do końca był ciekawy świata, dowcipny, zawsze jak byłam w odwiedzinach jedliśmy Jego ulubione „teramisiu”, zawsze pytał o znajomych, był ciekaw, co u mnie i mojej rodziny. Gdy dowiedział się, że zostałam redaktorem naczelnym, był bardzo dumny i zaczął dzwonić do mnie z pomysłami dotyczącymi artykułów, ubolewał też, że nie może mi pomóc. Byłam na jego 100. i 101. urodzinach, na których było teramisiu i eklerki z Jego ulubionej cukierni. Największy problem pod koniec życia miał ze słuchem, ale nie chciał nosić aparatu. Odszedł, tak jak chciał, w swoim mokotowskim mieszkaniu 13 lutego 2020 roku, we śnie.

Pani Krystyna zadbała o wszystko, pogrzeb był piękny, w kościele Boromeusza, byli z Nim Jego najbliżsi i przyjaciele z CEBET-u, PZITB i redakcji PB. Wzruszającą przemowę nad grobem wygłosił Wiktor Piwkowski. Docent Jerzy Widera spoczął na Starych Powązkach ze swoją ukochaną żoną.



Ostatki – 2012 rok, od lewej Grażyna Furmańczyk-Ziemińska, Jerzy Widera, Pani Krystyna

Grażyna Furmańczyk-Ziemińska



Deskowania
Rusztowania
Doradztwo techniczne
www.peri.com.pl
info@peri.com.pl



PERI – niezawodny partner
Nowoczesne rozwiązania

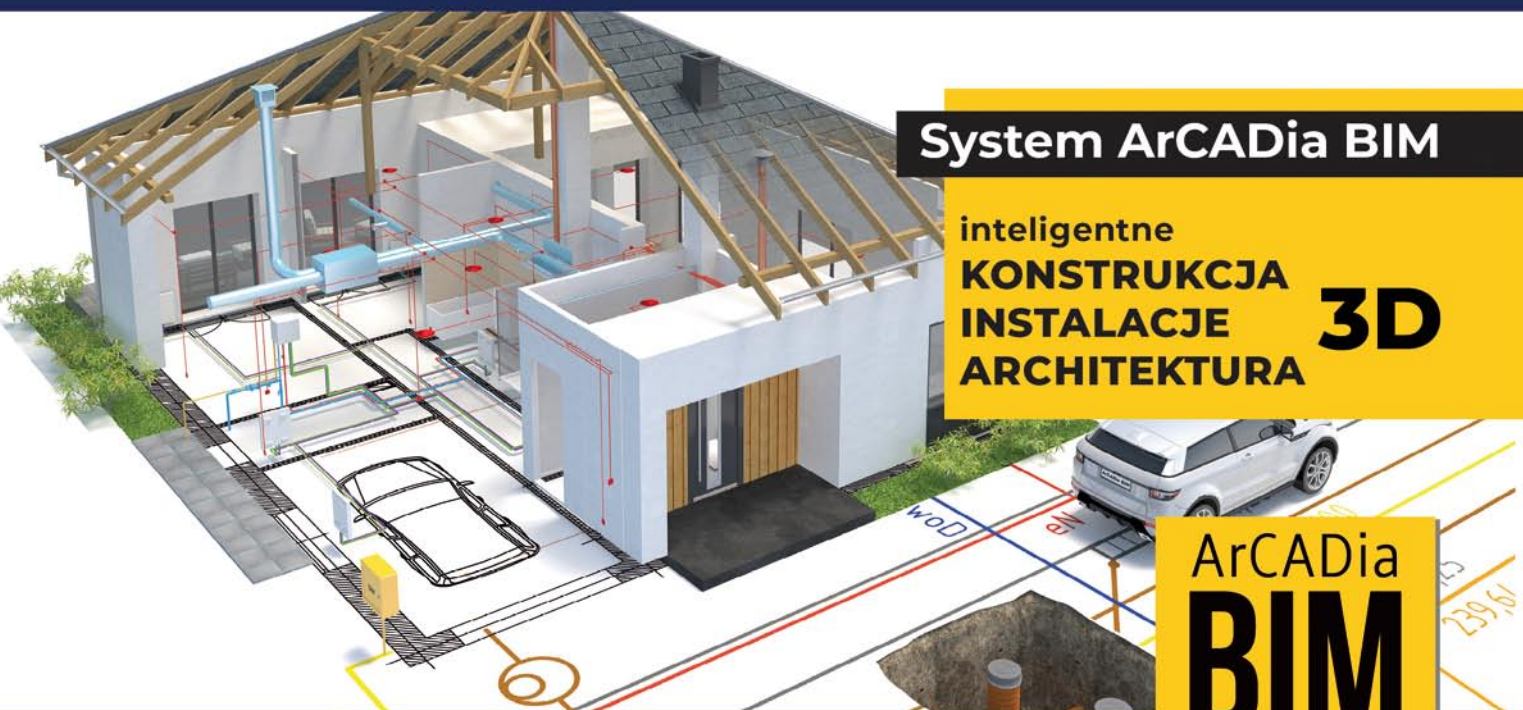


Zobacz
więcej

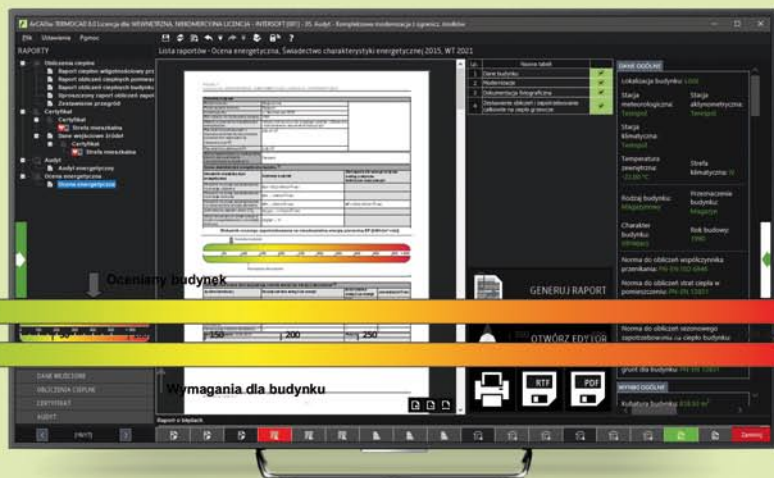


INTERsoft®

Kompleksowe oprogramowanie BIM dla architektury i budownictwa



ArCADia-TERMOCAD



- obliczenia cieplne
- audyty energetyczne
- świadectwa charakterystyki energetycznej
- projektowana charakterystyka energetyczna

SZKOLENIA ZE ŚCIE
Terminy na www.intersoft.pl > SZKOLENIA

ArCADia-TERMOCAD Audyt 9 **NOWA WERSJA**

Nowa wersja obejmuje zmianę sposobu naliczania premii termomodernizacyjnej oraz remontowej wynikającą z ustawy z dnia 29 września 2022 r. o zmianie niektórych ustaw wspierających poprawę warunków mieszkaniowych, a także nowy wzór kart audytu energetycznego i remontowego zgodny z wydanym do tej ustawy rozporządzeniem MRIT z dnia 15 grudnia 2022 r., wchodzącym w życie 29.12.2022 r. Zmiany dotyczą szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

Programy ArCADia-TERMOCAD docenili także eksperci



INTERsoft sp. z o.o., generalny dystrybutor ArCADiasoft – producenta systemu ArCADia BIM
90-057 Łódź, ul. Sienkiewicza 85/87, tel. 42 6891111, SKLEP ONLINE: intersoft.pl